

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**SELEÇÃO E MULTIPLICAÇÃO DE CLONES
DE MORANGUEIRO (*Fragaria x ananassa* Duch.)**

TESE DE DOUTORADO

Gustavo Giménez Franquez

Santa Maria, RS, Brasil

2008

**SELEÇÃO E MULTIPLICAÇÃO DE CLONES
DE MORANGUEIRO (*Fragaria x ananassa* Duch.)**

por

Gustavo Giménez Franquez

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Agronomia**

Orientador: Prof. Jerônimo Luiz Andriolo

Santa Maria, RS, Brasil

2008

© 2008

Todos os direitos autorais reservados a Gustavo Giménez Franquez. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: INIA Las Brujas. E.E. Wilson Ferreira Aldunate. Ruta 48. Km 10. C.C. 33085. Canelones. Uruguai.

Fones (00xx) 598 2 3677701; Endereço Eletrônico: ggimenez@lb.inia.org.uy
598 2 3677641 gustav_gimenez@yahoo.com.br

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado

**SELEÇÃO E MULTIPLICAÇÃO DE CLONES
DE MORANGUEIRO (*Fragaria x ananassa* Duch.)**

elaborada por
Gustavo Giménez Franquez

como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Jerônimo Luiz Andriolo, Dr.
(Presidente/Orientador)

Dílson Antônio Bisognin, Dr. (UFSM)

Nereu Streck, Dr. (UFSM)

Francisco Vilaró, Dr. (INIA-Uruguai)

Liege Costa, Dra. (URCAMP-Bagé)

Santa Maria, 26 de fevereiro de 2008.

DEDICATÓRIA

A MEU FILHO NICOLÁS, POR SUA COMPREENSÃO PELAS MINHAS AUSÊNCIAS,
POR SER MINHA INSPIRAÇÃO, POR DAR SENTIDO A MINHA VIDA,
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Desejo expressar meu profundo agradecimento ao Prof. Jerônimo, por aceitar que fosse o seu aluno orientado, por sua amizade, por suas idéias para minha pesquisa, pela ajuda e paciência com meu português ruim na escrita dos artigos e a tese, por me ensinar a pensar melhor, pelas conversas sobre a filosofia da vida e também por me ensinar a preparar um bom chimarrão estilo gaúcho.

Ao Prof. Dilson, pela amizade e bom humor, pelas sugestões e orientação nos trabalhos da tese, por aprofundar meus conceitos em melhoramento genético.

Ao Dr. Paco Vilaró, pela amizade, pelo incondicional apoio na realização do meu doutorado e por continuar os trabalhos de morango durante todo este tempo, apesar de seu coração e pensamento batateiro.

Ao Rodrigo, pela grande amizade, por estar sempre, pelo esforço e cooperação nos experimentos e por compartilhar bons momentos junto a um chimarrão.

A meus colegas Djeimi, Francielli, Carine, Marcos, Odair, Lígia, Cláudia, Clarisse e Zé Carlos, pela amizade, por formar um excelente grupo de pesquisa em morango e por toda sua dedicada colaboração durante estes três anos, com a qual fizeram possível completar meus trabalhos de tese.

À Andrea, pelos momentos vividos e compartilhados, por seu carinho e apoio constante durante estes anos no Brasil.

Ao Prof. Nereu Augusto Streck e à Dra. Liege Camargo Da Costa, pela crítica revisão da tese e por aceitar ser parte da banca de defesa.

Ao Prof. Auri Brackmann e à Dra. Cláudia Kaelher, por facilitar o laboratório de pós-colheita e pela ajuda nas análises da qualidade da fruta.

Ao Sr. João Colpo, pelo preparo da área dos experimentos e também pelo entusiasmo no repartido dos morangos, assim como por estar sempre de bom humor e dizer não, mas que significava um sim cada vez que solicitamos um trabalho.

Aos colegas Jacso, Cléber, Alfredo, Edenir e Evandro, pela amizade e os bons jogos de futsal que compartilhamos e a meus colegas Orcial, Beni, Douglas, Marcos e Clarissa pela amizade e apoio durante todo este tempo.

Ao INIA Uruguai, instituição onde eu trabalho, pelo apoio científico e financeiro e pela oportunidade de realizar o doutorado.

À UFSM, em particular ao Depto. de Fitotecnia, por receber a um estrangeiro procurando o título de doutorado e me fazer sentir como na minha casa, fazendo de estes anos uma experiência de vida enriquecedora e de crescimento pessoal.

EPÍGRAFE

*A CIÊNCIA É UMA ESTRATÉGIA, É UMA FORMA DE ACHAR A VERDADE
É ALGO MAIS QUE MATÉRIA, POIS O MISTÉRIO SE OCULTA DETRÁS.*

EDUARDO AUTE

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

SELEÇÃO E MULTIPLICAÇÃO DE CLONES DE MORANGUEIRO (*Fragaria x ananassa* Duch.)

AUTOR: GUSTAVO GIMENEZ FRANQUEZ

ORIENTADOR: JERÔNIMO LUIZ ANDRIOLO

Santa Maria, 26 de fevereiro de 2008.

Os objetivos deste trabalho foram selecionar novos clones de morangueiro para o RS e desenvolver um sistema de multiplicação para a obtenção de mudas com alta qualidade fisiológica e sanitária. Foram avaliados cinco clones avançados do Programa de Melhoramento e duas testemunhas, em túneis baixos, durante os meses de abril e dezembro de 2006. Para a multiplicação foi utilizado um sistema fechado sem solo, baseado em um leito de cultivo com substrato sobre telhas de fibrocimento. A circulação da solução nutritiva foi feita a partir de um reservatório até a extremidade mais alta da telha, drenando por gravidade. Como substrato, testou-se a areia na categoria inerte e o Plantmax® na categoria orgânica, com dois clones. Em outro experimento foi comparada a produtividade de mudas com torrão de diferentes tamanhos e com raízes nuas. As mudas com torrão foram produzidas a partir de pontas de estolão enraizadas em bandejas com diferentes volumes de substrato orgânico. As mudas com raízes nuas foram provenientes do sistema fechado sem solo. Foram identificados os clones LBD 15.1, LBH 27.2, LBD 35.2 e LBG 121.4 com potencial para serem cultivados no RS. Esses clones combinam alta produtividade precoce e total, qualidade de fruta, conteúdo de componentes bioativos na fruta e resistência às doenças. Um alto número de mudas e pontas de estolão sadias e de alta qualidade foi obtido no sistema fechado sem solo com ambos os substratos e clones. As mudas com torrão apresentaram maior produtividade precoce no outono e inverno. Tanto as mudas com torrão como as de raízes nuas alcançaram elevada produtividade total. Concluiu-se que os novos clones selecionados podem ser indicados em substituição ou em combinação com as cultivares atualmente em uso no RS e que o sistema fechado sem solo é uma alternativa sustentável para ser empregada na produção de mudas com raízes nuas e de pontas de estolão para mudas com torrão.

Palavras-chave: propagação de plantas; produtividade; qualidade de fruta; componentes bioativos; sistema sem solo, mudas com raiz nua, mudas com torrão.

ABSTRACT

Doctoral Thesis
Graduate Program in Agronomy
Universidade Federal de Santa Maria

SELECTION AND MULTIPLICATION OF STRAWBERRY (*Fragaria x ananassa* Duch.) CLONES

AUTHOR: GUSTAVO GIMENEZ FRANQUEZ

ADVISOR: JERÔNIMO LUIZ ANDRIOLO

Santa Maria, February 26, 2008.

The objectives of this research were to select new strawberry clones for the estate of Rio Grande do Sul, Brazil, and to develop methods of multiplication to obtain disease-free transplants with high physiological quality. Five advanced strawberry clones from the Breeding Program and two controls were evaluated in an annual hill system in low tunnels from April to December, 2006. A closed soilless system was developed, based on a growing bed with substrate over a cement tile. A nutrient solution was delivered from a reservoir to the upper end of the tile and drained off back by gravity. An inert substrate (sand) and an organic substrate (Plantmax®) and two advanced strawberry clones were tested. In another experiment fruit yield of plug transplants of different sizes was compared to that of bare-root transplants. Plug transplants were produced rooting runner tips in plastic trays with different volumes of organic substrate. Bare-root transplants were produced in the closed soilless growing system described above. Clones LBD 15.1, LBH 27.2, LBD 35.2 and LBG 121.4 were identified as having potential to be used in the estate of RS. These clones combine earliness, high yield and fruit quality, high content of bioactive compounds and resistance to diseases. A high number of healthy bare-root and runner tips with high quality were obtained with both substrates and both clones. A higher early fruit yield during fall and winter was obtained with plug transplants. Both plug and bare-root transplants reached a high total yield. It was concluded that selected strawberry clones of this research can be recommended to substitute commercial cultivars now planted in the RS or used in combination with them and that disease-free bare-root transplants and runner tips for plug transplants, both with high physiological quality can be produced in the closed soilless system, providing a sustainable alternative for nurseries.

Key words: plant propagation; yield; fruit quality; bioactive compounds; soilless system; bare-root transplants; plug transplants.

SUMÁRIO

	Pág.
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1. Botânica e fisiologia da planta de morangueiro.....	13
2.2. Seleção de clones de morangueiro para o Rio Grande do Sul.....	26
2.3. Produção de mudas de morangueiro.....	29
2.4. Origem, citogenética e evolução do morangueiro.....	35
2.5. Variabilidade genética disponível para o melhoramento do morangueiro e distribuição geográfica.....	38
2.5.1. Diplóides.....	39
2.5.2. Tetraplóides.....	41
2.5.3. Hexaplóides.....	41
2.5.4. Octoplóides.....	42
2.6. Hibridação interespecífica em <i>Fragaria</i>.....	44
2.7. Herança genética dos principais caracteres do morangueiro.....	47
2.7.1. Produtividade e qualidade da fruta.....	48
2.7.2. Tolerância a frio e calor e resposta ao fotoperíodo.....	51
2.7.3. Tolerância a fatores de estresse do solo.....	52
2.7.4. Resistência a doenças.....	53
2.7.5. Resistência a pragas.....	57
2.7.6. Resistência a nematóides.....	58
2.8. Correlação entre características de produção e qualidade da fruta do morangueiro.....	58
Artigo 1. Produtividade, qualidade da fruta e componentes bioativos de clones avançados de morangueiro em Santa Maria, RS.....	62
Artigo 2. Producing strawberry bare root transplants and runner tips in a closed soilless growing system.....	78
Artigo 3. Fruit yield of strawberry (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) using different types of transplants.....	90

3. DISCUSSÃO GERAL.....	99
4. CONCLUSÃO.....	101
BIBLIOGRAFIA.....	102

ARTIGO 1

**PRODUTIVIDADE, QUALIDADE DA FRUTA E COMPONENTES
BIOATIVOS DE CLONES DE MORANGUEIRO EM SANTA MARIA, RS**

ARTIGO 2

PRODUÇÃO DE MUDAS COM RAIZ NUA E PONTAS DE ESTOLÃO DE MORANGUEIRO EM UM SISTEMA FECHADO SEM SOLO

ARTIGO 3

PRODUTIVIDADE DO MORANGUEIRO (*Fragaria x ananassa* Duch.) COM DIFERENTES TIPOS DE MUDAS

1. INTRODUÇÃO

O interesse comercial pelo morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) é grande em muitos países do mundo. A coloração, o aroma e o sabor especiais da fruta assim como suas propriedades nutritivas, fazem do morango um produto apreciado para o consumo, tanto *in natura* como em múltiplas formas de processamento (HANCOCK et al., 1990). A fruta do morangueiro possui alto conteúdo de vitamina C e ácido fólico, grande poder antioxidante devido aos componentes fenólicos e também uma elevada quantidade de ácido elágico, um constituinte com propriedades antimutagênicas e anticancerígenas (MASS et al., 1991; TESTONI & LOVATI, 1998; HANNUM, 2004).

Os maiores produtores do morango no mundo são Estados Unidos, Espanha, Japão, Polônia, Itália, Turquia e México. Na América Latina, Chile é o maior produtor, seguido de Brasil, Argentina e Venezuela (FAO, 2005). A produção brasileira de morango alcança um volume anual superior a 90 mil toneladas, cultivadas em 3500 ha. Os três principais Estados produtores são Minas Gerais, Rio Grande do Sul e São Paulo, os quais produzem 80 % do morango em nível do País. Os 20 % restantes são produzidos pelos Estados do Paraná, Espírito Santo, Santa Catarina, Distrito Federal, Goiás e Rio de Janeiro. A produtividade média da cultura do morangueiro no Brasil é de 24 t ha⁻¹ (SANTOS & MEDEIROS, 2003a; REICHERT & MEDEIROS, 2003; OLIVEIRA et al., 2006).

Dois aspectos são atualmente limitantes à cultura do morangueiro no Estado do Rio Grande do Sul: a falta de cultivares adaptadas às condições de clima e solo do Estado, capazes de produzir durante o outono, inverno e primavera e a baixa qualidade fisiológica e sanitária das mudas produzidas. As últimas cultivares desenvolvidas no Brasil datam da década de 80. Nos anos seguintes, o cultivo passou a ser feito com cultivares provenientes de outros países, principalmente dos Estados Unidos e a Espanha. Essas cultivares concentram sua produção na primavera, quando o preço do produto é menor (REICHERT, 2003) e são suscetíveis às doenças e pragas prevalentes no Brasil. A falta de tecnologia para a produção de mudas de alta qualidade no Estado impõe que a maioria dos produtores dependa de mudas

importadas do Chile e da Argentina (SANTOS & MEDEIROS, 2003a; OLIVEIRA et al., 2006).

A produção de mudas de morangueiro em países desenvolvidos é feita em viveiros com desinfecção de solo com brometo de metila. Este produto está proibido para a produção agrícola devido aos danos à camada de ozônio. Portanto, novas formas de produção de mudas de elevada qualidade fisiológica e sanitária devem ser desenvolvidas em nível nacional. Essa é uma questão fundamental para manter a cadeia de produção do morango, da qual depende um grande número de famílias na escala da agricultura familiar no Brasil.

Este trabalho teve como objetivo geral a seleção de novos clones de morangueiro e o desenvolvimento de sistemas de multiplicação para a obtenção de mudas com alta qualidade fisiológica e fitossanitária. Esse objetivo foi atingido através das seguintes etapas:

- Introdução e avaliação de clones do programa de Melhoramento Genético do INIA-Uruguai;
- Desenvolvimento de sistemas sem solo de multiplicação de mudas com alta qualidade fisiológica e sanitária;
- Desenvolvimento de métodos de produção de mudas com torrão;
- Determinação da produtividade da cultura proveniente de mudas produzidas com os distintos métodos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Botânica e fisiologia da planta do morangueiro

Pelo sistema de Classificação Vegetal de Cronquist (1988), o morangueiro pertence à Divisão Magnoliophyta (Angiospermae), Classe Magnoliopsida (Dicotiledoneae), Subclasse Rosidae, Ordem Rosales, Família Rosaceae, Gênero *Fragaria* L. e Espécie *Fragaria x ananassa* Duch.

O morangueiro cultivado *F. x ananassa* Duch. é uma planta perene, que possui hábito de crescimento rasteiro e características de planta herbácea. Apesar da característica de perene a cultura comercial deve ser renovada anualmente, devido ao acúmulo de doenças de um ciclo para o outro, as quais podem reduzir a produtividade. A planta é constituída pelo sistema radicular, coroa, folhas, estolões, flores e frutas. A reprodução pode ser vegetativa, através dos estolões que formam as plantas filhas, ou sexuada por meio das sementes que estão contidas nos aquênios. A propagação utilizada comercialmente é a vegetativa, enquanto que as sementes são usadas com a finalidade de melhoramento genético (DARROW, 1966; HANCOCK et al., 1990 STRAND, 1994).

As principais fases do ciclo de desenvolvimento da planta do morangueiro estão esquematizadas na figuras 1 a 5. A fase vegetativa inclui a propagação mediante a formação de estolões, a emissão de novas folhas e a formação de coroas secundárias. A fase reprodutiva abrange a indução floral, iniciação e surgimento das flores assim como a formação, crescimento e maturação das frutas (DARROW, 1966).

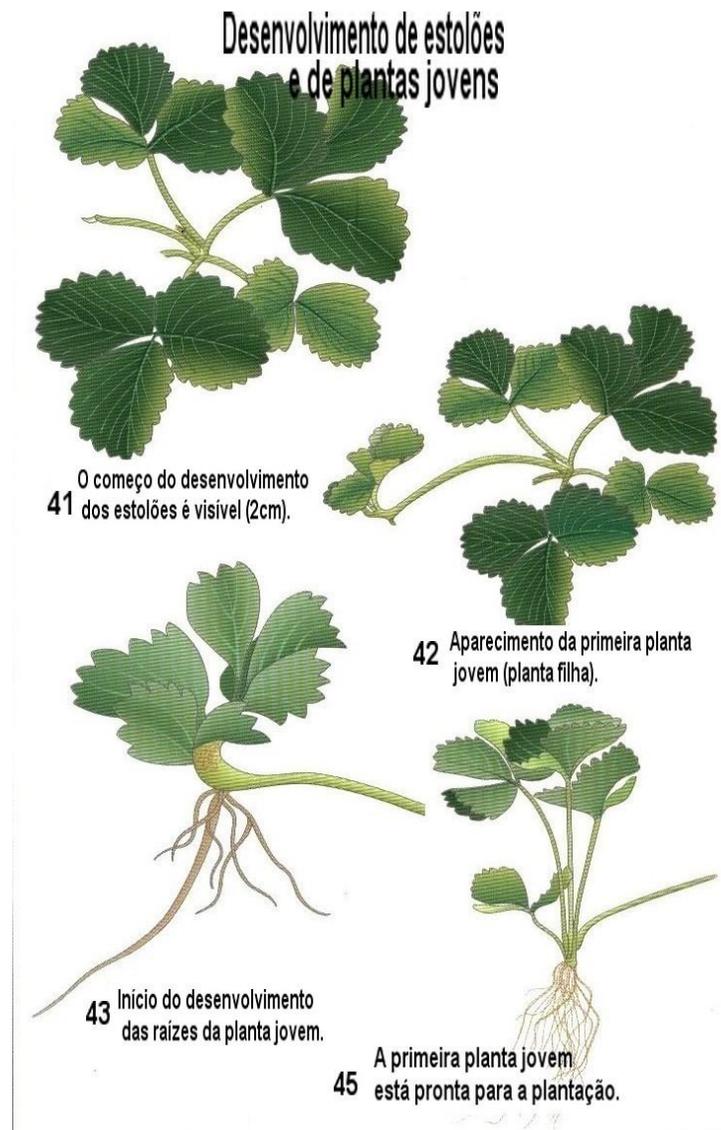
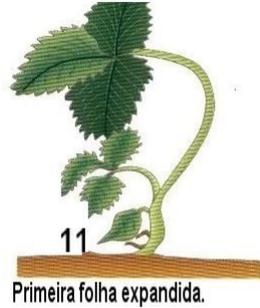


Figura 1 – Principais fases do desenvolvimento de estolões e plantas jovens do morangueiro *F. x ananassa* Duch. (Adaptado de Hennion & Veschambre, 1997). O código indica a fase de desenvolvimento conforme tabela 1.

Desenvolvimento das folhas



Desenvolvimento dos botões florais



58
Estágio de flor fechada
com pétalas visíveis.



Figura 2 - Principais fases do desenvolvimento das folhas e botões florais do morango *F. x ananassa* Duch. (Adaptado de Hennion & Veschambre, 1997). O código indica a fase de desenvolvimento conforme tabela 1.

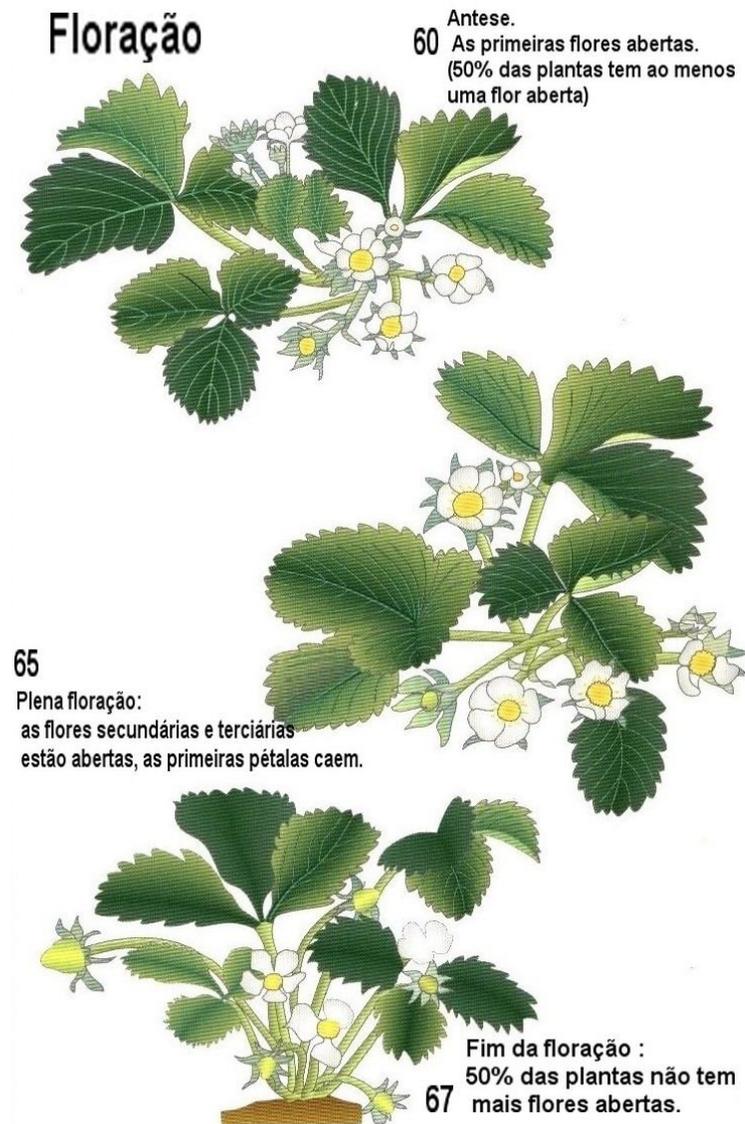


Figura 3 - Principais fases do desenvolvimento da floração do morangueiro *F. x ananassa* Duch. (Adaptado de Hennion & Veschambre, 1997). O código indica a fase de desenvolvimento conforme tabela 1.

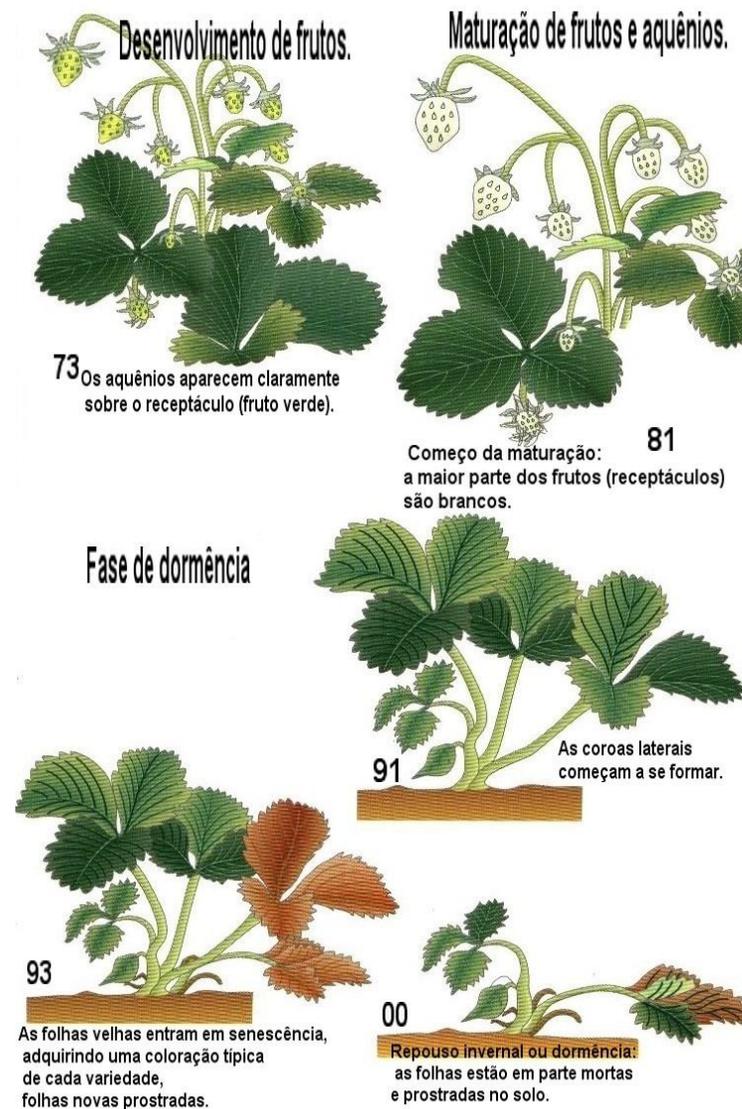


Figura 4 - Principais fases do desenvolvimento das frutas e da dormência do morangueiro *F. x ananassa* Duch. (Adaptado de Hennion & Veschambre, 1997). O código indica a fase de desenvolvimento conforme tabela 1.

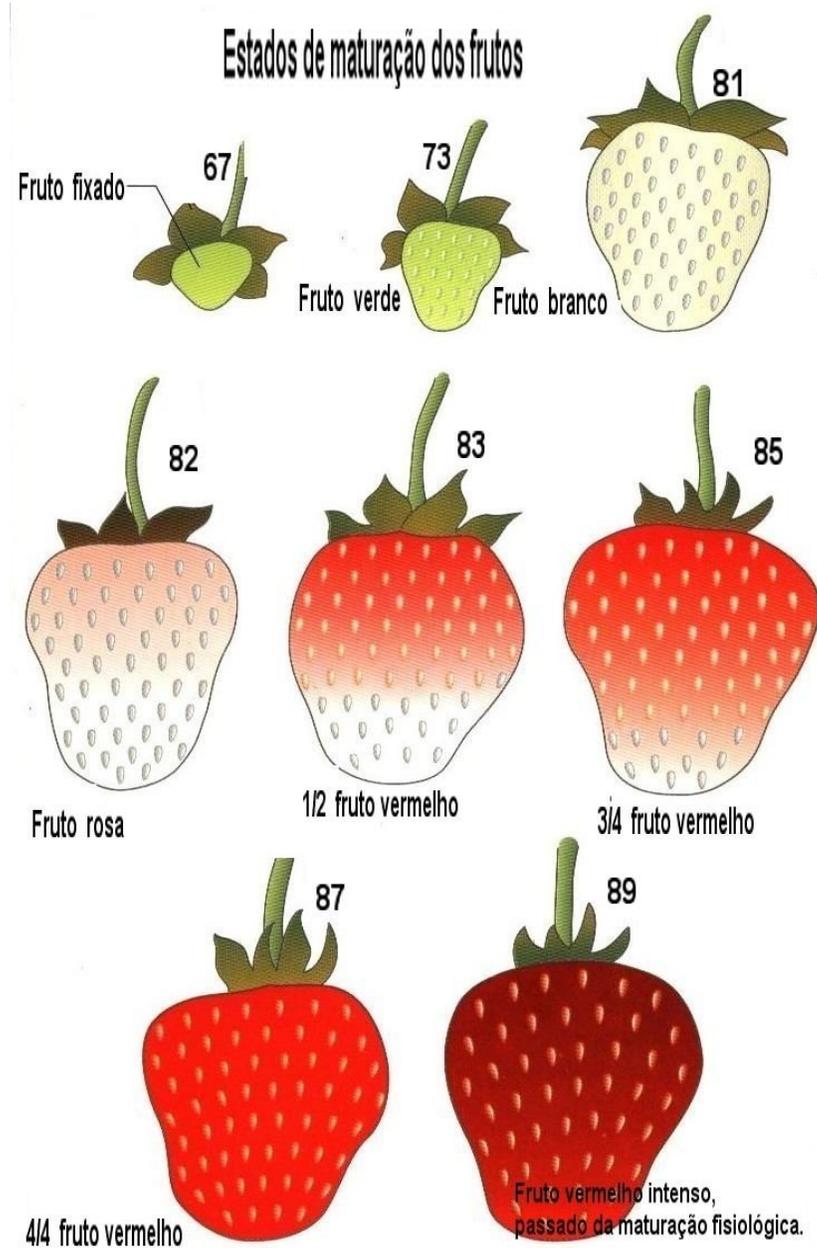


Figura 5 – Estados de maturação da fruta do morangueiro *F. x ananassa* Duch. (Adaptado de Hennion & Veschambre, 1997).

A descrição das fases fenológicas (Tabela 1) está de acordo com a publicação original (Phenological growth stages and BBCH-identification keys of strawberry, *Fragaria x ananassa* Duch.):

Tabela 1 - Principais fases fenológicas do desenvolvimento da planta do morangueiro.

Denominação	Código	Descrição
Estágio 0: Brotação Desenvolvimento de coroas	00	Dormência: Folhas prostradas e parcialmente mortas
	03	Crescimento da coroa principal
Estágio 1: Desenvolvimento de folhas	10	Emergência da primeira folha
	11	Primeira folha expandida
	12	Segunda folha expandida
	13	Terceira folha expandida
		Normalmente depois do estágio de três folhas o desenvolvimento da coroa ocorre no estágio de crescimento 5.
Estágio 4: Desenvolvimento de estolões e plantas novas	19	Nove ou mais folhas expandidas
	41	Início da formação de estolões: estolões visíveis (aprox. 2 cm de comprimento)
	42	Primeira planta nova visível (planta filha)
	43	Desenvolvimento de raízes na primeira planta nova
	45	Primeira planta nova com raízes (pronta para a plantação)
Estágio 5: Surgimento das inflorescências	49	Várias plantas novas prontas para a plantação
	55	Primeiros botões florais na base da coroa
	56	Alongamento da inflorescência
	57	Surgimento dos primeiros primórdios florais (ainda fechados)
	58	Primeiras flores fechadas com pétalas visíveis
Estágio 6: Floração	59	Maior parte das flores fechadas e com pétalas visíveis
	60	Primeiras flores abertas (primárias)
	61	Início da floração: aprox. 10% das flores abertas
	65	Plena floração: flores secundárias e terciárias abertas e as primeiras pétalas caindo
	67	Final da floração: a maioria das pétalas tem caído
Estágio 7: Desenvolvimento da fruta	71	Receptáculo visível por cima das sépalas
	73	Aquênios claramente visíveis no tecido do receptáculo
Estágio 8: Maturação da fruta	81	Início da maturação: maior parte das frutas são brancas
	85	Primeiras frutas com cor específica da cultivar
	87	Colheita principal: mais frutas coloridas
	89	Segunda colheita: mais frutas coloridas
Estágio 9: Senescência, início da dormência	92	Folhas novas com folíolos pequenos e pecíolos curtos
	93	Folhas velhas morrendo, folhas novas prostradas; folhas velhas com a cor específica da cultivar
	97	Folhas velhas mortas

Adaptado de MEIER et al., 1994.

A coroa da planta do morangueiro é um caule curto, cilíndrico. Dos nós da coroa saem as folhas e nas axilas das mesmas estão as gemas axilares, as quais podem dar origem a novas coroas, estolões ou inflorescências, segundo as condições climáticas e nutrição da planta. As gemas axilares normalmente formam coroas secundárias quando o fotoperíodo é longo demais para formar flores ou mais curto que o necessário para a formação de estolões (DURNER & POLING, 1988). Porém, muitas cultivares produzem coroas secundárias independente do fotoperíodo (STRAND, 1994). A temperatura mínima para o desenvolvimento e crescimento da coroa é de 10°C (DARROW, 1966; STRAND, 1994).

Os estolões são órgãos vegetativos que se formam a partir de gemas axilares das folhas em condições de fotoperíodo superior a 13-14 horas e temperaturas maiores do que 14°C. A emissão de estolões é máxima com condições de dias longos e temperaturas de 20-26°C (SMEETS, 1980; SONSTEBY, 1997). A produção de estolões também é estimulada por um maior vigor da planta, o qual é consequência de uma maior quantidade de horas de frio acumuladas antes da primavera. Os estolões possuem nós que dão origem a novas plantas, formando-se em séries, pois cada planta nova forma outro estolão que forma uma nova planta e assim sucessivamente. As novas plantas formadas nos nós dependem da nutrição e da água fornecidas pela planta matriz, até o desenvolvimento do próprio sistema radicular, o qual ocorre aproximadamente 10-15 dias após a emissão das folhas. O número de estolões formados por planta é variável segundo a cultivar. Em geral as cultivares de dias curtos produzem maior quantidade de estolões do que as de dias neutros (STRAND, 1994; SERÇE & HANCOCK, 2005).

As mesmas condições que favorecem a produção de estolões, ou seja, fotoperíodos longos e altas temperaturas, também estimulam o surgimento de novas folhas. As folhas da planta do morangueiro estão formadas por um pecíolo e três folíolos, mas existem clones com quatro ou cinco folíolos. Na base das folhas podem ser encontradas também folhas modificadas chamadas de estípulas. As folhas formam-se nos nós da coroa e têm uma disposição em espiral para maximizar a exposição à luz. A vida útil de uma folha é aproximadamente de dois meses. Existe uma alta correlação entre o número de folhas no outono e o número de frutas produzidas na

primavera, devido a que muitas das gemas axilares se transformam em gemas florais. Portanto, quanto maior o número de folhas no outono, maior a quantidade de inflorescências na primavera (DARROW, 1966; STRAND, 1994).

Ao final do verão a atividade fisiológica da planta vai diminuindo, em consequência da redução do fotoperíodo e da temperatura, até chegar a um estado de dormência ou semi-dormência. Nessa fase, os carboidratos produzidos nas folhas são transportados para as raízes e a coroa e armazenados em forma de amido, o qual vai servir para o crescimento e desenvolvimento posterior ao período de dormência. As plantas nesse período normalmente apresentam uma arquitetura mais achatada, com folhas pequenas e com pecíolos curtos. Isto ocorre em produções no campo. Porém, em regiões com invernos amenos, com temperaturas médias maiores ou com o uso de coberturas plásticas é possível incrementar a atividade das plantas e produzir precocemente (DARROW, 1966; GUTTRIDGE, 1985). O estado de dormência prossegue durante o outono, sendo quebrado pelo acúmulo de horas de frio abaixo de 7.2 °C. A soma térmica abaixo desse limite, que é necessária para a quebra da dormência, é variável para cada cultivar. O padrão de desenvolvimento e crescimento depois da dormência é dependente do frio acumulado. Excessivo acúmulo de horas de frio favorece o desenvolvimento vegetativo de estolões, folhas e coroas, enquanto um número insuficiente de horas de frio resulta em plantas menos vigorosas, com menor produtividade. Porém, existem cultivares que possuem baixos requerimentos de frio, que saem rapidamente da dormência ou não apresentam dormência e continuam seu crescimento e desenvolvimento. Essas cultivares permitem produzir precocemente durante outono e inverno em regiões temperadas. Em cada região é necessário ajustar o manejo das cultivares para obter um equilíbrio entre o vigor da planta e uma boa floração que permita uma produção de frutas de alta qualidade (GUTTRIDGE, 1985; DURNER & POLING, 1988; HANCOCK et al., 1990; STRAND, 1994).

A transição da fase vegetativa para a reprodutiva envolve uma série de processos consecutivos incluindo a indução, iniciação, diferenciação e desenvolvimento floral. A indução ocorre nas folhas expostas às condições de temperatura e fotoperíodo indutivas, que levam à produção de um botão floral. A iniciação é o conjunto de mudanças morfológicas e fisiológicas que ocorrem no

meristema que recebe o estímulo desde as folhas. A diferenciação é a formação de flores microscópicas na gema e o desenvolvimento é a expansão ou crescimento visível das inflorescências (GUTTRIDGE, 1985).

As diferentes espécies de *Fragaria* são classificadas em três tipos, de acordo com a resposta ou sensibilidade ao fotoperíodo: dias curtos (DC), dias longos (DL) e dias neutros (DN). A grande maioria das cultivares modernas de morangueiro *F. x ananassa* é de DC ou DN (HANCOCK et al., 1990). Os dois fatores ambientais mais importantes que controlam a passagem da etapa vegetativa para a reprodutiva são a temperatura e o fotoperíodo (DARROW, 1966). Em geral, fotoperíodos entre 8 e 11h são necessários para a indução floral nas cultivares de DC, situação que normalmente ocorre no final do verão e no outono e inverno. Porém, a indução floral nas cultivares de DC é um processo fisiológico com controle facultativo, pois elas induzem as flores em condições de DC quando a temperatura é maior que 15°C, enquanto com temperaturas menores formam gemas florais independente do fotoperíodo (GUTTRIDGE, 1985; SONSTEBY, 1997). No entanto, nas plantas de DN a indução floral é independente do fotoperíodo, estando controlada principalmente pela temperatura. Essas plantas emitem gemas florais sempre que a temperatura esteja abaixo dos 28°C (DURNER et al., 1984; GUTTRIDGE, 1985; GALLETTA & BRINGHURST, 1990). As cultivares de DL geralmente iniciam a emissão de flores quando os fotoperíodos são maiores que 12h (DARROW, 1966). Porém, atualmente essas plantas têm pouca importância comercial.

Vários trabalhos demonstram que a resposta do morangueiro ao fotoperíodo é uma característica genética quantitativa. Portanto, uma classificação rígida das cultivares não seria possível, pois podem variar de DC obrigatórios até DC facultativos, indo até os de DN. Por sua vez as cultivares de DN podem variar na sua expressão de floração, especialmente durante o verão, produzindo poucas ou muitas flores (DARROW, 1966; NICOLL & GALLETTA, 1987; YANAGI & ODA, 1989). Resultados recentes sugerem que o caráter de dias neutros é poligênico (HANCOCK et al., 2002; WEEBADE et al., 2008). No entanto, outros autores têm observado diferenças importantes na resposta entre as cultivares de DC, DL e DN (DURNER et al., 1984).

O fotoperíodo ótimo e o número de ciclos (dias em condição de DC) necessários para induzir a floração nas cultivares de DC dependem da temperatura e da cultivar. O número mínimo de ciclos com fotoperíodo curto é uma medida da eficiência do efeito do fotoperíodo e da temperatura para induzir a floração. Nos primeiros trabalhos nesse tema foi observado que fotoperíodos entre 9,5 e 13,5 h produziam um maior número de flores em várias cultivares de DC (DARROW, 1936). Posteriormente, utilizando novas cultivares chegou-se a determinar que o fotoperíodo ótimo varia entre 8 e 14 h. Também foi observado que o número mínimo de dias com fotoperíodo curto para induzir a floração varia entre 7 e 14, dependendo da cultivar e tendo em conta a interação com a temperatura (GUTTRIDGE, 1985). Num estudo recente foi determinado que o número de ciclos necessários para indução floral foi de 15 ou menos para vários clones de *F. x ananassa*, *F. chiloensis* e *F. virginiana* (SERÇE & HANCOCK, 2005).

As cultivares de DN possuem a habilidade de emitir flores independentemente do fotoperíodo e sob temperaturas mais elevadas do que aquelas de DC. Aparentemente haveria um gradiente de sensibilidade à temperatura para inibição da floração, sendo as de DC as mais sensíveis e as de DN as menos sensíveis (SMEETS 1980; DURNER et al., 1984).

A floração de cultivares de DC está relacionada com o fotoperíodo e a temperatura. Plantas de várias cultivares submetidas a fotoperíodos de 13,5; 14 e 16 h e com temperaturas de 12; 15,5 e 21°C produziram uma maior quantidade de flores em fotoperíodos inferiores que 14h e temperaturas próximas a 15°C. Quanto maior o fotoperíodo, menor é a temperatura necessária para indução floral. Com fotoperíodos maiores e temperaturas relativamente altas a formação de flores é inibida, favorecendo o desenvolvimento vegetativo, incluído os estolões (DARROW, 1966).

Trabalhos posteriores confirmaram essas observações. Comparando a interação de temperaturas de 12; 18 e 24°C e fotoperíodos de 10; 12; 14; 16 e 24 h em cinco cultivares foi observado que as plantas de três das cultivares formaram flores a 12 e 18°C independentemente do fotoperíodo, mas permaneceram em estágio vegetativo a 24°C e fotoperíodos maiores que 14 h. Nas outras cultivares as temperaturas e fotoperíodos para a emissão de flores foram 12°C e 16h, 18°C e 14h, e 24°C e 13h. O

número de estolões foi superior com temperaturas de 24°C e fotoperíodos de 16 h (HEIDE, 1977).

Mais recentemente num estudo com seleções de *F. chiloensis*, *F. virginiana* e cultivares de *F. x ananassa* observou se que as cultivares de DC formaram a mesma quantidade de flores e de estolões quando submetidos a fotoperíodos de 8; 9; 10 e 11 h com temperaturas de 18°C durante 15 ou 30 dias. Porém, houve diferenças significativas no número de flores por inflorescência entre os diferentes fotoperíodos, produzindo um número médio de flores por inflorescência de 4,2; 3,5; 3,5 e 5,1 com fotoperíodos de 8; 9; 10 e 11 h, respectivamente. Também nesse estudo, as cultivares de DN evidenciaram dois tipos de comportamento, alguns produzindo flores em condições de DC (8h) e DL (16h) e outros somente produzindo flores em condições de DL (16h). Por sua vez, as cultivares da primeira classe emitiram número diferente de flores em cada condição de fotoperíodo. Além disso, foi pesquisada também a influência da temperatura na floração em cultivares de DN. Foi observado efeito no número de flores formadas por planta, com número médio de 1,6; 3,1; 3,9 e 6,8 flores com temperaturas de 30, 24, 22 e 18 °C, respectivamente. Os genótipos de *F. x ananassa* apresentaram número médio de flores por planta maior que aqueles de *F. virginiana*, em todas as temperaturas (SERÇE & HANCOCK, 2005).

A iniciação das flores induzidas é retardada se as condições de DC se prolongam. A exposição a fotoperíodos maiores acelera a iniciação floral nas cultivares de DC (DURNER & POLING, 1987). O efeito de fotoperíodos mais longos reflete-se em inflorescências mais compridas e maior número de flores (GUTTRIDGE, 1985). A temperatura influencia tanto a velocidade de iniciação das flores como o número de flores nas inflorescências secundárias e terciárias. As temperaturas ótimas para a formação de inflorescências secundárias e terciárias são de 18,6 e 19,9°C, respectivamente, na cultivar Elsanta (LE MIERE et al., 1996), sendo que o fotoperíodo não tem efeito nessa variável. As temperaturas maiores de 15-16°C promovem o desenvolvimento floral, com ótimos entre 18 e 20°C (DARROW, 1966). Porém, em algumas regiões subtropicais as cultivares podem iniciar e desenvolver flores em condições de outono e inverno, com fotoperíodos curtos e baixas temperaturas, o que teoricamente são condições mais favoráveis para indução do que para o

desenvolvimento floral. Aparentemente as baixas temperaturas poderiam promover a formação de ácido giberélico (AG) em níveis como para acelerar o desenvolvimento das flores previamente induzidas (KIRSCHBAUM, 1998).

As inflorescências formam-se de meristemas terminais da coroa. Várias inflorescências podem ser emitidas em cada coroa, sendo que o número e o tipo (primária, secundária, etc.) de flores por inflorescência são variáveis segundo a cultivar e as condições climáticas. Cada flor é constituída por um pedúnculo floral, sépalas, pétalas, pistilos e estames. As flores das cultivares comerciais são hermafroditas e a polinização é realizada principalmente pelo vento e pelos insetos. Os pistilos da flor encontram-se sobre um receptáculo, o qual vai formar a parte comestível do morango depois do seu crescimento. Os frutos secos superficiais que se encontram no receptáculo são os aquênios, os quais contêm a semente botânica do morangueiro e são os responsáveis pelo crescimento do receptáculo mediante a formação de reguladores de crescimento. A polinização das flores é favorecida por dias com alta radiação, temperaturas médias de 20°C e umidade relativa do ar em torno de 60%. Em dias nublados e com alta umidade há problemas de viabilidade dos grãos de pólen por redução da germinação e dificuldade na deiscência das anteras. As baixas temperaturas também podem prejudicar a polinização, ocorrendo danos nos pistilos quando ocorrem temperaturas negativas. O período entre a polinização e a maturação da fruta é dependente da cultivar e das condições climáticas, em particular da temperatura, sendo em média de 40-60 dias no outono-inverno, 25-30 dias na primavera e 15-20 dias no verão. As temperaturas abaixo de 15°C retardam o crescimento e a maturação das frutas. Porém, quando as temperaturas são elevadas, principalmente na primavera e no verão, a maturação é acelerada e as frutas são de qualidade inferior, principalmente pelo menor tamanho e pouca firmeza. Dias ensolarados, com alternância de temperaturas de 25°C durante o dia e 15°C durante a noite aumentam a qualidade da fruta, por favorecer o acúmulo de sólidos solúveis (DARROW, 1966; STRAND, 1994).

2.2. Seleção de clones de morangueiro para o Rio Grande do Sul

A cultura do morangueiro no Brasil vem sendo praticada desde o final do século XVIII em jardins e hortas caseiras. A cultura passou a ter importância econômica nos Estados de São Paulo e Rio Grande do Sul em meados do século XX (CAMARGO et al., 1963). Nessa época, todas as cultivares eram provenientes dos Estados Unidos e da Europa, apresentando pouca adaptação às condições de clima e solo daqueles dois Estados. Tanto a produtividade como a qualidade da fruta era baixa. A situação mudou a partir da década de 1960, quando surgiram as primeiras cultivares brasileiras desenvolvidas pela Estação Experimental de Pelotas, ligada ao Ministério de Agricultura, e pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Essas cultivares tinham boa adaptação às condições de solo e clima locais, alta produtividade e boa qualidade da fruta. As novas cultivares permitiram aumentar a produção e ao mesmo tempo tornou o morangueiro uma cultura economicamente expressiva nessas regiões (CAMARGO, 1973; SANTOS & MEDEIROS, 2003a). A consolidação da cultura foi favorecida principalmente pela alta rentabilidade (REICHERT & MADAIL, 2003).

A adaptabilidade de uma cultivar a uma determinada região produtora é dependente das condições ambientais e culturais, expressada através da interação genótipo-ambiente. Uma complexa interação entre temperatura e fotoperíodo determina a produtividade e qualidade da fruta, a qual é influenciada também pelas condições de solo e pela incidência de pragas e doenças (SCOTT & LAWRENCE, 1975). Portanto, quando uma cultivar é selecionada para determinada região, a adaptação a outras áreas de produção é dependente da interação com os fatores ambientais nessas áreas.

A produção comercial do morangueiro no Brasil atualmente está baseada em cultivares nacionais e importadas, principalmente dos Estados Unidos e da Espanha (SANTOS & MEDEIROS, 2003a). Essas cultivares estrangeiras podem apresentar resposta diferente daquela observada nas condições onde foram selecionadas, para características como precocidade, produtividade, qualidade da fruta e suscetibilidade a doenças e pragas.

Dentro das cultivares nacionais, a Campinas, selecionada para consumo *in natura* na década de 1950 pelo IAC, ainda hoje é uma das mais cultivadas. Na década de 1970 foi lançada a cultivar Guarani para uso industrial, que foi a cultivar mais plantada para tal finalidade nos Estados de São Paulo e Minas Gerais. Na década de 1980 foi liberada a cultivar Princesa Isabel com frutas mais duráveis após a colheita (PASSOS & CAMARGO, 1993). Outras cultivares brasileiras são Santa Clara e Bürkley, indicadas para industrialização pelas características da fruta, e Vila Nova, que tem aptidão tanto para a indústria como para consumo *in natura* (CONTI et al., 2002; SANTOS & MEDEIROS, 2003a).

Em relação às cultivares estrangeiras, na década de 1990 foi importada dos EUA a cultivar Dover, selecionada para resistência a antracnose (*Colletotrichum spp.*) nas condições da Flórida. Entretanto, essa característica não foi expressa nas condições do Brasil. Atualmente segue sendo cultivada para uso industrial. Outras cultivares que estão sendo empregadas são Oso Grande, Camarosa, Capitola, Selva, Seascape e Aromas, todas provenientes da Universidade da Califórnia. São encontradas também Sweet Charlie, originária da Universidade de Flórida, e Tudla Milsei que é oriunda da empresa Planasa na Espanha (CONTI et al., 2002; SANTOS & MEDEIROS, 2003a). Atualmente estão sendo experimentadas novas cultivares como Camino Real, Ventana e Diamante (Universidade de Califórnia), Earlibrite e Festival (Universidade de Flórida) e Saborosa e Cegnidarem (Planasa-Espanha) (OLIVEIRA et al., 2007). Os resultados experimentais com essas cultivares demonstram que a maioria apresenta alto potencial de produtividade e frutas que se destacam por algumas propriedades organolépticas, especialmente cor, firmeza e tamanho. Entretanto, a falta de sabor é uma característica comum nesses materiais (CANSIAN et al., 2002; CONTI et al., 2002; FUMIS et al., 2003; DUARTE FILHO et al., 2004).

Outro aspecto importante é a suscetibilidade às principais doenças e pragas que ocorrem no Brasil. Todas as cultivares estrangeiras, com exceção de Sweet Charlie, apresentam suscetibilidade a antracnose da coroa (*Colletotrichum fragariae* Brooks) e antracnose da fruta (*Colletotrichum acutatum* Simmond). Além disso, muitas dessas cultivares são suscetíveis às doenças folhaves, da coroa e das raízes (SANTOS & MEDEIROS, 2003a). A elevada incidência de doenças exige a aplicação freqüente de

fungicidas durante o período de produção. Isso tem conseqüências negativas tanto no ambiente e nos custos da lavoura assim como no consumo pela população brasileira, que está reduzido devido à falta de confiança do consumidor em relação aos resíduos de agrotóxicos presentes na fruta (ANDRIOLO et al., 2002; 2007).

As cultivares estrangeiras de morangueiro foram selecionadas no Hemisfério Norte, em condições de solo e clima diferentes daquelas existentes no Rio Grande do Sul. A introdução de cultivares desenvolvidas no Estado poderá contribuir para a superação dos gargalos tecnológicos da cadeia de produção do morangueiro. A cultura do morangueiro foi introduzida na região Central do RS na década de 1970, através de um Programa de Extensão coordenado pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), quando tiveram início as primeiras pesquisas com essa cultura na Instituição. Na década de 1980 foram introduzidas na UFSM cultivares nacionais e importadas, as quais foram submetidas a ensaios de avaliação da produtividade. Aquelas que mais se destacaram foram as cultivares nacionais Camanducaia e Mantiqueira, com produtividades acima de 30 t ha⁻¹ (SANTI et al., 1998). As cultivares estrangeiras apresentaram produtividades inferiores. Mudas de várias dessas cultivares foram difundidas na região. Entretanto, as pesquisas com a cultura foram interrompidas na década de 1990, devido principalmente à falta de um sistema organizado de produção de mudas na região.

Situação semelhante ocorreu no Uruguai nas décadas passadas, com dependência de cultivares e mudas do exterior. Essa situação foi uma das razões para a criação do Programa de Melhoramento Genético de Morangueiro do Instituto Nacional de Investigación Agropecuária (INIA) no Uruguai, para o desenvolvimento de cultivares com boas características agrônômicas e resistência a doenças (GIMÉNEZ, 2000), visando a substituição dos materiais estrangeiros que na época vinham sendo utilizados naquele País. As cultivares INIA Arazá, INIA Yvahé e INIA Guenoa são exemplos de cultivares desenvolvidas pelo Programa, as quais vêm apresentado bons resultados em nível comercial nas condições do Uruguai (GIMÉNEZ et al., 2003; VICENTE et al., 2004; VICENTE et al., 2007). Seleções similares poderão ser feitas nas condições do Rio Grande do Sul, que tem clima semelhante e estrutura da cadeia de produção do morangueiro parecida àquele País. No ano de 2002, um protocolo de

cooperação foi firmado entre a UFSM e o Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria – INIA do Uruguai, visando um programa conjunto para o desenvolvimento de cultivares de morangueiro para difusão em ambos os países. Nessa época foi criada também a infra-estrutura necessária para a micropropagação dos clones e produção de mudas matrizes de alta qualidade fisiológica e sanitária.

As novas cultivares a serem desenvolvidas para as condições do RS devem combinar precocidade, produtividade e qualidade da fruta. Essas características poderão satisfazer as exigências atuais do mercado por oferta durante o ano inteiro com adequada conservação pós-colheita. A precocidade da produção no outono-inverno e na primavera permitirá obter melhores preços para o produto (REICHERT, 2003; CEASA PA, 2006). A qualidade da fruta, em especial a firmeza e o sabor, são características que devem ser levadas em conta na seleção. A firmeza está relacionada com a vida pós-colheita e o sabor é determinado principalmente pela relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez (SHAW, 1990; KADER, 1991; CANTILLANO, 1999; CHITARRA & CHITARRA, 2005). Outro aspecto de importância crescente para a seleção de cultivares é a qualidade da fruta relativa ao conteúdo de componentes bioativos com propriedades funcionais ou nutraceuticas. Dentre eles, o teor de vitamina C, antocianinas e polifenóis totais são muito relevantes por estar relacionados com o poder antioxidante da fruta e os efeitos benéficos para a saúde (SUN et al., 2002; MEYERS et al., 2003; HENRIQUES et al., 2004; HANNUM, 2004; OLSSON et al., 2007). Essas características constituem as principais variáveis a serem avaliadas em um programa de melhoramento genético do morangueiro visando a seleção de clones para as condições do RS.

2.3. Produção de mudas de morangueiro

Após a seleção de uma cultivar, a produção de mudas de qualidade é essencial para o sucesso da lavoura de morangueiro. A disponibilidade de mudas de morangueiro de comprovada origem genética e alta qualidade fisiológica e fitossanitária para os produtores é fundamental para a obtenção de elevadas produtividades, com qualidade de fruta apropriada para cada tipo de mercado consumidor. A manutenção

da qualidade das mudas durante todo o processo de multiplicação depende de contar com as tecnologias adequadas e de controles rigorosos (BISOGNIN, 2007).

A propagação do morangueiro começa com a produção de mudas matrizes *in vitro*. A muda matriz de morangueiro, obtida através de micropropagação requer de duas etapas em casa-de-vegetação. Uma etapa inicial de produção de estolões com a qualidade desejada em jardins clonais de cada cultivar e uma posterior à micropropagação para a aclimatização. O jardim clonal permite o controle rigoroso das características genéticas e deve ser instalado em casa-de-vegetação telada, para evitar a contaminação com viroses. Devem ser realizadas aplicações de agroquímicos para minimizar a infecção dos estolões com fungos e bactérias antes da sua introdução no laboratório. A micropropagação consiste na multiplicação de explantes obtidos a partir de meristemas apicais dos estolões em condições assépticas, em meio de cultura adequado e com temperatura e luminosidade controladas. A aclimatização é um processo necessário para as plantas se adequarem às condições de cultivo de casa-de-vegetação, ou seja, uma condição de menor disponibilidade de água e nutrientes e maiores variações de temperatura e luminosidade que as mesmas estavam submetidas em laboratório. A aclimatização é uma etapa crítica da produção de mudas matrizes de morangueiro, pois um grande número de mudas pode morrer durante essa fase, o que aumenta os custos de produção. Logo após a aclimatização, as mudas matrizes podem ser transplantadas em viveiros, diretamente em canteiros de cultivo em solo ou em sistemas hidropônicos, ambos destinados à multiplicação e produção de mudas comerciais (BISOGNIN, 2007).

Tradicionalmente a produção de mudas comerciais de morangueiro tem sido feita no solo, em viveiros especializados. As referências de pesquisa sobre a multiplicação de morangueiro no Brasil são escassas. Algumas delas estão referidas apenas às etapas de produção e aclimatização de plantas matrizes produzidas *in vitro* (BETTI, 2000; CALVETE et al., 2000, 2002; LUCAS et al., 2002, 2003; FORTES, 2003). Outras estão relacionadas com o efeito de níveis de irrigação (FARIAS et al., 1998) e a época de colheita (TESSARIOLI NETO et al., 2003) sobre a produção de mudas a campo. Por outro lado, existem alguns artigos sobre recomendações de produção de mudas comerciais em viveiros a campo (SANTOS & MEDEIROS, 2003b; ANTUNES &

DUARTE FILHO, 2005) e sem solo (ANTUNES & DUARTE FILHO, 2005). No sistema sem solo, a multiplicação de matrizes é realizada em canteiros suspensos no interior de estufas, com a utilização de substrato inerte (casca de arroz carbonizada) e/ou substrato esterilizado ou solarizado. As matrizes em vasos são colocadas ao lado ou sobre o canteiro. A partir da emissão dos estolões, estes são direcionados ao substrato que servirá de suporte para o enraizamento e desenvolvimento da muda. A fertilização é realizada através da fertirrigação. De acordo com os autores, as mudas assim produzidas apresentam maior sistema radicular, com redução substancial de doenças provocadas por fungos de solo. A casca de arroz é um substrato orgânico de alta disponibilidade na região Sul. Trata-se de um material de baixa densidade, que pode ser manuseado com facilidade. Para ser empregada como substrato deve passar por um processo de carbonização parcial, para reduzir a relação C/N e aumentar a capacidade de retenção de água. É nessa etapa que residem as dificuldades de uso. A carbonização feita empiricamente em recinto aberto não garante a homogeneidade do produto final. Os gases gerados durante o processo são poluentes e nocivos à saúde. A capacidade de retenção de água continua baixa mesmo após a carbonização, exigindo fertirrigações freqüentes. Sofre decomposição durante o ciclo de produção, com redução de volume e modificações na porosidade e na capacidade de retenção de água. É um material que deve ser substituído ao final de cada ciclo de produção (GIMENEZ et al., 2008).

Na região Sul do Brasil as mudas matrizes provenientes da cultura *in vitro* são plantadas nos viveiros entre os meses de setembro e novembro segundo as regiões, em distâncias de 1m x 2m ou 2m x 2m, utilizando de 2500 a 4000 matrizes por hectare. As mudas emitem estolões quando ocorrem as condições de fotoperíodo e/ou temperatura críticas para a cultivar, normalmente a partir de final de novembro, continuando durante o verão até março-abril do ano seguinte, dependendo da região. Potencialmente é possível produzir aproximadamente um milhão de plantas por hectare. A colheita das mudas é realizada entre março e maio dependendo da data ótima de plantio (SANTOS & MEDEIROS, 2003a; ANTUNES & DUARTE FILHO, 2005).

Nos Estados Unidos e na Europa os viveiros normalmente são localizados em regiões com altitude maior que 900-1000m. Nessas condições é favorecida a emissão

de estolões durante o verão e posteriormente a acumulação de horas de frio no final do verão e no outono com fotoperíodos menores de 14h (GUTTRIDGE, 1985; DURNER & POLING, 1988; HANCOCK et al., 1990; STRAND, 1994;).

No momento da colheita das mudas deve ser feita a retirada das folhas mais velhas e limpeza dos resíduos de solo nas raízes. Também é necessária uma classificação das mudas por tamanho de coroa, a qual facilita o plantio, origina lavouras com maior uniformidade no crescimento das plantas e na colheita das frutas (SANTOS & MEDEIROS, 2003b; ANTUNES & DUARTE FILHO, 2005).

Uma vez feita a classificação e limpeza das mudas, as mesmas estão prontas para o plantio. Normalmente isto é feito em canteiros elevados, com cobertura do solo com filme opaco de polietileno de coloração preta e irrigação por gotejamento (SANTOS & MEDEIROS, 2003a). A data de plantio no Estado do Rio Grande do Sul varia entre o mês de março nas regiões com temperaturas mais amenas e maio nas regiões mais quentes. A densidade da lavoura varia entre 40 e 66 mil plantas ha⁻¹. Um aspecto importante é a profundidade do plantio da muda em relação ao nível do solo. Na profundidade correta a metade da coroa deve ficar acima da superfície do solo. Se for muito profunda haverá dificuldades para a emissão das novas folhas, enquanto se for muito superficial a planta poderá ter dificuldades na emissão de novas raízes laterais (SANTOS & MEDEIROS, 2003a). Outra consideração importante é a distribuição do sistema radicular. Deve-se ter o cuidado para que fique distribuído uniformemente e as pontas das raízes não fiquem dobradas para cima. A utilização do plástico preto permite aumentar a temperatura do solo e reduzir a evaporação superficial, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular. O plástico ainda auxilia no controle de plantas invasoras e evita o contato das frutas com o solo. A adubação principalmente com nitrogênio e fósforo é importante para o crescimento do sistema radicular. Uma parte da adubação é feita antes do plantio. A parte restante é feita posteriormente por fertirrigação durante a fase de produção das frutas (DARROW, 1966; VOTH & BRINGHURST, 1990; STRAND, 1994; SANTOS & MEDEIROS, 2003a).

Em países como os Estados Unidos, Canadá e a Espanha, os viveiros são localizados em regiões isoladas, geralmente nas montanhas. Essas áreas empregadas para os viveiros são desinfetadas com produtos fumigantes como o brometo de metila,

o que assegura a eliminação de patógenos e ervas daninhas no solo. A proibição do uso do brometo de metila traz um desafio importante para a cultura do morangueiro em nível mundial, especialmente na produção de mudas, impulsionando a procura por alternativas para essa fase.

A produção de mudas de morangueiro fora de solo é a alternativa que tem sido adotada por viveiristas na Europa, Estados Unidos e Canadá. A principal forma de produção de plantas de morangueiro fora de solo é mediante o uso de pontas de estolões colocados em bandejas com diferentes tipos de substrato inerte. Este tipo de muda é chamado de muda com torrão (DURNER et al., 2002). A tecnologia de produção de plantas em bandejas não é nova, já vinha sendo utilizada intensamente em outras culturas hortícolas, de flores e florestais. Esse sistema está substituindo rapidamente a produção de mudas de morangueiro no campo por permitir um melhor controle de fatores relacionados com a sanidade, precocidade, produtividade e estande de plantas (DURNER et al., 2002).

As plantas produzidas em bandejas possuem maior homogeneidade que aquelas com raiz nua e estabelecem-se melhor com menor necessidade de irrigação para a implantação (BISH et al., 1997; HOCHMUTH et al., 2001; LARSON & PONCE, 2002). Essas plantas podem ser produzidas em estufas e túneis, o que oferece um melhor controle do ambiente e uma produção mais rápida em relação à produção a campo. Além disso, utilizando substratos inertes evita-se a exposição das plantas à patógenos de solo (LIETEN, 1998; MUSACCHI & MUSACCHI, 1998; DURNER et al., 2002; BISH et al., 2002).

A obtenção de uma boa produção de morangueiro depende do plantio na época apropriada, sendo ainda mais crítica esta condição na produção de entressafra. Isso é muito importante considerando que a produção do Rio Grande do Sul depende em grande parte de mudas do exterior e atrasos na chegada das plantas aos produtores podem acontecer. Uma vantagem importante da produção de mudas em bandejas é que pode ser programada para disponibilizar as plantas no momento adequado para o plantio (DURNER et al., 2002). Adicionalmente, a produção fora de época é favorecida pelo uso de mudas provenientes de bandejas. Vários autores têm observado que as mudas produzidas dessa forma são mais precoces, sendo úteis para produção de

morango na entressafra, quando o valor do produto no mercado é maior (LIETEN, 1998; DURNER, 1999; DURNER et al., 2002; BISH et al., 2002; LARSON & PONCE 2002; DUVAL et al., 2003, 2004).

Outra vantagem que tem sido reconhecida nas plantas provenientes de bandejas é a facilidade de plantio, permitindo inclusive a possibilidade de plantio mecanizado (DURNER et al., 2002). Esse tipo de planta com suas raízes cobertas pelo substrato sofre menor dano mecânico no plantio (DUVAL et al., 2003). Também se tem observado que as plantas produzidas em bandejas têm melhor capacidade de conservação em câmaras a baixa temperatura que as plantas com raízes nuas (DURNER et al., 2002).

Uma restrição da utilização de mudas em bandejas é o maior custo de produção e transporte com respeito àquelas produzidas no campo. Entretanto, a possibilidade de produção na entressafra com este tipo de plantas assim como as outras vantagens mencionadas podem justificar em parte o maior preço relativo (DURNER, 1999; BISH et al., 2002; LARSON & PONCE, 2002). A procura de novos métodos de produção de plantas em bandejas com tamanhos reduzidos que permitam fazer economia de substrato e espaço nos túneis ou estufas de produção é um objetivo que interessa à indústria do morangueiro (DURNER et al., 2002).

Para a produção de mudas em bandejas, uma fonte de pontas de estolões livres de doenças e com boa qualidade é indispensável. No Canadá, utilizam-se plantas matrizes certificadas provenientes do cultivo *in vitro*, as quais são implantadas em canteiros fumigados e cobertos com polietileno. Na Europa, as plantas matrizes são colocadas em sacolas de plástico com substrato em um solo coberto com polietileno e palha de trigo nas entrelinhas. Nos Estados Unidos, sistemas sem solo têm sido experimentados para a produção de pontas de estolão. Calhas com substrato inerte ou com o sistema NFT (Nutrient Film Technique) podem ser utilizadas para o plantio de plantas matrizes. As plantas matrizes emitem os estolões no final da primavera e no verão, os quais são colhidos e colocados nas bandejas com substratos. Depois de terem enraizado no substrato, as mudas estão prontas para o plantio, que ocorre ao final de 4-5 semanas. A produção de estolões é feita mais freqüentemente a campo, mas pode ser efetuada também em ambiente protegido. Entretanto, o enraizamento e a

preparação das mudas nas bandejas devem ser realizados preferivelmente em estufas e túneis (DURNER et al., 2002; BISH et al., 2001, 2002; TAKEDA & HOKANSON, 2003).

Uma outra possibilidade alternativa é realizar a produção de mudas em sistemas sem solo, de forma semelhante como vem sendo experimentado para a produção de sementes de batata (ANDRIOLO, 2006). Os sistemas sem solo são a alternativa para a produção de mudas de alta qualidade fisiológica e sanitária no interior de abrigos ou estufas. O emprego de substratos inertes ou previamente desinfestados em substituição ao solo preserva a sanidade obtida na multiplicação *in vitro*. O crescimento e desenvolvimento das mudas são garantidos pelo emprego de soluções nutritivas ajustadas. O emprego de sistemas fechados, com descarte mínimo ou nulo de solução nutritiva e baixo consumo de energia elétrica devem ser preferidos para diminuir a contaminação do ambiente e reduzir os custos (LIETEN et al., 2004).

2.4. Origem, citogenética e evolução do morangueiro

O gênero *Fragaria* Linn. está constituído por aproximadamente 20 espécies. Gêneros relacionados são *Duchesnea* e *Potentilla*, cada um deles com o número básico de cromossomos $n = 7$.

F. x ananassa é uma espécie alo-octoplóide ($2n=8x=56$), formada pela hibridação interespecífica entre *F. chiloensis* e *F. virginiana*. A espécie teve uma origem recente na Europa entre os anos 1714 e 1759, resultado da intervenção do homem no processo evolutivo. Plantas de *F. chiloensis* do Chile foram plantadas perto de *F. virginiana* provenientes do borde atlântico dos Estados Unidos (DARROW, 1966). As duas espécies (parentais silvestres) são predominantemente dióicas, mas essa característica foi removida dos clones comerciais por seleção durante os últimos 75 anos. A expressão sexual do morangueiro é regulada por três alelos com diferente grau de dominância (feminino > hermafrodita > masculino) (HANCOCK, 1992).

As espécies de *Fragaria* têm quatro níveis de ploidia: diplóides, tetraplóides, hexaplóides e octoplóides. A evolução histórica dos octoplóides ainda não foi bem estudada. Espécies diplóides, tetraplóides e hexaplóides são comuns na Europa e na

Ásia, mas as octoplóides estão restritas às Américas e a Ilha Iturup no Nordeste do Japão. Somente uma espécie diplóide (*F. vesca*) é encontrada na América do Norte (DARROW, 1966; HANCOCK, 1992).

O cenário mais provável de evolução é que os octoplóides podem ter aparecido no norte-leste da Ásia, por hibridação de *F. vesca* com outros diplóides desconhecidos ou seus derivados, e duplicado o genoma para maiores níveis de ploidia e depois migraram através do canal de Bering. *F. iturupensis*, que é a única espécie octoplóide asiática, poderia ser um elo de comprovação desse evento de especiação (DARROW, 1966; HANCOCK, 1992).

A estrutura genômica proposta para as espécies octoplóides (*F. x ananassa*, *F. chiloensis* e *F. virginiana*) é $2A2A'2B2B'$, sendo *F. vesca* (AA) o único genitor diplóide reconhecido. Clássicos estudos citológicos e genéticos têm demonstrado que o genoma estaria altamente diploidizado, mostrando herança dissômica, com formação de bivalentes na meiose (ARULSEKAR et al., 1981; BRINGHURST, 1990; HANCOCK, 1992). Trabalhos moleculares recentes em *F. virginiana* e cultivares comerciais de *F. x ananassa* comprovaram essa hipótese, observando segregação consistente com a herança Mendeliana dissômica (ASHLEY et al., 2003; KUNIHISA et al., 2005).

No entanto, outros trabalhos sugerem que a herança polissômica poderia ser importante nessas espécies octoplóides pela observação de multivalentes na meiose de várias cultivares. Num estudo de mapeamento genético foi verificado que o comportamento meiótico do genoma de *F. x ananassa* não seria nem completamente dissômico nem totalmente polissômico, ou seja, o genoma não estaria tão diploidizado como esperado (MOK & EVANS, 1971; LERCETEAU-KOLHER et al., 2003).

As forças evolutivas que deram origem aos poliplóides atuais, em particular poliploidização e introgressão, continuam ativas hoje em dia na estreita e frágil região costeira da Califórnia. Novos níveis de ploidia podem evoluir com maiores possibilidades de adaptação que esses octoplóides presentes. Além disso, a constante introgressão mediante o fluxo gênico dos parentais diplóides para os octoplóides pode ser importante na evolução dos mesmos, sem que apareçam modificações no número de cromossomos em longo prazo (BRINGHURST, 1990). Por exemplo, na Califórnia onde coexistem populações naturais a hibridação entre *F. vesca* e *F. chiloensis* tem

resultado no estabelecimento de pentaplóides, hexaplóides, nonaplóides e decaplóides pela presença de gametas não reduzidos. Esses clones têm permitido a introgressão natural de genes de *F. vesca* em *F. chiloensis*. Foram observados híbridos os quais na sua maioria são pentaplóides ($2n=5x=35$), originados por gametas normais das duas espécies. No entanto, também acontecem hexaplóides ($2n=6x=42$), que são produto de gametas tetraplóides normais de *F. chiloensis* e gametas não reduzidos diplóides de *F. vesca*. Além disso, existem nonaplóides ($2n=9x=63$), com duas possíveis origens, uma por gametas não reduzidos octoplóides de *F. chiloensis* e gametas normais de *F. vesca* e a outra por gametas não reduzidos dos híbridos pentaplóides e gametas normais tetraplóides de *F. chiloensis*. Finalmente, existem decaplóides ($2n=10x=70$), os quais também possuem duas origens, por gametas não reduzidos dos híbridos naturais hexaplóides de *F. chiloensis* x *F. vesca* e gametas normais tetraplóides de *F. chiloensis* e a outra possibilidade por união de gametas não reduzidos dos híbridos naturais pentaplóides. Quando ocorre autofecundação, os pentaplóides (5x) produzem em sua maioria nonaplóides, os hexaplóides (6x) produzem decaplóides (10x) e os nonaplóides (9x) dão uma série de aneuplóides com número cromossômico entre 57 e 63 (BRINGHURST, 1990; HANCOCK et al., 1990). O esquema da origem dos híbridos naturais pentaplóides, hexaplóides, nonaplóides e decaplóides na Califórnia é o seguinte, envolvendo gametas não reduzidos (GNR) (adaptado de BRINGHURST, 1990):

- | | | |
|---|---|-------------------|
| a) <i>F. chiloensis</i> (8x) x <i>F. vesca</i> (2x) | → | Pentaplóides (5x) |
| b) <i>F. chiloensis</i> (8x) x <i>F. vesca</i> (2x GNR) | → | Hexaplóides (6x) |
| c) <i>F. chiloensis</i> (8x) x <i>F. vesca</i> (2x) | → | Nonaplóides (9x) |
| d) Pentaplóides (5x GNR) x <i>F. chiloensis</i> (8x) | → | Nonaplóides (9x) |
| e) Hexaplóides (6x GNR) x <i>F. chiloensis</i> (8x) | → | Decaplóides (10x) |
| f) Pentaplóides (5x GNR) x Pentaplóides (5x GNR) | → | Decaplóides (10x) |

2.5. Variabilidade genética disponível para o melhoramento do morangueiro e distribuição geográfica

As cultivares de morangueiro estão sendo desenvolvidas a partir de uma base genética muito estreita. Tem sido demonstrado que a maioria das cultivares deriva de sete fontes nucleares e dez citoplasmáticas (DALE & SJULIN, 1990). Isso tem estimulado a procura, coleta e avaliação de germoplasma silvestre para o resgate e a ampliação da variabilidade genética (GALLETTA & MAAS, 1990). Três estratégias têm sido propostas para manter e incrementar a diversidade genética nos programas de melhoramento: 1) incrementar o número de parentais por geração, combinado com controle dos cruzamentos; 2) introdução de germoplasma de *F. x ananassa* parcialmente ou totalmente não relacionado com a população de melhoramento; 3) introdução de germoplasma das espécies silvestres de *Fragaria*.

As maiores coleções de germoplasma de espécies silvestres de morangueiro estão localizadas em Corvallis-Oregon (Estados Unidos), Aarslev (Dinamarca), Dresden (Alemanha) e Ontário (Canadá) (HANCOCK et al., 1990).

As duas espécies octoplóides parentais *F. chiloensis* e *F. virginiana* junto com as cultivares e as populações naturais de *Fragaria x ananassa* formam o pool gênico primário para melhoramento genético. *F. chiloensis* é localizada na beira mar do oceano Pacífico na América do Norte e Chile. *F. virginiana* se encontra nas regiões central e leste da América do Norte. As populações naturais de *Fragaria x ananassa* aparecem na região norte-leste do Pacífico na América do Norte. Existe uma outra espécie octoplóide, *F. iturupensis*, a qual tem uma localização restrita ao Japão.

As demais espécies de *Fragaria*, com diversos níveis de ploidia, representam os pools gênicos secundários e terciários para melhoramento (Tabela 2). Os dois gêneros relacionados *Potentilla* e *Duchesnea* pertencem ao pool gênico terciário (DARROW, 1966; HANCOCK et al., 1990).

Tabela 2 - Distribuição geográfica do morangueiro silvestre no mundo.

Nível de ploidia	Espécie	Localização
Diplóides (2n=2x=14)	<i>F. vesca</i>	América do Norte, norte da Ásia, Europa
	<i>F. iinumae</i>	Japão
	<i>F. yezoensis</i>	Japão
	<i>F. viridis</i>	Europa e leste da Ásia
	<i>F. nilgerrensis</i>	Sudeste da Ásia
	<i>F. nubicola</i>	Himalayas
	<i>F. nipponica</i>	Himalayas
	<i>F. daltoniana</i>	Himalayas
	<i>F. mandshurica</i>	Manchúria
Tetraplóides (2n=4x=28)	<i>F. orientalis</i>	Norte da Ásia
	<i>F. moupinensis</i>	Sul da China
Pentaplóides (2n=5x=35)	<i>F. bringhurstii</i>	Califórnia
Hexaplóides (2n=6x=42)	<i>F. moschata</i>	Norte e centro da Europa
Octoplóides (2n=8x=56)	<i>F. chiloensis</i>	Área costeira do Pacífico, América do Norte, Chile
	<i>F. virginiana</i>	Centro e leste da América do Norte
	<i>F. iturupensis</i>	Japão
	<i>F. x ananassa</i>	Cultivada no mundo inteiro. Populações naturais, Califórnia, Oregon, Columbia Britânica

Fonte: HANCOCK, 1992.

2.5.1. Diplóides (2n=2x=14).

F. vesca L. é a espécie mais extensamente distribuída. Populações naturais podem ser encontradas na América do Norte, no norte da Ásia e na Europa. Populações isoladas também são localizadas nas montanhas do México. As flores são hermafroditas e a reprodução predominantemente autógama, o que resulta em indivíduos altamente homocigotos. As frutas são de forma ovóide, de cor vermelho brilhante, com escassa firmeza e aromáticas, com excelente sabor. Essa espécie tem uma considerável adaptação ecológica e geográfica. Quatro subespécies são reconhecidas: *F. vesca* ssp. *vesca* que se distribui na Europa e na Ásia; ssp. *americana*, localizada no leste da América do Norte até a Columbia Britânica; ssp.

bracteata, encontrada no oeste de América do Norte e *ssp. californica* na Califórnia. As populações diferem marcadamente na sua resposta ao fotoperíodo e são cultivadas aquelas que possuem floração contínua (everbearing) (DARROW, 1966; HANCOCK et al., 1990; STAUDT, 1999).

F. viridis Duch. é nativa da Europa e do oeste de Ásia. As flores são hermafroditas, maiores que as de *F. vesca*. As frutas são pequenas, relativamente firmes de cor entre verde e rosa, e aromáticas. As plantas produzem flores na primavera e no final do verão e tem sido reportado que é tolerante a pH alcalino de solo. É uma espécie alógama e está sendo absorvida em muitos locais por *F. vesca*. Na França é mais comum encontrar híbridos de *F. vesca* e *F. viridis* que indivíduos puros de *F. viridis* (DARROW, 1966; HANCOCK et al., 1990; STAUDT, 1999).

F. nilgerrensis Schlect. é nativa do sudeste de Ásia. As plantas são vigorosas. As inflorescências são pequenas e hermafroditas e as frutas são subglobosas, de cor entre branco e rosa, com tamanho variável, sem sabor ou até mesmo com sabor desagradável (DARROW, 1966; HANCOCK et al., 1990; STAUDT, 1999).

F. daltoniana J. Gay é encontrada na altura dos Himalayas entre os 3000 e 4500 metros. As plantas são vigorosas, com flores solitárias e frutas pequenas, de até 2,5 cm de comprimento, ovóides alongadas, vermelhas e sem sabor nem aroma (DARROW, 1966; HANCOCK et al., 1990; STAUDT, 1999).

F. nubicola Lindl. ex Lacaita é também nativa dos Himalayas, entre os 1500 e 4000 metros de altura. As plantas são dióicas e parecidas à *F. vesca*, mas essas duas espécies são incompatíveis (DARROW, 1966; HANCOCK et al., 1990; STAUDT, 1999).

F. iinumae Makino pertence à região alpina das montanhas do centro e norte do Japão, tendo plantas similares à *F. daltoniana*. As plantas são eretas e possuem somente uma ou duas flores por inflorescência. As frutas são ovóides, de 1,5 cm de comprimento, e tem aquênios imersos de cor amarelo brilhante, similares aos de *F. virginiana*. *F. iinumae* parece ser uma espécie caduca devido a que durante o recesso vegetativo as plantas perdem todas as folhas (DARROW, 1966; HANCOCK et al., 1990; STAUDT, 1999).

F. yezoensis Hara. é nativa de regiões mais frias do norte do Japão. As plantas são também caducas, ficando completamente em dormência nos meses do inverno (HANCOCK et al., 1990; STAUDT, 1999).

F. nipponica Makino é encontrada nas montanhas do Japão. As plantas são parecidas com as de *F. yezoensis*. As frutas são ovóides até subglobosas, de 1cm de diâmetro aproximadamente (HANCOCK et al., 1990; STAUDT, 1999).

F. mandschurica Staudt é nativa de Manchúria, sendo similar ao autotetraplóide *F. orientalis*, do qual possivelmente seja o progenitor (HANCOCK et al., 1990; STAUDT, 1999).

2.5.2. Tetraplóides ($2n=4x=28$)

F. orientalis Losinsk é encontrada no oeste da Sibéria, Mongólia, Manchúria e Coréia, na floresta e regiões abertas de subidas de elevações. As flores são hermafroditas e as frutas são cônicas a redondas, com pouca firmeza, de cor vermelho, com pouco aroma, sendo produzidas no outono e na primavera. Essas frutas são utilizadas para consumo in natura nas regiões onde existem populações naturais (DARROW, 1966; HANCOCK et al., 1990; STAUDT, 1999).

F. moupinensis (Franch.) Card é uma espécie do sudeste da China. As inflorescências contêm de duas a quatro flores e as frutas são pequenas. Essa espécie poderia representar a forma tetraplóide de *F. nilgerrensis* nessa região (DARROW, 1966; HANCOCK et al., 1990; STAUDT, 1999).

2.5.3. Hexaplóides ($2n=6x=42$)

F. moschata Duch. é encontrada no norte e centro da Europa e se dispersa para o leste da Rússia. É de ocorrência natural em áreas sombreadas debaixo das árvores, arbustos e forragens altos. As plantas nativas são vigorosas, com poucos estolões e normalmente são dióicas. A fruta é variável na cor e tem uma forma globosa a ovóide, com pouca firmeza e um aroma e sabor típico muito apreciado. Essa espécie é muito popular em diversas regiões da Europa e existem áreas cultivadas de plantas hermafroditas na Alemanha (DARROW, 1966; HANCOCK et al., 1990; STAUDT, 1999).

2.5.4. Octoplóides ($2n=8x=56$)

F. chiloensis (L.) Duch. é encontrada ao longo da região costeira do oceano Pacífico, no Alaska e na região central da Califórnia, ao longo das praias do Chile e no interior do continente nas montanhas dos Andes e no topo das montanhas do Havaí. A espécie é cultivada em áreas reduzidas atualmente, mas ocupou áreas maiores no Chile, Peru e possivelmente no Equador. As plantas são vigorosas e produzem estolões em grande número. As populações silvestres de *F. chiloensis* são principalmente dióicas, mas também têm sido encontradas hermafroditas na Califórnia e no Chile. As folhas são grossas, verdes escuras e brilhantes. As frutas são grandes, de cor variando do pálido até o vermelho brilhante, firmes, com a polpa branca e com sabor. De acordo a sua morfologia e distribuição são reconhecidas quatro subespécies de *F. chiloensis*: *F. chiloensis* ssp. *chiloensis* (América do Sul); *F. chiloensis* ssp. *lucida* (Washington até Califórnia); *F. chiloensis* ssp. *pacifica* (Ilhas Aleutianas até São Francisco na Califórnia); e *F. chiloensis* ssp. *sandwicensis* (Havaí) (DARROW, 1966; HANCOCK et al., 1990; STAUDT, 1999).

F. virginiana é localizada na região central e leste da América do Norte. As plantas são altas, finas, com grande número de estolões e geralmente dióicas. Populações naturais de *F. virginiana* das montanhas da Califórnia e Utah são normalmente dióicas, porém as populações de Minnessota e Ontário possuem uma alta frequência de indivíduos hermafroditas. As frutas são pequenas, redondas, de até 1,5cm de diâmetro, de cor vermelho claro e aromáticas, com os aquênios embebidos no receptáculo e com a polpa branca. Porém, essas características das plantas e das frutas são altamente variáveis. *F. virginiana* tem uma ampla diferenciação genética e várias subespécies têm sido reconhecidas dentro da mesma. Pode ser dividida em quatro subespécies: *F. virginiana* ssp. *virginiana* se distribui principalmente no leste, noroeste e norte dos Estados Unidos. *F. virginiana* ssp. *glauca* pertence à flora do oeste dos Estados Unidos, nas Montanhas Rochosas até o sul da Arizona, porém depois da glaciação ela se estendeu para o leste e para o norte até Alaska. *F. virginiana* ssp. *grayana* é encontrada desde o estado de Nova York até Alabama, Louisiana e Texas. Finalmente, *F. virginiana* ssp. *platypetala* ocorre desde a Columbia

Britânica até a Califórnia, e nas Montanhas Rochosas, desde Wyoming até Colorado (DARROW, 1966; HANCOCK et al., 1990; STAUDT, 1999).

F. iturupensis Staudt é encontrada na Ilha Iturup das Ilhas Kuriles, no nordeste do Japão. As folhas desta espécie são de cor similar a *F. iinumae*. As flores são hermafroditas e as frutas são quase esféricas, similares às de *Duchesnea indica* (DARROW, 1966; HANCOCK et al., 1990; STAUDT, 1999).

F. x ananassa Duch é o morangueiro cultivado, produto da hibridação entre *F. chiloensis* e *F. virginiana*. É caracterizada por plantas vigorosas, frutas de tamanho grande e alta produtividade. Existem híbridos naturais de *F. x ananassa* localizados nas áreas costeiras do sul-oeste da Columbia Britânica, Washington, Oregon e norte da Califórnia. Esses híbridos têm sido nomeados como *F. x ananassa* nm. *cuneifolia* (HANCOCK et al., 1990; STAUDT, 1999).

A análise molecular com 43 acessos representando 14 espécies de *Fragaria* estabeleceu a relação filogenética entre as mesmas utilizando seqüências de DNA nucleares não codificadoras e DNA de cloroplasto. Os autores concluíram que *Fragaria iinumae* é irmã de todas as outras espécies do gênero. *F. vesca* e *F. nubicola* seriam as espécies diplóides que estariam mais relacionadas com os poliplóides, incluindo a tetraplóide *F. orientalis*, a hexaplóide *F. moschata*, e as octoplóides *F. chiloensis* e *F. virginiana*. Essas últimas duas seriam espécies irmãs (POTTER et al., 2000).

Num trabalho taxonômico com 220 clones representando todas as espécies octoplóides das Américas, concluíram que *F. chiloensis* e *F. virginiana* poderiam ser formas extremas da mesma espécie biológica separadas durante o Pleistoceno, evoluindo adaptações diferenciais a regiões costeiras e de montanhas (HANCOCK et al., 2004). A afinidade morfológica entre ambas as espécies pode estar relacionada com a sua origem. Elas são completamente compatíveis e compartilham mutações similares nos cloroplastos. Algumas seqüências de nucleotídeos nucleares e em duas regiões não codificadoras dos cloroplastos respaldam a idéia que *F. virginiana* e *F. chiloensis* podem ser espécies irmãs. Porém, os dados morfológicos e geográficos são suficientes como para garantir a separação das espécies *F. chiloensis* e *F. virginiana*. Portanto, muitas das designações de subespécies empregadas atualmente não deveriam ser reconhecidas. Eles propõem que as subespécies *pacifica* e *lucida* de *F.*

chiloensis assim como as subespécies *virginiana* e *grayana* de *F. virginiana* não deveriam ser distinguidas nessa categoria de subespécie. As *F. chiloensis* de Norte América e de América do Sul têm bastante similaridade morfológica, mas podem ser mantidas as categorias de subespécies baseadas no isolamento entre elas e pelo fato que estão evoluindo separadamente. Finalmente, *F. virginiana* ssp. *glauca* e *F. virginiana* ssp. *platypetala* provavelmente deveriam ser unidas numa subespécie única e retida dentro de *F. virginiana* até novas pesquisas determinem definitivamente a afinidade com outras subespécies de *F. virginiana* e *F. chiloensis* (HANCOCK et al., 2004).

A informação sobre a origem dos octoplóides de *Fragaria* está somente começando a aparecer, mas parece claro que essas espécies estão bem conectadas através da hibridação e servem como um excelente exemplo de um grupo poliplóide evoluindo fluidamente e interagindo ativamente (HANCOCK et al., 2004).

2.6. Hibridação interespecífica em *Fragaria*

Vários trabalhos mostram que cruzamentos entre diferentes espécies de *Fragaria* são importantes para estudos genéticos e também como estratégia de ampliação da base genética do morangueiro cultivado. O principal objetivo para melhoramento é introduzir características únicas presentes nas espécies silvestres nas cultivares comerciais.

Os primeiros trabalhos de melhoramento com octoplóides foram feitos na Europa durante o século XVIII, com plantas introduzidas das Américas. Os primeiros híbridos de *F. x ananassa* foram identificados por Duchesne, reconhecendo que era o produto da hibridação entre *F. virginiana* e *F. chiloensis*. Porém, Thomas Andrew Knight, na Inglaterra, foi o primeiro em desenvolver clones de *F. x ananassa* no século XIX. O melhoramento genético na América do Norte começou na metade do século XIX, utilizando clones de *F. chiloensis* da América do Sul e de *F. virginiana* da América do Norte e várias cultivares européias de *F. x ananassa* (DARROW, 1966).

Os cruzamentos diretos entre espécies com diferentes níveis de ploidia geralmente resultam em problemas de número, fertilidade e sobrevivência dos

indivíduos. No entanto, o número de cromossomos no morangueiro é facilmente duplicado com o uso de colchicina. Além disso, a presença de gametas não reduzidos é relativamente freqüente em quase todas as espécies de *Fragaria*, o qual pode ser utilizado para passar características desejáveis através dos diferentes níveis de ploidia (HANCOCK et al., 1990).

As espécies mais utilizadas têm sido *F. chiloensis* e *F. virginiana*, pois são octoplóides e hibridizam facilmente com as cultivares, obtendo alto número de indivíduos em progênes férteis e porque apresentam uma grande diversidade genética. No entanto, alguns programas de melhoramento têm tido sucesso na obtenção de clones e seleções a partir de cruzamentos com outras espécies silvestres.

Pelo menos três estratégias têm tido sucesso na transferência de genes entre níveis de ploidia menores e os octoplóides. Na primeira se utiliza decaplóides ($2n=10x=70$) produzidos a partir de pentaplóides e hexaplóides como naturalmente ocorre na Califórnia (Esquema, a-d) (BRINGHURST, 1990). A segunda estratégia é utilizar retrocruzamento de nonaplóides ($2n=9x=63$) com os octoplóides. Esses nonaplóides podem ser gerados por cruzamento entre decaplóides ou pentaplóides com octoplóides, ou também por hibridação entre indivíduos $16x$ com diplóides (Esquema, e-h). A última estratégia utiliza octoplóides sintéticos duplicando e re-duplicando menores níveis de ploidia (Esquema, i-l) (LUBY et al., 1991; HANCOCK et al., 1990). Um exemplo deste último método são as seleções Synthetic Octoploid 1 e 2 (SO1 e SO2), obtidas pelo programa de melhoramento da Universidade de Guelph no Canadá. A seleção Guelph SO1 foi desenvolvida a partir de *F. moschata* (hexaplóide) e *F. nubicola* (diplóide). A Guelph SO2 foi obtida utilizando os diplóides *F. vesca* e *F. viridis*, e o tetraplóide *F. moupinensis* (EVANS, 1982; DALE et al. 1993). Novos octoplóides sintéticos têm sido obtidos com essa estratégia e os melhores resultados foram utilizando *F. moschata*, *F. viridis* e *F. nubicola* (BORS & SULLIVAN, 2005).

Um outro exemplo da utilização de espécies silvestres e gametas não reduzidos é a formação de uma nova espécie decaplóide *Fragaria x vescana*. Esta espécie foi criada através de cruzamentos entre *F. vesca* e *F. x ananassa*, e atualmente existem cultivares comerciais utilizadas na Alemanha e na Suécia (BAUER, 1993). Os híbridos decaplóides foram obtidos em três etapas: duplicação do genoma de *F. vesca*

utilizando colchicina, cruzamento da *F. vesca* 4x com *F. x ananassa* para produzir hexaplóides e retrocruzamento dos hexaplóides com cultivares de *F. x ananassa* (Esquema, a-d).

O esquema para a utilização de gametas não reduzidos (GNR) para hibridação entre espécies de *Fragaria* segue a seguinte seqüência:

- a) 2x colchicina → 4x x 8x → 6x (GNR) x 8x → 10x
- b) 5x (GNR) x 5x (GNR) → 10x
- c) 6x (GNR) x 8x → 10x
- d) 10x x 6x → 8x
- e) 10x x 8x → 9x x 8x → 8x
- f) 8x (GNR) x 2x → 9x x 8x → 8x
- g) 5x (GNR) x 8x → 9x x 8x → 8x
- h) 5x (GNR) x 4x (GNR) → 9x x 8x → 8x
- i) 2x → (GNR) ou colchicina → 4x x 4x → 4x (GNR ou colchicina) → 8x
- j) 2x (GNR) x 6x (GNR) → 8x
- k) 2x x 6x (GNR) de ambos parentais → 8x
- l) 2x x 6x → 4x → (GNR) ou colchicina → 8x

A grande diversidade encontrada nas espécies octoplóides *F. virginiana* e *F. chiloensis* e a facilidade de cruzamentos com *F. x ananassa* faz com que esse seja o caminho mais fácil e mais rápido para incorporar caracteres importantes nas novas cultivares. Tem sido identificada uma alta variabilidade para tolerâncias a temperatura, salinidade, umidade do solo e sombreamento, aumento da eficiência fotossintética, resistência a patógenos e pragas, e outras caracteres como aroma e sabor da fruta (DARROW, 1966; SCOTT & LAWRENCE, 1975; HANCOCK et al., 1990; LUBY et al., 1991). Num trabalho recente com cruzamentos entre seleções de *F. virginiana* com cultivares e seleções de *F. x ananassa* foi observada a predominância da variância aditiva na herdabilidade de caracteres como tamanho da fruta, resistência a doenças, sensibilidade ao fotoperíodo, sexo e fertilidade materna. Isto significa que seria

relativamente fácil introduzir características únicas encontradas em *F. virginiana* para o melhoramento de cultivares de *F. x ananassa* (HANCOCK et al., 2002).

É grande a diversidade de germoplasma de *Fragaria* existente no mundo que pode ser coletado, caracterizado, preservado e utilizado no melhoramento. Há variabilidade para a maioria dos caracteres que influenciam tanto o crescimento como o desenvolvimento da cultura, dos quais se destacam a resistência a doenças, tolerância à seca, sensibilidade ao frio e ao calor, qualidade da fruta, sensibilidade à temperatura e ao fotoperíodo, exigência de nutrientes e tolerância à salinidade. Poucas culturas têm uma fonte de genes tão ampla, a qual permite selecionar clones adaptados às mais variadas condições de produção, obtendo elevada produtividade e qualidade unicamente a partir do melhoramento genético. A poliploidia é importante no morangueiro porque somente nos produtos finais encontrados na natureza (*F. chiloensis* e *F. virginiana*) estão os genes necessários que evoluíram, concentraram, organizaram e conservaram de tal forma que permitem o melhoramento relativamente rápido das cultivares modernas (BRINGHURST & VOTH, 1984; HANCOCK et al., 1990).

2.7. Herança genética dos principais caracteres do morangueiro

O entendimento da genética dos caracteres mais importantes em novas cultivares de morangueiro tem sido obtido através de estudos mendelianos e quantitativos. A maioria dos caracteres nas espécies octoplóides de *Fragaria* e cultivares de *F. x ananassa* são quantitativos. Tem sido observado que a variância aditiva, dominância e epistasia poderiam estar atuando simultaneamente na expressão de um caráter em particular (SCOTT & LAWRENCE, 1975). Vários estudos quantitativos têm demonstrado a contribuição dos diferentes componentes da variância genética para diversos caracteres, como produtividade e qualidade da fruta e resistência às doenças. Porém, deve ser destacado que os resultados de estudos quantitativos individuais não podem ser generalizados porque dependem da composição da população de morangueiro estudada, a interação com o ambiente no qual foram plantadas e o método analítico utilizado (GALLETTA & MAAS, 1990).

2.7.1. Produtividade e qualidade da fruta

O número de coroas por área de canteiro é o fator mais fortemente associado com a produtividade por hectare. Porém, a alta densidade pode criar uma competição entre plantas que seja prejudicial. Altas densidades podem ser obtidas por formação de elevado número de estolões ou por divisão de coroas. No sistema de plantas separadas (geralmente sem plástico de cobertura do solo, livre emissão de estolões, plantio de 2-3 anos) a produção de estolões está altamente correlacionada com produtividade, porém, no sistema de canteiros (com plástico preto, irrigação por gotejamento e plantio anual) a formação de coroas secundárias é muito importante. Geralmente, cada sistema tem diferentes cultivares apropriadas, mas algumas se adaptam a ambos. A genética da produção de estolões em *F. x ananassa* tem sido pouco pesquisada. Porém, a variabilidade contínua observada entre os clones sugere ser uma característica quantitativa (HANCOCK et al., 1990). A produção de estolões é muito variável entre as cultivares e também alta variação tem sido observada entre clones silvestres de *F. vesca*, *F. chiloensis* e *F. virginiana*. Em *F. x ananassa*, a formação de estolões tem herança complexa e está fortemente associada ao hábito de floração (CORBETT & MEADER, 1965). Normalmente, os clones de dias neutros produzem menor número de estolões. Em *F. vesca* a não emissão de estolões, a floração contínua e a não formação de coroas é controlado por um gene dominante. Esses indivíduos são homocigotos recessivos (GALLETTA & MAAS, 1990; HANCOCK et al., 1990).

A produção de coroas secundárias em uma planta pode ser incrementada com o cruzamento com clones de dias neutros ou de dias curtos com floração prolongada. *F. virginiana* ssp. *glauca*, principalmente, e alguma população silvestre de *F. virginiana* ssp. *virginiana* são boas fontes desses genes (BRINGHURST & VOTH, 1984). Clones de *F. chiloensis* apresentam variação para época de frutificação. *F. vesca* também tem variabilidade para esses caracteres (HANCOCK et al., 1990).

Existem duas formas fisiológicas e genéticas principais para aumentar a produtividade: incremento da eficiência na produção de assimilados fotossintéticos ou alterar o padrão de partição de matéria seca. Populações silvestres de *F. virginiana* e

F. chiloensis têm variabilidade para incrementar tanto a alocação de assimilados para as frutas como a eficiência fotossintética. Uma alta variabilidade na partição de matéria seca para as frutas foi observada nas duas espécies (HANCOCK & BRINGHURST, 1980; JURIK, 1983). Foi verificada eficiência fotossintética de 10 a 40% maior em *F. chiloensis* do que em *F. x ananassa* (CAMERON & HARTLEY, 1988; HANCOCK et al., 1989).

Grande variabilidade para tamanho da fruta tem sido observada entre cultivares e nas populações silvestres de *F. chiloensis*, *F. vesca* e *F. virginiana* (HANCOCK & BRINGHURST, 1980). Também em *F. nilgerrensis* e *F. daltoniana* podem se encontrar genes úteis para incremento de tamanho da fruta (DARROW, 1966). O tamanho da fruta é uma característica poligênica com alta herdabilidade e com seis a oito pares de alelos que controlam a expansão do mesmo (HANCOCK et al., 1990). *F. virginiana* contém genes para frutas pequenas que são parcialmente dominantes. Várias populações de *F. chiloensis* dos Estados Unidos e do Chile possuem frutas de tamanho grande. Para recuperar o tamanho de fruta comercial aceitável são necessárias três gerações de retrocruzamento, quando se trabalha com híbridos de *F. chiloensis* e *F. x ananassa*. Dependendo dos genitores utilizados, tanto a capacidade geral quanto a específica de combinação podem ser importantes para melhorar o tamanho da fruta. O fenótipo pode ser um bom estimador nos cruzamentos entre clones com diferente tamanho de fruta, porém, o resultado dos cruzamentos entre clones com tamanho de fruta grande é um pouco mais difícil de prever. Igual que com a produtividade, em vários programas de melhoramento a variabilidade aditiva para tamanho da fruta tem sido importante, mas não em outros (COMSTOCK et al., 1958; SPANGELO et al., 1971; BRINGHURST & VOTH, 1984; MASNY et al., 2005).

Vários fatores influenciam o tamanho da fruta, incluindo a posição na inflorescência, número e tamanho de aquênios. Em geral os clones com frutas pequenas têm menor variação no tamanho com alteração da posição na inflorescência (HANCOCK et al., 1990).

Normalmente existem interações compensatórias entre o tamanho da fruta e os fatores associados com o número de frutas, como a densidade, coroas por planta, inflorescências por coroa, frutas por inflorescência. Por isso, o melhoramento por

separado para número ou maior tamanho da fruta não necessariamente resulta em incrementos de produtividade. Normalmente os clones superiores combinam ambos os caracteres (HANCOCK et al., 1990).

O sabor, aroma e cor da fruta são os caracteres mais importantes em uma cultivar. Vários fatores influenciam a percepção do sabor, como o aroma e o sabor juntos, apreciados no paladar. O sabor está determinado principalmente pela relação de sólidos solúveis e acidez, e ambos os parâmetros são controlados por níveis variáveis de variância aditiva e dominância. A cor interna e externa da fruta são caracteres quantitativos e têm alta herdabilidade (LUNDERGAN & MOORE, 1975; SHAW, 1988; HANCOCK et al., 1990).

A firmeza da fruta está relacionada com a resistência da polpa e da epiderme. Alguns autores têm observado que a capacidade geral de combinação é a mais importante para essa característica (BARRIT, 1979; SHAW et al., 1987; MASNY et al., 2005). Outros estudos sugerem que a firmeza é uma característica quantitativa, com herdabilidade principalmente não aditiva, sendo a epistasia o componente mais importante da variância genética (HORTYNSKI, 1991). Varias cultivares têm sido reconhecidas por sua firmeza de fruta e normalmente são bons genitores para esse caráter. *F. chiloensis* possui genes para firmeza enquanto que *F. virginiana* tem frutas com escassa firmeza e grande parte de suas progênes apresentam esse problema (DARROW, 1966; HANCOCK et al., 1990).

Em relação ao conteúdo de vitamina C tem sido observada uma alta variação entre clones, sendo um caráter de alta herdabilidade (DARROW, 1966; LUNDERGAN & MOORE, 1975). Alguns estudos encontraram que o conteúdo de ácido ascórbico é parcialmente dominante (ANSTEY & WILCOX, 1950), porém em outros observaram que alguns cruzamentos entre cultivares com alto conteúdo resultavam em progênes com maiores valores (DARROW, 1966). Um trabalho recente concluiu que a herança do conteúdo de vitamina C é quantitativa, porém a dominância parcial também foi importante em algumas progênes de cruzamentos com cultivares de *F. x ananassa* (KAZUYOSHI et al., 2003). Apesar de que o conteúdo de vitamina C tem alta herdabilidade, os teores absolutos estão afetados por fatores ambientais e por fatores

relacionados com a maturidade da fruta (HANCOCK et al., 1990; KADER, 1991; CENSI et al., 2004).

2.7.2. Tolerância a frio e calor e resposta a fotoperíodo

Existe uma considerável variabilidade nos requerimentos de frio em cultivares de morangueiro. Geralmente as cultivares adaptadas em áreas mais frias tem maiores requerimentos que as de regiões mais amenas (DARROW, 1966; CRAIG & BROWN, 1977; STRAND, 1994). *F. chiloensis* tem sido importante para desenvolver cultivares para produção no inverno na Califórnia e outras áreas. Vários clones de *F. virginiana* e *F. virginiana ssp. glauca* provenientes das montanhas ou altas latitudes quando são cultivadas em menores altitudes ou latitudes produzem inflorescências independente do fotoperíodo e sem requerimentos de frio. Esse germoplasma tem sido importante para o desenvolvimento de cultivares de dias neutros (SJULIN & DALE, 1987; HANCOCK et al., 1990). O caráter de dias neutros foi associado com um gene dominante de acordo às freqüências encontradas nas progênies de cruzamentos com *F. virginiana ssp. glauca* (BRINGHURST & VOTH, 1978; AHMADI et al., 1991). Porém, mais recentemente foi observado que o modelo de um gene simples para o caráter de dias neutros só era valido quando são cruzados clones de dias neutros de *F. x ananassa* com clones de dias curtos de *F. virginiana* e não se aplicava quando eram feitos os cruzamentos entre clones de dias neutros de *F. virginiana* com clones de dias curtos de *F. x ananassa* (HANCOCK et al., 2002). Isto pode significar que diferentes genes estão atuando nas duas espécies ou que o caráter é regulado quantitativamente, com uma maior concentração de genes em seleções e cultivares de *F. x ananassa*. Os autores concluíram que o caráter de dias neutros é poligênico devido a que foram obtidas progênies de dias neutros provenientes de cruzamentos entre clones de dias curtos de *F. virginiana* e *F. x ananassa*, e pela forte interação genótipo-ambiente encontrada em varias progênies de dias neutros. Num estudo recente em *F. x ananassa* foi determinado mediante o uso de Quantitative Trait Loci (QTLs) que o caráter de dias neutros é controlado por vários genes, muitos deles com efeitos modificadores (WEEBADE et al., 2008).

Existe uma grande variação em relação à tolerância ao frio em *Fragaria*. Em geral o nível de tolerância corresponde com a região de origem e com os ancestrais dessas cultivares (SJULIN & DALE, 1987). Algumas cultivares desenvolvidas a partir de *F. virginiana* ssp. *virginiana* e *F. virginiana* ssp. *glauca* são reconhecidas pela alta tolerância ao frio. Cultivares desenvolvidas na Europa, como Senga Sengana, seleções de *F. chiloensis* de altas latitudes e *F. vesca* distribuída na região boreal são possíveis fontes de tolerância ao frio. Também populações de *F. viridis*, *F. orientalis* e *F. moschata* localizadas em latitudes mais ao norte de Ásia e Europa podem ter genes úteis para essa característica. Possivelmente também *F. daltoniana*, *F. nubicola* e *F. nipponica* que se encontram nas alturas dos Himalayas podem constituir um germoplasma interessante para procurar genes de resistência ao frio (DARROW, 1966; HANCOCK et al., 1990). A tolerância ao frio parece ter alta herdabilidade (DARROW, 1966).

Em relação a altas temperaturas e calor úmido existe alta variabilidade e alguns clones de *F. virginiana* apresentam genes de resistência para esses fatores, enquanto que *F. chiloensis* é considerada como suscetível ao calor. Cultivares de *F. x ananassa* também diferem na resistência ao calor (DARROW, 1966; HANCOCK et al., 1990).

2.7.3. Tolerância a fatores de estresse do solo

Uma grande variabilidade tem sido observada entre as populações de *Fragaria* e nas cultivares e seleções de *F. x ananassa* em relação à resistência à seca, tolerância à salinidade, pH do solo, acumulação de nutrientes na planta e eficiência de extração de nutrientes do solo. A diferenciação ecológica e geográfica das espécies de *Fragaria*, habitando diferentes tipos e condições de solo determinam essa variabilidade. Fontes de tolerância para diversos estresses de solo podem ser encontradas em *F. chiloensis*, *F. virginiana*, *F. vesca* e *F. viridis*, e possivelmente nas outras espécies. No entanto, não têm sido observadas diferenças genéticas na sensibilidade de cultivares de *F. x ananassa* para situações de hipoxia por excessos de água no solo.

Vários dos mecanismos de tolerância a todos esses fatores do solo assim como a genética permanecem ainda a serem determinadas (DARROW, 1966; HANCOCK et al., 1990).

2.7.4. Resistência a doenças

2.7.4.1. *Phytophthora fragariae*

A herdabilidade da resistência a esse oomiceto é quantitativa e com dominância parcial, sendo que os parentais resistentes são heterozigotos para o caráter. As fontes de resistência utilizadas para a incorporação de resistência têm sido seleções silvestres de *F. chiloensis* e *F. virginiana* e as cultivares de *F. x ananassa* Frith e Aberdeen. Os parentais diferem na habilidade para transmitir a resistência às progênes dependendo da sua constituição genética e as raças do patógeno (HANCOCK et al., 1990). A capacidade específica de combinação é importante na herdabilidade da resistência, sendo que a variância não aditiva é a maior proporção da variância genética para passagem da resistência às progênes (MELVILLE et al., 1980).

2.7.4.2. *Verticillium albo-atrum* e *V. dahliae*

A resistência à murcha de *Verticillium* é quantitativa e aditiva, com alta herdabilidade e parcialmente dominante sobre a suscetibilidade (WILHELM, 1955; BRINGHURST et al., 1968; BOWEN et al., 1968). As fontes de resistência para essa doença se encontram em varias cultivares de *F. x ananassa* e clones individuais de *F. chiloensis*, *F. virginiana*, *F. virginiana ssp. glauca* e *F. vesca*, de populações silvestres geograficamente distinguidas (HANCOCK et al., 1990).

2.7.4.3. *Colletotrichum spp.*

As diferentes cultivares de *F. x ananassa* variam na susceptibilidade a antracnose nos pecíolos, estolões, frutos e coroas. A resistência tem sido incorporada

em cultivares utilizando materiais locais adaptadas de *F. x ananassa*. Resistência a *C. acutatum* tem sido encontrada em clones de *F. chiloensis* e *F. virginiana* (BALLINGTON & MILHOLLAND, 1993). As cultivares resistentes a *C. acutatum* tendem a serem resistentes a *C. fragariae*, o mesmo ocorre com a suscetibilidade (SMITH & BLACK, 1985). Não se conhecem cultivares resistentes a todas as raças de *C. fragariae*, *C. acutatum*, *C. gloesporioides* ou *G. cingulata*. Uma cultivar que é resistente aos patógenos presentes numa determinada região pode ser altamente suscetível em outra (DELP & MILHOLLAND, 1981; SMITH & BLACK, 1985). Resistência a *C. acutatum* e *C. fragariae* tem sido identificada entre cultivares e clones de *F. x ananassa* (SMITH & BLACK, 1990). O componente de dominância foi mais importante do que o da variância aditiva e a epistasia explicou 35 a 38 % da variância genética total. A frequência de distribuição da severidade da doença indicou a ação de genes maiores (GUPTON & SMITH, 1991). Em outros estudos também foi determinado que a resistência a antracnose causada por *C. acutatum* é determinada pela ação de genes maiores (FAEDI & DE CLAUSER, 1991; WINTERBOTTOM et al., 1991). Porém, em outro estudo o estimador da capacidade específica de combinação foi maior do que aquele da capacidade geral, portanto a variância não aditiva seria mais importante do que a variância aditiva na herança da resistência a *C. acutatum*. A frequência de distribuição das lesões de antracnose nas progênies indicou uma variação contínua, o qual sugere que a resistência a *C. acutatum* é quantitativa. Isso foi confirmado pela obtenção de progênies resistentes a partir de cruzamentos entre parentais suscetíveis ou com resistência intermédia (GIMENEZ, 1997; GIMENEZ & BALLINGTON, 2002). Em outro trabalho foi observado que um gene dominante determina altos níveis de resistência e pode ser complementado com genes menores. Os níveis intermediários de resistência seriam controlados por genes menores de resistência (DENOYES-ROTHAN et al., 2005).

2.7.4.4. *Sphaeroteca macularis*

As cultivares de *F. x ananassa* e clones de *Fragaria* variam na resistência a oídio (*Sphaeroteca macularis*). Tanto a capacidade geral como a específica de

combinação são significativas na herdabilidade da resistência a oídio e aparece como uma característica quantitativa (SIMPSON, 1987; DAVIK & HONNE, 2005). A resistência parece estar relacionada com a espessura da cutícula das folhas, que estaria dificultando a penetração do fungo. *F. chiloensis* possui folhas com cutículas mais grossas e tem a tendência a ser resistente (HANCOCK et al., 1990).

2.7.4.5. *Mycosphaerella fragariae*

Várias cultivares são altamente resistentes a *Mycosphaerella* e foi determinado que a herdabilidade da resistência é moderada nas progênies de Califórnia (SHAW et al., 1988). Normalmente existe alta variação do patógeno com a presença de distintas raças locais nas diferentes regiões onde as cultivares são utilizadas (PAULUS, 1990).

2.7.4.6. *Diplocarpon earliana*

As cultivares variam na reação frente a esse patógeno e uma cultivar resistente numa região pode ser suscetível em outra. Isso pode ser explicado pelas diferenças entre raças do patógeno e ambientes. A resistência das progênies a este fungo não sempre pode se antecipar em função da reação dos parentais, portanto seria não aditiva (NEMEC & BLAKE, 1971).

2.7.4.7. *Botrytis cinerea*

A herdabilidade da resistência a *Botrytis* é aparentemente quantitativa, com um componente principal de variância aditiva, pelo menos em parte. Existem diferenças na sensibilidade das cultivares a essa doença e os mecanismos de resistência são distintos segundo o estágio de desenvolvimento da fruta. A firmeza da fruta poderia estar relacionada com a resistência, em especial em pós-colheita. O cálcio nas paredes celulares da fruta poderia estar associado, o que caracterizaria uma relação entre firmeza da fruta e resistência. Existem diferentes mecanismos de resistência em campo e em pós-colheita. A presença de infecções latentes e o fato de que o desenvolvimento

de *Botrytis* é muito afetado pelo ambiente, faz com que a seleção para resistência seja dificultada (HANCOCK et al., 1990). É possível que não exista resistência para *Botrytis* entre as cultivares de morangueiro. As observações feitas em campo confirmam que a incidência da doença varia entre as cultivares e aquelas que apresentam plantas com uma menor densidade de folhas, com uma arquitetura mais ereta, com pedúnculos florais mais compridos que não deixam a fruta debaixo das folhas e que possuem frutas mais firmes, apresentam menor susceptibilidade à *Botrytis* (PAULUS, 1990).

2.7.4.8. Vírus

O morangueiro é hospedeiro de vários vírus e micoplasmas (MLO). As cultivares variam na suscetibilidade aos diferentes tipos de vírus e alguns programas têm identificado fontes de germoplasma resistente ao complexo de vírus que produzem amarelados (mottle, mild yellow-edge, crinkle and vein banding), os quais são transmitidos por pulgões. A herdabilidade do caráter é alta e a capacidade geral de combinação mais importante que a específica, indicando que grande parte da variância genética é aditiva (DAUBENY et al., 1972). Alguns clones de *F. chiloensis* da Califórnia e do norte-oeste do Pacífico são resistentes a vários vírus desse tipo (HANCOCK et al., 1990).

Os MLO são transmitidos por insetos sugadores (leaf hoppers), e existem diferenças na susceptibilidade entre as cultivares (HANCOCK et al., 1990). Os problemas de vírus e MLO aparecem frequentemente nas áreas de cultivo de morangueiro onde predomina o sistema de plantas separadas, no qual as plantas permanecem por 3-4 anos na lavoura. No sistema anual de plantio, onde se tem uma renovação de plantas que geralmente são produzidas a partir de matrizes provenientes de cultivo *in vitro*, esses problemas têm sido minimizados.

2.7.5. Resistência a pragas

2.7.5.1. Pulgões

Existem fontes de resistência a pulgões (*Chaetosiphon fragaefolii*) nos clones de *F. chiloensis*, Del Norte e Yaquina (SHANKS & BARRITT, 1974). Outros clones de *F. chiloensis* também foram identificados como resistentes a pulgões (CROCK et al., 1982). A genética da resistência aos pulgões em *Fragaria* é pouco conhecida, mas parece estar controlada de forma poligênica, com dominância parcial ou em forma aditiva. Nos cruzamentos de Del Norte com cultivares de *F. x ananassa* os híbridos apresentam resistência intermediária entre os dois parentais. A resistência desses híbridos pode ser transmitida com retrocruzamentos por várias gerações e alguns indivíduos com a mesma resistência que Del Norte são recuperados (BARRITT & SHANKS, 1980).

2.7.5.2. Ácaros

A resistência a *Tetranychus urticae* em *Fragaria* tem alta herdabilidade, com um forte componente de variância aditiva e também com efeito de dominância. Esses resultados derivam de trabalhos onde foi observada a importância da capacidade geral e específica de combinação na resistência a ácaros (CHAPLIN et al., 1970; BARRITT & SHANKS, 1981). Vários clones de *F. chiloensis* e *F. virginiana glauca* apresentam resistência a ácaros. Existe uma ampla variabilidade de reações das cultivares de *F. x ananassa* em relação aos ácaros. Por sua vez, a presença de diferentes biótipos de *Tetranychus urticae* em diferentes áreas é possível (HANCOCK et al., 1990). O mecanismo de resistência ou tolerância aos ácaros das cultivares ainda deve ser elucidado. Alguns autores relacionaram a resistência de diferentes cultivares com a presença de pelos glandulares ou com a composição mineral das folhas (KHANIZADEH et. al., 1993; STEINITE & IEVINSH, 2003).

2.7.6. Resistência a nematóides

Aparentemente o morangueiro é praticamente imune a *Meloydogine incognita* (SASSER, 1954; EDWARDS et al., 1985). Muitas cultivares têm sido testadas e não foi encontrada suscetibilidade para este nematóide. Porém, *M. hapla* é um problema comum no morangueiro, causando sérios problemas em áreas onde se utilizam cultivares suscetíveis (SASSER, 1954; DICKSTEIN & KRUSBERG, 1978; EDWARDS et al., 1985). Algumas cultivares e clones de *F. virginiana* subsp. *glauca* têm resistência ou tolerância para esta espécie de nematóide e a resistência parece ter alta herdabilidade (DARROW, 1966; SZCZYGIEL & DANEK, 1984). Em relação a outros nematóides existe variabilidade genética para a resistência ou tolerância ao nematóide das lesões radiculares (*Pratylenchus penetrans*) e para *Longidorus elongatus*, presente em diversas cultivares comerciais de morangueiro (SZCZYGIEL, 1981a, 1981b).

2.8. Correlação entre caracteres de produção e qualidade da fruta do morangueiro

O conhecimento da correlação entre os caracteres vegetativos, de produtividade e de qualidade da fruta é importante nos programas de melhoramento já que em vários casos permite realizar seleção de caracteres complexos por meio dos componentes. A análise de componentes também é útil para identificar e determinar os componentes genéticos e do ambiente na expressão fenotípica de caracteres correlacionados.

A produtividade está relacionada com dois componentes principais que são o número e o tamanho de fruta (LACEY, 1973). Normalmente existe correlação positiva entre a produtividade e número de frutas, número de inflorescências, número de folhas e número de coroas por planta. Correlações negativas foram encontradas entre produtividade e tamanho de planta ou volume de planta, tamanho de raízes, área folhar, comprimento do pecíolo e número de estolões (NICOLL & GALLETTA, 1987).

Para alguns autores o número de frutas é mais determinante da produtividade que o tamanho, porém, o tamanho é uma característica de seleção muito importante (LACEY, 1973). No programa da Califórnia, a maior produtividade das cultivares tem

sido consequência principalmente de incrementos do tamanho da fruta e não do número de frutas por planta (GALLETTA & BRINGHURST, 1990). Para melhoramento deve se ter em conta as interações entre peso ou tamanho da fruta com os fatores associados com o número de frutas e selecionar clones superiores que combinem ambas as características (LACEY, 1973; HANCOCK et al., 1990).

Algumas características vegetativas podem ser correlacionadas com a produtividade pela associação com o número e o tamanho das frutas, o qual permitiria realizar uma seleção antecipada de clones, inclusive antes da frutificação. O número de folhas está relacionado com o número de frutas em qualquer época do ano, entanto que está relacionado com o tamanho da fruta somente na época de frutificação. A floração e frutificação tardia normalmente estão associadas com maiores produtividades e a frutificação tardia com maiores tamanhos de fruta (LACEY, 1973).

Alguns autores estimaram as correlações e dividiram as contribuições de cada componente: fenótipo, genótipo e ambiente em cultivares de morangueiro. A produtividade esteve negativamente correlacionada com o número de estolões e positivamente correlacionada com os dias até a formação de estolões, número de inflorescências, número de frutas, comprimento e diâmetro da fruta e com o número de aquênios da fruta. O número de frutas foi correlacionado genotípicamente de forma positiva com número de folhas, altura da inflorescência, número de inflorescências e sólidos solúveis totais, estando negativamente correlacionado com o tamanho das flores e o diâmetro da fruta. O comprimento e o diâmetro da fruta estiveram correlacionados genotípicamente de forma negativa com número de folhas, número de estolões, altura da inflorescência, sólidos solúveis totais e número de frutas, e positivamente correlacionado com os dias até a formação do primeiro estolão, dias até maturação, diâmetro da fruta e número de aquênios por fruta. O número de aquênios esteve positivamente correlacionado com o comprimento e diâmetro da fruta, produtividade, conteúdo de ácido ascórbico e dias até a formação de estolões. O comprimento e o diâmetro da fruta estiveram correlacionados positivamente (LAL & SETH, 1981; 1982).

Num estudo da variabilidade e correlação de 28 características em germoplasma de morangueiro na Polônia os autores observaram que os coeficientes de correlação

fenotípica, genotípica e ambiental foram similares para todos os pares de características consideradas. As correlações fenotípicas e genotípicas mais altas foram encontradas entre o `flavor` (sabor + aroma) e doçura, cor da polpa e uniformidade da cor e, entre a cor da epiderme e cor da polpa. A produtividade esteve correlacionada positivamente com o vigor de planta, densidade, número de flores por inflorescência e qualidade das anteras da primeira flor e tamanho da fruta e negativamente correlacionada com cor da polpa e brilho da fruta. Não houve correlação entre o tamanho, sabor, acidez ou doçura da fruta, podendo esses caracteres serem selecionados isoladamente (UKALSKA et al., 2006).

ARTIGO 1

**PRODUTIVIDADE, QUALIDADE DA FRUTA E COMPONENTES
BIOATIVOS DE CLONES AVANÇADOS DE MORANGUEIRO EM
SANTA MARIA, RS**

Produtividade, qualidade da fruta e componentes bioativos de clones avançados de morangueiro em Santa Maria, RS.

Resumo

O objetivo do trabalho foi avaliar clones avançados de morangueiro para produtividade, qualidade da fruta e componentes bioativos nas condições de Santa Maria, RS. O experimento foi realizado no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, em túneis baixos, com canteiros cobertos com polietileno opaco preto e utilizando irrigação por gotejamento. Foram avaliados cinco clones avançados do programa de melhoramento do Departamento e duas testemunhas constituídas por Camarosa e Oso Grande. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições de 16 plantas. As colheitas das frutas foram realizadas entre junho e dezembro de 2006. Foi determinada a precocidade, a produtividade precoce e total e a distribuição da produção nos meses de colheita. A qualidade da fruta foi caracterizada mediante a firmeza, °Brix e acidez, além dos teores de ácido ascórbico, antocianinas e polifenóis totais. A reação dos clones frente às doenças foi determinada mediante avaliação visual durante o ciclo da cultura para confirmar os antecedentes de resistência dos mesmos. Os clones destacados foram LBD 15.1, LBH 27.2, LBG 121.4 e LBD 35.2, os quais têm potencial para ser utilizados no Rio Grande do Sul. Esses clones combinam elevada produtividade precoce e total, qualidade de fruta e alto conteúdo de componentes bioativos, assim como níveis de resistência às doenças similar ou superior às cultivares mais utilizadas na região.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa*, seleção, avaliação, produtividade, ácido ascórbico, antocianinas, polifenóis.

Abstract

The objective of the study was to evaluate strawberry advanced breeding clones for yield, fruit quality and bioactive compounds in the conditions of Santa Maria, RS. The experiment was conducted in the Department of Fitotecnia of the Universidade Federal de Santa Maria, in low tunnels in rows with black plastic mulch and drip irrigation. Five advanced clones of the breeding program of the same Department and two controls, Camarosa and Oso Grande were included in the experiment. A randomized complete block design with 4 replications was used, with plots of 16 plants. Fruit harvest was done between June and December, 2006. Measured variables included earliness, early and total fruit yield, and monthly distribution of the harvest. Fruit quality was characterized by firmness, °Brix and titratable acidity. The content of bioactive compounds in the fruit was also determined: ascorbic acid, anthocyanins and total phenols. Disease resistance of clones was visually evaluated during the cycle of the crop. The performance of the clones LBD 15.1, LBH 27.2, LBG 121.4 and LBD 35.2 was remarkable, therefore, they have potential to be used in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. They combine high early and total production, fruit quality, high content of bioactive compounds and resistance to diseases, equal or superior to the commercial strawberry cultivars used in the region.

Key words: *Fragaria x ananassa*, selection, evaluation, yield, ascorbic acid, anthocyanins, phenols.

INTRODUÇÃO

A adaptação de uma cultivar é dependente das condições ambientais, expressada através da interação genótipo-ambiente. No caso do morangueiro, essa interação ocorre principalmente entre temperatura e fotoperíodo, a qual determina a produtividade e a qualidade da fruta (SCOTT & LAWRENCE, 1975). Portanto, quando uma cultivar é selecionada para determinada região, a adaptação a outras áreas de produção está associada a essas variáveis ambientais, bem como às condições de

solo e práticas agronômicas. Além disso, a incidência de pragas e doenças é um fator que também pode influenciar a produtividade de uma cultivar.

A maior parte da produção de morango no Brasil está dependendo de cultivares desenvolvidas principalmente nos Estados Unidos e na Espanha. As cultivares selecionadas no Hemisfério Norte, em condições de solo e clima diferentes das existentes no Rio Grande do Sul, nem sempre expressam seu potencial de produção. Os trabalhos de pesquisa têm demonstrado que as cultivares estrangeiras apresentam características variáveis quanto a produtividade, precocidade e qualidade da fruta refletindo o diferente grau de adaptação às condições produtivas do Brasil (CANSIAN et al., 2002; CONTI et al., 2002; FUMIS et al., 2003; DUARTE FILHO et al., 2004).

Outro aspecto importante é a suscetibilidade às principais doenças e pragas que ocorrem no Brasil. Tanto doenças como pragas são freqüentemente limitantes à produtividade da cultura. A maioria das cultivares estrangeiras apresenta suscetibilidade a antracnose da coroa e da fruta e às doenças foliares, da coroa e das raízes, assim como a pulgões e ácaros (SANTOS & MEDEIROS, 2003). A elevada incidência de doenças e pragas exige a aplicação freqüente de fungicidas e inseticidas durante o período de produção. Isso tem conseqüências no consumo do morango devido à falta de confiança do consumidor em relação aos resíduos de agrotóxicos presentes na fruta assim como sobre os custos de produção e no impacto sobre o ambiente. O controle dos níveis residuais de produtos químicos nas frutas pelas autoridades sanitárias vem aumentando nos últimos anos, o qual é objeto de preocupação entre os produtores.

A incorporação de resistência nas cultivares é a estratégia mais eficiente para o manejo de doenças e com benefício para o ambiente por diminuir ou eliminar a necessidade de pulverizações para o controle das mesmas. Este aspecto tem sido um objetivo priorizado no Programa de Melhoramento Genético de Morangueiro do INIA-Uruguai. A maior parte dos clones obtida nesse programa possui altos níveis de resistência às doenças de incidência nessa cultura (GIMENEZ, 2000). A avaliação desses clones nas condições do RS é necessária porque podem ocorrer interações entre o genótipo e o ambiente, modificando o desempenho produtivo e a reação às doenças.

Portanto, as novas cultivares a serem desenvolvidas para as condições do RS devem combinar precocidade, resistência às doenças, produtividade e qualidade de fruta. Essas características poderão satisfazer as exigências atuais do mercado durante o ano inteiro e com baixo nível de resíduos químicos. A precocidade da produção no outono-inverno e no início da primavera é importante tanto para a regularidade da oferta como para aumentar o rendimento da cultura, pois os preços são mais elevados nessas épocas (REICHERT, 2003, CEASA PA, 2006).

Altas produtividades por hectare normalmente estão associadas com altas densidades de coroas por unidade de área. Esse alto número de coroas pode ser atingido através de uma elevada população de plantas ou pela formação de coroas laterais nas plantas. A formação de coroas laterais depende de cada clone. Altas produtividades estão relacionadas também com o número e tamanho da fruta. O tamanho da fruta é influenciado por vários fatores incluindo a posição na inflorescência e o número e tamanho dos aquênios da fruta. O número de frutas por planta está associado com fatores como a densidade de plantas, número de coroas por planta, número de inflorescências por coroa e número de frutas por inflorescência. Normalmente são encontradas interações compensatórias entre o número e o tamanho da fruta (DARROW, 1966; HANCOCK et al., 1995).

Na qualidade da fruta, a firmeza e o sabor são variáveis que devem ser levadas em conta na seleção. A firmeza está relacionada com a conservação pós-colheita e o sabor com a relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez (SHAW, 1990; KADER, 1991; CANTILLANO, 1999; CHITARRA & CHITARRA, 2005). Outro aspecto de importância crescente na seleção de cultivares é a qualidade da fruta relativa ao conteúdo de componentes bioativos com propriedades funcionais ou nutracêuticas. A fruta do morangueiro possui elevado poder antioxidante associado aos componentes fenólicos, vitamina C e antocianinas. Estudos em medicina têm demonstrado que os componentes antioxidantes contidos nas frutas de morango possuem efeito benéfico para a saúde (MASS et al., 1991; TESTONI & LOVATI, 1998; JOSEPH et al., 1999; WANG & LIN, 2000; KRIS-ETHERTON et al., 2002; SUN et al., 2002; MEYERS et al., 2003; HANNUM, 2004; HENRIQUES et al., 2004; OLSSON et al., 2007). Tem sido observado que as propriedades medicinais desse tipo de compostos antioxidantes

ajuda na prevenção e no combate a vários tipos de câncer, doenças cardíacas, arteriosclerose, e na redução dos processos degenerativos de envelhecimento da visão e das funções cerebrais. A atividade antioxidante ocorre contra várias espécies reativas do oxigênio. Essa propriedade está associada ao conteúdo de compostos fenólicos. Dentre esses compostos, os flavonóides são importantes e têm demonstrado propriedades antioxidantes e anticancerígenas. Dentro dos flavonóides, as antocianinas são encontradas em alto nível no morango. As antocianinas são pigmentos da classe flavonóides formados nas plantas pela via do acetato e do chiquimato, constituídas por uma aglicona e açúcares. Depois da clorofila os pigmentos antocianínicos são considerados como dos mais importantes encontrados nos vegetais. No morango são responsáveis pela cor vermelha observada nas frutas. Foram identificadas treze antocianinas diferentes em frutas de 39 cultivares de morangueiro (BAKKER et al., 1994). O conteúdo total e a estrutura individual dos flavonóides e antocianinas, assim como de outros compostos fenólicos, pode variar entre diferentes genótipos de morangueiro. Além da variação intrínseca de origem genética em cada cultivar, o teor desses componentes pode variar com as práticas culturais e com o estado fisiológico da fruta. Essas diferenças podem impactar sobre o poder antioxidante e a atividade anticancerígena de cada cultivar, devido ao perfil dos compostos e às complexas interações de sinergismo e antagonismo entre eles (SALUCCI et al., 1998; HAKKINEN & TORRONEN, 2000; WANG et al., 2002; MEYERS et al., 2003).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade, a qualidade da fruta, o teor de componentes bioativos e a reação às doenças de clones avançados de morangueiro nas condições de Santa Maria, RS.

MATERIAIS & MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. O preparo do solo foi realizado com uma lavra, gradagem e encanteiramento. A adubação foi feita de acordo com a análise

do solo, realizada no Laboratório de Análise de Solos da UFSM e com as necessidades da cultura, seguindo as indicações de Santos & Medeiros (2003).

Os canteiros foram cobertos com filme de polietileno opaco preto de 30 μ m de espessura. Quatro fileiras de plantas foram plantadas em zigue-zague, em orifícios feitos sobre o filme de polietileno na distância de 40 cm entre plantas e 40 cm nas entrelinhas, com densidade de 6,6 plantas/m². O plantio foi realizado no dia 13 de abril, as colheitas começaram em 15 de junho e o experimento foi finalizado em 19 de dezembro de 2006.

Foram comparados cinco clones avançados do Programa de Melhoramento Genético de Morangueiro do INIA-Uruguai. As cultivares Camarosa e Oso Grande foram incluídas como testemunhas por serem as mais difundidas no RS. Os clones avançados foram escolhidos em função dos antecedentes de desempenho produtivo e da resistência às doenças nas condições ambientais do Uruguai. Para a produção das mudas, as plantas matrizes provenientes da cultura *in vitro* no Laboratório do mesmo Departamento foram plantadas no mês de outubro de 2005, no dispositivo hidropônico desenvolvido para essa finalidade. Essas plantas propagaram-se por estolões até o mês de fevereiro de 2006, quando pontas de estolões foram retiradas e transferidas para bandejas de 128 células, para o enraizamento por 32 dias. Nas bandejas foi empregado o substrato Plantmax HA®. Nesse período foram irrigadas diariamente, de forma a manter o teor de água do substrato sempre próximo da capacidade máxima de retenção de água. Para tal, estimou-se a evapotranspiração potencial levando-se em conta a radiação solar global incidente no topo da cobertura vegetal e a área foliar da cultura (HENNION & VESCHAMBRE, 1997), com base em dados de literatura sobre determinações similares feitas em hortaliças cultivadas no mesmo local e ambiente (DALMAGO et al, 2006).

No plantio, as mudas provenientes das pontas de estolão apresentavam o diâmetro médio de coroa de 8,6 mm. As mudas das testemunhas foram adquiridas de um viveiro local, selecionadas por tamanho de coroa (mínimo 8 mm) e plantadas com raízes nuas. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com 4 repetições.

Depois do plantio, túneis baixos de polietileno de 100 μ m de espessura foram construídos sobre os canteiros. Os túneis foram abertos diariamente nas primeiras

horas da manhã e fechados ao final da fase clara do dia. Nos dias nublados ou chuvosos os túneis ficaram fechados. A irrigação foi feita por gotejamento. O volume e a frequência das irrigações foram ajustados à demanda de água da cultura, seguindo os mesmos critérios empregados no manejo da água na fase de produção das mudas.

As colheitas foram feitas duas vezes por semana, na fase de maturação 87 (100% epiderme vermelha) da escala fenológica de Meier et al. (1994). As frutas classificadas em comerciais (>10g) e não comerciais (<10g). Foram feitas determinações de precocidade para cada clone, definida como o número de dias transcorridos desde o plantio até o início da colheita. Definiu-se também a produtividade precoce, como aquela no período entre junho e setembro, e total, relativa a todo o período de produção de frutas. O número de frutas foi contado e o tamanho médio foi determinado. Em intervalos de 14 dias durante o período de produção da cultura foram feitas determinações da qualidade organoléptica e dos componentes bioativos das frutas. Para tal, imediatamente após a pesagem as frutas foram conduzidas ao laboratório de Pós-Colheita do mesmo Departamento, onde foi determinado o teor de sólidos solúveis, a acidez, a firmeza da polpa, o conteúdo de ácido ascórbico, de antocianinas e de polifenóis totais. Essas determinações foram feitas em amostras de cinco frutas de cada clone e empregadas para calcular a média do período. Os sólidos solúveis foram medidos com refratômetro, a acidez foi obtida por titulação com hidróxido de sódio e a firmeza de polpa foi determinada mediante o uso de um penetrômetro com ponteira de 3 mm. A determinação de ácido ascórbico foi realizada por titulometria com iodeto de potássio (BRASIL, 2005). A concentração de polifenóis totais foi determinada pelo método colorimétrico descrito por Singleton & Rossi (1965). A determinação das antocianinas totais (ANTC totais) foi realizada pela leitura da absorbância em 540nm, sendo que este comprimento de onda é resultante de uma varredura entre os comprimentos de 536 a 540 nm como é descrito por Di Stefano et al. (1989). A leitura foi feita em Espectrofotômetro 600 da marca Femto®. O conteúdo de ANTC foi expresso em mg de pelargonidina 3-glucosídeo em 100 gr de fruta.

A resistência às doenças foi avaliada através de escalas visuais em amostras ao acaso de 5 plantas por parcela. Para a antracnose, considerou-se como resistência

alta, média e suscetibilidade a ocorrência de lesões nos estolões menores de 2cm, entre 2,1 e 4cm, e maiores que 4cm de comprimento, respectivamente. Para o oídio e doenças de folha, levou-se em conta a porcentagem de folhas com sintomas, considerou-se como nível alto de resistência, médio e suscetível até 10%, entre 10 e 30% e maior que 30%, respectivamente. Nas frutas, tanto para antracnose como para o oídio foi determinada a porcentagem de frutas colhidas com sintomas em relação ao total de frutas colhidas, considerando como nível alto de resistência, médio e suscetível até 2%, entre 2.1 e 5% e maiores que 5%, respectivamente.

Os resultados das determinações foram submetidos à análise da variância e a significância das diferenças entre as médias determinada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS & DISCUSSÃO

As maiores produtividades precoce e total foram obtidas com os clones LBD 15.1 e LBH 27.2, seguidos pelo LBG 121.4 (Tabela 1). Um segundo grupo esteve constituído por Camarosa e o LBD 35.2. Finalmente, um terceiro grupo com menor produtividade foi constituído pelos clones Oso Grande e SGH 140.3. É de destacar as boas produtividades dos clones LBD 15.1, LBH 27.2 e o LBG 121.4, superando as testemunhas. Os clones LBD 15.1 e LBH 27.2 junto com o LBD 35.2 foram aqueles que apresentaram maior precocidade, iniciando a colheita aos 60 dias do plantio e tiveram elevada produção nos meses de outono e inverno, época de maior cotação do morango no mercado (REICHERT, 2003; CEASA PA, 2006).

Normalmente os clones de alta produtividade combinam elevado número de frutas por planta e tamanho grande das frutas. Porém, uma forte interação compensatória existe entre o tamanho da fruta e os fatores associados ao número de frutas como a população de plantas, número de coroas por planta, de inflorescências por coroa e de frutas por inflorescência (DARROW, 1966; HANCOCK et al., 1995). Neste experimento, as maiores produtividades estiveram relacionadas com um número elevado de frutas por planta. Essa variável foi mais importante na produtividade dos clones do que o tamanho da fruta comercial (Tabela 1). A interação compensatória

entre o número e o tamanho de fruta pode ser observada em alguns clones como o LBD 15.1 que registrou maior número, porém foi aquele com menor tamanho médio, e também nos clones SGH 140.3 e Oso Grande, os quais registraram um menor número de frutas com tamanhos maiores. O clone LBG 121.4 apresentou um elevado número e o maior tamanho médio de fruta (Tabela 1).

Em relação ao número médio de coroas por planta, os clones LBD 15.1 e LBD 35.2 foram os que apresentaram maior número seguido de LBH 27.2, Camarosa e Oso Grande (Tabela 1). Os clones LBG 121.4 e SGH 140.3 apresentaram o menor número de coroas. O número de coroas por planta e por unidade de área é o fator mais fortemente associado à produtividade (HANCOCK et al. 1989). Elevado número de coroas foi registrado nos clones com maior produtividade com exceção de Oso Grande e do LBG 121.4. No caso de Oso Grande, apresentou número elevado de coroas, porém a produtividade foi uma das menores, sendo o contrário observado com o clone LBG 121.4.

As produtividades, número de frutas e peso médio da fruta obtidos neste experimento foram similares (VIRMOND & RESENDE, 2006) ou superiores em relação a outros trabalhos incluindo as cultivares Camarosa e Oso Grande em diferentes regiões do Rio Grande do Sul e de outros Estados do Brasil (CANSIAN et al., 2002; CONTI et al., 2002; BARROS et al., 2004; DUARTE FILHO et al., 2004; CASTRO et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2006). Estes resultados são indicativos do grau de adaptação dos clones às condições ambientais e sistemas culturais das diferentes regiões produtoras.

Com relação à distribuição temporal da produção, houve diferenças significativas entre os clones em todos os meses de colheita, exceto no mês de dezembro (Tabela 2). As maiores produtividades foram atingidas em junho e julho pelo clone LBH 27.2, em agosto pelos clones LBD 15.1 e LBH 27.2 e em setembro pelo LBG 121.4. Em outubro, todos os clones apresentaram produtividade similar, com exceção do SGH 140.3 que teve menor produção. Em novembro, destacaram-se o LBG 121.4 e o LBD 15.1.

Esses resultados permitem observar que a superioridade produtiva de um clone não é constante sobre os demais no decorrer de todo o período de produção da

cultura. Isto é importante do ponto de vista comercial na escolha de uma cultivar. O mais apropriado é combinar cultivares com picos de produção complementar, como estratégia para obter maior estabilidade na produção de frutas.

Na qualidade da fruta (Tabela 3), o clone LBD 35.2 foi superior aos demais no teor de sólidos solúveis (TSS) e o clone LBH 27.2 foi aquele de menor valor nessa característica. Com valores intermédios e sem diferenças entre eles, os clones LBD 15.1, LBG 121.4 e SGH 140.3 registraram valores similares às testemunhas Camarosa e Oso Grande. Em relação à acidez a testemunha Camarosa foi o que apresentou o maior valor, seguido pelo clone LBD 15.1 e Oso Grande e depois pelos clones LBD 35.2 e LBH 27.2. O material de menor acidez foi o SGH 140.3.

O sabor da fruta é talvez o atributo mais importante de uma cultivar, porém, é também o mais subjetivo. Vários fatores têm influência sobre a percepção do sabor, incluindo a relação entre os sólidos solúveis totais e a acidez, e o aroma. Altos teores de sólidos solúveis e acidez são necessários para ter uma fruta com o típico sabor do morango. Acidez elevada pode depreciar a fruta, principalmente quando não está balanceada com um alto teor de sólidos solúveis (HANCOCK et al., 1989; KADER, 1991; CHITARRA & CHITARRA, 2005). Isso acontece com a cultivar Camarosa, que tem um típico sabor ácido. As características dos clones LBD 15.1, LBD 35.2, SGH 140.3, LBG 121.4 e Oso Grande conferem à fruta um sabor suave e adocicado, devido ao melhor balanço entre o teor de sólidos solúveis e a acidez.

A firmeza da fruta foi maior na cultivar Camarosa, seguida pelos clones LBD 35.2, SGH 140.3, Oso Grande e LBG 121.4 e menor nos clones LBD 15.1, LBH 27.2. A firmeza está determinada pelas substâncias pécticas e hemicelulósicas na fruta. É uma variável de importância por estar associada com a suscetibilidade aos danos físicos durante o manuseio e transporte, influenciando a conservação pós-colheita da fruta (KADER, 1991). As frutas das testemunhas Camarosa e Oso Grande são consideradas como muito firmes. Embora houvesse diferenças genéticas, todos os clones apresentaram firmeza aceitável das frutas (KADER, 1991; SANTOS & MEDEIROS, 2003; FUMIS et al., 2003; SHAW, 2004; SENSI et al., 2004).

Não houve diferenças no teor de ácido ascórbico (vitamina C) entre os clones, variando entre 35 e 44 mg 100g⁻¹ da fruta (Tabela 4). Na literatura é destacado o alto

teor de vitamina C do morango que possui poder antioxidante, com valores entre 23 a 120 mg 100g⁻¹ da fruta. Porém, esse conteúdo varia com a cultivar, as condições ambientais e com o estado de maturidade da fruta (HANCOCK et al., 1990; KADER, 1991; USDA, 1998; WANG & LIN, 2000; CENSI et al., 2004).

Houve diferenças significativas entre os clones em relação ao teor de antocianinas e de polifenóis totais na fruta (Tabela 4). A testemunha Camarosa foi a de maior teor de antocianinas, seguida dos clones LBD 15.1, SGH 140.3, LBG 121.4 e LBD 35.2. A outra testemunha Oso Grande foi o material com menor quantidade de antocianinas. O clone SGH 140.3 apresentou o maior conteúdo de polifenóis totais, seguido de Oso Grande, LBD 35.2 e Camarosa, sendo o clone LBD 15.1 aquele de menor teor de polifenóis.

Tanto o teor de antocianinas quanto de polifenóis totais na fruta obtidos neste estudo foram similares ou superiores aos encontrados por outros autores com diferentes cultivares comerciais. Esses autores também determinaram que o teor de antocianinas e de polifenóis totais na fruta podem variar com o estado de maturação da fruta e as condições climáticas durante a época de colheita (MONTERO et al., 1996; WANG & LIN, 2000; FERREYRA et al., 2007).

Em relação à resistência às doenças, os antecedentes da reação dos clones podem ser observados na tabela 5. A avaliação visual da incidência das mesmas durante o ciclo da cultura nas condições de Santa Maria permitiu confirmar nos clones avançados, reações similares àquelas observadas na seleção feita no Uruguai. Nesse sentido, para antracnose, os clones LBD 15.1, LBD 35.2 e LBH 27.2 mostraram alto nível de resistência na planta e na fruta, o LBG 121.4 alto nível de resistência na planta e o SGH 140.3 alto nível de resistência na fruta. Para o oídio, alto nível de resistência na planta foi observado nos clones LBH 27.2 e SGH 140.3 e nível médio de resistência nos clones LBD 15.1 e LBG 121.4, entanto que na fruta, todos os clones apresentaram um nível médio de resistência. Finalmente, em doenças de folha foram observados altos níveis de resistência em todos os clones, com exceção do LBH 27.2 que teve nível médio de resistência.

Os resultados deste trabalho indicam que existem alternativas às cultivares atualmente utilizadas no RS. Isto revela a necessidade de estabelecer redes de

avaliação desses e de novos clones em outras regiões produtoras de morango do Estado e também do Brasil.

A variabilidade observada no teor de antocianinas e polifenóis totais oferece a oportunidade de realizar seleção e melhoramento visando desenvolver clones com maiores conteúdos desses elementos benéficos para a saúde. Essa linha de trabalho poderá elevar a qualidade nutricional e as propriedades nutracêuticas ou funcionais das cultivares atualmente em uso. Nos últimos anos tem crescido entre os consumidores a procura por frutas com melhor qualidade nutricional e sanitária. O conhecimento e a divulgação no segmento da comercialização das propriedades nutracêuticas de cada cultivar poderá aumentar a valor agregado e determinar a predominância de algumas cultivares nas regiões de produção. Portanto, este aspecto deve ser considerado como critério de seleção de cultivares nos programas de melhoramento genético além dos critérios clássicos de produtividade e qualidade organoléptica da fruta.

Os clones LBD 15.1, LBH 27.2, LBG 121.4 e LBD 35.2 combinam elevada produtividade precoce e total, qualidade da fruta, alto teor de componentes bioativos e resistência às doenças. Portanto, possuem grande potencialidade para serem introduzidos no RS, em substituição ou em combinação com as cultivares atualmente em uso.

Tabela 1 - Precocidade, produtividade, número de coroas, número de frutas e peso médio das frutas comerciais de sete clones de morangueiro. UFSM, Santa Maria, 2006.

Clone	P ^y (dias)	PRP (kg ha ⁻¹)	PRT (kg ha ⁻¹)	NMCP	NTF	PMF (g)
LBD 15.1	60a*	32521a	65650a	7.8a	71a	13.9c
LBH 27.2	60a	30640ab	57749ab	7.2ab	55b	15.7ab
LBG 121.4	74b	26600bc	56038ab	5.3b	53b	15.9a
Camarosa	74b	23974cd	54971abc	7.0ab	54b	15.3abc
LBD 35.2	60a	23281cd	53291bc	7.7a	52b	15.5abc
Oso Grande	74b	18909de	40247de	6.3ab	39c	15.5abc
SGH 140.3	74b	17572e	37468e	5.4b	37c	15.2abc

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao 5%.

^yP = precocidade; PRP = produtividade precoce; PRT = produtividade total; NMCP = número médio de coroas por planta; NTF = número total de frutas por planta; PMF = peso médio da fruta.

Tabela 2 - Distribuição temporal da produção em Kg ha⁻¹ de sete clones de morangueiro. UFSM, Santa Maria, 2006.

Clone	J ^y	JL	A	S	O	N	D
LBD 15.1	990ab*	7920ab	11682a	11814ab	15928a	11224a	5610a
LBH 27.2	1254a	8910a	10626a	9834abc	12408a	7458abc	6534a
LBG 121.4	0	6000bc	7333b	13266a	15000a	10480a	6670a
Camarosa	0	7458abc	6006bc	10296ab	15576a	8514ab	6996a
LBD 35.2	264bc	6600abc	7342b	9533bc	15399a	5940bc	7737a
O. Grande	0	4950c	5148bc	9372bc	12408a	3336c	4158a
SGH 140.3	66c	5874bc	4818c	6600c	7194b	7392abc	5148a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao 5%.

^yJ=Junho; JL=Julho; A=Agosto; S=Setembro; O=Outubro; N=Novembro; D=Dezembro.

Tabela 3 - Qualidade da fruta de sete clones de morangueiro. UFSM, Santa Maria, 2006.

Clone	SST ^y (°Brix)	Firmeza (Newton)	AT (ml NaOH)	Relação AT:SST
LBD 15.1	7.2ab*	8.51b	10.4b	1.40
LBH 27.2	6.4 b	8.64b	8.8cd	1.38
LBG 121.4	7.4ab	9.28ab	9.9cd	1.33
Camarosa	7.2ab	10.67a	12.2a	1.70
LBD 35.2	7.6a	9.79ab	9.8bc	1.29
Oso Grande	7.3ab	9.34ab	10.2b	1.40
SGH 140.3	7.1ab	9.34ab	8.7d	1.22

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao 5%.

^ySST: Sólidos solúveis totais; AT: Acidez titulável.

Tabela 4 - Teor de ácido ascórbico, antocianinas e polifenóis totais de sete clones de morangueiro. UFSM, Santa Maria, 2006.

Clone	Ácido ascórbico (mg/100 gr fruta)	Antocianinas (mg/100 gr fruta)	Polifenóis totais (mg/100 gr fruta)
LBD 15.1	44a	102.9ab*	657.4c
LBH 27.2	44a	88.7bc	695.1b
LBG 121.4	35a	99.2ab	691.6b
Camarosa	39.5a	115.8a	714.9ab
LBD 35.2	38a	98.1ab	728.0ab
Oso Grande	38.5a	68.3c	745.9ab
SGH 140.3	36.5a	101.7ab	767.8a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao 5%.

Tabela 5 - Reação dos clones avançados de morangueiro frente às doenças de maior incidência na cultura. UFSM, Santa Maria, 2006.

Clone	Antracnose ^w		Oídio ^y		Doenças folha ^z
	Planta	Fruta	Planta	Fruta	
LBD 15.1	R*	R	M	M	R
LBH 27.2	R	R	R	M	M
LBD 35.2	R	R	S	M	R
LBG 121.4	R	S	M	M	R
SGH 140.3	S	R	R	M	R

*R = alto nível de resistência; M = nível médio de resistência; S = suscetível.

^w*Colletotrichum spp.*

^y*Sphaeroteca macularis.*

^z*Micosphaerella fragariae, Dendrophoma obscurans, Diplocarpon earliana.*

ARTIGO 2

PRODUÇÃO DE MUDAS COM RAIZ NUA E PONTAS DE ESTOLÃO DE MORANGUEIRO EM UM SISTEMA FECHADO SEM SOLO

Producing strawberry bare root transplants and runner tips in a closed soilless growing system

Abstract

The objective of this research was to determine number and physiological quality of strawberry bare root transplants and runner tips grown in a closed soilless growing system. The closed soilless growing system was made up by fiber cement tiles over which a substrate layer was used as a growing bed. The nutrient solution was pumped from a reservoir toward the higher end of the tile and drained off back to the reservoir. Growth and development of two advanced strawberry clones in sand and the Plantmax® organic substrate were compared. Growth of the stock plants was similar in both substrates. Number and dry mass of bare root transplants were similar in both substrates, but differed in its crown diameter. For number of runner tips, no significant differences were found in total, small and medium categories grown in both substrates. Significant differences were observed between the two clones for all measured variables. A mean production of about 590 runner tips m⁻² and 145 bare root transplants m⁻² was obtained, despite of genetic differences between clones. It was concluded that a high number of disease-free strawberry bare root transplants and runner tips of high physiological quality can be produced in a closed soilless growing system using inert or organic substrates.

Key words: *Fragaria x ananassa*, plant propagation, nursery.

Resumo

O objetivo do trabalho foi determinar o número e a qualidade fisiológica de mudas com raiz nua e pontas de estolão de morangueiro produzidas em um sistema fechado de cultivo sem solo. O sistema foi constituído por um leito de cultivo com areia sobre telhas de fibrocimento. A circulação da solução nutritiva foi feita a partir de um reservatório até a extremidade mais alta da telha, drenando de retorno ao reservatório.

O crescimento e desenvolvimento de dois clones avançados de morangueiro na areia e no substrato orgânico Plantmax® foi comparado. O crescimento das plantas matrizes foi similar nos dois substratos. O número e a massa seca das mudas de raízes nuas foram semelhantes nos dois substratos, mas diferiram no diâmetro da coroa. Quanto ao número de pontas de estolão, não foram observadas diferenças significativas nas categorias pequena e média e no total. Foram observadas diferenças significativas entre os clones para todas as variáveis medidas. Uma produção média de 590 pontas de estolão m⁻² e 145 mudas de raízes nuas m⁻² foi obtida, apesar das diferenças genéticas entre os clones. Concluiu-se que a produção de um alto número de mudas com raízes nuas e de pontas de estolão de morangueiro com alta qualidade fisiológica pode ser realizada em um sistema fechado sem solo utilizando substratos inertes ou orgânicos.

Palavras chave: *Fragaria x ananassa*, propagação de plantas, viveiros.

INTRODUCTION

The propagation of the strawberry begins with a first step *in vitro* culture to produce disease-free stock plants. The *ex vitro* phase has an acclimation period and after that stock plants are grown in nurseries to produce commercial transplants (SANTOS & MEDEIROS, 2003b). Nursery phase takes place during spring and summer when temperatures higher than about 14°C and photoperiod longer than 13-14h promote development of runners (DARROW, 1966; GUTTRIDGE, 1985). The latter step used to be performed in soils previously disinfected by methyl bromide to control pathogens and weeds. Methyl bromide is being banned from the market due to risk to the environment. Therefore, the search for new methods of propagation to produce healthy transplants with high physiological quality is a good rationale for modern strawberry production systems.

Strawberry commercial transplants are produced from runners. Bare root transplants are obtained from rooting the runners in the soil while containerized or plug transplants are produced from runner tips that are rooted in containers filled with

substrate. These plug transplants are commercialized with the root system embodied by the substrate and they have advantages in relation to earliness, diseases and pests management and stand of the crop compared to bare root transplants. Plug transplant production has been proposed and adopted as an alternative to the use of methyl bromide in the USA and Europe (DURNER et al., 2002; BISH et al., 2002; LIETEN et al., 2004; TAKEDA et al., 2004; HOCHMUTH et al., 2006a).

For plug production a good source of healthy runner tips is needed. In Canada and in the USA, runner tips are produced during the summer in fumigated open field nurseries from certified stock plants. In Belgium and the Netherlands frigo stock plants are used, planted in plastic bags filled with peat and placed on raised beds mulched with a white polyethylene film. In both cases runners spread out horizontally and the tips are harvested when they are ready for rooting in the trays (DURNER et al., 2002). Soilless suspended systems were also developed to produce runner tips inside greenhouses (BISH et al., 2001; TAKEDA et al., 2004). The systems consisted of elevated gutters with an inert medium and drip irrigation (BISH et al., 2001) or with the NFT (Nutrient Film Technique) method (TAKEDA et al., 2004). In both cases, micropropagated mother plants were grown to produce runner tips and approximately 80 runner tips per mother plant were obtained.

In Brazil, transplants are produced in soil without disinfestation and they usually have low physiological quality and problems with pathogen contamination. As a consequence, Brazilian strawberry industry depends on plants imported from Argentina and Chile (SANTOS & MEDEIROS, 2003a).

Soilless growing systems are an alternative to produce high quality transplants without using fumigants (HENNION & VESCHAMBRE, 1997; BISH et al., 2001; LIETEN et al., 2004). In Brazil, such production systems mainly of the open type are being tested, but results still are inconsistent (BUENO, 2006; OLIVEIRA et al., 2007). Closed systems should be preferable than open systems in order to reduce production costs and environmental pollution by drainage of nutrient solution. The choice of the substrate should be based on physical characteristics as well as on criteria like availability, market price and lifetime (HENNION & VESCHAMBRE, 1997; LIETEN et al., 2004; GIMENEZ et al., 2008).

The objective of this research was to determine number and physiological quality of strawberry bare root transplants and runner tips grown in a closed soilless growing system.

MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted in a screen house covered with a 120 μ m polyethylene film located at the Department of Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, from October 15th, 2005 to March 15th, 2006. The closed soilless system consisted of a fibber cement tile used to sustain a substrate growing bed, placed over 80cm height wood supports with 1% slope. Dimensions of the tile were of 3.5m long and 1.10m wide, with gullies of 0.06m height and 0.18m wide. A plastic nutrient solution reservoir of 500L capacity was located under the lower extreme of the tile. The tile gullies were covered with a 100 μ m polyethylene sheet. The gullies were then filled with 0.015-0.020m gauge gravel and covered with a 0.0015m polyethylene screen to hold the growing bed.

The nutrient solution was distributed to the growing bed by sub-irrigation. A timer controlled 520L h⁻¹ submerse pump (8W) was used to send the nutrient solution through a 15mm of diameter plastic hose from the reservoir to the upper end of the tile. In that place, the hose was connected to a PVC tube of 25mm of diameter with holes of 8mm of diameter, placed about 10 cm over the substrate bed. The nutrient solution was delivered through the holes of the PVC tube and then drained by gravity. In that way nutrient solution flowed under the growing bed and ascended by capillarity into the substrate (for more details about the soilless growing system see ANDRIOLO, 2006; GIMENEZ, 2007).

Two substrates and two strawberry clones were evaluated in a completely randomized split-plots design, with substrates as main plots and clones as subplots, with four replications. Four treatments arise by the combination of two clones and two substrates. Each plot was a unit of the soilless system with three stock plants. The advanced strawberry breeding clones LBD 15.1 and LBG 168.1 were used. The substrates were sand and a commercial organic substrate made with forest residues

previously composted (Plantmax HA®, Eucatex). Physical characteristics of sand were 0.001-0.003m size particles, 1.6 kg dm⁻³ bulk density and 0.199 L dm⁻³ maximum water retention capacity and of Plantmax HA® were 0.405 kg dm⁻³ and 0,466 L dm⁻³, respectively. Chemical analysis of the Plantmax HA® substrate made at the UFSM Soil Laboratory showed, in mg dm⁻³, 600 K; 76 P; 128.1 S, and, in cmol_c dm⁻³, 14.3 Ca and 5.6 Mg, organic matter 16.6% and pH 5.1.

The nutrient solution used was that of Hennion & Veschambre (1997), in mmol L⁻¹: 12.0 NO₃⁻; 2.0 NH₄⁺; 6.2 K⁺; 2.2 H₂PO₄⁻; 2.0 SO₄⁻²; 2.0 Mg⁺²; and 6.0 Ca⁺², and 0.03 Mo; 0.26 B; 0.06 Cu, 0.50 Mn, 0.22 Zn and 4.0 mg L⁻¹ chelated Fe. The electrical conductivity was kept between 1.4 and 1.5 dS m⁻¹ by adding either water or new volumes of nutrient solution as necessary. The pH was kept between 5.5 and 6.5 by adding H₃PO₄ or KOH 1N solutions every time a 0.2 unit deviation was recorded, based upon a titration curve. No discharge of nutrient solution was done in the course of the experiment.

The volume of nutrient solution delivered daily to plants was estimated from the water retention capacity of the substrate and the crop potential evapo transpiration (ET), with a drainage coefficient of about 30%. The ET was estimated per unit of radiation and leaf area from data of horticultural crops locally grown in a similar environmental condition (DALMAGO et al, 2006). The ET was further multiplied by the leaf area of the crop estimated weekly from the growth pattern of the strawberry crop. With these estimations, the nutrient solution was delivered to plants during 15 minutes, four times a day in the Plantmax HA® and six times a day in the sand.

Strawberry stock plants were obtained from the Biotechnology Laboratory of the same Department and acclimated in a greenhouse. Plants were transplanted in the central part of the bed with a density of 1 stock plant m⁻² on October 15th, 2005. The experiment was ended 150 days later, when bare root transplants and runner tips were harvested. Growth of the stock plants was determined by dry mass of roots, crown, petioles and leaves. In the case of bare root transplants, number, total dry mass and crown diameter in a 10 plants randomly sampled were measured. Dry mass was recorded after drying the plants in a forced air oven at 60°C until constant weight. Runner tips were collected in a one-time harvest, counted and classified in three

categories according to the number of leaves and crown diameter (CD): small, with 2-3 leaves and 2 to 2.9mm of CD; medium, with 3-4 leaves and 3 to 4.5mm of CD and large, with 4-6 leaves and 4.6 to 6mm of CD. Small runner tips without signs of adventitious roots or too large with roots bigger than 1 cm were discarded (DURNER et al., 2002).

Data were submitted to analysis of variance and the significance of means tested by Tukey's test at 5% probability. For number of bare root transplants and runner tips, original data were previously transformed using the expression $\sqrt{x + 0,05}$.

RESULTS AND DISCUSSION

Growth of stock plants was similar among treatments. Mean values were 15.4 g/plant for total dry mass and 11.7 mm for crown diameter. The relative fraction of total dry mass allocated in roots, crown, petioles and leaves was 0.10, 0.16, 0.32 and 0.42, respectively.

Number and dry mass production of bare root transplants were similar in both substrates, but differed in its crown diameter (Table 1). Nevertheless, values of crown diameter in both substrates were in the acceptable range reported in the literature as to be considered a good transplant (DURNER et al., 2002; HOCHMUTH et al., 2001, 2006a, 2006b).

There was a significant effect of clones (Table 2), with LBD 15.1 producing higher number of bare root transplants. LBG 168.1 had higher means of total dry mass and crown diameter of the bare root transplants. The crown of the strawberry plant acts as a storage compartment and the partitioning of dry mass among plant organs depends on leaf area growth. In the propagation phase, runners are the main sink of assimilates. Then, the smaller the leaf area the greater is the competition for assimilates among plant organs. These relations arise from data of Table 2, showing that the total dry weight and the diameter of the crown are smaller in the genotype that produced a higher number of transplants (LBD 15.1). In fact, the asymptotic phase of increase in leaf area index is reached earlier in the clone with a higher rate of runner emission. At

this phase, the radiation absorption by the canopy reaches its maximum. A limited amount of radiation being absorbed by a higher number of plants means less growth for each plant. The mean number of bare root transplants per stock plant (145) reached with this system was superior to the number obtained by other authors using stock plants in suspended plastics bags in the greenhouse (27) (OLIVEIRA et al., 2007).

There was no interaction between substrates and clones. No significant differences were found in the total number and in small and medium runner tips grown in both substrates (Table 3). However, the number of large runner tips was higher in the Plantmax HA®. The fractions of small, medium and large were 0.40; 0.40 and 0.20 in the sand and 0.33; 0.39 and 0.28 in the Plantmax HA®, respectively.

The clone LBD 15.1 produced higher number of runner tips in all categories (Table 4). The fractions of small, medium and big were 0.40; 0.36 and 0.24 for LBD 15.1 and 0.30; 0.43 and 0.27 for LBG 168.1, respectively. Although the clone LBD 15.1 was more prolific than the LBG 168.1 in all three runner tips categories (Table 4), both clones produced a sufficient number of runner tips to ensure its propagation. Production of runner is used as a criterion to select cultivars in breeding programs. The production of runner tips is genetically determined and represents the propagation ability of a cultivar (GUTTRIDGE, 1985). The production of runners is a sequential process that continues while environmental conditions are favorable, with new runners being emitted from those already rooted. The categories reflect the age of the runner because the number of leaves and the diameter of the crown increase since its emission.

Runner tips were classified into categories because its initial size may affect the final crown diameter of the plug transplant. These variables influence crop characteristics such as yield, early flowering and fruit production. Results from literature suggested that runner tips heavier than 1g (TAKEDA & HOKANSON, 2003; TAKEDA et al, 2004; TAKEDA & NEWELL, 2006) or plug transplants with a minimum crown diameter of 8mm (HOCHMUTH et al., 2006a, 2006b) are needed to reach a high fruit yield in the field. In this research runner tips were not weighted but very small ones were discarded. Those used for rooting produced plug transplants with an average crown diameter of 9mm (data not shown).

A mean of about 500 runner tips m^{-2} was reached. This number is within the range obtained by HOKANSON et al. (2004) and TAKEDA et al. (2004) and it is lower than that of BISH et al. (2001) using stock plants of commercial cultivars grown in suspended gutters. However, the latter authors used 9 and 32 stock plants m^{-2} , respectively. In the present experiment, only 1 stock plant m^{-2} was used. This is an economic advantage because of the price of stock plants produced *in vitro*. The differences in the number of stock plants among the systems needed to obtain a high number of runner tips can be explained by the design of the systems. In the case of elevated gutters the stock plants produce stolons and tips that hang toward the ground. In the growing system of this study stock plants produce runners freely, which spread horizontally in the bed surface. These runners establish in the substrate and emit new runners that in turn act as new stock plants producing new stolons and runner tips.

A few considerations should be done respect to the system. Although both substrates reach similar number of total runner tips, the lifetime of the Plantmax HA® may be lower than that of inert substrates like sand, because of the biologic decomposition of the organic matter in the former substrate. As a consequence, organic substrates would need to be completely or partially replaced after each growing period. Thus, the choice of the substrate should be done based on criteria of availability and prices.

An important characteristic of this closed soilless system is that there was no discharge of nutrient solution during the growing period. The majority of current soilless systems use an open type, and its replacement by closed ones is urgent for environmental reasons. An important issue of closed systems is the modifications of the nutrient solution due to nutrient uptake by plants. Although mineral composition of the nutrient solution was not monitored during this experiment, nutrient imbalances were of minor importance, as good yield and quality of transplants were obtained. In terms of soil borne diseases, its risk is reduced by using inert substrates. Each unit has an independent nutrient solution reservoir. Thus, the risk of pathogen dissemination by the nutrient solution is minimized and it can be easily discarded if necessary, without contamination of plants in other growing units.

In relation to costs of the system, the initial investment including materials for a growing bed unit of 3.6 m² was of about U\$S 118. In each fertigation the 520 L h⁻¹ submerge pump working 15 min had a low energy consumption of 0.12 KWh, which represented U\$S 0.024. It also can be mentioned that a pump like that was used in this experiment has the capacity to fertigate a growing bed of about 7.2 m². For larger units, more powerful pumps are needed.

Presented results show that strawberry bare root transplants and runner tips can be produced in the soilless growing system tested in this research. Disinfestation with methyl bromide was not required. It is a sustainable viable option to produce a good number of healthy commercial bare-root transplants that are ready to be transplanted to the field. In addition, a high number of disease-free runner tips for plug transplants are produced. The system provides an alternative for commercial nurseries for strawberry propagation due to the low cost of the materials, easy management and economy of electrical energy, water and mineral nutrients. The greenhouse environment and the use of inert substrates minimize phytosanitary problems like fungal pathogens, nematodes and insects commonly found in open field nurseries.

Table 1 – Mean number per stock plant, total dry mass and crown diameter of bare root transplants grown in a closed soilless system with two substrates. Santa Maria, UFSM, 2006.

Substrate	Number	Dry matter (g)	Crown diameter (mm)
Sand	140a*	4.73a	12.0a
Plantmax HA®	150a	5.02a	10.32 b
CV (%)	15.89	13.98	11.91

*Means followed by the same letter in the column do not differ by Tukey's test at 5%.

Table 2 – Mean number per stock plant, total dry mass and crown diameter of strawberry bare root transplants of two genotypes grown in a closed soilless system. Santa Maria, UFSM, 2006.

Clone	Number	Dry matter (g)	Crown diameter (mm)
LBD 15.1	166a*	3.99 b	9.95 b
LBG 168.1	124 b	5.74a	12.37a
CV (%)	16.61	8.07	4.98

*Means followed by the same letter in the column do not differ by Tukey's test at 5% .

Table 3 – Mean total number and number in each category of strawberry runner tips produced by two substrates in a closed soilless growing system. Santa Maria, UFSM, 2006.

Substrate	Total (number/stock)	Categories (number/stock)		
		Small ¹	Medium	Large
Sand	561a*	222a	224a	115 b
Plantmax HA®	620a	202a	241a	177a
CV (%)	10.27	15.75	10.72	15.69

*Means followed by the same letter in the column do not differ by Tukey's test at 5%.

¹Small, Medium, and Large: number of leaves and diameter of the crown between 2-3/2-2.9mm; 3-4/3-4.5mm e 4-6/4.6-6mm, respectively.

Table 4 – Mean total number and number in each category of strawberry runner tips produced by two clones grown in a closed soilless growing system. Santa Maria, UFSM, 2006.

Clone	Total (number/stock)	Categories (number/stock)		
		Small ¹	Medium	Large
LBD 15.1	681a*	276a	246a	159a
LBG 168.1	498 b	147 b	218 b	133 b
CV (%)	15.20	12.72	6.23	13.08

*Means followed by the same letter in the column do not differ by Tukey's test at 5%.

¹Small, Medium, and Large: number of leaves and diameter of the crown between 2-3/2-2.9mm; 3-4/3-4.5mm and 4-6/4.6-6mm, respectively.

ARTIGO 3**PRODUTIVIDADE DO MORANGUEIRO (*Fragaria x ananassa* Duch.)
COM DIFERENTES TIPOS DE MUDAS**

Fruit yield of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) using different types of transplants

Abstract

The objective of this study was to compare fruit yield of the strawberry crop using plug and bare root transplants. Plug transplants were produced from runner tips harvested and rooted under mist in trays filled with substrate volumes of 26.5; 50; 100 and 150cm³. Bare root transplants were produced in a closed soilless system using sand as substrate. Bare root and plug transplants grown in 100cm³ trays reached higher growth at planting. Early fruit yield was higher in plug than bare root transplants. Spring and total fruit yield did not differ among all types of transplants, with an average yield of 28725 and 58884kg ha⁻¹, respectively. It was concluded that plug transplants is a better option than bare root transplants when early fruit yield is important and that low volumes of substrate as 26.5 or 50cm³ can be used to produce them.

Key words: *Fragaria x ananassa*, plant propagation, plug transplants, bare-root transplants.

Resumo

O objetivo deste trabalho foi comparar a produtividade de frutas de morangueiro a partir de mudas produzidas em torrão e com raízes nuas. As mudas em torrão foram produzidas a partir de pontas de estolões coletados e enraizados no interior de um telado em bandejas com volumes de substrato de 26,5; 50; 100 e 150cm³ por alvéolo. As mudas com raízes nuas foram produzidas em um sistema hidropônico fechado empregando areia como substrato. As mudas com raízes nuas e aquelas em bandejas de 100cm³ atingiram maior crescimento ao momento do plantio. A produtividade precoce foi maior nas plantas provenientes de mudas com torrão do que as de raiz nua. A produtividade na primavera e total não diferiu entre os tipos de mudas, com médias

de 28725 e 58884 kg.ha⁻¹, respectivamente. Concluiu-se que a muda com torrão é uma melhor alternativa que a de raiz nua quando o objetivo for obter alta produtividade precoce, e podem ser produzidas com volumes de substrato de 26,5 ou 50cm³.

Palavras-chave: Propagação de plantas, mudas com torrão, mudas com raiz nua.

INTRODUCTION

Low quality of transplants is the main limiting factor of the strawberry crop in Brazil. The majority of transplants are imported from Argentina and Chile. Local production is done in open field nurseries in different regions of the country (SANTOS & MEDEIROS, 2003). Because soil is not disinfected, contamination with pathogens as *Colletotrichum*, *Phytophthora* and *Verticillium* is frequently observed. In addition, transplants are sold without size classification. As a consequence, loss of plants, heterogeneous plant growth and low fruit yield are common problems found in strawberry fields. In this context, new methods of transplant production are necessary to overcome such problems.

Strawberry fruit yield depends on the use of healthy transplants with high physiological quality. In many countries, bare root transplants are produced in open field nurseries disinfected with methyl bromide to control soil pathogen contamination and weeds. Since methyl bromide was banned from the market, new methods of strawberry propagation are needed. In that regard, plug transplants obtained from rooting strawberry runner tips are an alternative to the use of methyl bromide. This method of plug transplants production is being adopted in Europe, United States and Canada because it allows earliness, higher yield and better management of diseases and pests (HOCHMUTH et al., 2001, 2006a, 2006b; DURNER et al., 2002; TAKEDA & HOKANSON, 2003; TAKEDA & NEWELL, 2006).

Plug transplants rooted in inert substrates avoid exposition to soil pathogens. They can be grown in greenhouses and tunnels where environmental variables are optimized. As a consequence, growth rate is enhanced and the time required till

planting in the field is reduced, compared to bare root transplants (LIETEN, 1998; DURNER et al., 2002; BISH et al., 2002; TAKEDA et al., 2004). The root system being embodied into a small volume of substrate decreases mechanical damages at planting, which decreases plant stress and accelerates initial crop growth and development. In addition, plug transplants are more uniform than bare root transplants, require less water after planting and can be considered either for manual or mechanical planting (BISH et al., 2002; LARSON & PONCE, 2002; DURNER et al., 2002; DUVAL et al., 2003; HOCHMUTH et al., 2001; 2006a, 2006b).

In Southern Brazil, strawberry is planted in early fall to search for earliness and out of season production, which is an important factor from an economical stand point. Using plug transplants have resulted in higher early fruit yield and the production of plug transplants can be programmed in a way that they are available at the right time for planting with that purpose (LIETEN, 1998; DURNER, 1999; DURNER et al., 2002; BISH et al., 2002; LARSON & PONCE 2002; FERNANDEZ & BALLINGTON, 2003; DUVAL & CHANDLER, 2004; HOKANSON et al., 2004; TAKEDA et al., 2004; HOCHMUTH et al., 2006a, 2006b). A disadvantage of using plug transplants is the higher cost, which can be compensated by the advantages mentioned above (DURNER, 1999; BISH et al., 2002; LARSON & PONCE, 2002; HOCHMUTH et al., 2006a; 2006b). Meanwhile, new lower cost methods of plug transplants production are of interest. Among them, reducing plug size decreases the volume of substrate required and increases the efficiency of using the area in greenhouses and tunnels (DURNER et al., 2002). No reports in the literature using plug transplants in the strawberry production in Brazil were found.

The objective of this study was to evaluate fruit yield of the strawberry crop using bare root transplants and plug transplants grown with different volumes of substrate.

MATERIAL AND METHODS

The experiment was carried out from April 21st to December 19th, 2006 at the Department of Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul,

Brazil. Stock plants of the clone LBD 15.1 from the Strawberry Breeding Program were propagated *in vitro* at the Biotechnology Laboratory of the same Department. They were acclimatized during 15 days in a screen house and planted in a closed soilless system using sand as growing bed. The nutrient solution used was that of HENNION & VESCHAMBRE (1997), in mmol L⁻¹: 12.0 NO₃⁻; 2.0 NH₄⁺; 6.2 K⁺; 2.2 H₂PO₄⁻; 2.0 SO₄⁻²; 2.0 Mg⁺²; and 6.0 Ca⁺², and, in mg L⁻¹, 0.03 Mo; 0.26 B; 0.06 Cu, 0.50 Mn, 0.22 Zn and 4.0 chelated Fe. The pH and electrical conductivity were maintained between 5.5 and 6.5 and between 1.4 and 1.5 dS m⁻¹, respectively. More details about the closed soilless system and nutrient solution management can be found elsewhere (ANDRIOLO, 2006, 2007; GIMENEZ, 2007).

Treatments consisted of plug transplants produced in plastic trays filled with substrate volumes of 26.5, 50, 100 and 150cm³ and bare root transplants. A completely randomized block design was used, with four replications of 16 plants. The physiological quality of plug and bare root transplants at planting were determined by crown diameter, leaf and root dry mass, in three random samples of five plants per treatment. Leaf and root dry mass were recorded after drying at 60°C in a forced air oven until constant weight.

Runner tips bearing 2-3 leaves and with a crown diameter between 3.0 and 3.9mm were collected in March 19th, 2006, and rooted in different plastic trays filled with the organic substrate Plantmax® HA (Eucatex). Runner tips were put under misting for five days and were ready for planting in the field 32 days later. Bare root transplants were harvested from the closed soilless system. Planting was done in the soil on April 21st, 2006, in an annual hill system with raised beds under low 100µm polyethylene tunnels. Plant density was 6.6plants m⁻². The row surface was mulched with a 30µm black polyethylene. Water and nutrients were delivered to plants by drip irrigation, following cropping practices reported by SANTOS & MEDEIROS (2003).

Fruits with 100% red skin were weekly harvested and weighted from June 15th to December 19th. Early, spring and total fruit production were recorded. Early and spring fruit production was considered from June 15th to September 30th, and from October 1st to December 19th, respectively. Analysis of variance was applied to the data and significance among means was tested by Tukey's test at 5% probability.

RESULTS AND DISCUSSION

Significant differences were found among treatments in crown diameter, and leaf and root dry mass of transplants at planting date (Table 1). The largest crown and dry weight of leaves were obtained in plug transplants grown in 100cm³ trays and in the bare root transplants. The highest root dry mass was recorded in bare root transplants, which don't differ from plug transplants grown in 100cm³ and 150cm³ trays. The lowest value of each parameter was found in both 50cm³ and 26.5cm³ trays.

Early fruit yield did not differ among plug transplants, with an average of 30429,25kg ha⁻¹ and was higher than the yield obtained with bare root transplants (Table 2). Spring and total fruit yield did not differ among treatments, with average yields of 28725 and 58884kg ha⁻¹, respectively.

Yields obtained in this study were similar to those reported in the USA from plug transplants grown in 75-150cm³ trays and in Europe from containerized transplants of about 300cm³ of substrate (BARUZZI & FAEDI, 1998; LIETEN, 1998, 2004; DURNER, 1999; LARSON & PONCE, 2002; BISH et al., 2002; DURNER et al., 2002; HOCHMUTH et al., 2006a, 2006b).

Monthly distribution of early fruit yield was affected by treatments (Table 3). In June, July and September plugs transplants yielded 80%, 26% and 29% more than bare root ones, respectively. Among plug transplants, the highest yield was obtained with 100cm³ and 150cm³ trays in June. An hypothesis to explain this result is related to the higher root dry mass of these plug transplants at planting (Table 1), that may influenced the initial plant growth and development, leading to a higher yield in the first month of fruit production. However, in July, August and September, similar yield was observed for all sizes of plug transplants. The higher early fruit yield obtained with plug transplants compared to bare root ones is in agreement with results obtained by other authors (DURNER, 1999; BISH et al., 2002; LARSON & PONCE, 2002; HOCHMUTH et al., 2006a; 2006b). The main hypothesis to explain differences between plug and bare root transplants for early fruit yield is related to the planting stress. When bare root transplants are pooled out from the soil or from the substrate, absorbent roots are mechanically damaged and new ones need to grow after planting. To sustain its growth,

carbon is allocated from the pool of assimilates, delaying shoot growth. In the case of plug transplants, roots are embodied by the substrate, which protects them from mechanical damage. As a consequence, plant growth can take place just after planting and initial growth rate is enhanced, leading to early flowering and fruit harvest (DUVAL et al., 2003; HOCHMUTH et al., 2006b).

It has been suggested in the literature that increasing the volume of the substrate in the production of strawberry plug transplants can lead to higher early and total fruit yield (BISH et al., 2002; LARSON & PONCE, 2002; HOCHMUTH et al., 2006a). This trend was not found in this study, as no significant differences were observed in fruit yield among sizes of plug transplants (Table 2). The period of time for growth of plug transplants in trays before planting was of 32 days. It can be concluded that during this period, the volume of substrate in all treatments was not limiting for root and shoot growth. Restrictions of plant growth might happen in the case that transplants stay longer periods in the trays. It has been suggested that the crown diameter of 8.0mm could be one of the parameters taken into account for screening the quality of strawberry transplants (HOCHMUTH et al., 2001). In this sense all treatments allowed to obtain high quality transplants, as crown diameters higher than 8.0mm were observed in both plug and bare root transplants (Table 1).

Planting in late summer or early autumn is a way to achieve early production that allows having fresh strawberries out of season. In Brazil, high air temperature and solar radiation are prevalent during that time of the year, so the use of plug transplants is highly recommended because they need less water for establishment (HOCHMUTH et al., 2006a, 2006b). The higher early yield obtained from June to September using plug transplants represents an important economic value because prices of strawberry are higher during winter and early spring in Brazil (REICHERT, 2003; CEASA PA, 2006).

It can be inferred that using plug transplants locally produced provide an alternative to solve current problems originated from the use of low quality bare root transplants, leading to a great improvement in the Brazilian strawberry industry. In addition, it will permit to overcome part of the dependence of imported plants from other countries.

The main finding of this study is that disease-free strawberry plug transplants of high physiological quality can be produced in trays with cells of 26.5 or 50cm³, reaching high early and total fruit yield. Reducing plug sizes is advantageous for saving substrate, efficient use of growing surface inside greenhouses and saving labor, decreasing production cost.

Table 1 - Crown diameter, and leaf and root dry weight of plug and bare root strawberry transplants at planting. UFSM, Santa Maria, 2006.

Treatment ^y	Crown diameter (mm)	Dry weight (g/plant)	
		Leaf	Root
Plug V-26.5	8.4 b*	1.15 b	0.19 b
Plug V-50	8.0 b	0.91 b	0.17 b
Plug V-100	10.8a	1.85a	0.35a
Plug V-150	8.8 b	1.28 b	0.29a
Bare root	9.9a	1.68a	0.40a
CV %	8.24	15.91	13.86

*Mean separation within treatments in the column by Tukey's test at $P \leq 0.05$.

^yV-26.5, V-50, V-100 and V-150: substrate volume of 26.5, 50, 100 and 150cm³ per plug transplant, respectively.

Table 2 – Early, spring and total fruit yield of strawberry using plug and bare root transplants. UFSM, Santa Maria, 2006.

Treatment ^y	Fruit yield (kg/ha)		
	Early ^z	Spring	Total
Plug V-26.5	27740a*	27431a	55171a
Plug V-50	31346a	30817a	62163a
Plug V-100	31649a	29124a	60773a
Plug V-150	30982a	28838a	59820a
Bare root	22995 b	27413a	50408a
CV %	12.32	9.43	20.67

*Mean separation within treatments in the column by Tukey's test at $P \leq 0.05$.

^yV-26.5, V-50, V-100 and V-150: substrate volume of 26.5, 50, 100 and 150cm³ per plug transplant, respectively.

^zEarly and spring fruit yield from June 15th to September 30th, and from October 1st to December 19th, respectively.

Table 3 - Monthly early yield distribution of the strawberry crop from plug and bare root transplants. UFSM, Santa Maria, 2006.

Treatment ^y	Fruit yield (kg/ha)			
	June ^z	July	August	September
Plug V-26.5	758bc *	8350a	9333a	9299ab
Plug V-50	517cd	8350a	11979a	10500a
Plug V-100	1383a	8354a	11383a	10529a
Plug V-150	1046ab	7808a	11129a	10999a
Bare root	183d	6104b	9362a	7346b
CV %	22.49	9.52	20.33	13.31

*Mean separation within treatments in the column by Tukey's test at $P \leq 0.05$.

^yV-26.5, V-50, V-100 and V-150: substrate volume of 26.5, 50, 100 and 150cm³ per plug transplant, respectively.

^zEarly fruit production from June 15th to September 30th.

3. DISCUSSÃO GERAL

Nas últimas décadas o desenvolvimento de tecnologias agrícolas no Brasil ocorreu com prioridade para as grandes culturas, destinadas à exportação. Culturas antes tradicionais dentro do contexto da agricultura familiar tiveram seus programas de pesquisa reduzidos ou até encerrados, como foi o caso do morangueiro. Dentre as conseqüências, cita-se a dependência de cultivares e mudas importadas, baixa produtividade, uso intensivo de produtos químicos para o controle de pragas e doenças e nível elevado de resíduos químicos nas frutas. Nos últimos anos vêm sendo implementadas políticas governamentais que visam minimizar ou reverter esse quadro. Entretanto, sua eficácia depende da geração de novas tecnologias de produção adequadas ao contexto atual.

O emprego de cultivares estrangeiras favoreceu a predominância de alguns programas de melhoramento genético em nível global, localizados principalmente na América do Norte e na Europa. Esses programas têm base genética estreita e desenvolvem cultivares para condições de produção diferentes daquelas existentes no Brasil. Por isso, para os próximos anos é necessária a diversificação da base genética das cultivares de morangueiro a serem empregadas no Brasil. A utilização de parentais silvestres, principalmente de *F. virginiana* e *F. chiloensis*, e das outras espécies de *Fragaria* disponíveis deve estar dentro dos objetivos do melhoramento. Esses parentais poderão dar origem a cultivares com necessidades de temperatura e fotoperíodo diferentes daquelas atualmente em uso. Isso permitirá maior adaptação e produtividade, tanto na produção de frutas como de mudas. O melhoramento deverá priorizar o desenvolvimento de cultivares de dias curtos e dias neutros adaptados para as diferentes regiões, condições culturais e sistemas produtivos existentes no Brasil. Dos resultados da avaliação de clones apresentada neste trabalho é possível concluir que existem alternativas de cultivares a utilizar, permitindo aumentar a produtividade e ampliar a oferta de frutas com produção mais precoce e melhorar a qualidade da fruta em relação às cultivares estrangeiras que estão sendo utilizadas atualmente. Para consolidar e estender a seleção iniciada nesse trabalho sugere-se o estabelecimento de uma rede de avaliação de cultivares desenvolvidas localmente nos diferentes estados e regiões produtoras de morango no Brasil. Poder-se-ia inclusive, considerar a

realização de uma rede latino-americana com essa finalidade para atingir em futuro próximo a autonomia na produção de cultivares em toda a região.

Na qualidade da fruta, a firmeza, a cor e o sabor são critérios que devem continuar a ser priorizados na seleção das cultivares, por ser determinantes da vida pós-colheita e da preferência do consumidor. Entretanto, os resultados atuais indicam que outro aspecto que deve ser integrado como critério de seleção é a qualidade nutricional da fruta relativo ao conteúdo de componentes bioativos com propriedades funcionais ou nutracêuticas. Outra característica importante é a resistência a doenças e pragas. A incorporação de resistência às doenças e pragas em cultivares é um dos maiores desafios para os programas de melhoramento. Doenças e pragas podem ser obstáculos para manter ou incrementar a produtividade de uma cultivar em determinadas condições. Também, constituem o motivo principal da necessidade de aplicação de produtos químicos. Atualmente é grande a pressão, tanto dos consumidores da fruta como das autoridades sanitárias, para diminuir os resíduos químicos nas frutas. Sistemas de produção de morango capazes de aliar qualidade fisiológica, nutracêutica e sanitária poderão colocá-lo no rol das frutas a serem consumidas nas dietas que buscam a longevidade.

Dispor de sistemas locais de produção de mudas com alta qualidade fisiológica e sanitária é um dos desafios ao emprego de cultivares com adaptação a uma determinada região. Essas cultivares não poderão empregar os métodos atualmente predominantes, que fazem a produção de mudas com emprego de produtos fumigantes agressivos ao ambiente. Os métodos desenvolvidos neste trabalho são promissores, pois permitem vislumbrar em curto prazo unidades descentralizadas de produção de mudas, que podem ser localizadas em regiões montanhosas isoladas da produção de frutas e que são capazes de atingir padrões de qualidade pré-estabelecidos e com reduzido impacto ambiental.

4. CONCLUSÃO

Os clones de morangueiro LBD 15.1, LBH 27.2, LBG 121.4 e LBD 35.2 originários do programa de Melhoramento Genético do INIA-Uruguaí combinam elevada produtividade precoce e total, qualidade da fruta e alto conteúdo de componentes bioativos e são indicados em substituição ou em combinação às cultivares atualmente em uso nas regiões produtoras do RS.

A multiplicação e produção de mudas desses novos clones poderão ser feitas com o sistema sem solo que foi desenvolvido. O sistema é do tipo fechado, sem descarte de solução nutritiva, empregando substratos inertes ou orgânicos como leito de cultivo. A desinfecção através de produtos químicos fumigantes não é necessária. A qualidade fisiológica e sanitária e a produtividade das mudas produzidas são similares ou superiores às aquelas obtidas nos sistemas de produção de viveiros a campo.

A produção de mudas comerciais com torrão pode ser feita empregando recipientes com volume de substrato orgânico entre 26,5 e 50 cm³. O emprego de mudas assim produzidas permite atingir maior produção precoce e alta produtividade total da lavoura.

O conjunto dos resultados obtidos permite uma mudança de escala tecnológica na cadeia de produção do morangueiro no Brasil.

A continuação de trabalhos de pesquisa de avaliação de novos clones de morangueiro e ajustes de sistemas fechados sem solo para produção de mudas deve ser priorizada para os próximos anos.

REFERÊNCIAS

- AHMADI, H.; BRINGHURST, R.S.; VOTH, V. Modes of inheritance of photoperiodism in *Fragaria*. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 115, p. 146-152, 1990.
- ANDRIOLO, J.L.; BONINI, J.V.; BOEMO, M.P. Acumulação de matéria seca e rendimento de frutos de morangueiro cultivado em substrato com diferentes soluções nutritivas. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 1, 2002.
- ANDRIOLO, J.L. Sistema hidropônico fechado com subirrigação para produção de minitubérculos de batata. In: SIMPÓSIO DE MELHORAMENTO GENÉTICO E PREVISÃO DE EPIFITIAS EM BATATA, 2006, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2006. p. 26-40.
- ANDRIOLO, J.L. Preparo e manejo da solução nutritiva na produção de mudas e de frutas do morangueiro. In: SEMINÁRIO SOBRE O CULTIVO HIDRÔNICO DE MORANGUEIRO, 2007, Santa Maria, RS. **Anais....** Santa Maria:UFSM, 2007. p. 41-50.
- ANSTEY, T.H.; WILCOX, A.N. The breeding value of selected inbred clones of strawberries with respect to their vitamin C content. **Science and Agriculture**, v. 30, p. 367-374, 1950.
- ANTUNES, L.E.C.; DUARTE FILHO, J. Sistema de produção do morango. Produção de mudas. **Sistemas de produção 5**. Pelotas. EMBRAPA CT. 2005.
Disponível em <http://www.cpact.embrapa/sistema/morango>. Acesso em: 10 de julho, 2006.
- ARCHBOLD, D.D.; ZHANG, B. Drought stress resistance in *Fragaria species*. In: DALE, A.; LUBY, J.J. (Eds.). **The Strawberry into the 21st Century**. Portland: Timber Press, 1991. v. 29, p. 138-143.
- ARULSEKAR, S.; BRINGHURST, R.S. Genetic model for enzyme P.G.I. in diploid *Fragaria vesca* L.; its variability and use in elucidating the mating system. **Journal of Heredity**, v. 73, p.117-120, 1981.
- ASHLEY, M. V.; WILK, J. A.; STYAN, S. M.; CRAFT, K. J.; JONES, K. L.; FELDHEIM, K. A.; LEWERS, K. S.; ASHMAN, T. L. High variability and disomic segregation of microsatellites in the octoploid *Fragaria virginiana* Mill. (Rosaceae). **Theoretical and Applied Genetics**, v. 107, p. 1201–1207, 2003.
- BAKKER, J.; BRIDLE, P.; BELLWORTHY, S.J. Strawberry juice colour: A study of the quantitative and qualitative pigment composition of juices from 39 genotypes. **Journal of Science and Food Agriculture**, v. 64, p. 31-37, 1994.

BALLINGTON, J.R.; MILHOLLAND, R.D. Screening strawberries for resistance to *Colletotrichum acutatum* in North Carolina. **Acta Horticulturae**, n. 348, p. 442-448, 1993.

BARRITT, B.H. Breeding strawberries for fruit firmness. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 104, p. 663-665, 1979.

BARRITT, B.H.; SHANKS, C.H. Breeding strawberries for resistance to aphids *Chaetosiphon fragaefolii* and *C. thomasi*. **HortScience**, v. 15, p. 287-288, 1980.

BARRITT, B.H.; SHANKS, C.H. Parent selection in breeding strawberries resistant to two spotted spider mites. **HortScience**, v. 16, p. 323-324, 1981.

BARROS, I.T.; ZECCA, A.G.D.; SOMAVILLA, L.; TURCHETTO, A.C.; COUTINHO, E.F. Produção orgânica de mudas e de frutos de morango cvs. Oso Grande e Camarosa, na região do Médio Alto Uruguai-RS. In: **2º Simposio Nacional de Morango. 1º Encontro de Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul**. EMBRAPA CT. 2004. Pelotas. Documentos 123, p. 207-209, 2004.

BARUZZI, G.; FAEDI, W. La fragola in Italia. In: **La Fragola verso il 2000. Convegno Nazionale**. Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura di Verona. p. 95-110. 1998.

BAUER, A. Progress in breeding decaploid *Fragaria x vescana*. **Acta Horticulturae**, n. 348, p. 60-64, 1993.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência de Vigilância Sanitária Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4 ed. Brasília, Ministério da Saúde, 2005. 1018p

BETTI, J. A. Matrizes básicas IAC de Morangueiro. **O Agrônomo**, v. 52, n. 1, p. 28-29, 2000.

BISH, E.B.; CANTLIFFE, D.J.; HOCHMUTH, G.C.; CHANDLER, C.K. Development of containerized strawberry transplants for Florida's winter production system. **Acta Horticulturae**, n. 439, p. 461-468, 1997.

BISH, E.B.; CANTLIFFE, D.J. CHANDLER, C.K. A system for producing large quantities of greenhouse grown strawberry plantlets for plug production. **HortTechnology**, v. 11, n. 4, p. 636-638, 2001.

BISH, E.B.; CANTLIFFE, D.J. CHANDLER, C.K. Temperature conditioning and container size affect early season fruit yield of strawberry plug plants in a winter, annual hill production system. **HortScience**, v. 37, n. 5, p. 762-764, 2002.

BISOGNIN, D.A. Produção de plantas matrizes de morangueiro. In: ANDRIOLO, J.L. (ed.). SEMINÁRIO SOBRE O CULTIVO HIDRÔNICO DE MORANGUEIRO, 2007, Santa Maria, RS. **Anais**.... Santa Maria:UFSM, 2007. p. 9-17.

BORS, R.A.; SULLIVAN, J.A. Interspecific hybridization of *Fragaria moschata* with two diploid species, *F. nubicola* and *F. viridis*. **Euphytica**, v. 143, n. 1, p. 201-107, 2005.

BOWEN, H.H.; HOUGH, L.F.; VARNEY, E.H. Breeding studies of Verticillium wilt resistance in *Fragaria x ananassa* Duch. **Proceeding of the American Society for Horticultural Science**, v. 93, p. 340-351, 1968.

BRINGHURST, R.S. Citogenetics and evolution in American *Fragaria*. **HortScience**, v. 25, n. 8, p. 879-881, 1990.

BRINGHURST, R.S.; HANSCH, P.E.; VOTH, V. Inheritance of Verticillium wilt resistance and the correlation of resistance with performance traits of the strawberry. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 92, p. 369-375, 1968.

BRINGHURST, R. S.; VOTH, V. Origin and evolutionary potentiality of the day-neutral trait in octoploid *Fragaria*. **Genetics**, v. 90, p. 510, 1978. (Abstract).

BRINGHURST, R. S.; VOTH, V. Breeding octoploid strawberries. **Iowa State Journal of Research**, v. 58, p. 371-381, 1984.

BUENO, S.C.S. Produção de mudas em ambiente protegido. In: **III Simpósio nacional de morango. II Encontro sobre pequenas frutas e frutas nativas do Mercosul**. Palestras. EMBRAPA CT. 2006. Pelotas. Documentos 171, p. 45- 54, 2006.

CALVETE, E.O.; KAMPF, A.N.; BERGAMASCHI, H.; DAUDT, R.H.S. Avaliação do crescimento de plantas de morangueiro, durante aclimação ex vitro. **Horticultura Brasileira**, v. 18, n. 3, p. 188-192, 2000.

CALVETE, E.O.; KAMPF, A.N.; SUZIN, M. Concentração de sacarose no enraizamento in vitro de morangueiro. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 186-191, 2002.

CAMARGO, L. S.; ALVES, S.; ABRAMIDES, E. Ensaio de variedades de morangueiro. **Bragantia**, v. 22, n. 57, p. 715-729, 1963.

CAMARGO, L.S. **Instruções para a cultura do morangueiro**. 6 ed. Campinas. Instituto Agrônomo, 1973. 32p.

CAMERON, J.S.; HARTLEY, C.A. Gas exchange and photosynthate partitioning characteristics of *Fragaria chiloensis* germplasm. **HortScience**, v. 23, p. 821, 1988. (Abstract).

CANSIAN, R.L.; MOSSO, A.J.; LEONTIEV-ORLOV, O.; BARBIERI, C.; MURTELLE, G.; PAULLETTI, G.; ROTA, L. Comportamento de cultivares de morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) na região do Alto Uruguai do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, n. 2, p. 103-105, 2002.

CANTILLANO, R.F.F. Sistema de produção do morango. Colheita e pós-colheita **Sistemas de produção 5**. Pelotas. EMBRAPA CT. 2005.
Disponível em <http://www.cpact.embrapa/sistema/morango>. Acesso em: 10 de julho, 2006.

CANTILLANO, F. Fisiologia pós-colheita e armazenamento de morangos. In: DUARTE-FILHO, J.; CANÇADO, G.M.A.; REGINA, M.de A.; ANTUNES, L.D.; FADINI, M. A. M. (Eds.). **Morango: tecnologia de produção e processamento**. Caldas: Epamig, 1999. p. 187-204.

CASTRO, R.L.; CASALI, V.W.D.; CRUZ, C. D.; BARBOSA, M.H.P.; JÚNIOR, L.G. Comportamento de dez cultivares de morangueiro em cultivo orgânico. In: **2º Simposio Nacional de Morango. 1º Encontro de Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul**. EMBRAPA CT. Pelotas. 2004. Documentos 123, p. 183-187, 2004.

CEASA, PA. **Cotação morango**. 2006.
Disponível em: <http://www.ceasa.rs.gov.br>. Acesso em: 15 de Maio, 2006.

CENSI, S.A.; MORAES, I.V.M.; MAMEDE, A.G.M.N.; SOARES, A.G. Influência do processamento e da cultivar na qualidade do morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) minimamente processado. In: **2º Simposio Nacional de Morango. 1º Encontro de Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul**. EMBRAPA CT. Pelotas. 2004. Documentos 123, p. 201-206, 2004.

CHAPLIN, C.E.; STOLTZ, L.P.; RODRIGUEZ, J.G. Breeding behavior of mite-resistant strawberries. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 95, p. 330-333, 1970.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. 2005. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e Manejo**. Lavras: ESAL/FAEPE, 2ª ed. 785 p.

COMSTOCK, R.E.; KELLEHER, T.; MORROW, E.B. Genetic variation in an asexual species. **Genetics**, v. 43, p. 634-646, 1958.

CONTI, J.H.; MINAMI, K.; TAVARES, F.C.A. Produção e qualidade de frutos de diferentes cultivares de morangueiro em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 10-17, 2002.

CORBETT, E.G.; MEADER, E.M. Non-stoloniferous strawberry. **Journal of Heredity**, v. 46, p. 237-241, 1965.

CRAIG, D.L.; BROWN, G.L. Influence of digging date, chilling, cultivars and culture on glasshouse strawberry production in Nova Scotia. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 57, p. 571-576, 1977.

CROCK, J.E.; SHANKS, C.H.; BARRITT, B.H. Resistance in *Fragaria chiloensis* and *F. ananassa* to the aphids *Chaetosiphon fragaefolii* and *C. thomasi*. **HortScience**, v. 17, p. 959-960, 1982.

DALE, A.; SJULIN, T.M. Few cytoplasms contribute to North American strawberry cultivars. **HortScience**, v. 25, n. 11, p. 1341-1342, 1990.

DALE, A.; DAUBENY, H.A.; LUFFMAN, M.; SULLIVAN, J.A. Development of *Fragaria* germplasm in Canada. **Acta Horticulturae**, n. 348, p. 75-80, 1993.

DALMAGO, G. A. et al. Evapotranspiração máxima da cultura do pimentão em estufa plástica em função da radiação solar, temperatura, umidade do ar e déficit de saturação do ar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 36, n. 3, p. 785-792, 2006.

DARROW, G.M. Interrelation of temperature and photoperiodism in the production of fruit buds and runners in the strawberry. **Proceeding of the American Society for Horticultural Science**, v. 34, p. 360-363, 1936.

DARROW, G.M. **The strawberry**: History, Breeding and Physiology. New York: Holt, Rinehart and Wiston, 1966. 447 p.

DAUBENY, H.A.; NORTON, R.A.; BARRITT, B.H. Relative differences in virus tolerance among strawberry cultivars and selections in the Pacific Northwest. **Plant Disease Reporter**, v. 56, p. 792-795, 1972.

DAVIK, J.; HONNE, B.I. Genetic variance and breeding values for resistance to a wind-borne disease [*Sphaerotheca macularis* (Wallr. ex Fr.)] in strawberry (*Fragaria · ananassa* Duch.) estimated by exploring mixed and spatial models and pedigree information. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 111, p. 256–264, 2005.

DELP, B.R.; MILHOLLAND, R.D. Susceptibility of strawberry cultivars and related species to *Colletotrichum fragariae*. **Plant Disease**, v. 65, p. 421-423, 1981.

DENOYES-ROTHAN, B.; GUÉRIN, G.; LERCETEAU-KÖHLER, E.; RISSER, G.; Inheritance of resistance to *Colletotrichum acutatum* in *Fragaria x ananassa*. **Phytopathology**, v. 95, n. 4, p. 405-412, 2005.

DICKSTEIN, E.R.; KRUSBERG, L.R. Reaction of strawberry cultivars to the northern root-knot nematode, *Meloidogyne hapla*. **Plant Disease Reporter**, v. 62, p. 60-61, 1978.

DI STEFANO, R.; CRAVERO, M. C.; GENTILINI, N.. Metodi per lo studio dei polifenoli dei vini. **L'Enotecnico**, v.25 n.5 p. 83-89, 1989.

DUARTE FILHO, J.; BUENO, S.C.S.; ANTUNES, L.E.C. Produção extemporânea de morangueiro em ensaios conduzidos em Caldas-MG e São Bento de Sapucaí-SP. In: : **2° Simposio Nacional de Morango. 1° Encontro de Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul**. EMBRAPA CT. Pelotas. Documentos 123, p. 48-54. 2004.

DURNER, E.F. Winter greenhouse strawberry production using conditioned plug plants. **HortScience**, v. 34, n. 4, p. 615-616, 1999.

DURNER, E.F.; BARDEN, J.A.; HIMELRICK, D.G.; POLING, E.B. Photoperiod and temperature effects on flower and runner development in day-neutral, Junebearing, and everbearing strawberries. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 109, p. 396-400, 1984.

DURNER, E.F.; E.B. POLING. Flower bud induction, initiation, differentiation, and development in the 'Earliglow' strawberry. **Scientia Horticulturae**, v. 31, p. 61-69, 1987.

DURNER, E.F.; E.B. POLING. Strawberry developmental responses to photoperiod and temperature: A review. **Advanced Strawberry Production**, v. 7, p. 6-14, 1988.

DURNER, E.F., POLING, E.B.; E.A. ALBREGTS. Early season yield responses of selected strawberry cultivars to photoperiod and chilling in a Florida winter production system. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 111, p. 53-56, 1986.

DURNER, E.F.; POLING, E.B.; MAAS, J.L. Recent advances in strawberry plug transplant technology. **HortTechnology**, v. 12, n. 4, p. 545-550, 2002.

DUVAL, J.R.; CHANDLER, C.K.; LEGARD, D.E. Effect of Mechanical Damage to Strawberry Transplants. **Document HS 922**. Horticultural Sciences Department, Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 2003. Disponível em: <http://www.edis.ifas.ufl.edu>. Acesso em: 10 de Maio, 2006.

DUVAL, J.R.; CHANDLER, C.K. Planting Date Affects Early Season Fruit Yield of Strawberry in a Subtropical Environment. **Vegetarian Newsletter**. University of Florida. Institute of Food and Agricultural Sciences. Horticultural Sciences Department. Vegetable Crop Extension Publication, Vegetarian 04-01. 2004.

EDWARDS, W.H.; JONES, R.K.; SCHMITT, D.P. Host suitability and parasitism of selected strawberry cultivars by *Meloidogyne hapla* e *M. incognita*. **Plant Disease**, v. 69, p. 40-42, 1985.

EVANS, W.D. The production of multispecific octoploids from *Fragaria* species and the cultivated strawberry. **Euphytica**, v. 31, n. 3, p. 901-907, 1982.

FAEDI, W.; DE CLAUSER, R. Screening for strawberry resistance to *Colletotrichum acutatum*. In: Strawberry diseases and breeding for varietal resistance. **International Workshop**. Societe Française de Phytopathologie. Bordeaux, France. (Abstract). p. 20. 1991.

FAO. **FAOSTAT**. 2005. Disponível em: <http://www.faostat.fao.org>. Acesso em: 20 de setembro, 2006.

FARIAS, C.A.; SANTOS, A.M.; COLLARES, G.L. Produção de mudas de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) e níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 2, n. 2, p. 95-98, 1998.

FERNANDEZ, G.E.; BALLINGTON, J.R. Double cropping of strawberries in an annual system using conditioned plug plants and high tunnels. **Acta Horticulturae**, n. 614, p. 547-552, 2003.

FERREYRA, R.M.; VIÑA, S.Z.; MUGRIDGE, A.; CHAVES, A.R. Growth and ripening season effects on antioxidant capacity of strawberry cultivar Selva. **Scientia Horticulturae**, v. 112, p. 27–32, 2007.

FORTES, J.F. Sistema de produção do morango. Doenças do morangueiro. **Sistemas de produção 5**. Pelotas. EMBRAPA CT. 2005.
Disponível em <http://www.cpact.embrapa/sistema/morango>. Acesso em: 10 de julho, 2006.

FUMIS, T.F.; SAMPAIO, A.C.; PALLAMIN, M.L.; OLIVEIRA, O.M. Avaliação tecnológica de nove cultivares de morango na região de Bauru – SP. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Olericultura**. 2003.

GALLETTA, G.J.; MAAS, J.L. Strawberry Genetics. **HortScience**, v. 25, p. 871-878, 1990.

GALLETTA, G.J., BRINGHURST, R.S. Strawberry management. In: GALLETTA, G.J., HIMELRICK, D. (Eds.). **Small Fruit Crop Management**. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 1990. p. 83-156.

GIMENEZ, G. **Resistance to *Colletotrichum acutatum* in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.)**. Raleigh. Department of Horticultural Science. North Carolina State University. 1997. 75p. MS Thesis.

GIMENEZ, G. Situación actual de la producción de frutilla en el sur de Uruguay. In: Cultivares de Frutilla para el Litoral Norte. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Uruguay. **Serie Actividades de Difusión**, n. 230, p. 5-6, 2000.

GIMENEZ, G. Produção de mudas de morangueiro em hidroponia. In: ANDRIOLO, J.L. (ed.). SEMINÁRIO SOBRE O CULTIVO HIDRÔNICO DE MORANGUEIRO, 2007, Santa Maria, RS. **Anais**.... Santa Maria:UFSM, 2007. p. 18-29.

GIMENEZ, G.; BALLINGTON, J.R. Inheritance of resistance to *Colletotrichum acutatum* Simmonds on runners of garden strawberry and its backcrosses. **HortScience**, v. 37, n. 4, p. 686-690, 2002.

GIMENEZ, G.; VICENTE, E.; MANZZIONI, A. El cultivar de frutilla INIA Arazá. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Uruguay. **Hoja de divulgación**, n. 83, 2003.

GIMENEZ, G.; ANDRIOLO, J.; GODOI, R. Cultivo sem solo do morangueiro. Revisão bibliográfica. **Ciência Rural**, v. 38, n.1, p. 273-279, 2008.

GUPTON, C.L.; SMITH, B.J. Inheritance of resistance to *Colletotrichum* species in strawberry. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 116, p. 724-727, 1985.

GUTTRIDGE, C.G. *Fragaria x ananassa*. In: **CRC Handbook of Flowering**, Vol. III. A.H. Haley (ed.). CRC Press, Boca Raton, Florida. p.16-33. 1985.

HAKKINEN, S.H.; TORRONEN, A.R. Content of flavonols and selected phenolics acids in strawberries and *Vaccinium* species: Influence of cultivar, cultivation site and technique. **Food Research International**, v. 33, p. 517-524, 2000.

HANCOCK, J.F.; MAAS, J.L.; SHANKS, C.H.; BREEN, P.J.; LUBY, J.J. Strawberries (*Fragaria*). In: MOORE, J.N. & BALLINGTON, J.R. (Eds.). Genetic resources of temperate fruit and nut crops. **ISHS Acta Horticulturae**. Wageningen, n. 290, v. 2, p. 491-546, 1989.

HANCOCK, J.F. Ecological genetics of natural strawberries species. **HortScience**, v. 25, n. 8, p. 869-871, 1990.

HANCOCK, J.F. **Plant evolution and the origin of crop species**. 1992. Prentice Hall. New Jersey. 305 p.

HANCOCK, J.F. 1999. **Strawberries**. CAB International, Wallingfer, UK. 286 p.

HANCOCK, J.F.; BRINGHURST, R.S. Sexual dimorphism in the strawberry *Fragaria chiloensis*. **Evolution**, v. 34, p. 762-768, 1980.

HANCOCK, J.F.; FLORE, J.F.; GALLETTA, G.J. Variation in leaf photosynthetic rates and yields in strawberries. **Journal of Horticultural Science**, v. 40, p. 139-144, 1989.

HANCOCK, J.F.; MAAS, J.L.; SHANKS, C.H.; BREEN, P.J.; LUBY, J.J. Strawberries (*Fragaria*). In: **Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops**. J.N. Moore and J.R. Ballington (Eds.). International Society for Horticultural Science. Wageningen. p. 489-546. 1990.

HANCOCK, J.F.; LUBY, J.J.; DALE, A.; CALLOW, P.W.; SERÇE, S.; EL-SHIEK, A. Utilizing wild *Fragaria virginiana* in strawberry cultivar development: Inheritance of photoperiod sensitivity, fruit size, gender, female fertility and disease resistance. **Euphytica**, v. 126, p. 177-184, 2002.

HANCOCK, J.F.; SERÇE, S.; PORTMAN, C.M.; CALLOW, P.W.; LUBY, J.J. Taxonomic variation among North and South American subspecies of *Fragaria virginiana* Miller and *Fragaria chiloensis* (L.) Miller. **Canadian Journal of Botany**, v. 82, p. 1632–1644, 2004.

HANNUM, S.M. Potential impact of strawberries on human health: a review of the science. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 44, p. 1-17, 2004.

HEIDE, O.M. Photoperiod and temperature interactions in growth and flowering of strawberry. **Physiologia Plantarum**, v. 40, n. 40, p. 21–26, 1977.

HENNION, B.; VESCHAMBRE, D. **La fraise**: maîtrise de la production. Paris: CTIFL, 1997. 299 p.

HENRIQUES, A.; BASSANI, V.L.; RASEIRA, M.B.; ZUANAZZI, J.A. Antocianos e capacidade antioxidante de frutas. In: **2° Simposio Nacional de Morango. 1° Encontro de Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul**. EMBRAPA CT. Pelotas. 2004. Documentos 124, p. 272-281. 2004.

HOCHMUTH, G; CHANDLER, C.; STANLEY, C.; LEGARD, D.; DUVAL., J.; WALDO, E.; CANTLIFFE, D.; BISH, E. Containerized transplants for establishing strawberry crops in Florida. **HortScience**, v. 37, p. 443, (Abstract), 2001.

HOCHMUTH, G; CANTLIFFE, D.; CHANDLER, C.; STANLEY, C.; BISH, E.; WALDO, E., LEGARD; D., DUVAL., J. Fruiting responses and economics of containerized and bare root strawberry transplants established with different irrigation methods. **HortTechnology**, v. 16, n. 2, p. 205-210, 2006a.

HOCHMUTH, G; CANTLIFFE, D.; CHANDLER, C.; STANLEY, C.; BISH, E.; WALDO, E., LEGARD; D., DUVAL., J. Containerized strawberry transplants reduce establishment-period water use and enhance early growth and flowering compared with bare-root plants. **HortTechnology**, v. 16, n. 1, p. 46-54, 2006b.

HOKANSON S.C.; TAKEDA, F.; ENNS, J.M.; BLACK, B.L. Influence of plant storage duration on strawberry runner tip viability and field performance. **HortScience**, v. 39, n. 7, p. 1596-1600, 2004.

HORTYNSKI, J.A. The problem of grey mold in strawberry breeding. In: DALE, A.; LUBY, J.J. (Eds.). **The Strawberry into the 21st Century**. Portland: Timber Press, 1991. v. 29, p. 54-58.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3a ed. São Paulo, IAL, 1985. 533p.

JOSEPH, J.A.; SHUKITT-HALE, B.; DENISOVA, N.A.; BIELINSKI, D.; MARTIN, A.; MCEWEN, J. J.; BICKFORD, P.C. Reversals of age-related declines in neuronal signal transduction, cognitive, and motor behavioral deficits with blueberry, spinach, or strawberry dietary supplementation. **The Journal of Neuroscience**, v. 19, n. 18, p. 8114–8121, 1999.

JURIK, J.W. Reproductive effort and CO₂ dynamics of wild strawberry populations. **Ecology**, v. 64, p. 1329-1342, 1983.

KADER, A.A. Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberry. In: DALE, A.; LUBY, J.J. (Eds.). **The Strawberry into the 21st Century**. Portland: Timber Press, 1991. v. 29, p. 145-152.

KHANIZADEH, S.; LAREAU, M.; BUSZARD, D.; BEAUREGARD, M. Resistance of selected strawberry genotypes to the twospotted spider mite. **Journal of Small Fruits & Viticulture**, v. 1, n. 3, p. 3-9, 1993.

KHANIZADEH, S.; EHSANI-MOGHADDAM, B.; TSAO, R.; DESJARDINS, Y.; GOSSELIN, A. Strategy for breeding fruits with higher content in bioactive compounds. **Acta Horticulturae**, n. 744, 2007.

KIRSCHBAUM, D.S. **Temperature and growth regulator effects on growth and development of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.)**. University of Florida. 1998. 144p. MSc. Thesis.

KRIS-ETHERTON, P.M.; HECKER, K.D.; BONANOME, A.; COVAL, S.M.; BINKOSKI, A.E.; HILPERT, K.F.; GRIEL, A.E.; ETHERTON, T.D. Bioactive compounds in foods: Their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. **The American Journal of Medicine**, v. 113, p. 71-88, 2002.

KAZUYOSHI, S.; MOCHIZUKI, T.; OKIMURA, M.; NOGUCHI, Y.; KITADANI, E. Inheritance of ascorbic acid content in strawberry fruits. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 72, n. 2, p. 141-147, 2003.

KUNIHISA, M.; FUKINO, N.; MATSUMOTO, S. CAPS markers improved by cluster-specific amplification for identification of octoploid strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivars, and their disomic inheritance. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 110, p. 1410–1418, 2005.

LACEY, C.N.D. Phenotypic correlations between vegetative characters and yield components in strawberry. **Euphytica**, v. 22, p. 546-554, 1973.

LAL, S.D.; SETH, J.N. Studies in combining ability in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.): I. Number of inflorescences, number of flowers, days to maturity and number of fruits. **Canadian Journal of Genetics and Cytology**, v. 23, p. 373-378, 1981.

LAL, S.D.; SETH, J.N. Studies in combining ability in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.): II. Fruit length, fruit diameter, fruit weight, ascorbic acid, total soluble solids and fruit yield. **Canadian Journal of Genetics and Cytology**, v. 24, p. 479-483, 1982.

LARSON, K. D.; PONCE, E. E. Containerized strawberry transplants as a replacement for methyl bromide soil fumigation in California strawberry nurseries. University of California. **Progress Report Z99_09.html**. Final Report, September 2002. Sustainable Agriculture Research and Education Program.

LE MIERE, P., HADLEY, P., DARBY, J.; N.H. BATTEY. The effect of temperature and photoperiod on the rate of flower initiation and the onset of dormancy in the strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Journal of Horticultural Science**, v. 71, p. 361-371, 1996.

LERCETEAU-KOHLER, E.; GUERIN, G.; LAIGRET, F.; DENOYES-ROTHAN, B. Characterization of mixed disomic and polysomic inheritance in the octoploid strawberry (*Fragaria x ananassa*) using AFLP mapping. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 107, p. 619-628, 2003.

LIMA, L.C.O. Qualidade, colheita e manuseio pós-colheita de frutos de morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 198, p. 80-83, 1999.

LIETEN, F. La fragola in Belgio-Olanda. In: **La Fragola verso il 2000. Convegno Nazionale**. Verona. Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura di Verona. p. 83-94. 1998.

LIETEN, F., LONGUESSERRE, J, BARUZZI, G, LOPEZ-MEDINA, J., NAVATEL,, J,C., KRUEGER, E., MATALA, V., PAROUSSI, G. Recent situation of strawberry substrate culture in Europe. ISHS **Acta Horticulturae**, n. 649: Euro Berry Symposium - Cost 836 Final Workshop. 2004.

LUBY, J.J.; HANCOCK, J.R.; CAMERON, J.C. Expansion of the strawberry germplasm base in North America. In: DALE, A.; LUBY, J.J. (Eds.). **The Strawberry into the 21st. Century**. Portland: Timber Press, 1991. v. 29, p. 66-75.

LUNDERGAN, C.A.; MOORE, J.N. Inheritance of ascorbic acid content and color intensity in fruits of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 100, p. 633-635, 1975.

MASNY, A.; MAĐRY, W.; ŻURAWICZ, A.E. Combining ability analysis of fruit yield and fruit quality in ever-bearing strawberry cultivars using an incomplete diallel cross design. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, v. 13, p. 5-17, 2005.

MASS, J.L.; WANG, S.Y.; GALLETTA, G.J. Evaluation of strawberry genotypes for ellagic acid, an antimutagenic and anticarcinogenic plant phenol. In: DALE, A.; LUBY, J.J. (Eds.). **The Strawberry into the 21st Century**. Portland: Timber Press, v. 29, p. 115-117, 1991.

MEDEIROS, A.R.M.; SANTOS, A.M. Sistema de produção do morango. Práticas culturais. **Sistemas de produção 5**. Pelotas. EMBRAPA CT. 2005. Disponível em: <http://www.cpact.embrapa/sistema/morango>. Acesso em: 10 de julho, 2006.

MEIER, U.; GRAF, H.; HACK, M.; HESS, M.; KENNEL, W.; KLOSE, R.; MAPPE, D.; SEIPP, D.; STAUSS, R.; STREIF, J.; VAN DEN BOOM, T. Phänologische Entwicklungsstadien des Kernobstes (*Malus domestica* Borkh. und *Pyrus communis* L.), des Steinobstes (Prunus-Arten), der Johannisbeere (Ribes-Arten) und der Erdbeere (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Nachrichtenbl. Deutschland Pflanzenschutz**, v. 46, p. 141-153, 1994.

MELVILLE, A.H.; DRAPER, A.D.; GALLETTA, G.J. Transmission of red stele resistance by inbred strawberry selections. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 105, p. 608-610, 1980.

MEYERS, K.J.; WATKINS, C.B.; PRITTS, M.P.; LIU, R.H. Antioxidant and antiproliferative activities in strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 6887-6892, 2003.

MOK, D.W.S.; EVANS, W.D. Chromosome associations at diakinesis in the cultivated strawberry. **Canadian Journal of Genetics and Cytology**, v. 13, p. 231-236, 1971.

MASS, J.L.; WANG, S.Y.; GALLETTA, G.J. Evaluation of strawberry genotypes for ellagic acid, an antimutagenic and anticarcinogenic plant phenol. In: DALE, A.; LUBY, J.J. (Eds.). **The Strawberry into the 21st Century**. Portland: Timber Press, 1991. v. 29, p. 115-117.

MONTERO, T.M.; MOLLÁ, E.M.; ESTEBAN, R.M.; LOPEZ-ANDRÉU, F.J. Quality attributes of strawberry during ripening. **Scientia Horticulturae**, v. 65, p. 239-250, 1996.

MUSACCHI, S.; MUSACCHI, D. Aggiornamenti della tecnica colturale della fragola nelle aree meridionali. In: **La Fragola verso il 2000. Convegno Nazionale**. Verona. Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura di Verona, p.167-177, 1998.

NEMEC, S.; BLAKE, R.C. Reaction of strawberry cultivars and their progenies to leaf scorch in southern Illinois. **HortScience**, v. 6, p. 479-480, 1971.

- NICOLL, M.F., GALLETTA, G. Variation in growth and flowering habits of junebearing and everbearing strawberries. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 112, p. 872–880, 1987.
- OLIVEIRA, R.P.; SCIVITTARO, W.B. Desempenho produtivo de mudas nacionais e importadas de morangueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 520-522, 2006.
- OLIVEIRA, R.P.; SCIVITTARO, W.B.; FERREIRA, L.V. Camino Real, nova cultivar de morangueiro recomendada para o Rio Grande do Sul. **Comunicado Técnico**. EMBRAPA CT. Pelotas. n. 161, 2007.
- OLIVEIRA, R.P.; BRAHM, R.; SCIVITTARO, W. Produção de mudas de morangueiro em casa de vegetação utilizando recipientes suspensos. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 107-109, 2007.
- OLSSON, M.E.; ANDERSSON, S.C.; BERGLUND, R.H.; GUSTAVSSON, K.E.; OREDSSON, S. Extracts from organically and conventionally cultivated strawberries inhibit cancer cell proliferation in vitro. **Acta Horticulturae**, n. 744, 2007.
- PASSOS, F.A; CAMARGO, L.S. Morango. In: FURLANI, A.M.C.; VIEGAS, G.P. **O melhoramento de plantas no Instituto Agrônomo**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1993. p. 411-432.
- PAULUS, A.O. Fungal diseases of strawberry. **HortScience**, v. 25, n. 8, p. 885-888, 1990.
- POTTER, D.; LUBY, J.J.; HARRISON, R.E. Phylogenetic relationships among species of *Fragaria* (Rosaceae) inferred from non-coding nuclear and chloroplast DNA sequences. **Systematics Botany**, v. 25, n. 2, p. 337-348, 2000.
- REICHART, G. Vegetative growth and flower and fruit development in *Fragaria x ananassa* cv. Senga Sengana under controlled conditions. **Horticultural Abstracts**, v. 44, p.1426, 1973.
- REICHERT, L.J. Comercialização. In: SANTOS, A.M.; MEDEIROS, A.R.M. (Eds.). **Morango. Produção**. Frutas do Brasil, 40. EMBRAPA CT. 2003. p. 75-78.
- REICHERT, L.J.; MADAIL, J.C.M. Aspectos Socioeconômicos. In: SANTOS, A.M.; MEDEIROS, A.R.M. (Eds.). **Morango. Produção**. Frutas do Brasil, 40. EMBRAPA CT. 2003. p. 12-15.

SALUCCI, M.; LAZARO, R.; MAIANI, G.; SIMONE, F.; PINEDA, D.; FERRO-LUZZI, A. The antioxidant capacity of selected foods and the potential synergisms among their main antioxidant constituents. In: KUMPULAINEN, J.T. & SALONEN, J.T. (Eds.). **Natural antioxidants and anticarcinogens in nutrition, health and disease**. The Royal Society of Chemistry: Cambridge, U.K. 1998. p. 283-290.

SHAW, D.V. Strawberry production systems, breeding and cultivars in California. In: **2º Simposio Nacional de Morango. 1º Encontro de Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul**. EMBRAPA CT. Pelotas. 2004. Documentos 124, p. 16-21, 2004.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SANTI, A.; TREVISAN, J.N.; MARTINS, G.A.K.; LOPES, S.J.; BELVEDI, E.L.; LASCH, R.E. Desempenho agrônômico de híbridos de morangueiro em Santa Maria, RS. In: JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA DA UFSM, 13., 1998. Santa Maria, RS. **Anais**....Santa Maria: pró-Reitoria de Pós-Graduação e pesquisa, 1998. p. 671.

SANTOS, A.M.; MEDEIROS, A.R.M. (eds). **Morango. Produção**. Frutas do Brasil, 40. EMBRAPA CT. 2003a. 81p.

SANTOS, A. M.; MEDEIROS, A.R.M. Produção de mudas comerciais de morango. In: SANTOS, A.M.; MEDEIROS, A.R.M. (Eds.). **Morango. Produção**. Frutas do Brasil, 40. EMBRAPA CT. 2003b. p. 35-38.

SASSER, J.N. Identification and host-parasite relationship of certain root-knot nematodes (*Meloydogine* spp.). University of Maryland. **Agricultural Experimental Station Bulletin**. A-77. 1954.

SCOTT, D.H.; LAWRENCE, F.J. Strawberries. In: JANICK, J.; MOORE, N.M. **Advances in fruit breeding**. Indiana: Purdue University Press, 1975. p. 71-92.

SERÇE, S.; HANCOCK, J.F. The temperature and photoperiod regulation of flowering and runnering in the strawberries, *Fragaria chiloensis*, *F. virginiana*, and *F. x ananassa*. **Scientia Horticulturae**, v. 103, p.167–177, 2005.

SHANKS, C.H.; BARRIT, B.H. *Fragaria chiloensis* clones resistant to the strawberry aphid. **HortScience**, v. 9, p. 202-203, 1974.

SHAW, D.V. Genotypic variation and genotypic correlations for sugars and organic acids of strawberries. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v. 113, n. 5, p. 770-774, 1988.

SHAW, D.V. Response to selection and associated changes in genetic variance for soluble solids and titratable acids contents in strawberries. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v. 115, n. 5, p. 839-843, 1990.

SHAW, D.V.; BRINGHURST, R.S.; VOTH, V. Quantitative genetic variation for resistance to leaf spot (*Ramularia tulasnei*) in California strawberries. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 113, n. 3, p. 451-456, 1988.

SIMPSON, D.W. The inheritance of mildew resistance in everbearing and day-neutral strawberry seedlings. **Journal of Horticultural Science**, v. 62, p. 839-843, 1990.

SJULIN, T.; DALE, A. Genetic diversity of North American strawberry cultivars. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 112, p. 375-386, 1987.

SMEETS, L. Effect of temperature and day length on flower initiation and runner formation in two everbearing strawberry cultivars. **Scientia Horticulturae**, v. 12, p. 19–26, 1980.

SMITH, B.J.; BLACK, L.L. Screening strawberry plants for resistance to *Colletotrichum fragariae*. **Phytopathology**, v. 75, p. 503, 1985.

SMITH, B.J.; BLACK, L.L. Morphological, cultural and pathogenic variation among *Colletotrichum* species isolated from strawberry. **Plant Disease**, v. 74, p. 69-76, 1990.

SONSTEBY, A. Short-day period and temperature interactions on growth and flowering of strawberry. **Acta Horticulturae**, n. 439, p. 609–616, 1997.

SPANGELO, L.P.S.; HSU, C.S.; FEJER, S.O.; BEDARD, P.R.; ROUSELLE, G.L. Heritability and genetic variance components for 20 fruit and plant characters in the cultivated strawberry. **Canadian Journal of Genetics and Cytology**, v. 13, p. 443-456, 1971.

STAUDT, G. Systematics and geographic distribution of the American strawberry species: taxonomic studies in the genus *Fragaria* (Rosaceae:Potentillae). **University of California. Publications in Botany**, v. 81. University of California Press. Ltd. London. 1999. 162 p.

STEINITE, I.; IEVINSH, G. Possible role of trichomes in resistance of strawberry cultivars against spider mite. **Acta Universitatis Latviensis**, v. 662, p. 59-65, 2003.

STRAND, L.L. Strawberry growth and development. In: Integrated pest management for strawberries. Flint, M.L. (ed). **Publication 3351**. University of California. Statewide IPM Project. 1994.

SUN, J.; CHU, Y-F.; WU, X.; LIU, R.H. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 7449-7454, 2002.

SZCZYGIEL, A. Trials on susceptibility of strawberry cultivars to the root lesion nematode, *Pratylenchus penetrans*. **Fruit Science Report**, v. 8, p. 115-119, 1981a.

SZCZYGIEL, A. Trials on susceptibility of strawberry cultivars to the needle nematode, *Longidorus elongatus*. **Fruit Science Report**, v. 8, p. 127-131, 1981b.

SZCZYGIEL, A.; DANEK, J. Trials of breeding strawberry, *Fragaria grandiflora*, cultivars resistant to the northern root-knot nematode, *Meloidogyne hapla*. **Fruit Science Report**, v. 11, n. 2, p. 79-85, 1984.

TAKEDA, F.; NEWELL, M. A method to increasing fall flowering in short-day Carmine strawberry. **HortScience**, v. 41, n. 2, p. 480-481, 2006.

TAKEDA, F.; HOKANSON S.C.; ENNS, J.M. Influence of daughter plant weight and position on strawberry transplant production and field performance in annual plasticulture. **HortScience**, v. 39, n. 7, p. 1592-1595, 2004.

TAKEDA, F.; HOKANSON S.C. Strawberry fruit and plug plant production in the greenhouse. **ISHS Acta Horticulturae**, n. 626, p. 283-285, 2003.

TESSARIOLI NETO, J.; ORTIGOZA, L.E.R.; VERDIA, M.F. Produção de mudas de cultivares de morangueiro em duas épocas de coleta. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, 2003.

TESTONI, A.; LOVATI, F. Considerazioni su alcuni aspetti qualitativi dei frutti di fragola. In: **La Fragola verso il 2000. Convegno Nazionale**. Verona. Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura di Verona. p. 263-277, 1998.

UKALSKA, J.; MADRY, W.; UKALSKI, K.; MASNY, A.; ŻURAWICZ, E. Patterns of variation and correlation among traits in a strawberry germplasm collection (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, v. 14, p. 5-22, 2006.

USDA. Nutrient Database for standard reference, v. 12, 1998.

VICENTE, E.; GIMENEZ, G.; MANZZIONI, A.; CABOT, M. Cultivar INIA Yvahé, el sabor original de la frutilla. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Uruguay. **Hoja de divulgación**, n. 89, 2004.

VICENTE, E.; MANZZIONI, A.; GIMENEZ, G.; VILARO, F. La variedad de frutilla INIA GUENOA. En el camino a la producción integrada bajo cultivo protegido. **Revista INIA Uruguay**, n. 10, p. 37-39, 2007.

VIRMOND, M. F. R.; RESENDE, J. T. V. Produtividade e teor de sólidos solúveis totais em frutos de morango sob diferentes ambientes de cultivo. **Revista Eletrônica Lato Sensu**, v. 1, n. 1, p. 62-69, 2006. Disponível em:

<http://www.unicentro.br/propesp/posGraduacao/revista.asp>

Acesso em: 25 set. 2006.

VOTH, V.; BRINGHURST, R.S. Culture and physiological manipulation of California strawberries. **HortScience**, v. 25, n. 8, p. 889-892, 1990.

WANG, S.Y.; ZHENG, W.; GALLETA, G.J. Cultural system affects fruit quality and antioxidant capacity of strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 6534-6542, 2002.

WANG, S.Y.; LIN, H.S. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 140-146, 2000.

WEEBADDE C. K. ; WANG, D.; FINN, C.E.; LEWERS, K.S.; LUBY, J.J.; BUSHAKRA, J.; SJULIN, T.M.; HANCOCK, J.F. Using a linkage mapping approach to identify QTL for day-neutrality in the octoploid strawberry. **Plant Breeding**, v. 127, n. 1, p. 94-101, 2008.

WILHELM, S. Verticillium wilt of the strawberry with special reference to resistance. **Phytopathology**, v. 45, p. 387-391, 1955.

WINTERBOTTOM, C.Q.; GUBLER, W.D.; BRINGHURST, R.S. Comparative resistance of some strawberry cultivars and selections to one isolate of *Colletotrichum acutatum*. In: Strawberry diseases and breeding for varietal resistance. **International Workshop**. Societe Française de Phytopathologie. Bordeaux, France. (Abstract). p. 21, 1991.

YANAGI, T.; ODA, Y. Effects and interactions of pre-chilling history and day-length on successive floral formation in everbearing and non-everbearing strawberry cultivars. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 58, p. 635-640, 1989.