

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL – MPV

JOÃO PAULO GENEROSO SILVEIRA

CRESCIMENTO VEGETATIVO, POTENCIAL PRODUTIVO E
QUALIDADE DOS FRUTOS DE MACIEIRAS TRATADAS COM
REGULADORES DE CRESCIMENTO

LAGES – SC

2011

JOÃO PAULO GENEROSO SILVEIRA

**CRESCIMENTO VEGETATIVO, POTENCIAL PRODUTIVO E
QUALIDADE DOS FRUTOS DE MACIEIRAS TRATADAS COM
REGULADORES DE CRESCIMENTO**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências
Agroveterinárias da Universidade do Estado de
Santa Catarina, como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em Produção
Vegetal.

Orientador: Prof. Ph.D. Cassandro Vidal
Talamini do Amarante

Co-orientadores: Prof. Dr. Cristiano André
Steffens

Prof. Ph.D. Paulo Roberto Ernani

LAGES – SC

2011

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região
(Biblioteca Setorial do CAV/UDESC)

Silveira, João Paulo Generoso
Crescimento vegetativo, potencial produtivo e qualidade dos frutos de
macieiras tratadas com reguladores de crescimento / João Paulo
Generoso Silveira; orientador: Cassandro Vidal Talamini do Amarante.
– Lages, 2011.
48f.

Inclui referências.

Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências Agroveterinárias /
UDESC.

1. *Malus domestica* Borkh.
 2. Prohexadiona-cálcio.
 3. Anti-giberelina.
 4. Fruto.
 5. Pós-colheita.
 6. Composição mineral.
 7. Distúrbio fisiológico.
 8. Firmeza de polpa.
 9. Frutificação.
- I. Título.

CDD – 634.11

JOÃO PAULO GENEROSO SILVEIRA

**CRESCIMENTO VEGETATIVO, POTENCIAL PRODUTIVO E
QUALIDADE DOS FRUTOS DE MACIEIRAS TRATADAS COM
REGULADORES DE CRESCIMENTO**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal do Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina

Aprovado em: 22/07/2011

Pela Banca Examinadora:

Homologada em:

Por:

Ph.D. Cassandro Vidal Talamini do

Amarante

Orientador - CAV/UDESC

Dr. Léo Rufatto

Coordenador Técnico do Programa de

Pós-graduação em Produção Vegetal e

Coordenador do Programa de Pós-

Graduação em Ciências Agrárias

Ph.D. Paulo Roberto Ernani

Co-Orientador - CAV/UDESC

Dr. Cleimon Eduardo do Amaral Dias

Diretor Geral do Centro de Ciências

Agroveterinárias

Ph.D. Gabriel Berenhauser Leite

EPAGRI – Caçador / SC

Lages-SC, julho de 2011

AGRADECIMENTOS

Os meus agradecimentos são para todas as pessoas que sempre acreditaram e colaboraram para minha formação, mas em especial não poderia deixar de agradecer e de mencionar alguns nomes.

Primeiramente a Deus, por me iluminar nos momentos mais difíceis da minha caminhada, mostrando sempre um novo caminho, uma nova solução. Muito obrigado Deus pela vida e por todas as pessoas especiais que colocastes em minha vida.

Aos meus pais, João Pedro Silveira e Marília Generoso Silveira, por todo amor, disciplina, apoio e incentivo em todos os dias da minha vida, sempre me dando forças e impulsionando na busca e realização dos meus sonhos. Obrigado por acreditarem em mim. Eu amo vocês.

À minha irmã, Juscila Generoso Silveira, que muito me orgulha por seu caráter, sua dedicação, carinho, empenho e, principalmente, por sempre estar ao meu lado e me amar. Obrigado por tudo. Eu te amo.

À minha namorada, Bruna Casagrande Cechella, por sua compreensão, paciência e amor, e por ser essa pessoa que eu tanto admiro. Eu te amo.

Ao meu orientador, Cassandro Vidal Talamini do Amarante, por ser grande amigo e uma pessoa muito atenciosa, dedicada e que sempre me ajudou nesta caminhada. Também gostaria de lembrar todos os professores do Centro de Ciências Agroveterinárias, em especial aos professores Cristiano André Steffens e Paulo Roberto Ernani.

À toda equipe do Laboratório de Fisiologia e Pós-Colheita, pelo auxílio na execução do projeto e pelos ensinamentos compartilhados durante esse período.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma fizeram parte da minha vida acadêmica, ajudando para a minha formação pessoal e profissional.

RESUMO

SILVEIRA, João Paulo Generoso. **Crescimento vegetativo, potencial produtivo e qualidade dos frutos de macieiras tratadas com reguladores de crescimento**. 2011. 48 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal – Área: Biologia e Tecnologia Pós-Colheita) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2011.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo avaliar os efeitos da pulverização de macieiras com um inibidor da síntese de giberelinas, o prohexadiona-cálcio (ProCa), e com giberelina (GA_3), no crescimento vegetativo e potencial produtivo das plantas, e na qualidade e ocorrência de “bitter pit” nos frutos. O experimento foi conduzido em um pomar localizado no município de São Joaquim, SC, na safra 2009/2010. Macieiras 'Catarina' e 'Fuji' foram pulverizadas com água (tratamento controle), ProCa e GA_3 (ambos os produtos na dose de 319 mg L^{-1}), na queda das pétalas (15/10/2009), quando as brotações do ano estavam com 5-10 cm de comprimento, sendo repetidas após 20 dias. Foram feitas avaliações foliares (teor de clorofila, área, matéria seca e área específica), em janeiro/2010, e de comprimento dos ramos do ano e de peso dos ramos podados, em maio/2010. A contagem dos cachos florais e do números de frutos por cacho floral ocorreram em outubro/2009 e novembro/2010, respectivamente. A colheita foi realizada na maturação comercial, ocasião em que foram feitas análises nos frutos do índice de cor vermelha, cor da epiderme, densidade, peso, atributos de textura (força para a penetração da casca e força para a penetração da polpa), firmeza de polpa, acidez titulável, sólidos solúveis totais (SS) e índice de iodo-amido. Os frutos foram armazenadas em câmara fria convencional ($0 \pm 0,5^\circ\text{C}/90\text{-}95\% \text{ UR}$), durante quatro meses, seguido de sete dias de comercialização simulada ($20 \pm 4^\circ\text{C}/60\text{-}70\% \text{ UR}$), e após submetido as mesmas avaliações feitas na colheita, bem como de incidência (%) e índice de “bitter pit”. O tratamento com ProCa aumentou o teor de clorofila e reduziu a área foliar específica em macieiras ‘Fuji’, reduziu a área foliar em ‘Catarina’, reduziu o comprimento dos ramos do ano nas duas cultivares e o peso dos ramos podados em ‘Catarina’. No ano subsequente ao da aplicação dos tratamentos, macieiras pulverizadas com o ProCa, de ambas as cultivares, apresentaram menor frutificação. O tratamento com ProCa proporcionou maior

coloração vermelha em maçãs ‘Catarina’. No momento da colheita, maçãs ‘Fuji’ e ‘Catarina’ provenientes de plantas pulverizadas com ProCa apresentaram maior força para a penetração da polpa no lado mais vermelho dos frutos. Após o armazenamento, maçãs ‘Fuji’ de plantas pulverizadas com GA₃ apresentaram menor firmeza de polpa e maçãs ‘Catarina’ de plantas pulverizadas com ProCa apresentaram maior firmeza de polpa. O teor de Ca nos frutos não diferiu entre os tratamentos ProCa e GA₃ e entre ProCa e controle, em ambas as cultivares. Maçãs ‘Fuji’ apresentaram menor relação N/Ca no tecido da casca quando pulverizadas com ProCa. O tratamento com ProCa proporcionou aumento na firmeza no lado mais vermelho do fruto e reduziu o índice de “bitter pit” durante o armazenamento refrigerado em ambas as cultivares. A utilização do ProCa na cultura da macieira pode ser uma nova alternativa para o controle do crescimento vegetativo e da manifestação do “bitter pit” nos frutos. O GA₃, pulverizado em pós-floração, em macieiras aumenta o crescimento vegetativo e pode ocasionar algumas modificações nos atributos de qualidade nos frutos, indicando um avanço na maturação, e na manifestação do “bitter pit”.

Palavras-chave: *Malus domestica* Borkh, prohexadiona-cálcio, anti-giberelina, fruto, pós-colheita, composição mineral, distúrbio fisiológico, firmeza de polpa, frutificação.

ABSTRACT

SILVEIRA, João Paulo Generoso. **Vegetative growth, yield potential and fruit quality of apple trees sprayed with plant growth regulators**. 2011. 48 f. Dissertation (Masters in Plant Science – Area: Postharvest Biology and Technology) – Santa Catarina State University. Graduation Program in Plant Science, Lages, 2011.

The aim of this study was to evaluate effects of spraying apple trees with prohexadione-calcium (ProCa) (an inhibitor of gibberellins synthesis) and gibberellin (GA_3) on vegetative growth, yield potential, fruit quality, and occurrence of bitter pit in the fruit. The experiment was conducted in an orchard located in São Joaquim, Santa Catarina State (Southern Brazil), in 2009/2010. 'Catarina' and 'Fuji' apple trees were sprayed with water (control), ProCa and GA_3 (both products at the dose of 319 mg L^{-1}), at the petal fall stage (October 15, 2009), when shoots were 5-10 cm long, with treatments repeated after 20 days. Leaves were assessed (in terms of chlorophyll content, area, dry matter and specific area) in January/2010, and length of current season shoots and weight of shoots removed by winter pruning were assessed in May/2010. The number of flower buds and of fruit per flower bud were assessed in October/2009 and November/2010, respectively. Fruit were harvested at commercial maturity and then assessed for percentage of red skin area, skin color, density, weight, skin and pulp textures, flesh firmness, titratable acidity (TA), solids soluble content (SSC) and starch index. Fruit were cold stored ($0 \pm 0.5^\circ\text{C}/90\text{-}95\% \text{ RH}$) for four months, followed seven days for simulated marketing ($20 \pm 4^\circ\text{C}/60\text{-}70\% \text{ RH}$), and then subjected the same evaluations carried out at harvest, as well as for incidence (%) and index of bitter pit. Trees treated with ProCa had higher leaf chlorophyll content and lower specific leaf area in 'Fuji', lower leaf area in 'Catarina', lower shoot growth in both cultivars, and lower weight of shoots removed by winter pruning in 'Catarina'. In the year following the treatment of the trees, both cultivars sprayed with ProCa had lower fruit set. The ProCa increased the red color in 'Catarina' apples. At harvest, the force for pulp penetration in the red side of the fruit was increased in apple trees of both cultivars sprayed with ProCa. After cold stored, 'Fuji' apples of trees sprayed with GA_3 had lower flesh firmness, while 'Catarina' apples of trees sprayed with ProCa had higher flesh firmness. Fruit Ca content was not different between ProCa and GA_3 and between ProCa and the control in both cultivars. 'Fuji' apples from trees treated with ProCa had lower N/Ca ratio in the skin tissue. The treatment with ProCa increased the flesh

firmness in the reddish fruit side and reduced the index of bitter pit during cold storage in both cultivars. The use of ProCa in apples orchards might represent a new technology to reduce trees vegetative growth and the occurrence of bitter pit in the fruit. The GA₃ sprayed after full bloom increases trees vegetative growth and might cause some changes in fruit quality attributes, leading to advanced maturity, as well as increases the development of bitter pit.

Key-words: *Malus domestica* Borkh, prohexadione-calcium, anti-gibberellin, fruit, postharvest, mineral composition, physiological disorder, flesh firmness, fruit set.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Comprimento dos ramos do ano e peso dos ramos podados (valores médios \pm erro padrão), em macieiras ‘Catarina’ e ‘Fuji’ submetidas aos tratamentos controle, com prohexadiona-cálcio (ProCa) e giberelina (GA_3)..... 25
- Figura 2 - Incidência e índice de “bitter pit” nos frutos (valores médios \pm erro padrão) após o período de armazenamento, em macieiras ‘Catarina’ e ‘Fuji’ submetidas aos tratamentos controle, com prohexadiona-cálcio (ProCa) e giberelina (GA_3)..... 27

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Teor de clorofila, área foliar e área foliar específica, em macieiras ‘Catarina’ e ‘Fuji’ submetidas aos tratamentos controle, prohexadiona-cálcio (ProCa) e giberelina (GA₃)..... 26
- Tabela 2 - Atributos minerais nos tecidos de casca e polpa, em maçãs ‘Fuji’ e ‘Catarina’ colhidas de plantas submetidas aos tratamentos controle, prohexadiona-cálcio (ProCa) e giberelina (GA₃)..... 28
- Tabela 3 - Floração e frutificação nos anos de 2009 e 2010, em macieiras ‘Fuji’ e ‘Catarina’ submetidas aos tratamentos controle, prohexadiona-cálcio (ProCa) e giberelina (GA₃)..... 35
- Tabela 4 - Índice de cor vermelha (ICV) e atributos de cor (*L*, *C* e *h^o*) da epiderme em maçãs ‘Fuji’ e ‘Catarina’ colhidas de plantas submetidas aos tratamentos controle, prohexadiona-cálcio (ProCa) e giberelina (GA₃)..... 37
- Tabela 5 - Índice de iodo-amido, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), firmeza de polpa e atributos de textura (força para a penetração da casca e força para a penetração da polpa), no momento da colheita, em maçãs ‘Fuji’ e ‘Catarina’ provenientes de plantas submetidas aos tratamentos controle, prohexadiona-cálcio (ProCa) e giberelina (GA₃)..... 38
- Tabela 6 - Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), firmeza de polpa e atributos de textura (força para a penetração da casca e força para a penetração da polpa), após o período de armazenamento, em maçãs ‘Fuji’ e ‘Catarina’ provenientes de plantas submetidas aos tratamentos controle, prohexadiona-cálcio (ProCa) e giberelina (GA₃)..... 39

LISTA DE ABREVIACOES

°Brix	graus Brix
°C	graus Celsius
AT	acidez titulável
<i>C</i>	<i>chroma</i>
Ca	cálcio
CAX	proteína de transporte do tipo antiporte $\text{Ca}^{2+}/\text{H}^{+}$
Cm	centímetro
cm^2	centímetro quadrado
G	grama
GAs	giberelinas
ha	hectare
h°	ângulo <i>hue</i>
i.a.	ingrediente ativo
ICV	índice cor vermelha
K	potássio

Kg	quilograma
<i>L</i>	<i>lighthness</i>
L	litro
M	metro
Meq	miliequivalente
Mg	magnésio
mL	mililitro
Mg	miligrama
Mm	milímetro
n°	número
N	Newton (unidade de firmeza de polpa)
N ₂	nitrogênio
NaOH	hidróxido de sódio
p	probabilidade
pH	potencial de hidrogênio

ProCa	prohexadiona-cálcio
SS	sólidos solúveis
SC	Santa Catarina
UR	umidade relativa do ar

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
1 A INIBIÇÃO NA SÍNTESE DE GIBERELINA REDUZ O CRESCIMENTO VEGETATIVO EM MACIEIRAS E PROPORCIONA CONTROLE DE “BITTER PIT” NOS FRUTOS	19
1.1 RESUMO.....	19
1.2 ABSTRACT.....	20
1.3 INTRODUÇÃO.....	20
1.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
1.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
1.6 CONCLUSÕES.....	29
2 POTENCIAL PRODUTIVO E QUALIDADE DE FRUTOS EM MACIEIRAS PULVERIZADAS COM INIBIDOR DA SÍNTESE DE GIBERELINAS	30
2.1 RESUMO.....	30
2.2 ABSTRACT.....	31
2.3 INTRODUÇÃO.....	31
2.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
2.6 CONCLUSÕES.....	40
3 CONCLUSÕES GERAIS	41

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

INTRODUÇÃO

A região Sul do Brasil apresenta condições climáticas favoráveis a cultura da macieira [*Malus domestica* (Borkhausen, 1803)], principalmente pelas baixas temperaturas no inverno, o que possibilita melhor adaptação das culturas e qualidade dos frutos.

No Brasil, 99,6% da produção de maçãs está concentrado na região Sul, enquanto as demais regiões respondem por apenas 0,4% da produção total (IBGE, 2009). Dos estados que compõem esta região, Santa Catarina responde por 50% da produção nacional, seguido do Rio Grande do Sul, com 46%, e do Paraná, com 2,6% (IBGE, 2009).

Apesar da grande importância econômica para a região Sul, a cultura da macieira ainda encontra grandes problemas relacionados às perdas pós-colheita, geralmente, ocasionados por patógenos (doenças), mudanças morfológicas, condições de armazenamento inadequadas, senescência, respiração, danos físicos e distúrbios fisiológicos.

O “bitter pit” é um dos principais distúrbios fisiológicos, que pode ocasionar perdas pós-colheita de até 30% dos frutos, quando provenientes de pomares com elevado risco e em safras agrícolas que propiciam a sua ocorrência (Basso, 2002). O “bitter pit” caracteriza-se inicialmente como uma discreta mancha na polpa, de coloração escura, que se torna desidratada com o tempo, ocasionando pequenas depressões na epiderme do fruto (Ferguson & Watkins, 1989).

O baixo conteúdo de Ca nos frutos favorece à ocorrência de “bitter pit” em maçãs (Pavicic et al., 2004; Saure, 2005; Amarante et al., 2005; Amarante et al. 2009). Além da deficiência de Ca, o desenvolvimento de “bitter pit” está relacionado com elevados conteúdos de outros nutrientes nos frutos, principalmente Mg, K e N (Nachtigall e Freire, 1998; Amarante et al., 2006a e 2006b; Amarante et al. 2009).

O Ca desempenha um importante papel na membrana plasmática e parede celular das células dos frutos (Poovaiah, 1988). Na membrana plasmática, o Ca se liga a fosfolípidios e proteínas, com isso preserva a integridade, reduz a senescência e favorece os processos de reestruturação da membrana (Picchioni et al., 1998; Freitas et al., 2010). Na parede celular, o Ca também desempenha o papel de manutenção da integridade, ao formar ligações com grupos carboxílicos de poligalaturonatos, presentes principalmente na lamela média e parede celular primária (Freitas et al., 2010). Desta forma, o conteúdo total de Ca nos tecidos do fruto está relacionado com o risco de manifestação do distúrbio fisiológico. Entretanto, a ocorrência de “bitter pit” nem sempre está relacionada ao conteúdo total de Ca encontrado nos tecidos dos frutos (Freitas et al., 2010). A homeostase anormal do Ca a nível celular, onde o

esgotamento do Ca livre no apoplasto afeta à estrutura e função da membrana plasmática, possivelmente está envolvida no desenvolvimento deste distúrbio fisiológico (Freitas et al., 2010). Isto ocorrer através do transporte deste mineral para o vacúolo, ficando complexados com fenóis, oxalatos e fosfatos (White & Broadley, 2003), desta forma, não estando disponível para a preservação da integridade da membrana plasmática.

Macieiras pulverizadas com o ProCa apresentam redução no crescimento vegetativo (Costa et al., 2004; Basak 2004). O crescimento vegetativo excessivo possibilita o aumento na competição do Ca disponível entre frutos e ramos (folhas e brotos) (Bangerth, 1976; Terblanche et al., 1980). Portanto, a pulverização de macieiras com o ProCa pode aumentar o teor de Ca total nos frutos e reduzir a manifestação do “bitter pit”. Além disso, o menor crescimento vegetativo em macieiras tratadas com o ProCa também favorece a menor competição entre ramos e frutos pelos fotoassimilados disponíveis, podendo resultar em uma melhor qualidade dos frutos (Zhang & Whiting 2011). Em maçãs, além de diminuir o crescimento vegetativo, o ProCa também proporcionou aumento na intensidade e porcentagem de cor vermelha nos frutos (Medjdoub, 2003). O incremento na firmeza dos frutos também foi observado em macieiras tratadas com ProCa (Yoder et al., 1999). Em tomateiros, o tratamento com ProCa reduziu a altura das plantas e aumentou o teor de SS e a firmeza de polpa nos frutos (Ramirez et al., 2005). Porém, a utilização de doses altas deste produto pode reduzir o peso dos frutos, além de comprometer a floração do ciclo seguinte (Greene, 2008).

O “bitter pit” pode estar relacionado com um aumento dos níveis de giberelinas (GAs) na planta (Saure, 2005). Altos níveis endógenos desse hormônio promovem o crescimento vegetativo das plantas, o que pode aumentar a incidência de “bitter pit”, como resultado da competição do Ca disponível entre frutos e ramos (folhas e brotos). Além disso, a giberelina também promove o aumento no calibre dos frutos em macieiras. O excessivo crescimento dos frutos pode também comprometer a funcionalidade do xilema nos frutos, reduzindo assim o teor de Ca nos mesmos, e aumentando a ocorrência de “bitter pit” (Saure, 2005).

A pulverização de giberelina (GA_3) em pós-floração pode ser uma alternativa para aumentar a frutificação em macieiras. Apesar desse benefício, existe pouca informação do efeito do GA_3 , aplicado em pós-floração, sobre a qualidade pós-colheita dos frutos. Entretanto, em pré colheita o GA_3 pode preservar a qualidade pós-colheita de frutos (Amarante et al., 2005; Steffens et al., 2009). Em pêssegos, o tratamento pré-colheita com GA_3 ocasionou retardo substancial na maturação de frutos, com maior retenção de cor de fundo da casca (cor verde), redução na cor vermelha da casca, melhor firmeza de polpa,

redução no teor de sólidos solúveis (SS) e manutenção da acidez titulável (AT) (Amarante et al., 2005). Em ameixa houve manutenção da textura e retardo na evolução da coloração vermelha na epiderme dos frutos, quando submetidos ao tratamento pré-colheita de GA₃ (Steffens et al., 2009). Porém, apesar dos benefícios da pulverização do GA₃ em pré-colheita, quando aplicado em pós-floração, o GA₃, pode inibir a indução floral (Davis, 2002), e com isso comprometer a produtividade dos pomares.

Este trabalho teve como objetivos avaliar os efeitos da pulverização de macieiras ‘Fuji’ e ‘Catarina’ com um inibidor da síntese de giberelinas, o prohexadiona-cálcio (ProCa), e com giberelina (GA₃), no crescimento vegetativo e produção das plantas, e na qualidade e ocorrência de “bitter pit” nos frutos.

1 A INIBIÇÃO NA SÍNTESE DE GIBERELINA REDUZ O CRESCIMENTO VEGETATIVO EM MACIEIRAS E PROPORCIONA CONTROLE DE “BITTER PIT” NOS FRUTOS

1.1 RESUMO

O “bitter pit” é um distúrbio fisiológico ocasionado pela deficiência de cálcio (Ca) em maçãs. No entanto, trabalhos recentes mostram que o “bitter pit” pode estar relacionado com aumento na atividade de giberelinas nas plantas. Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da pulverização de macieiras com um inibidor da síntese de giberelinas, o prohexadiona-cálcio (ProCa), e com giberelina GA₃, no crescimento vegetativo das plantas e na ocorrência de “bitter pit”. O experimento foi conduzido em um pomar localizado no município de São Joaquim, SC, na safra 2009/2010. Esta área experimental não recebeu pulverizações com cloreto de cálcio (CaCl₂). Macieiras 'Catarina' e 'Fuji' foram pulverizadas com água (tratamento controle), ProCa e GA₃ (ambos os produtos na dose de 319 mg L⁻¹), na queda das pétalas (15/10/2009), quando as brotações do ano estavam com 5-10 cm de comprimento, sendo repetidas após 20 dias. Foram feitas avaliações foliares (teor de clorofila, área, matéria seca e área específica), em janeiro/2010, e de comprimento dos ramos do ano e de peso dos ramos podados, em maio/2010. Os frutos foram colhidos na maturação comercial, armazenados em câmara fria convencional por quatro meses (0±0,5 °C/90-95% UR), e então avaliados quanto à incidência (%) e índice de “bitter pit” após cinco dias de vida de prateleira. O tratamento com ProCa reduziu o comprimento dos ramos do ano nas duas cultivares e o peso dos ramos podados em ‘Catarina’. O teor de Ca nos frutos não diferiu entre os tratamentos ProCa e GA₃ e entre ProCa e controle, em ambas as cultivares. Maçãs ‘Fuji’ apresentaram menor relação N/Ca no tecido da casca quando pulverizadas com ProCa. O tratamento com ProCa reduziu o índice de “bitter pit” durante o armazenamento refrigerado em ambas as cultivares. A utilização do ProCa e do GA₃ pode favorecer a redução e o aumento, respectivamente, no crescimento vegetativo das plantas e na manifestação do “bitter pit” nos frutos de macieira.

Termos de indexação: *Malus domestica* Borkh, prohexadiona-cálcio, anti-giberelina, fruto, composição mineral, pós-colheita, distúrbio fisiológico.

1.2 ABSTRACT

Bitter pit is a physiological disorder caused by calcium (Ca) deficiency in apples. However, recent publications have shown that bitter pit can be caused by an increase of gibberellins activity in the plant. This research has carried out to assess the effects of orchard spraying with prohexadione-calcium (ProCa) (an inhibitor of gibberellins synthesis) and gibberellin GA₃ on vegetative growth of the trees and occurrence of bitter pit in the fruit. The experiment was conducted in an orchard located in São Joaquim, Santa Catarina State (Southern Brazil), in 2009/2010. 'Catarina' and 'Fuji' apple trees were sprayed with water (control), ProCa and GA₃ (both products at the dose of 319 mg L⁻¹), at the petal fall stage (October 15, 2009), when shoots were 5-10 cm long, with treatments repeated after 20 days. The trees were evaluated in terms of chlorophyll content, area, dry mater and specific area of the leaves (in January/2010), and length of current season shoots and weight of shoots removed by winter pruning (in May/2010). Fruit were harvest at commercial maturity, cold stored (0±0.5°C/90-95% RH) for four months, and then assessed for incidence (%) and index of bitter pit after five days of shelf life. Trees treated with ProCa had higher leaf chlorophyll content and lower specific leaf area in 'Fuji', lower leaf area in 'Catarina', lower shoot growth in both cultivars, and lower weight of shoots removed by winter pruning in 'Catarina'. Fruit Ca content was not affected by treatments in both cultivars. 'Fuji' apple trees treated with ProCa had lower N/Ca ratio in the skin tissue of the fruit. The treatment with ProCa reduced the index of bitter pit during cold storage in both cultivars.

Index terms: *Malus domestica* Borkh, prohexadione-calcium, anti-gibberellin, fruit, mineral composition, postharvest, physiological disorder

1.3 INTRODUÇÃO

A cultura da macieira é de grande importância econômica para a região Sul do Brasil. No entanto, os produtores de maçã se deparam com diversos problemas, principalmente relacionadas às perdas pós-colheita ocasionadas por distúrbios fisiológicos. O “bitter pit” é um dos principais distúrbios, que pode ocasionar perdas pós-colheita de até 30% dos frutos, quando provenientes de pomares com elevado risco e em safras agrícolas que propiciam a sua ocorrência (Basso, 2002). O “bitter pit” caracteriza-se inicialmente como uma discreta

mancha na polpa, de coloração escura, que se torna desidratada com o tempo, ocasionando pequenas depressões na epiderme do fruto (Ferguson & Watkins, 1989).

O baixo conteúdo de Ca nos frutos favorece a ocorrência de “bitter pit” em maçãs (Pavicic et al., 2004; Saure, 2005; Amarante et al., 2005 e 2009). Além da deficiência de Ca, o desenvolvimento de “bitter pit” está relacionado com elevados conteúdos de outros nutrientes nos frutos, principalmente Mg, K e N (Amarante et al., 2006a, 2006b e 2009). Apesar de diversos anos de pesquisa em busca de medidas de controle, atualmente, a pulverização do pomar com cloreto de cálcio (CaCl_2 ; 0,4-0,6%) é o método mais utilizado para aumentar o teor de Ca no fruto e prevenir a sua ocorrência. No entanto, em trabalho realizado com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes números de pulverizações de CaCl_2 na cultura da macieira, não houve incidência de “bitter pit” e/ou aumento no teor de Ca nas folhas e frutos (Ernani et al., 2008). Desta forma, se faz necessário o estudo de outras medidas, visando aumentar os teores de Ca e reduzir a incidência de “bitter pit” em maçãs.

A pulverização de macieiras com giberelinas (GAs) tem sido utilizada para promover o crescimento dos frutos (Looney et al., 1992). Todavia, o excessivo crescimento dos frutos pode comprometer a funcionalidade do xilema e/ou diluir o Ca existente na polpa do fruto, com isso reduzindo o teor de Ca e aumentando as chances de ocorrência de “bitter pit” em maçãs (Miqueloto, 2011). Além disso, GAs ativas aumentam o crescimento vegetativo, ocasionando maior competição, das folhas com os frutos, pelo Ca (Bangerth, 1976), podendo assim reduzir os teores de Ca nos frutos e aumentar a suscetibilidade ao “bitter pit”.

O composto prohexadiona-cálcio (ProCa) é um inibidor da biossíntese da GAs, impedindo oxidação da GA_{19} a GA_{20} ou GA_{20} a GA_1 , ou seja, não permite a conversão das GAs nas formas inativas a ativas, reduzindo assim o crescimento vegetativo (Davies, 2004). Portanto, o ProCa representa uma alternativa para reduzir o crescimento vegetativo em macieiras, diminuindo assim a competição entre folhas e frutos pelo Ca, o que pode reduzir a ocorrência de “bitter pit” nos frutos.

Estudos recentes mostraram que o desenvolvimento do “bitter pit” nem sempre está relacionado ao conteúdo total de Ca encontrado no fruto. A homeostase anormal do Ca a nível celular, onde o esgotamento do Ca livre no apoplasto afeta a estrutura e função da membrana plasmática, possivelmente estão envolvidas no desenvolvimento deste distúrbio fisiológico (Freitas et al., 2010). O esgotamento do Ca livre no apoplasto pode ocorrer através do transporte deste mineral para o vacúolo, ficando complexados com fenóis, oxalatos e fosfatos (White & Broadley, 2003), desta forma, não estando disponível para a preservação da integridade da membrana plasmática. O movimento do Ca para o vacúolo ocorre pela

atividade da bomba Ca-ATPase, utilizando ATP como fonte de energia, e da proteína de transporte do tipo antiporte $\text{Ca}^{2+}/\text{H}^+$ (CAX), a qual utiliza o gradiente eletroquímico como fonte de energia para bombear o Ca para o interior desta organela (Freitas et al., 2010). Além disto, também existem outras bombas de prótons, H^+ /pirofosfatase e ATPase vacuolar, que são responsáveis por gerar um gradiente eletroquímico no tonoplasto (Taiz & Zeiger, 2006), com isso ativando as proteínas CAX e atuando de forma indireta no movimento do Ca para o interior do vacúolo. Portanto, a atividade destes transportadores é de grande importância para a homeostase do Ca a nível celular e a manifestação do “bitter pit”. Tem sido demonstrado também que o aumento nos níveis de giberelinas (GAs) pode estar relacionado com o desenvolvimento de distúrbios fisiológicos relacionados com a deficiência de Ca nos frutos (Saure, 2005). Segundo Freitas & Mitcham (2010), a expressão dos genes da Ca-ATPase em frutos de tomate aumenta pela atividade do hormônio GA_3 , com isso, podendo reduzir o nível de Ca apoplástico e aumentar a ocorrência de distúrbios fisiológicos ocasionados pela deficiência de Ca.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos da pulverização de macieiras com um inibidor da síntese de giberelinas, o prohexadiona-cálcio (ProCa), e com giberelina GA_3 , no crescimento vegetativo das plantas e na ocorrência de “bitter pit” em maçãs.

1.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em pomar da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. (Epagri), na Estação Experimental de São Joaquim, SC (latitude $28^\circ 16' 40,02''$ S, longitude $49^\circ 56' 09,10''$ W e altitude de 1.400 m), na safra 2009/2010. Foram utilizadas macieiras ‘Catarina’, com 14 anos de idade, sobre porta-enxerto ‘Marubakaido’, conduzidas com líder central e com espaçamento de 2 m entre plantas e 6,5 m entre filas. Também foram utilizadas macieiras ‘Fuji’, com 13 anos de idade, sobre porta-enxerto ‘Marubakaido’, com filtro M9, conduzidas com líder central com espaçamento de 1,5 m entre plantas e 4,5 m entre filas. Está área experimental não recebeu pulverizações com cloreto de cálcio (CaCl_2).

As macieiras ‘Catarina’ e ‘Fuji’ foram pulverizadas com água (tratamento controle), prohexadiona-cálcio [ProCa; 319 mg (i.a.) L^{-1}] e giberelina [GA_3 ; 319 mg (i.a.) L^{-1}]. As aplicações iniciaram na queda das pétalas (15/10/2009), quando as brotações do ano estavam com 5-10 cm de comprimento, sendo repetidas após 20 dias. Foi utilizado um volume de

calda de 1000 L ha⁻¹, procurando atingir o completo molhamento foliar de toda a planta. Em ambas as cultivares, foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao caso, com cinco repetições, sendo cada repetição constituída de uma planta.

No mês de janeiro foram coletadas folhas (20 folhas/repetição), no terço médio dos ramos do ano, para as avaliações de teor de clorofila total, área foliar (cm²), matéria seca (g,) e área foliar específica (cm² g⁻¹), segundo metodologia descrita por Amarante et al. (2011).

Na maturação comercial, foi realizada a colheita dos frutos, os quais foram separados em amostras contendo 25 e 75 frutos por repetição para as maçãs ‘Catarina’ e ‘Fuji’, respectivamente. Estes frutos foram armazenados em câmara fria convencional (0±0,5 °C/90-95% UR), durante quatro meses, seguido de cinco dias de comercialização simulada (20±4 °C/60-70% UR), e avaliados quanto a incidência e índice de “bitter pit”. O índice de “bitter pit” foi determinado utilizando uma escala de 6 níveis de danos visuais na casca: nenhuma mancha (0), uma mancha (1), duas manchas (2), três manchas (3), quatro manchas (4), cinco manchas (5) e mais que cinco manchas (6) de “bitter pit”. Para o cálculo do índice foi utilizado a seguinte fórmula, decrita por Pesis et al. (2009):

$$\text{Índice de "bitter pit"} = \sum_{0}^{6} \frac{(\text{nível do índice}) \times (\text{n}^{\circ} \text{ frutos a este nível})}{(\text{n}^{\circ} \text{ total de frutos})}$$

Para a análise mineral dos frutos, estes foram previamente separados em amostras contendo 20 frutos por repetição e em seguida lavados com água destilada. Posteriormente, os frutos foram cortados na região equatorial, sendo utilizada apenas a parte distal, retirando amostras dos tecidos de casca e polpa. Cada um destes tecidos foi processado, conforme a metodologia descrita por Miqueloto (2011). Para a determinação do teor de Ca, retirou-se uma alíquota de 5 mL do extrato original e adicionou-se 5mL de óxido de lantânio, efetuando a leitura do teor mineral no equipamento de absorção atômica (modelo A analyst 100). Para a determinação de Mg, retirou-se 2 mL do extrato original e adicionou-se 10 mL de água destilada. Desta solução, pipetou-se 5 mL e procedeu-se a metodologia descrita para a determinação de Ca. Para a determinação de K, retirou-se 1 mL do extrato original e adicionou-se 7 mL de água destilada e realizou-se a leitura em fotômetro de chama (Digimed DM-61). O N foi determinado pelo método semi-micro Kjeldahl, como descrito por Tedesco et al. (1995).

No mês de maio de 2010 foram realizadas as avaliações de comprimento dos ramos do ano, localizados no terço médio da planta, com uma fita métrica, e pesagem dos ramos podados, com uma balança analógica.

Os dados coletados foram analisados utilizando o programa estatístico SAS. As médias de tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

1.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comprimento dos ramos do ano foi menor nas macieiras ‘Catarina’ e ‘Fuji’ submetidas ao tratamento ProCa (Figura 1). Costa et al. (2004) e Basak (2004) também constataram redução no comprimento dos ramos em macieiras tratadas com ProCa, no primeiro ano de aplicação, quando comparado com o tratamento controle. A cultivar Catarina, também apresentou menor peso dos ramos podados no tratamento com ProCa, quando comparado com o tratamento controle, o mesmo não sendo observado na cultivar Fuji (Figura 1). Contrariando este resultado, Petri & Leite (2005) observaram uma redução no peso e comprimento de ramos podados em macieiras ‘Fuji’, quando submetidas a quatro aplicações de ProCa, em doses entre 319 e 649 mg (i.a.) ha⁻¹. Possivelmente, a diferença nos resultados está associada aos diferentes números de aplicações, intervalos de aplicação e/ou doses utilizadas, os quais interferem na quantidade de ingrediente ativo absorvido pela planta (Rademacher & Kober, 2003).

Macieiras ‘Catarina’ e ‘Fuji’ pulverizadas com GA₃ apresentaram maior comprimento nos ramos do ano (Figura 1). Este resultado está relacionado ao efeito do GA₃ no aumento da expansão e divisão celular (Taiz e Zeiger, 2006), o que contribui para o aumento do tamanho e número de células, com isso, ocasionando um maior crescimento vegetativo das plantas.

As folhas tratadas com ProCa apresentaram os menores valores de área, porém, apenas para a cultivar Catarina esta diferença foi significativa em relação ao controle (Tabela 1). Este resultado está de acordo com demais trabalhos, que têm demonstrado o efeito do ProCa sobre a redução na área foliar, tanto no cultivo em estufa (Guak et al., 2001) quanto em condições de campo (Medjdoub, 2003). Este comportamento está relacionado ao efeito do ProCa que é um composto que bloqueia a ação das enzimas dioxigenases (GA20-oxidase e GA3-oxidase) impedindo a formação de GAs ativas (Davies, 2004). Portanto, esta redução no crescimento vegetativo, tanto em área foliar quanto no comprimento dos ramos do ano, deve-se a influência deste composto, inibindo a alongação e divisão celular (Medjdoub, 2003).

Apenas na cultivar Fuji o tratamento com ProCa aumentou os teores de clorofila foliar em relação ao controle, ao passo que o tratamento com GA_3 reduziu os teores de clorofila foliar em relação ao controle, em ambas as cultivares (Tabela 1). Este resultado está de acordo com outros trabalhos utilizando o ProCa (Medjdoub, 2003). Possivelmente, este comportamento pode ser explicado pela menor área específica das folhas, em macieiras ‘Fuji’ tratadas com ProCa (Tabela 1), ou seja, pelo aumento na espessura em detrimento ao incremento na área das folhas. Com o aumento da espessura do mesófilo das folhas, há um maior acúmulo de clorofila por unidade de área. Além disso, tem sido verificado que a redução no crescimento dos ramos decorrente da ação de inibidores de crescimento pode promover o aumento na biossíntese de clorofilas, como resultado da redução da quantidade de luz interceptada pelas folhas (Therford et al., 1995).

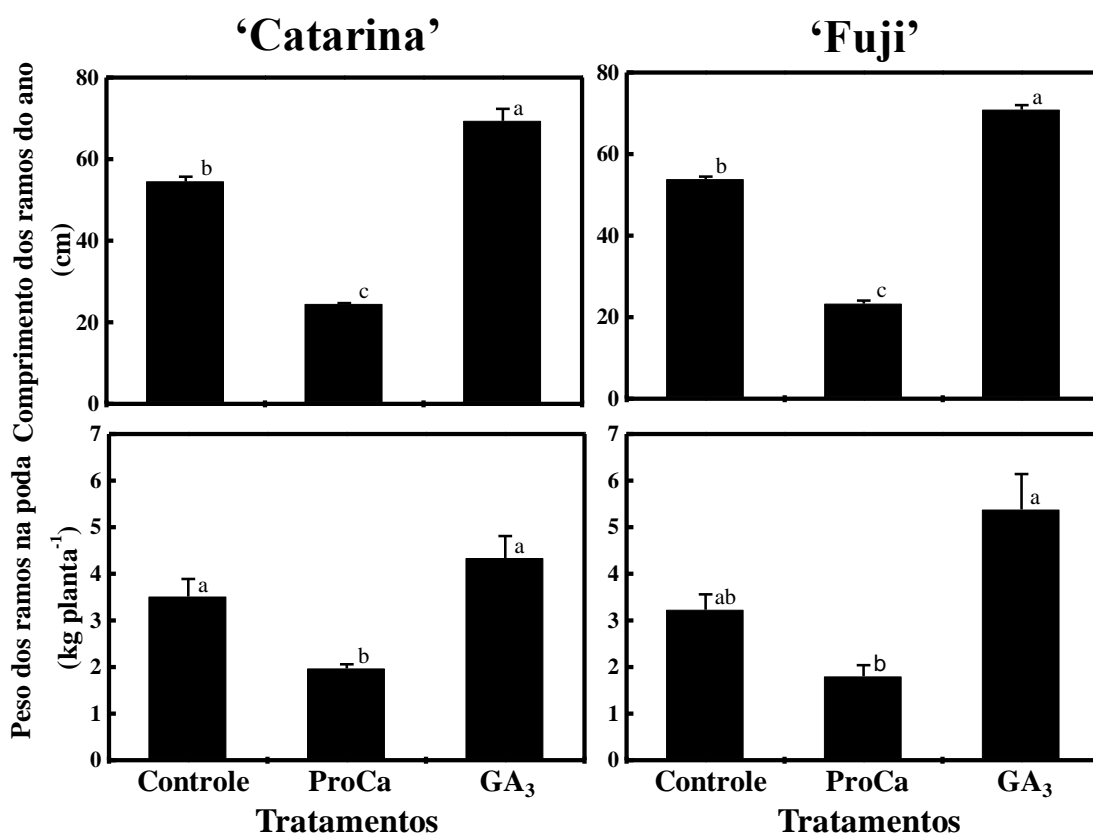


Figura 1. Comprimento dos ramos do ano e peso dos ramos podados (valores médios \pm erro padrão), em macieiras ‘Catarina’ e ‘Fuji’ submetidas aos tratamentos controle, prohexadiona-cálcio (ProCa) e giberelina (GA_3). Médias seguidas de mesma letra, nas barras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A redução no crescimento vegetativo em macieira tratadas com o ProCa (Figura 1 e Tabela 1) pode apresentar alguns benefícios ao manejo das plantas, tais como a maior eficiência na pulverização de produtos químicos, especialmente $CaCl_2$, utilizado para aumentar o teor de Ca nos frutos e assim reduzir a ocorrência de distúrbios fisiológicos pós-

colheita. Além disso, também pode contribuir para a redução no tempo e custo para realização da poda.

Tabela 1. Teor de clorofila, área foliar e área foliar específica, em macieiras ‘Catarina’ e ‘Fuji’ submetidas aos tratamentos controle, prohexadiona-cálcio (ProCa) e giberelina (GA₃).

Tratamentos	Teor de clorofila (unidades SPAD)	Área foliar (cm ²)	Área foliar específica (cm ² g ⁻¹)
‘Catarina’			
Controle	63,7a	28,5a	6,1b
ProCa	56,6ab	23,7b	5,3b
GA ₃	44,6b	31,7a	7,1a
CV (%)	19,7	14,1	13,9
‘Fuji’			
Controle	49,8b	29,5b	7,4a
ProCa	52,0a	26,5b	6,0b
GA ₃	45,7c	33,9a	6,8a
CV (%)	5,9	12,2	11,5

Média seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Após o período de armazenamento, frutos de plantas tratadas com ProCa apresentaram os menores valores do índice de “bitter pit” em ambas as cultivares (Figura 2), e menor incidência de “bitter pit” em ‘Fuji’ (Tabela 2). Medjdoub (2003) observou redução na incidência de “bitter pit”, após o período de armazenamento, em frutos de macieira ‘Golden Smoothee’ tratadas com ProCa. Em geral, a aplicação de inibidores de crescimento, como o daminozide e paclobutrazol, resulta em menor incidência de “bitter pit” e outros distúrbios fisiológicos (Medjdoub, 2003).

Em maçãs ‘Fuji’ o tratamento com ProCa reduziu o valor da relação N/Ca no tecido da casca (Tabela 2), o que pode ter ocasionado menor incidência e índice de “bitter pit” (Figura 2). Amarante et al. (2009) também observaram que a relação N/Ca foi o atributo mais importante para discriminar lotes de maçãs ‘Gala’ quanto a severidade de “bitter pit”, sendo até mais importante do que o teor isolado de Ca. Ao comparar com o tratamento controle, maçãs ‘Fuji’, tratadas com GA₃, apresentaram no tecido da casca os menores teores de Ca e os maiores valores das relações K/Ca, (K+Mg)/Ca e (K+Mg+N)/Ca (Tabela 2). Possivelmente, estes resultados estão relacionados ao maior crescimento vegetativo proporcionado pelo tratamento com GA₃ (Figura 1), o que possibilitou o aumento na competição do Ca disponível entre frutos e ramos (folhas e brotos) (Bangerth, 1976). Além disso, em condições de elevados níveis endógenos de GAs e baixos níveis de auxinas, existe o favorecimento na formação de floema, o qual corresponde ao tecido vascular, responsável pela translocação dos nutrientes N, P, K e Mg para os frutos, especialmente no final da estação de crescimento (Saure, 2005). Portanto, nestas condições continua ocorrendo a

translocação de K, N e Mg para os frutos, podendo resultar em um maior acúmulo destes nutrientes minerais em relação ao Ca, tendo em vista que o Ca é praticamente imóvel no floema (Saure, 2005), levando a manifestação do “bitter pit” (Amarante et al., 2009).

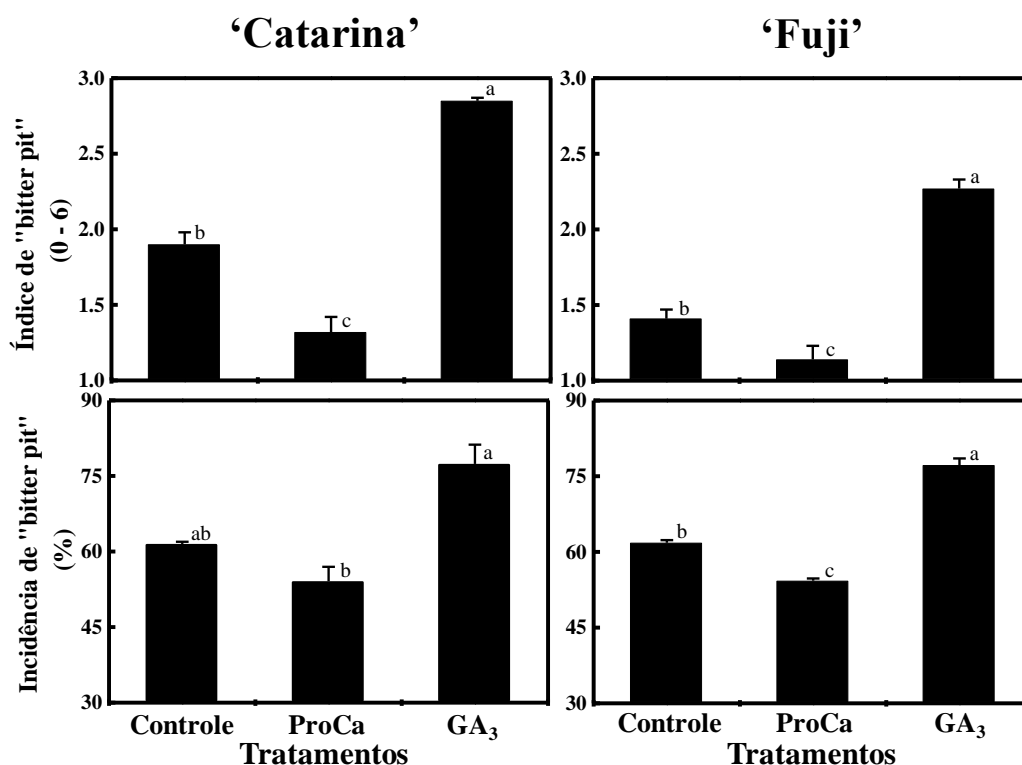


Figura 2. Incidência e índice de “bitter pit” nos frutos (valores médios \pm erro padrão) após o período de armazenamento, em macieiras ‘Catarina’ e ‘Fuji’ submetidas aos tratamentos controle, prohexadiona-cálcio (ProCa) e giberelina (GA₃). Médias seguidas de mesma letra, nas barras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). O índice de “bitter pit” foi determinado utilizando uma escala de 6 níveis de danos visuais na casca: nenhuma mancha (0), uma mancha (1), duas manchas (2), três manchas (3), quatro manchas (4), cinco manchas (5) e mais que cinco manchas (6) de “bitter pit”. A incidência de “bitter pit” foi determinado através do número de frutos com “bitter pit” pelo o número total de frutos em cada repetição.

De maneira geral, os teores de Ca avaliados nos tecidos da casca e da polpa em maçãs ‘Fuji’ e ‘Catarina’, não apresentaram diferença entre os tratamentos ProCa e GA₃ e entre ProCa e controle (Tabelas 2). Todavia, o desenvolvimento do “bitter pit” nem sempre está relacionado ao conteúdo total de Ca encontrado no fruto. Segundo Freitas et al. (2010), a homeostase anormal do Ca a nível celular, onde o esgotamento do Ca livre no apoplasto afeta a estrutura e função da membrana plasmática, pode resultar na indução deste distúrbio fisiológico. Nas células, o acúmulo de Ca no vacúolo, pela maior atividade de transportadores CAX, H⁺/pirofosfatase e ATPase vacuolar, e a complexação de Ca com a pectina na parede celular, pelo aumento na atividade de enzimas pectinametilsterases, pode reduzir o seu

conteúdo na solução do apoplasto, com isso, enfraquecendo a estrutura da membrana plasmática, conduzindo a morte celular e manifestação dos sintomas de “bitter pit” (Freitas et al., 2010). No vacúolo, o Ca pode se complexar com fenóis, oxalatos e fosfatos (White & Broadley, 2003), ficando desta forma imobilizado nesta organela celular. Segundo Freitas & Mitcham (2010), tomates tratados com ProCa apresentaram aumento no conteúdo de Ca apoplástico nos tecidos do pericarpo, com isso, resultando em frutos sem podridão estilar, distúrbio que é causado pela deficiência de Ca. Segundo os mesmos autores, esta resposta se deve a redução na expressão dos genes da Ca-ATPase nos frutos de tomates tratados com ProCa. Portanto, isto reduz o aprisionamento do Ca no interior do vacúolo, ficando disponível no apoplasto e para a membrana plasmática, evitando assim a manifestação do distúrbio fisiológico. Mecanismo similar parece explicar o menor índice de “bitter pit” em maçãs ‘Fuji’ e ‘Catarina’, colhidas de plantas tratadas com ProCa (Figura 2), já que os teores de Ca total nos frutos não diferiram entre os tratamentos (Tabelas 2).

Tabela 2. Atributos minerais nos tecidos de casca e polpa, em maçãs ‘Fuji’ e ‘Catarina’ colhidas de plantas submetidas aos tratamentos controle, prohexadiona-cálcio (ProCa) e giberelina (GA₃).

Atributos minerais	Tratamentos			CV (%)
	Controle	ProCa	GA ₃	
		‘FUJI’		
		Casca		
Ca (mg kg ⁻¹)	137,2a	124,4a	109,7a	20,7
K/Ca	7,2b	9,2ab	11,5a	33,2
Mg/Ca	0,53a	0,54a	0,58a	33,8
N/Ca	6,2a	4,2b	7,4a	41,2
(K+Mg)/Ca	7,8b	9,7ab	12,1a	30,7
(K+Mg+N)/Ca	14,3b	13,9b	19,4a	31,2
		Polpa		
Ca (mg.kg ⁻¹)	38,3a	34,9a	34,6a	22,1
K/Ca	12,4a	16,0a	15,6a	31,9
Mg/Ca	0,53a	0,68a	0,69a	43,9
N/Ca	8,0a	11,8a	8,7a	38,1
(K+Mg)/Ca	13,0a	16,7a	16,3a	36,0
(K+Mg+N)/Ca	22,2a	26,8a	27,1a	28,9
		‘CATARINA’		
		Casca		
Ca (mg kg ⁻¹)	154,8a	157,0a	147,7a	24,9
K/Ca	11,0a	10,2a	10,4a	35,8
Mg/Ca	0,44a	0,64a	0,57a	26,9
N/Ca	6,8a	8,0a	6,2a	39,2
(K+Mg)/Ca	11,4a	10,8a	11,9a	34,4
(K+Mg+N)/Ca	18,8a	18,3a	18,9a	32,2
		Polpa		
Ca (mg.kg ⁻¹)	34,8a	35,8a	35,4a	17,3
K/Ca	23,7a	22,7a	24,6a	29,2
Mg/Ca	0,91a	0,74a	0,70a	36,0
N/Ca	14,1a	10,4a	11,3a	30,4
(K+Mg)/Ca	24,6a	23,4a	25,3a	31,3
(K+Mg+N)/Ca	38,7a	33,9a	36,6a	22,7

Médias seguidas de mesma letra, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

O tratamento com ProCa aumentou o teor Ca das folhas apenas em macieiras ‘Fuji’ (dados não apresentados). O mesmo foi observado em macieiras ‘Fuji’, ‘Royal Gala’, ‘Golden Smoothie’ tratadas com ProCa (Medjdoub, 2003). Este comportamento pode estar relacionado à menor área foliar específica (Tabela 1) e/ou ao menor crescimento da parte aérea (Figura 1) em plantas tratadas com ProCa, com isso resultando em um maior acúmulo de Ca nas folhas. No entanto, não houve diferença quanto aos teores de K, Mg e N nas folhas entre os tratamentos, em ambas as cultivares (dados não apresentados).

A redução no índice de “bitter pit” nos frutos em macieiras tratadas com ProCa mostra que este produto pode ser uma nova alternativa para o controle deste distúrbio fisiológico em pomares e/ou em anos com elevado risco de sua ocorrência. Isto possibilita a redução nas perdas pós-colheita causadas pelo “bitter pit”, bem como reduz custos de mão de obra com operações de poda e manejo das plantas, tendo em vista o seu menor crescimento vegetativo.

1.6 CONCLUSÕES

A utilização do ProCa e do GA₃ pode favorecer a redução e aumento, respectivamente, no crescimento vegetativo das plantas e na manifestação do “bitter pit” nos frutos de macieira. Porém, são necessários estudos adicionais com estes produtos, na busca de resultados mais concretos, visando entender melhor os aspectos fisiológicos envolvidos no desenvolvimento do “bitter pit”.

2 POTENCIAL PRODUTIVO E QUALIDADE DE FRUTOS EM MACIEIRAS TRATADAS COM INIBIDOR DA SÍNTESE DE GIBERELINAS

2.1 RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo avaliar os efeitos da pulverização de macieiras com um inibidor da síntese de giberelinas, o prohexadiona - cálcio (ProCa), e com giberelina (GA_3), sobre a floração, frutificação e a qualidade dos frutos. O experimento foi conduzido em pomar localizado no município de São Joaquim, SC, na safra 2009/2010. Macieiras 'Catarina' e 'Fuji' foram pulverizadas com água (tratamento controle), ProCa e GA_3 (ambos os produtos na dose de 319 mg L^{-1}), na queda das pétalas (15/10/2009), quando as brotações do ano estavam com 5-10 cm de comprimento, sendo repetidas após 20 dias. A contagem do número de cachos florais e de frutos nas plantas ocorreram nos meses de outubro e novembro, respectivamente, em 2009 e 2010. A colheita foi realizada na maturação comercial, ocasião em que foi avaliado os atributos de qualidade dos frutos. Os frutos foram armazenadas em câmara fria convencional ($0 \pm 0,5^\circ\text{C}/90\text{-}95\% \text{ UR}$), durante quatro meses, seguido de sete dias de comercialização simulada ($20 \pm 4^\circ\text{C}/60\text{-}70\% \text{ UR}$), e após submetido as mesmas avaliações feitas na colheita. No ano subsequente ao da aplicação dos tratamentos, macieiras 'Fuji' pulverizadas com o ProCa apresentaram menor floração. O tratamento com ProCa proporcionou maior coloração vermelha em maçãs 'Catarina'. No momento da colheita, maçãs 'Fuji' e 'Catarina' provenientes de plantas pulverizadas com ProCa apresentaram maior força para a penetração da polpa no lado mais vermelho dos frutos. Após o armazenamento, maçãs 'Fuji' de plantas pulverizadas com GA_3 apresentaram menor firmeza de polpa e maçãs 'Catarina' de plantas pulverizadas com ProCa apresentaram maior firmeza de polpa. A pulverização, em pós-floração, de GA_3 em macieiras pode comprometer a frutificação no ano subsequente a sua aplicação, bem como, ocasionar a alteração em alguns dos atributos de qualidade dos frutos, indicando um avanço na maturação. O ProCa pode aumentar a firmeza de polpa e porcentagem de cor vermelha em frutos de macieiras, entretanto, o mesmo pode de reduzir a frutificação no ano subsequente a sua aplicação.

Termos de indexação: *Malus domestica* Borkh, prohexadiona - cálcio, anti-giberelina, frutos, firmeza de polpa.

2.2 ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate effects of spraying apple trees with prohexadione-calcium (ProCa) (an inhibitor of gibberellins synthesis) and gibberellin (GA_3) on yield potential and fruit quality. The experiment was conducted in an orchard located in São Joaquim, Santa Catarina State (Southern Brazil), in 2009/2010. 'Catarina' and 'Fuji' apple trees were sprayed with water (control), ProCa and GA_3 (both products at the dose of 319 mg L^{-1}), at the petal fall stage (October 15, 2009), when shoots were 5-10 cm long, with treatments repeated after 20 days. The number of flower buds and of fruit per flower bud were assessed in October/2009 and November/2010, respectively. Fruit were harvest at commercial maturity and then assessed for percentage of red skin area, skin color, density, weight, skin and pulp textures, flesh firmness, titratable acidity (TA), solids soluble content (SSC) and starch index. Fruit were cold stored ($0\pm 0.5^\circ C/90-95\%$ RH) for four months, followed seven days for simulated marketing ($20\pm 4^\circ C/60-70\%$ RH), and then subjected the same evaluations carried out at harvest. In the year following the treatment of the trees, 'Fuji' apples sprayed with ProCa had lower fruit set and flower, compared with control. The ProCa increased the red color in 'Catarina' apples. At harvest, the force for pulp penetration in the red side of the fruit was increased in apple trees of both cultivars sprayed with ProCa. After cold stored, 'Fuji' apples of trees sprayed with GA_3 had lower flesh firmness, while 'Catarina' apples of trees sprayed with ProCa had higher flesh firmness. The GA_3 sprayed after full bloom might cause some changes in fruit quality attributes, leading to advanced maturity. The treatment with ProCa may increase the flesh firmness and red color in the apple fruit, however in the year following the treatment of the trees, the ProCa may lower fruit set and blossom.

Index term: *Malus domestica* Borkh, prohexadione - calcium, inhibitor of gibberellins synthesis, pulp firmness.

2.3 INTRODUÇÃO

A cultura da macieira (*Malus domestica* Borkh.) é de grande importância econômica para o Estado de Santa Catarina, que responde por 60% da produção nacional (Pereira et al., 2010). Todavia, a maçã apresenta grandes problemas relacionados a qualidade, perdas pós-colheita e distúrbios fisiológicos (Brackmann et al., 2010).

A maçã é um fruto climatérico, apresentando o pico de produção do etileno no amadurecimento do fruto (Brackmann et al., 2008). O aumento na produção de etileno ocasiona alterações fisiológicas, físicas e químicas relacionadas a maturação e senescência dos frutos (Tais & Zeiger, 2006). Desta forma, para preservação da qualidade pós-colheita dos frutos são necessárias medidas que reduzam a produção de etileno (Amarante et al., 2010).

A utilização de reguladores de crescimento pode atrasar a maturação e a colheita de frutos, além de reduzir as perdas durante o armazenamento (Steffens et al., 2009). Dentre estes, o ácido giberélico (GA_3) pode preservar a qualidade pós-colheita de frutos (Amarante et al., 2005; Steffens et al., 2009). Em pêssegos, o tratamento pré-colheita com GA_3 ocasionou retardo substancial na maturação de frutos, com maior retenção de cor de fundo da casca (cor verde), redução na cor vermelha da casca, melhor firmeza de polpa, redução no teor de sólidos solúveis (SS) e manutenção da acidez titulável (AT) (Amarante et al., 2005). Em ameixa, houve manutenção da textura e retardo na evolução da coloração vermelha na epiderme dos frutos, quando submetidos ao tratamento pré-colheita de GA_3 (Steffens et al., 2009). Apesar desses benefícios do GA_3 em pré-colheita, quando aplicado em pós-floração o GA_3 pode reduzir a indução floral em macieiras (Davis, 2002), com isso podendo comprometer a produção no ano seguinte.

O prohexadiona - cálcio (ProCa), um inibidor da síntese de giberelina, tem sido reportado em trabalhos recentes como uma alternativa para o controle do crescimento vegetativo (Costa et al., 2004; Basak, 2004). A aplicação em pré-colheita do ProCa proporciona redução no crescimento vegetativo, com isso diminui a competição entre ramos e frutos pelos fotoassimilados disponíveis, podendo resultar em uma melhor qualidade dos frutos (Zhang & Whiting, 2011). Em maçãs, além de diminuir o crescimento vegetativo, o ProCa também proporcionou aumento na intensidade e porcentagem de cor vermelha nos frutos (Medjdoub, 2003). Além disso, o incremento na firmeza dos frutos também foi observado em macieiras tratadas com ProCa (Yoder et al., 1999). Em tomateiros, o tratamento com ProCa reduziu a altura das plantas e aumentou o teor de SS e a firmeza de polpa nos frutos (Ramirez et al., 2005). Porém, a utilização de doses altas deste produto pode reduzir o peso dos frutos, além de comprometer a floração do ciclo seguinte (Greene, 2008).

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo avaliar os efeitos da pulverização em pós-floração de macieiras 'Catarina' e 'Fuji' com um inibidor da síntese de giberelinas, o ProCa, e com GA_3 , e comparar o efeito destes produtos sobre a floração, frutificação e qualidade dos frutos.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em pomar da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural e Santa Catarina S.A. (Epagri), na Estação Experimental de São Joaquim, SC (latitude 28° 16' 40,02" S, longitude 49° 56' 09,10" W e altitude de 1.400 m), na safra 2009/2010. Foram utilizadas macieiras 'Catarina', com 14 anos de idade, sobre porta-enxerto 'Marubakaido', conduzidas com líder central, no espaçamento de 2 m entre plantas e 6,5 m entre filas. Também foram utilizadas macieiras 'Fuji', com 13 anos de idade, sobre porta enxerto 'Marubakaido', com filtro M9, conduzidas com líder central, no espaçamento de 1,5 m entre plantas e 4,5 m entre filas. As macieiras 'Catarina' e 'Fuji' foram pulverizadas com água (tratamento controle), prohexadiona - cálcio (ProCa; 319 mg (i.a.) L⁻¹) e giberelina (GA₃; 319 mg (i.a.) L⁻¹), na queda das pétalas (15/10/2009), quando as brotações do ano estavam com 5-10 cm de comprimento, sendo repetidas após 20 dias. Foi utilizado um volume de calda de 1000 L ha⁻¹, procurando atingir o completo molhamento foliar de toda a planta. Em ambas as cultivares, foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao caso, com cinco repetições, sendo cada repetição constituída de uma planta.

Nos anos de 2009 e 2010, foi realizada a contagem do número de cachos florais no mês de outubro, e do número de frutos no mês de novembro, em ambas as cultivares, nos diferentes tratamentos. Neste mesmo período foi medido o diâmetro dos ramos, após realizado o cálculo do número de cachos florais e de frutos por cm² de secção dos ramos.

Os frutos foram colhidos na maturação comercial, e separados em amostras contendo em média 50 frutos por repetição, para ambas as cultivares. Uma parte, contendo 20 frutos por repetição, foi submetida as análises de percentagem de cor vermelha, cor da epiderme, densidade, peso, atributos de textura (força para a penetração da casca e força para a penetração da polpa), firmeza de polpa, acidez titulável (AT) sólidos solúveis (SS) e teste de iodo-amido. Outra parte, contendo 30 frutos por repetição, foi armazenada em câmara fria convencional (0±0,5°C/90-95% UR), durante quatro meses, seguido de sete dias de comercialização simulada (20±4°C/60-70% UR), e após submetido as mesmas avaliações efetuadas na colheita.

A percentagem de cor vermelha foi determinada por meio da análise subjetiva da superfície dos frutos. A determinação da cor da epiderme foi efetuada com um colorímetro Minolta, modelo CR 400, sendo as leituras realizadas em dois lados do fruto (nos lados mais e menos expostos a radiação, correspondendo aos lados vermelho e verde, respectivamente), na região equatorial, e os resultados expressos nos atributos *L*, *C* e *h*[°]. O *h*[°] (ângulo *hue*) define a

coloração básica, sendo que 0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde. O *L* (*lightness*) define a luminosidade, que varia de zero (preto) a 100 (branco). O *C* define a cromaticidade (quanto maior, mais intensa é a definição de cor).

A densidade dos frutos (g mL^{-1}) foi estimada pela relação entre a massa e o volume, por meio do deslocamento da coluna de água, após a imersão completa do fruto em recipiente com 800 mL de água. A partir desta avaliação foi possível obter o peso médio dos frutos.

Os atributos de textura foram analisados com um texturômetro eletrônico TAXT-plus® (Stable Micro Systems Ltd., Reino Unido), em termos de força necessária para o rompimento da epiderme e de força para a penetração na polpa. Para a quantificação da força necessária para o rompimento da epiderme e para a penetração na polpa, foi utilizada ponteira modelo PS2, com 2 mm de diâmetro, a qual foi introduzida na polpa a uma profundidade de 10 mm, com velocidades pré-teste, teste e pós-teste de 30, 5 e 30 mm s^{-1} , respectivamente.

A firmeza de polpa (N) foi determinada com o auxílio de um penetrômetro, equipado com ponteira de 12 mm de diâmetro, na região equatorial dos frutos, em dois lados opostos, após remoção de uma pequena porção da epiderme.

Os valores de AT (%) foram obtidos por meio de uma amostra de 10 mL de suco dos frutos, obtidos por meio de uma centrífuga modelo RI 6720. Esta amostra foi diluída em 90 mL de água destilada e titulada com solução de NaOH 0,1 N até pH 8,1.

Os teores de SS (°Brix) foram determinados por refratometria (°Brix), utilizando-se o suco extraído conforme descrito para a AT, obtido por meio de um refratômetro digital com compensação automática de temperatura.

O teste de iodo-amido foi determinado por meio da comparação do escurecimento da metade peduncular dos frutos tratada com uma solução de iodo, em uma escala de 1 a 5, em que o índice 1 indica o teor máximo de amido e o índice 5 representa o amido totalmente hidrolisado.

Os dados coletados foram analisados utilizando o programa estatístico SAS. As médias de tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro ano, não houve diferença na floração entre plantas que receberam os tratamentos, para ambas as cultivares (Tabela 3). Porém, no ano subsequente, macieiras ‘Catarina’ e ‘Fuji’ apresentaram redução na floração quando tratadas com GA_3 (Tabela 3).

Este mesmo resultado foi observado em maçãs ‘York’, ao receberem o tratamento em pós-floração com GA₄₊₇ (Davis, 2002). Em plantas perenes, o GA₃ geralmente inibe o florescimento (Wilkie et al., 2008; Gottgens & Hedden 2009). Este comportamento pode estar relacionado ao efeito das giberelinas (GAs) na promoção do crescimento vegetativo das plantas. O GA₃ pode estar inibindo a indução floral pelo maior aporte de fotoassimilados para as gemas da parte aérea, que crescem rapidamente (Capítulo 1) (Gottgens & Hedden 2009), com isso reduzindo a floração de macieiras ‘Catarina’ e ‘Fuji’, no ano subsequente ao da sua aplicação (Tabela 3).

Tabela 3. Floração e frutificação nos anos de 2009 e 2010, em macieiras ‘Fuji’ e ‘Catarina’ submetidas aos tratamentos controle, com prohexadiona-cálcio (ProCa) e giberelina (GA₃).

Tratamento	Floração (nº de cachos florais/cm ²)	Frutificação (nº de frutos/cm ²)
ANO 2009		
‘Catarina’		
Controle	2,66a	2,45a
ProCa	2,66a	3,01a
GA ₃	2,74a	1,51a
CV (%)	21,3	38,0
‘Fuji’		
Controle	5,44a	7,77a
ProCa	5,65a	7,44a
GA ₃	5,32a	4,98b
CV (%)	26,5	36,5
ANO 2010		
‘Catarina’		
Controle	7,27a	5,22a
ProCa	7,42a	2,38a
GA ₃	1,33b	3,69a
CV (%)	23,1	24,0
‘Fuji’		
Controle	7,03a	12,1a
ProCa	2,36b	3,98b
GA ₃	1,99b	8,80ab
CV (%)	24,6	33,2

Média seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Macieiras ‘Fuji’ pulverizadas com GA₃ apresentaram os menores valores de frutificação no primeiro ano de aplicação dos tratamentos (Tabela 3). De acordo com Davis

(2002), macieiras ‘Braeburn’ tratadas, em pós-floração, com GA₃ ou GA₄₊₇ apresentaram redução na frutificação de gemas laterais, nas regiões proximal e mediana dos ramos. Entretanto, segundo este mesmo autor, macieiras ‘York’ submetidas ao mesmo tratamento e época de aplicação apresentaram frutificação similar ao tratamento controle. Desta forma, é possível observar a diferença de comportamento entre as cultivares de macieiras pulverizadas com GAs.

A dose de ProCa utilizada neste experimento reduziu a floração nas macieiras ‘Fuji’, bem como comprometeu a frutificação, no ano seguinte ao da aplicação do produto (Tabela 3). Em macieiras ‘McIntosh’, no ano seguinte a aplicação de ProCa, na dose de 250 mg L⁻¹, foi possível observar uma redução tanto na floração quanto na frutificação (Greene, 2008). No entanto, quando utilizado dose de 42 mg L⁻¹, o ProCa foi eficiente no controle do crescimento vegetativo, sem comprometer a floração do ciclo seguinte em macieiras ‘Mutsu’ (Greene 2008).

Em maçãs ‘Catarina’ e ‘Fuji’ provenientes de plantas tratadas com GA₃, foi observado os maiores valores de *L* e *C* no lado dos frutos mais exposto a radiação (Tabela 4). Estes atributos indicam um vermelho menos intenso (maior brilho) e mais saturado (mais vivo). Este resultado pode estar relacionado ao efeito do GA₃ em aumentar o crescimento vegetativo (Capítulo 1), reduzindo a exposição do fruto à radiação. Isto reduz a síntese de antocianinas e a intensidade de cor vermelha nos frutos (Amarante et al., 2005; Steffens et al., 2009). O atributo de cor *h*^o no lado de menor exposição a luz foi menor em maçãs ‘Catarina’ e ‘Fuji’ tratadas com GA₃ (Tabela 4). De acordo com Zhang et al. (2008), pêra ‘Japonesa’ tratada em pré-colheita com GA₄ ou GA₇ apresenta antecipação da maturação, em virtude da redução no conteúdo de clorofila na epiderme dos frutos, indicada pelos menores valores de *h*^o na casca. O mesmo pode ter acontecido em maçãs ‘Catarina’ e ‘Fuji’ tratadas em pós-floração com GA₃ (Tabela 4).

No momento da colheita, maçãs ‘Catarina’ colhidas de plantas tratadas com ProCa apresentaram os maiores valores de porcentagem de cor vermelha (Tabela 4). O mesmo foi observado em maçãs ‘Fuji’ colhidas de plantas submetidas ao tratamento com ProCa (Medjdoub, 2003). Isto mostra relação inversa entre o vigor vegetativo e desenvolvimento de cor vermelha no fruto. O menor crescimento vegetativo em macieiras pulverizadas com ProCa (Capítulo 1) permite uma maior exposição dos frutos a radiação solar. Portanto, nestas condições, pode haver uma maior síntese de antocianinas na epiderme dos frutos (Amarante et al., 2007), resultando na maior desenvolvimento de cor vermelha (Tabela 4). Maçãs ‘Catarina’ também apresentaram menores valores de *L* no lado com maior exposição a luz

(lado mais vermelho) quando tratadas com ProCa (Tabela 4). Mesmo no lado dos frutos menos exposto a radiação (lado verde), houve redução nos valores de *L* em maçãs ‘Catarina’ e ‘Fuji’ colhidas de plantas tratadas com ProCa (Tabela 4). Da mesma forma, Medjdoub (2003) observou menores valores de *L* no lado mais exposto as luz em maçãs provenientes de plantas tratadas com ProCa, indicando um vermelho mais intenso na epiderme dos frutos.

Tabela 4. Índice de cor vermelha (ICV) e atributos de cor (*L*, *C* e *h^o*) da epiderme em maçãs ‘Fuji’ e ‘Catarina’ colhidas de plantas submetidas aos tratamentos controle, com prohexadiona-cálcio (ProCa) e giberelina (GA₃).

Tratamento	ICV (%)	-----Atributos de cor-----					
		Lado vermelho			Lado verde		
		<i>L</i>	<i>C</i>	<i>h^o</i>	<i>L</i>	<i>C</i>	<i>h^o</i>
		‘Catarina’					
Controle	59,5b	40,9ab	31,9b	36,0a	70,3a	39,6a	105,9a
ProCa	67,7 ^a	39,5b	30,8b	35,2a	67,4b	38,8a	102,1ab
GA ₃	54,4b	42,9a	33,6a	38,0a	70,9a	39,5a	101,5b
CV (%)	10,3	4,6	4,2	6,5	2,8	2,5	2,7
		‘Fuji’					
Controle	38,4 ^a	44,6b	26,5b	50,2a	71,0a	40,8a	112,7a
ProCa	40,6 ^a	45,2b	25,7b	53,4a	68,6b	42,0a	113,1a
GA ₃	41,1 ^a	47,8a	29,7a	54,7a	71,1a	41,7a	109,5b
CV (%)	11,0	5,0	7,6	10,5	2,0	2,6	1,9

Média seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na colheita, maçãs ‘Catarina’ provenientes de plantas pulverizadas com GA₃ apresentaram menor AT (Tabela 5). Em maçãs ‘Fuji’ submetidas ao mesmo tratamento, foi possível observar o maior teor de SS e menores valores de força para ruptura da epiderme, tanto no lado vermelho quanto no verde, e força para penetração da polpa no lado mais vermelho dos frutos (Tabela 5). Os demais atributos de qualidade não diferiram entre os tratamentos GA₃ e controle, em maçãs ‘Catarina’ e ‘Fuji’ (Tabela 5).

Schmidt et al. (2008) observaram um efeito linear do aumento na dose de GA₄₊₇, em pós-floração, na degradação do amido e na redução na firmeza e AT, em maçãs ‘Honeycrisp’, sugerindo uma antecipação na maturação de dois a cinco dias em relação aos frutos do tratamento controle. Desta forma, a dose de GA₃ (319 mg L⁻¹) utilizada pode corresponder a um nível elevado e prejudicial aos frutos, resultando no avanço de alguns atributos de maturação em maçãs ‘Catarina’ e ‘Fuji’ (Tabela 5), ocasionado pelo aumento na produção de etileno.

Na colheita, maçãs ‘Catarina’ de plantas tratadas com ProCa apresentaram menor AT e maior força para penetração da polpa no lado mais vermelho dos frutos (Tabela 5). Em maçãs ‘Fuji’ foi observado maiores valores de AT e de força para penetração da polpa no lado mais vermelho dos frutos (Tabela 5). De acordo com Greene (1999), maçãs ‘McIntosh’ de

plantas submetidas ao tratamento com ProCa também apresentaram aumento na firmeza de polpa.

O ProCa apresenta relação estrutural com o ácido 2-oxoglutárico, um inibidor da ACC oxidase, e, portanto, pode inibir a síntese de etileno (Rademacher et al., 2006). Desta forma, com a redução na síntese de etileno, há uma menor atividade das enzimas hidrolíticas de parede celular (Ferri et al., 2002), com isso preservando a integridade da mesma e, conseqüentemente, resultando na maior firmeza de polpa dos frutos. Além disso, a pulverização das plantas com o ProCa ocasiona a redução no crescimento vegetativo das plantas (Capítulo 1), com isso podendo aumentar a exposição dos frutos à luminosidade. Entretanto, nestas condições, pode favorecer a manifestação do distúrbio fisiológico conhecido como queimadura de sol. Schrader et al. (2009) observaram maior firmeza de polpa nos frutos com o aumento na severidade de queimadura de sol (escurecimento na epiderme dos frutos). Este comportamento pode estar relacionado à diferença na composição da parede celular, no número de células, ou no turgor celular no lado do fruto mais exposto ao sol (Ferguson et al., 1999). Além disso, a redução no conteúdo de água no tecido com queimadura de sol pode torná-lo mais rígido, o que aumenta a firmeza de polpa (Schrader et al., 2009). Portanto, a maior firmeza de polpa no lado mais vermelho do fruto (lado mais exposto a luminosidade) em plantas tratadas com ProCa pode estar relacionada a ocorrência de queimadura de sol, apesar deste distúrbio fisiológico não ter sido avaliado neste trabalho.

Tabela 5. Índice de iodo-amido, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), firmeza de polpa e atributos de textura (força para a penetração da casca e força para a penetração da polpa), no momento da colheita, em maçãs ‘Fuji’ e ‘Catarina’ provenientes de plantas submetidas aos tratamentos controle, com prohexadiona-cálcio (ProCa) e giberelina (GA₃).

Tratamento	Iodo	SS (⁰ Brix)	Acidez (meq 100mL ⁻¹)	Firmeza (N)	-----Atributos de textura (N)-----			
					Força para ruptura da epiderme		Força para penetração da polpa	
					Lado vermelho	Lado verde	Lado vermelho	Lado Verde
‘Catarina’								
Controle	2,2a	11,3a	0,50a	89,4a	16,3ab	14,6a	3,8b	3,6a
ProCa	2,5a	11,7a	0,46b	91,5a	16,6a	14,8a	4,1a	3,7a
GA ₃	2,6a	12,1a	0,45b	88,4a	15,2b	13,9a	3,7b	3,6a
CV (%)	14,4	5,0	8,2	3,1	5,2	4,9	6,6	3,5
‘Fuji’								
Controle	4,1a	11,0b	0,41b	79,2ab	13,6a	12,3a	3,1b	2,9ab
ProCa	4,0a	10,9b	0,47a	80,8a	13,7a	12,3a	3,4a	3,1a
GA ₃	4,1a	12,1a	0,41b	75,8b	12,6b	11,6b	2,9c	2,8b
CV (%)	6,1	5,8	8,0	3,9	4,7	4,0	7,7	5,9

Média seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Após o período de armazenamento, maçãs ‘Fuji’ provenientes de plantas pulverizadas com GA₃ apresentaram maior teor de SS, menores valores de firmeza de polpa e de forças para a ruptura da epiderme e para a penetração da polpa no lado mais vermelho dos frutos (Tabela 6). A pulverização de GA₄ ou GA₄₊₇, na dose de 400mg L⁻¹ em pós-floração, nas macieiras ‘Honeycrisp’, também proporcionou o aumento na degradação de amido e redução na firmeza dos frutos após 140 dias de armazenamento em atmosfera comum (Schmidt et al., 2008). Este comportamento pode estar relacionada ao avanço na maturação, observado no momento da colheita, proporcionado pelas altas doses de GA₃. Isto pode refletir no avanço no amadurecimento dos frutos em pós-colheita. Entretanto, a pulverização em pós-floração de GA₄₊₇, nas doses de 300, 600, 900 e 1200 mg L⁻¹, em macieiras ‘Cameo’, não proporcionou nenhum efeito nos atributos de maturação dos frutos, tanto na colheita como após 120 dias de armazenamento em atmosfera comum (Schmidt et al., 2008). Isto mostra a diferença de resposta entre cultivares de macieiras ao tratamento com GAs.

Tabela 6. Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), firmeza de polpa e atributos de textura (força para a penetração da casca e força para a penetração da polpa), após o período de armazenamento, em maçãs ‘Fuji’ e ‘Catarina’ provenientes de plantas submetidas aos tratamentos controle, com prohexadiona-cálcio (ProCa) e giberelina (GA₃).

Tratamento	SS (^o Brix)	Acidez (meq 100mL ⁻¹)	Firmeza (N)	-----Atributos de textura (N)-----			
				Força para ruptura da epiderme		Força para penetração da polpa	
				Lado vermelho	Lado verde	Lado vermelho	Lado Verde
‘Catarina’							
Controle	11,9b	0,14a	78,0b	15,6b	14,2ab	3,4a	3,4a
ProCa	12,8ab	0,14a	88,2a	16,6a	14,7a	3,7a	3,4a
GA ₃	13,5 ^a	0,15a	79,8b	15,0b	13,6b	3,5a	3,3a
CV (%)	10,2	15,8	6,6	6,2	5,7	7,5	6,0
‘Fuji’							
Controle	11,1b	0,11ab	66,4a	12,6a	11,3ab	3,1a	2,8a
ProCa	11,2b	0,12a	67,3a	12,9a	11,7a	3,1a	2,9a
GA ₃	11,7a	0,10b	63,3b	10,3b	10,8b	2,8b	2,9a
CV (%)	5,3	14,4	4,1	11,2	6,6	7,6	5,9

Média seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Em frutos proveniente de macieiras ‘Catarina’ tratadas com ProCa, foi possível observar um aumento na firmeza de polpa e na força para a ruptura da epiderme no lado mais vermelho do fruto, após o armazenamento (Tabela 6). De acordo com Greene (1999), maçã ‘McIntosh’ provenientes de macieiras pulverizadas com ProCa apresentaram maior firmeza de polpa após o armazenamento, com isso aumentando a vida pós-colheita. Este comportamento pode ainda estar relacionado a maior ocorrência de queimadura de sol nos

frutos de plantas tratados com ProCa, conforme descrito anteriormente. Além disso, o menor índice de “bitter pit” em maçãs ‘Catarina’ de plantas tratadas com ProCa (Capítulo 1) também pode ter contribuído para o aumento na firmeza do fruto. Frutos com “bitter pit” apresentam baixa integridade de membrana plasmática e alta perda de água, o que resulta na redução da pressão de turgor da célula, ocasionando a perda de firmeza e textura (Freitas et al., 2010).

O aumento na porcentagem de cor vermelha em maçãs ‘Catarina’ e na firmeza de polpa, principalmente no lado mais vermelho dos frutos, em ambas as cultivares pulverizadas com ProCa, mostra que este produtos podem ser uma nova alternativa para os pomicultores da região. No entanto, a sua aplicação pode inibir o processo de indução floral e assim comprometer a produção na safra posterior a de sua aplicação. Portanto, são necessários novos trabalhos em nossa região, testando diferentes doses e épocas de aplicação do ProCa, para avaliar melhor os seus efeitos no potencial produtivo das plantas e na qualidade dos frutos.

1.6 CONCLUSÕES

A pulverização, em pós-floração, de GA₃ em macieiras pode comprometer a frutificação no ano subsequente a sua aplicação. Além disso, também pode contribuir na alteração de alguns dos atributos de qualidade dos frutos, indicando um avanço na maturação. O ProCa pode ser uma alternativa para aumentar a firmeza de polpa e porcentagem de cor vermelha em frutos de macieiras ‘Catarina’, entretanto, este produto pode reduzir a frutificação no ano subsequente a sua aplicação.

3 CONCLUSÕES GERAIS

A utilização do ProCa e do GA₃ pode favorecer a redução ou aumento, respectivamente, no crescimento vegetativo em macieira e na manifestação do “bitter pit” nos frutos. Porém, são necessários estudos adicionais com estes produtos, na busca de resultados mais concretos, visando entender melhor os aspectos fisiológicos envolvidos no desenvolvimento do “bitter pit”.

A pulverização, em pós-floração, de GA₃ em macieiras pode comprometer a frutificação no ano subsequente a sua aplicação. Além disso, também pode ocasionar a alteração em alguns dos atributos de qualidade dos frutos, indicando um avanço na maturação. O ProCa pode ser uma alternativa para aumentar a firmeza de polpa e porcentagem de cor vermelha em frutos de macieiras ‘Catarina’, entretanto, este produto pode reduzir a frutificação no ano subsequente a sua aplicação.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O utilização do ProCa na cultura da macieiras pode ser uma nova alternativa para o controle do “bitter pit”. Porém, são necessários estudos adicionais com este produto, na busca de resultados mais concretos, visando entender melhor os aspectos fisiológicos envolvidos no desenvolvimento do “bitter pit”. Além disso, novas pesquisas devem ser desenvolvidas, relacionando os níveis de expressão dos genes transportadores de nutrientes (Ca) a nível celular em maçãs tratadas com ProCa e GA₃, desta forma contribuindo para o avanço nos estudos relacionado ao “bitter pit”.

O ProCa também pode inibir o processo de diferenciação floral e comprometer a produção na safra posterior a de sua aplicação. Portanto, são necessários trabalhos, testando diferentes doses e épocas de aplicação do ProCa, buscando entender fisiologicamente porque isto ocorre.

As doses de GA₃ utilizadas contribuíram para a alteração em alguns atributos de qualidade nos frutos, indicando um avanço na maturação. Portanto, são necessários estudos adicionais, utilizando diferentes doses de GA₃, na busca de resultados que permitam uma melhor compreensão do efeito do GA₃ no avanço da maturação dos frutos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARANTE, C.V.T.; DREHMER, A.M.F.; SOUZA, F.; FRANCESCOTTO, P. A pulverização pré-colheita com ácido giberélico (GA₃) e aminoetoxivinilglicina (AVG) retarda a maturação e reduz as perdas de frutos na cultura do pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.1-5, 2005.

AMARANTE, C.V.T.; CHAVES, D.V.; ERNANI, P.R. Análise multivariada de atributos nutricionais associados ao “bitter pit” em maçãs ‘Gala’. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.5, p.841-846, 2006a.

AMARANTE, C.V.T.; CHAVES, D.V.; ERNANI, P.R. Composição mineral e severidade de “bitter pit” em maçãs ‘Catarina’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.51-54, 2006b.

AMARANTE, C.V.T.; STEFFENS, C.A.; MOTA, C.S.; SANTOS, H.P. Radiação, fotossíntese, rendimento e qualidade de frutos em macieiras 'Royal Gala' cobertas com telas antigranizo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.7, p.925-931, 2007.

AMARANTE, C.V.T.; ERNANI, P.R.; STEFFENS, C.A. Predição de “bitter pit” em maçãs ‘Gala’ por meio da infiltração dos frutos com magnésio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.4, p.962-968, 2009.

AMARANTE, C.V.T.; STEFFENS, C.A.; BLUM, L.E.B. Coloração do fruto, distúrbios fisiológicos e doenças em maçãs 'Gala' e 'Fuji' pulverizadas com aminoetoxivinilglicina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.1, p.9-18, 2010.

AMARANTE, C.V.T.; STEFFENS, C.A.; ARGENTA, L.C. Yield and fruit quality of ‘Gala’ and ‘Fuji’ apple trees protected by white anti-hail net. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.129, n.1, p.79-85, 2011.

BANGERTH, F. A role for auxin and auxin transport inhibitors on the Ca content of artificially induced parthenocarpic fruits. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.37, n.3, p.191-194, 1976.

BASAK, A. Growth and fruiting of ‘Elstar’ apple trees in response to prohexadione calcium depending on the rootstock. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.653, p.117-126, 2004.

BASSO, C. **A cultura da macieira: distúrbios fisiológicos**. 2ª edição. Florianópolis: Epagri, p.609-636. 2002.

BERTELSEN, M.G.; TUSTIN, D.S.; WAAGEPETERSEN, R.P. Effects of GA₃ and GA₄₊₇ on early bud development of apple. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Kent, v.77, n.1, p.83- 90, 2002.

BRACKMANN, A.; EISERMANN, A.C.; WEBER A.; GIEHL, R.F.H.; PAVANELLO, E.P.; BOTH, V. Qualidade da maçã “Gala” armazenada em atmosfera controlada associada à absorção e ao controle da síntese e da ação do etileno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.8, p.2151-2156, 2008.

BRACKMANN, A.; SCHORR, M.R.W.; PINTO, J.A.V.; VENTURINI, T.L. Aplicações pré-colheita de cálcio na qualidade pós-colheita de maçãs ‘Fuji’. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.6, p.1435-1438, 2010.

CORBESIER, L.; LEJEUNE, P.; BERNIER, G. The role of carbohydrates in the induction of flowering in *Arabidopsis thaliana*: comparison between the wild type and a starchless mutant. **Planta**, New York, v.206, n.1, p.131-137. 1998.

COSTA, G.; SABATINI, F.; SPINELLI, F.; ANDREOTTI, C.; BOMBEN, C.; VIZZOTO, G. Two years of application of prohexadione-Ca on apple: effect on vegetative and cropping performance, fruit quality, return bloom and residual effect. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.653, p.27-132, 2004.

DAVIES, P. J. **Plant hormones: biosynthesis, signal transduction and action**. 3^a edição. Dordrecht: Netherlands, 2004. 775p.

DAVIS, D.E. **Inhibition of flower bud initiation and development in apple by defoliation, gibberellic acid and crop load manipulation**. 2002. 120 p. Thesis (Doctor of Philosophy) – Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University.

ERNANI, P.R.; DIAS, J.; AMARANTE, C.V.T.; RIBEIRO, D.C.; ROGERI, D.A. Preharvest calcium sprays were not always needed to improve fruit quality of ‘Gala’ apples in Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.4, p.892-896, 2008.

FERGUSON, I.B.; WATKINS, C.B. Bitter-pit in apple fruit. **Horticultural Reviews**, New York, v.11, p.289-355, 1989.

FERGUSON, I.B.; SNELGAR, W.; BOWEN J.H.; WOOLF, A.B. Preharvest field heat and postharvest fruit response. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.485, p.149–154. 1999.

FERRI, V.C.; RINALDI, M.M.; DANIELI, R. Controle da maturação de caquis 'Fuyu', com o uso de aminoetoxivinilglicina e ácido giberélico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.344-347, 2002.

FREITAS, S.T.; AMARANTE, C.V.T.; LABAVITCH, J.M.; MITCHAM, E.J. Cellular approach to understand bitter pit development in apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.57, n.1, p.6-13, 2010.

FREITAS, S.T.; MITCHAM, E.J. Effects of growth regulators on calcium deficiency disorders. In: 22^o Annual Meeting Western Plant Growth Regulator Society. **Abstracts**. Davis California, 2010. Disponível em: http://www.wpgrs.org/2010WPGRSAbstract_Freitas.pdf. Acesso em: 15 nov. 2010.

GOTTGENS, E.F.; HEDDEN, P. Gibberellin as a factor in floral regulatory networks. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.60, n.7, p.1979-1989, 2009.

GREENE, D. W. Tree Growth Management and fruit quality of apple trees treated with prohexadione-calcium (BAS 125). **Hortscience**, Alexandria, v.34, n.7, p.1209-1212, 1999.

GREENE, D.W. The effect of repeat annual applications of prohexadione-calcium on fruit set, return bloom, and fruit size of apples. **HortScience**, Alexandria, v.43, n.2, p.376-379, 2008.

GUAK, S.; NEILSEN, D.; LOONEY, N.E. Growth, allocation of N and carbohydrates, and stomatal conductance of greenhouse grown apple treated with prohexadione-Ca and gibberellins. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v.76, n.6, p.746-752, 2001.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA)**. 2009. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp?z=t&o=11&i=P>. Acesso em: 27 nov. 2010.

LOONEY, N.E.; GRANGER R.L.; CHU, C.L.; MANDER, L.N.; PHARIS, R.P. Influences of gibberellins A₄, A₄₊₇ and A_{4+iso-A7} on apple fruit quality and tree productivity. II. Other effects on fruit quality and importance of fruit position within the tree canopy. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v.67, n.6, p.841-847, 1992.

MEDJDOUB, R. **Evaluación del prohexadione-Ca para el control del crecimiento en manzano: efectos agronómicos y fisiológicos**. 2003. 247p. Tesis (Doctoral) - Universitat de Lleida.

MIQUELOTO, A. **Atributos minerais e aspectos fisiológicos relacionados com a ocorrência de “bitter pit” em maçãs.** 2011. 56p. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.

PAVICIC, N.; JEMRIC, T.; KURTANJEK, Z.; COSIC, T.; PAVLOVIC, I.; BLASKOVIC, D. Relationship between water-soluble Ca and other elements and bitter pit occurrence in ‘Idared’ apples: a multivariate approach. **Annals of Applied Biology**, Londres, v.145, n.2, p.193-196, 2004.

PEREIRA, L.B.; SIMIONI, F.J.; CARIO, S.A.F. Evolução da produção de maçã em Santa Catarina: novas estratégias em busca de maior competitividade. **Revista Ensaios FEE**, Porto Alegre, v.31, n.1, p.209-234, 2010.

PESIS, E.; IBÁÑEZ, A.M.; PHU, M.L.; MITCHAM, E.J.; EBELER, S.E.; DANDEKAR, A.M. Superficial scald and bitter pit development in cold-stored transgenic apples suppressed for ethylene biosynthesis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Columbus, v.57, n.7, p.2786-2792, 2009.

PETRI, J.L.; LEITE, G.B. Control of ‘Gala’ and ‘Fuji’ apple tree growth by prohexadione-Ca. In: International Symposium Plant Bioregulators in Fruit Production, 10., 2005, Saltillo. **Abstracts...** Saltillo, Mexico. p.41. 2005.

PICCHIONI, G.A., WATADA, A.E., CONWAY, W.S., WHITAKER, B.D., SAMS, C.E., Postharvest calcium infiltration delays membrane lipid catabolism in apple fruit. **Journal Agricultural and Food Chemistry**. Washington, v.46, n.7, p.2452–2457. 1998.

RADEMACHER, W.; KOBER, R. Efficient use of prohexadione Ca in pome fruits. **European Journal Horticultural Science**, Stuttgart, v.68, n.3, p.101-107, 2003.

RADEMACHER, W.; SPINELLI, F.; COSTA, G. Prohexadione-Ca: modes of action of a multifunctional plant bioregulator for fruit trees. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.727, p.97-106, 2006.

RAMÍREZ, H.; MANJARREZ, R. M. P.; BENAVIDES-MENDONZA, A.; SANCHEZ-LÓPES, A.; TORRES, V.R.; DAVILA, J.H. Efectos de prohexadione-Ca em tomate y su relación com la variación de la concentración de giberelinas y citocininas. **Revista Chapingo - Série Horticultura**, Chapingo, v.11, n.2, p.283-290, 2005.

SAS INSTITUTE. **Getting started with the SAS learning edition.** Cary: SAS, 2002. 200p.

SAURE, M.C. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.105, n.1, p.65-89, 2005.

SCHMIDT, T.R.; ELFVING, D.C.; MCFERSON, J.R.; WHITING, M.D. Gibberellic acid accelerates 'Honeycrisp', but not 'Cameo', apple fruit maturation. **Hortechology**, Chicago, v.18, n.1, p.39-44, 2008.

SCHRADER, L. E.; ZHANG, J.; SUN, J.; XU, J.; ELFVING, D.C.; KAHN, C. Postharvest changes in internal fruit quality in apples with sunburn browning. **Journal American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.134, n.1, p. 148-155, 2009

STEFFENS, C.A.; AMARANTE, C.V.T.; CHECHI, R.; SILVEIRA, J.P.G.; BRACKMANN, A. Aplicação pré-colheita de reguladores vegetais visando retardar a maturação de ameixas 'Laetitia'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.5, p.1369-1373, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 4ª edição. Sunderland: Sinauer Associates, 2006. 705p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise do solo, plantas e outros materiais**. 2. Ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

WHITE, P.J.; BROADLEY, M.R. Calcium in plants. **Annals of Botany**, Bristol, v.92, n.4, p.487-511, 2003.

WILKIE J.D.; SEDGLEY, M.; OLESEN, T. Regulation of floral initiation in horticultural trees. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.59, n.12, p.3215-3228, 2008.

YOLDER, K.S.; MILLER, S.S.; BYERS, R.E. Suppression of fire blight in apple shoots by prohexadione-calcium following experimental and natural inoculation. **HortScience**, Alexandria, v.34, n.7, p.1202-1204, 1999.

ZHANG, C.; LEE, U.; TANABE, K. Hormonal regulation of fruit set, parthenogenesis induction and fruit expansion in Japanese pear. **Plant Growth Regulation**, New York, v.55, n.3, p.231-240, 2008.

ZHANG, C.; WHITING, M. Pre-harvest foliar application of prohexadione-Ca and gibberellins modify canopy source-sink relations and improve quality and shelf-life of 'Bing'

sweet cherry. **Plant Growth Regulation**, New York, v.64, 2011 (doi: 10.1007/s10725-011-9584-z).