

DESORDENS FISIOLÓGICAS EM MACIEIRA INDUZIDAS POR DEFICIÊNCIA DE CÁLCIO E SEU CONTROLE.

PHYSIOLOGICAL DISORDERS IN APPLES RELATED WITH CALCIUM DEFICIENCY AND ITS CONTROL

- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA -

Auri Brackmann* Nerinéia Dalfollo Ribeiro**

RESUMO

Muitas das desordens fisiológicas que afetam os frutos estão relacionadas com baixo conteúdo de cálcio nos tecidos, sendo sua ocorrência diminuída quando há incremento deste nutriente. A deficiência de cálcio em macieira afeta os frutos que apresentam manchas de cortiça próximos a colheita e durante a frigoconservação. Em vista disto, é importante o estudo sobre a absorção, distribuição e funções bioquímicas, bem como a apresentação de alternativas para prevenir ou reduzir desordens fisiológicas causadas por deficiência de cálcio em macieira.

Palavras-chave: maçã, cálcio, distúrbios fisiológicos.

SUMMARY

Many physiological disorders are related with low calcium content in apple tissue and its occurrence decrease with increasing nutrient level. Calcium deficiency in apples fruits cause cork spot and bitter pit before harvesting and during storage. Therefore, it is important study absorption, distribution and biochemical functions and alternatives to prevent or reduce physiological disorders caused by calcium deficiency in apples.

Key words: apples, calcium, physiological disorders.

INTRODUÇÃO

O cálcio é um componente indispensável na constituição da lamela média e das paredes celulares e sua deficiência não é caracterizada por sintomas típicos nas folhas. Pela sua importância no desenvolvimento das raízes, a falta de cálcio resulta em sistema radicular debilitado, com morte das extremidades das raízes. Consequentemente ocorre prejuízo no desenvolvimento normal da parte aérea como um todo. O sintoma visível mais típico de deficiência de cálcio na macieira é o aparecimento de manchas de cortiça nos frutos próximos a colheita e durante a frigoconservação.

Muitas das desordens fisiológicas que afetam os frutos estão relacionadas com baixo conteúdo de cálcio nos tecidos, sendo sua ocorrência diminuída quando há incremento deste nutriente. SHEAR (1975) apresenta mais de 30 desordens fisiológicas induzidas por deficiência de cálcio, em diferentes espécies vegetais, e este número tende a aumentar a medida que novos estudos são realizados. Acredita-se que estas desordens ocorram devido a ineficiente distribuição do cálcio e não somente a absorção insuficiente deste elemento, devido a sua baixa mobilidade.

O cálcio tem merecido considerável atenção nos últimos anos, haja visto sua relação com desordens fisiológicas e devido a outros efeitos favoráveis, particularmente em frutos, onde ele pode reduzir a respiração, atrasar o amadurecimento, estender o período de armazenamento, incrementar a firmeza da polpa, aumentar o conteúdo de vitamina C e diminuir o apodrecimento durante o armazenamento (BANGERTH et al., 1972; SHARPLES & JOHNSON, 1977).

Em função disto, objetiva-se abordar princípios

* Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Adjunto, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, 97119-900. Santa Maria, RS.

** Engenheiro Agrônomo, Aluno do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, UFSM.

básicos envolvidos na absorção, distribuição e funções bioquímicas, bem como apresentar alternativas para prevenir ou reduzir desordens fisiológicas causadas por deficiência de cálcio em macieira.

1 - ABSORÇÃO DE CÁLCIO

O cálcio é absorvido da solução do solo na forma de cátion divalente (Ca^{2+}) de maneira passiva. Geralmente a concentração de Ca^{2+} na solução do solo é cerca de 10 vezes superior que a de K^+ , no entanto, a razão de absorção do Ca^{2+} é inferior. Este baixo potencial de absorção de Ca^{2+} ocorre, porque este somente pode ser absorvido pelas extremidades de raízes jovens, nas quais a parede celular da endoderme não está suberizada (CLARKSON & SANDERSON, 1978). O cálcio é absorvido, pelas raízes, por fluxo de massa, sendo que seu movimento, parece ser mais dependente da razão de transpiração da planta do que da elongação e interceptação radicular (BANGERTH, 1979).

2 - TRANSLOCAÇÃO

A maior parte do cálcio absorvido é transportada no xilema, embora, em macieiras jovens, tenha-se observado transporte no floema (STEBBINS et al, 1972). No entanto, BANGERTH (1979), apresenta evidências que permitem concluir que o cálcio, geralmente, não é móvel via floema.

Devido ao transporte via xilema ser considerado a principal rota de translocação do cálcio, muitos experimentos têm sido realizados para estudar os fatores que podem afetar este processo. O movimento ascendente se dá através de trocas em vasos condutores, mais do que pelo fluxo de massa. No solo, o Ca^{2+} é deslocado dos sítios de troca por outros cátions como Mg, Zn e Mn (MALAVOLTA, 1980). Sendo transportado pelo xilema, este se acumula nos órgãos da planta que apresentam altas taxas de transpiração, no caso as folhas. Nestas a concentração de cálcio pode ser até 100 vezes maior que no tecido do fruto (HIMELRICK & McDUFFIE, 1983).

Segundo SCHUMACHER (1975), as raízes de macieira têm limitada capacidade de absorção de cálcio. Durante praticamente todo o período de frutificação, os nutrientes e a água são fornecidos pelo floema, para o fruto e resultando daí uma deficiente oferta de cálcio, pois o floema transporta muito pouco este elemento. Concentrações muito altas de K e Mg, na presença de níveis satisfatórios de cálcio, podem induzir a formação de sintomas de distúrbios fisiológicos. Como o acúmulo de cálcio no fruto ocorre principalmente na fase inicial

do seu crescimento, um crescimento excessivo diluirá o cálcio no tecido do fruto. Além disso a alta atividade dos pontos de crescimento concorrem com os frutos por cálcio. Plantas excessivamente podadas produzem frutos com maior incidência de "bitter pit" e outros distúrbios. Quanto mais intensa a poda, maior o vigor da planta e, por conseqüência, piora o suprimento de cálcio nos frutos. Excessiva adubação nitrogenada, da mesma forma, aumenta o vigor da planta e o tamanho dos frutos e, conseqüentemente, diminui a concentração de cálcio.

3 - FUNÇÕES DO CÁLCIO EM PLANTAS

O cálcio é um nutriente não tóxico (CLARKSON & HANSON, 1980), mesmo em altas concentrações e apresenta importantes funções em plantas.

3.1 - Estabilidade da parede celular

Em contraste com outros nutrientes, alta proporção do total de Ca^{2+} nos tecidos da planta está localizado na parede celular (apoplasto). Esta distribuição única é resultado da abundância de sítios de ligação para Ca^{2+} em paredes celulares, bem como ao reduzido transporte de Ca^{2+} através da membrana plasmática no citoplasma (MARSCHNER, 1985). Em tecidos de armazenamento da maçã, a fração adsorvida de Ca^{2+} da parede celular pode ser superior a 90% do total (FAUST & KLEIN, 1974).

Na parede celular há duas áreas distintas com alta concentração de Ca^{2+} , a lamela média e a superfície externa da membrana plasmática. Em ambas as áreas, o Ca^{2+} tem funções estruturais essenciais: a regulação da permeabilidade das membranas e processos relacionados e no fortalecimento da parede celular, respectivamente.

Por outro lado, um decréscimo na rigidez da parede celular devido a deficiência de cálcio pode ser um fator importante na resistência do tecido ao ataque de fungos (SHARPLES & JOHNSON, 1977), bem como a rachaduras de frutos (BANGERTH, 1973). Estes efeitos do cálcio são, provavelmente, menos específicos que as interações com membranas.

Incrementos do conteúdo de Ca^{2+} nos frutos, por exemplo, através de pulverizações com sais de cálcio durante o desenvolvimento de frutos ou em imersão em solução de CaCl_2 em pós-colheita, aumenta a firmeza do fruto (COOPER & BANGERTH, 1976), diminui ou retarda sua maturação (WILLS et al, 1977), reduz a produção de etileno e ocorrência de podridão de *Penicillium expansum* (CONWAY & SAMS, 1987). Nas cultivares Golden Delicious e Fuji, a imersão pós-colheita em CaCl_2 manteve, além da firmeza de polpa, a acidez mais alta (BRACKMANN, 1992).^a

3.2 - Elongação celular

Na ausência de um suprimento exógeno de Ca^{2+} , a elongação celular cessa em poucas horas. Embora o cálcio esteja também envolvido na divisão celular, a paralisação do crescimento radicular, na ausência de cálcio exógeno, é primeiramente resultado da inibição da elongação celular. O papel do cálcio na elongação celular não está suficiente claro; há indicações, entretanto, que ele é requerido para incorporação de material dentro da parede celular (REISS & HERTH, 1978).

O crescimento do tubo polínico é dependente da presença de cálcio no meio, sendo também indispensável para germinação do grão de pólen, o que pode ser devido ao seu papel na síntese da parede celular ou ao funcionamento do plasmalema (MALAVOLTA, 1980).

3.3 - Estabilidade de membranas

O papel do cálcio na estabilidade de membranas não é somente de importância na absorção iônica, mas também em outros processos metabólicos. O seu papel na absorção iônica, particularmente na correção do efeito desfavorável da concentração hidrogeniônica excessiva é baseada no fato de que as auxinas, representadas pelo ácido indol acético (AIA), estimulam as células a excretar H^+ ; com isso baixa o pH da parede celular que se torna menos rígida, permitindo o aumento do volume celular. O abaixamento do pH parece ser causado por troca do Ca^{2+} por H^+ (MALAVOLTA, 1980). Características típicas de senescência, por exemplo, são similares àquelas de deficiência de cálcio e pode ser retardada por suplementação de cálcio (BANGERTH, 1979; MENGEL & KIRKBY, 1987). As características incluem um desarranjo e rompimento da compartimentação das células e um incremento na respiração, seguido de um "vazamento" de substratos respiratórios endógenos do vacúolo para enzimas do processo respiratório no citoplasma (BANGERTH, 1974).

Há três evidências que mostram a importância do cálcio para a estabilidade de membranas: (1) absorção iônica seletiva é intermediada por cálcio e este está localizado no plasmalema (EPSTEIN, 1961); (2) "Vazamento de células" está afetado por concentrações de cálcio em torno destas células (JONES & LUNT, 1967); (3) estudos usando microscópio eletrônico tem revelado importância única do cálcio para a estabilidade de membranas (MARINOS, 1962).

Teores baixos de cálcio prejudicam a permeabilidade seletiva das membranas, resultando em injúria das células e necrose. A coloração marrom de tecidos, que ocorre na maioria das desordens induzidas por deficiência de cálcio, pode ter como causa um incremento do "vazamento" de precursores fenólicos do vacúolo, dentro do citoplasma, com subsequente oxidação por

polifenoloxidase (FAUST & SHEAR, 1968). Mesmo membranas que foram altamente desorganizadas podem ser restruturadas por adição de cálcio (Marschner & Gunther, 1964 citados por BANGERTH, 1979).

Diversos eventos fisiológicos em células de frutos deficientes em cálcio podem ser relacionados ao prejuízo de funções da membrana. Por exemplo, a menor eficiência de absorção de sorbitol em células de frutos, provavelmente uma das razões para o distúrbio fisiológico "pingo de mel" e, o conseqüente desenvolvimento de degenerescência interna em maçãs, pode ser melhorado pela aplicação de cálcio, o qual reduz o "vazamento de sorbitol" e o desenvolvimento destas desordens (BANGERTH et al, 1972).

A correlação estabelecida entre conteúdo de cálcio da parede celular de frutos e sua taxa de respiração após a colheita pode ser explicada, em parte, por uma alteração da permeabilidade da membrana. Neste caso, o cálcio pode reduzir o catabolismo de substratos endógenos por limitar a difusão de substratos do vacúolo para enzimas respiratórias no citoplasma (BANGERTH et al, 1972). Diminuição da capacidade de armazenamento (SHARPLES & JOHNSON, 1977), bem como produção de certas substâncias tóxicas voláteis (BANGERTH, 1973) podem ser o resultado da aceleração da taxa de respiração induzida por deficiência de cálcio. Deficiência de cálcio pode também ser causada por alta taxa respiratória em tecidos foliares (PAL et al, 1973).

3.4 - Ativação enzimática

A concentração de Ca^{2+} no citoplasma e cloroplastos é muito baixa, isto para evitar sua precipitação e competição com o Mg^{2+} por sítios de ligação e inativação ou ativação incontrolada de certas enzimas. O controle do nível de Ca^{2+} no citoplasma, possivelmente deve ser exercido pela barreira da membrana celular. Há evidências de que a proteína ligante de Ca^{2+} , calmodulín, apresenta importante papel na regulação enzimática em células animais (MEANS & DEDMAN, 1980), também é importante em células vegetais para a regulação do Ca^{2+} livre no citosol e ativação de enzimas (MARMÉ, 1983; DIETER, 1984). Calmodulín é um composto de baixo peso molecular que se liga reversivelmente ao Ca^{2+} e com alta afinidade e seletividade. O calmodulín ativa uma série de enzimas chaves, como fosfolipases e NAD-Quinase (DIETER, 1984).

Em contraste com o magnésio, que é um grande ativador de enzimas, o Ca^{2+} , incrementa a atividade de menor número de enzimas. Estas incluem alfa-amilase, fosfolipases e ATPases (WYN JONES & LUNT, 1967).

Por outro lado, efeitos inibitórios do Ca^{2+} em várias enzimas, localizadas no citoplasma e nos cloroplastos, têm sido documentados. Hexodifosfatase e PEP carboxilase são dois exemplos de enzimas inibidas pelo

Ca^{2+} . Como a PEP carboxilase é uma enzima que participa na fixação de CO_2 em espécies C_4 , um baixo nível de Ca^{2+} livre nos cloroplastos é um pré-requisito para uma alta razão fotossintética. Em espécies C_3 , a fixação do CO_2 cessa abruptamente se a concentração de Ca^{2+} no estroma de cloroplastos atinge o nível de Mg^{2+} (PORTIS & HELDT, 1976).

3.5 - Interações do cálcio com outros minerais no solo

A absorção de cálcio é influenciada pela interação com outros íons, apresentando efeito de antagonismo ou sinergismo. Em presença de níveis altos de K^+ , Mg^{2+} e NH_4^+ , na solução do solo, há decréscimo na absorção de Ca^{2+} (antagonismo). Por sua vez, NO_3^- e PO_4^- , estimulam a absorção de Ca^{2+} (sinergismo).

Segundo SCHUMACHER (1975), alta dose de N aumenta a síntese de ácido aspártico, que por sua vez se combina com o cálcio. Uma alta síntese de ácido cítrico contribui de mesma forma para uma extração de cálcio da célula. É sabido que um alto teor de sulfato nas folhas contribui para um aumento de ácido cítrico. Convém, por isso, evitar o uso de fertilizantes que contenham altos níveis de sulfato. A experiência mostra que pomares com "mulching" normalmente são suscetíveis a "bitter pit". O "mulching" fornece grandes quantidades de nutrientes sob forma de húmus para o solo. Este húmus estimula a atividade microbiana e substâncias insolúveis ficam disponíveis para a planta, levando a um consumo de luxo e, com isso, a um desequilíbrio nutricional e mudanças nas características dos frutos. O "mulching" também favorece o abaixamento do pH e o acúmulo de ácidos no solo.

3.6 - Interações cálcio e fitohormônios

O fitohormônio etileno (C_2H_4), do mesmo modo que a deficiência de cálcio, induz alteração da permeabilidade da membrana, respiração, maturação e senescência (SUTLE & KENDE, 1978). Isto sugere que C_2H_4 pode estar intimamente envolvido no desenvolvimento de desordens induzidas por deficiência de cálcio.

Esta interação entre cálcio e C_2H_4 não está totalmente explorada, mas é um campo promissor para posteriores pesquisas não apenas com respeito a desordens induzidas por deficiência de cálcio, mas também com respeito à maturação e senescência, as quais podem ser retardadas por aplicações de cálcio ou remoção de C_2H_4 (POOVAIAH & LEOPOLD, 1973; SHARPLES & JOHNSON, 1977).

Interações entre o cálcio e outros fitohormônios têm sido relacionadas na literatura. Relações cálcio e auxinas na elongação celular tem sido estudadas (BURSTROM, 1968), podendo estas serem significativas no desenvolvimento de desordens induzidas por deficiência de cálcio (CRISP et al, 1976).

Fitohormônios, especialmente ácido abscísico e citocininas, podem afetar a absorção e translocação de cálcio para a parte aérea. Ácido abscísico diminui e citocininas aumentam o potencial da raiz em absorver água e influenciam na absorção do íon Ca^{2+} (BANGERTH, 1979).

4 - DEFICIÊNCIA DE CÁLCIO EM MACIEIRA

4.1 - Níveis de cálcio em frutos

A maior parte do cálcio presente no fruto por ocasião da colheita, foi absorvido na fase da divisão celular, quando o fruto recebe grande suprimento de água e nutrientes através do xilema. Esta fase estende-se do final da floração até cerca de 40 dias após a plena floração (BLEICHER & BENDER, 1986). Posteriormente, porém, a concentração de cálcio do fruto diminui devido ao efeito de diluição atingindo o valor mínimo 100 a 110 dias após a plena floração.

A concentração crítica de cálcio no fruto, para dar origem a distúrbios fisiológicos, é muito influenciada pela concentração de outros minerais, como K e Mg. Alta relação $\text{K}+\text{Mg}/\text{Ca}$ e relação K/Ca superior a 30 favorecem a ocorrência de distúrbios (SHARPLES, 1982; JOHNSON, 1984).

Tendo por base resultados práticos de pomares comerciais no Brasil, observa-se que maçãs com concentração de cálcio abaixo de 25ppm, quando analisada a polpa com casca, e dependendo da concentração de nitrogênio e potássio, têm grande probabilidade de apresentar distúrbios relacionados com deficiência de cálcio (BRACKMANN, 1992)^a.

4.2 - Caracterização dos distúrbios fisiológicos induzidos por deficiência de cálcio

"Bitter Pit"

O "bitter pit" tem sido um dos distúrbios mais estudados, haja visto sua grande ocorrência em maçãs no pomar e durante a frigoconservação em todos os países onde a macieira é cultivada. Aparecem pequenas manchas deprimidas e de coloração escura sobre a película, devido a morte de células (FORTES & PETRI, 1982). As manchas logo abaixo da película se tornam de aspecto corticoso e seco, sendo encontradas, normalmente, na metade inferior do fruto, ou seja, próximo da cavidade pistilar, conferem gosto amargo ao tecido, daí a denominação "bitter pit" (mancha amarga). Alta relação K/Ca aumenta a ocorrência do "bitter pit" (FANKHAUSER, 1984).

No Sul do Brasil, a cultivar Golden Delicious é a mais suscetível ao "bitter pit". Porém em condições fa-

voráveis para o desenvolvimento desse distúrbio, outras cultivares como Gala, Fuji e Granny Smith também são afetadas em percentual significativa.

O armazenamento em atmosfera controlada geralmente controla a ocorrência de "bitter pit", permitindo que frutos armazenados nestas condições tenham níveis mais baixos de cálcio (JOHNSON, 1984).

Depressão Lenticelar

Este distúrbio se diferencia do "bitter pit" pelo fato de ocorrer somente na epiderme do fruto, enquanto o primeiro ocorre também na polpa do mesmo. É de ocorrência comum em maçãs frigorificadas, caracterizando-se pelo aparecimento de manchas marrons, deprimidas e arredondadas na epiderme do fruto (SCHUMACHER, 1975). Inicialmente estas manchas estão localizadas em torno das lenticelas, mas com o tempo podem coalescer. Cultivares de maçã com casca clara, como a Golden Delicious, mostram manchas avermelhadas. Sob condições de deficiência de cálcio há o enfraquecimento das lenticelas com, conseqüente, formação de rachaduras, avermelhamento e apodrecimento das lenticelas.

Nas cultivares Gala e Fuji, a "depressão lenticelar" ocorre, geralmente, logo após a colheita, enquanto na cultivar Golden Delicious os sintomas aparecem, normalmente, durante o armazenamento.

Jonathan Spot

Manchas marrons a pretas de 1-3mm em torno das lenticelas, caracterizam este distúrbio. Como as lenticelas são órgãos responsáveis pela transpiração e respiração do fruto, ocorrem, nesse local, oxidações com o conseqüente escurecimento do conteúdo celular (SCHUMACHER, 1975). Ocorre principalmente na cultivar Jonathan, podendo afetar outras cultivares, quando as condições de manifestação deste distúrbio forem propícias. Além de pulverizações com cálcio, colheita no ponto adequado de maturação, diminui sua ocorrência.

Degenerescência Interna

Os primeiros sinais típicos da "degenerescência interna" consistem de descoloração amarronzada e polpa do fruto farinhento, que é visível somente quando o fruto é cortado (FORTES & PETRI, 1982). Um sintoma mais avançado inclui também o aparecimento de manchas necróticas na superfície dos frutos afetados. A mudança bioquímica mais importante no tecido afetado é um acúmulo de aldeído acético. Esta substância é tóxica para a polpa da maçã e induz, sob condições experimentais, a degenerescência da polpa (BLEICHER & BENDER, 1986). Aldeído acético é produzido por descarboxidação de piruvato pela enzima piruvato descarboxilase, uma enzima altamente ativa nos estádios de ma-

turação e senescência do fruto. Aldeído acético também é formado através da respiração anaeróbica de tecidos senescentes com estrutura celular em desagregação.

As condições que propiciam maior incidência deste distúrbio consistem de plantas com baixa frutificação e com frutos grandes, frutos colhidos tardiamente e uso excessivo de adubações nitrogenadas (SCHUMACHER, 1975; FORTES & PETRI, 1982). A ocorrência, no entanto, pode ser diminuída com a utilização de pulverizações foliares com cálcio.

Pingo de Mel (Watercore)

Os sintomas ocorrem, geralmente, no fruto a nível de campo. Caracteriza-se por pontos da polpa transparentes com altos teores de água, sendo que a região intercelular está preenchida totalmente com suco celular. Quando os sintomas são pequenos, em torno dos vasos e da região alveolar, o suco é absorvido pelas células e os sintomas desaparecem durante o armazenamento. No entanto, manchas grandes escurecem durante o armazenamento, como na degenerescência interna, por isso, muitas vezes, se torna difícil distinguir desta.

Os fatores que causam o "bitter pit" são também responsáveis pela ocorrência de "pingo de mel" (Perring, 1971, citado por SCHUMACHER, 1975). Sob alta relação folha/fruto, as folhas concorrem com os frutos por cálcio, fornecendo, para estes, excesso de sorbitol. Sorbitol é uma forma importante de translocação dos carboidratos sintetizados nas folhas para os frutos. Tecido afetado por "pingo de mel" não tem habilidade de converter sorbitol em frutose. Esta reação requer cálcio para a ativação e/ou biossíntese da enzima "sorbitol desidrogenase" e a deficiência deste nutriente limita a produção de frutose.

GUR (1987) observou que baixa concentração de cálcio está relacionado com alto nível de acidez, aldeído acético e sorbitol, sendo que estes frutos perderam a firmeza de polpa mais rapidamente e, possivelmente, o alto nível de sorbitol contribuiu para o aparecimento de sintomas de "pingo de mel".

Um desequilíbrio entre cálcio, sorbitol e nitrogênio associado a maturação muito avançada parece ser a causa principal da formação deste distúrbio. Além disso, altas temperaturas e frutos ensolarados podem favorecer sua ocorrência. Segundo Maurer (1973), citado por SCHUMACHER (1975), as oscilações extremas de temperatura favorecem a degradação de amido, em determinados pontos da polpa, em açúcares. Nestes pontos há aumento da pressão osmótica com, conseqüente, incremento da absorção de água e do volume da célula. Assim, as células repletas de água se contactam umas com as outras, fazendo desaparecer o espaço intracelular, dando um aspecto vítreo e transparente a polpa do fruto. As maçãs afetadas são doces, mas insípidas, sendo, muitas vezes, preferidas pelos consumidores. Este

distúrbio não ocorre em frutos com alto teor de cálcio e aplicações de CaCl_2 reduzem sua incidência.

5 - CONTROLE DE DISTÚRBIOS FISIOLÓGICOS CAUSADOS PELA DEFICIÊNCIA DE CÁLCIO

Baseado em diversos autores (SCHUMACHER, 1975; SHEAR & FAUST, 1985; EMPASC, 1991), sugere-se um manejo adequado do pomar e dos frutos após a colheita para reduzir ou evitar distúrbios fisiológicos decorrentes da deficiência de cálcio. As práticas culturais recomendadas são:

- a) Evitar poda drástica para manter baixa relação folha/fruto. A poda diminui o volume de produção originando frutos maiores com menor concentração de cálcio. Poda drástica também poderá dar origem a ramos vegetativos vigorosos que competirão com os frutos por cálcio.
- b) Melhorar a iluminação interna da copa, pois o sombreamento torna os frutos mais sensíveis a distúrbios relacionados com deficiência de cálcio, talvez devido a menor transpiração.
- c) Evitar raleio excessivo de frutos. Da mesma forma como a poda, o raleio aumenta o vigor da planta e o tamanho dos frutos, que terão menor concentração de cálcio.
- d) Levar em consideração que "mulching" aumenta a oferta de nutrientes e diminui o pH do solo, por isso diminuir a produção de massa verde na segunda metade do período vegetativo.
- e) Efetuar irrigações em período de seca, mas ter cautela com irrigações excessivas que podem aumentar o vigor.
- f) Diminuir a adubação potássica, pois este nutriente aumenta a lixiviação de cálcio no solo e a relação K/Ca no fruto.
- g) Evitar excesso de fertilizantes nitrogenados, pois aumentam o vigor e o tamanho dos frutos, diminuindo a concentração de cálcio.
- h) Evitar a utilização de nitrogênio na forma amoniacal antes ou logo após o florescimento.
- i) Diminuir a adubação com magnésio para evitar a concorrência com cálcio.
- j) Manter o nível adequado de boro na planta.
- l) Aplicar calcário não somente na instalação do pomar, mas durante a sua vida útil.
- m) Aplicar, no mínimo, cinco pulverizações quinzenais com 0,6% de CaCl_2 , dirigidas principalmente aos frutos. Pulverizações em dias nublados ou a noite provocam menos danos as folhas.
- n) Efetuar a colheita no ponto adequado de maturação e rápido armazenamento. Maturação muito avançada, bem como o retardamento do armazenamento em frio ou atmosfera controlada torna os frutos mais

suscetíveis a distúrbios fisiológicos.

- o) Realizar a imersão dos frutos após a colheita numa solução de 2% de CaCl_2 , com adição de espalhante adesivo e, de preferência, durante o hidrosfriamento.
- p) Armazenar os frutos em câmaras de atmosfera controlada. A ocorrência de distúrbios fisiológicos pode ser diminuída ou evitada pelo retardamento da maturação durante o armazenamento em atmosfera controlada.
- q) Selecionar porta-enxertos que apresentem maior capacidade de extração de cálcio do solo.

TRABALHO NÃO PUBLICADO

a - BRACKMANN, A., 1992. Departamento de Fitotecnia da UFSM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANGERTH, F. Calcium-related physiological disorders of plants. *Ann Rev Phytopathol*, Palo Alto, Califórnia, v. 17, p. 97-122, 1979.
- BANGERTH, F. Investigations upon Ca related physiological disorders. *Phytopathol Z*, v. 77, p. 20-37, 1973.
- BANGERTH, F. Second discussion meeting on bitter pit in apples. *Acta Horti*, Wageningen - Holanda, v. 45, p. 43-52, 1974.
- BANGERTH, F., DILLEY, D.R., DEWEY, D.H. Effect of postharvest calcium treatments on internal breakdown and respiration of apple fruits. *J Am Soc Hortic Sci*, Alexandria - USA, v. 97, p. 679-682, 1972.
- BLEICHER, J., BENDER, R.J. *Manual da Cultura da Macieira* Florianópolis: EMPASC/ACARESC, 1986. 562 p.
- BRUSTROM, H. Calcium and plant growth. *Biol Rev*, v. 43, p. 287-316, 1968.
- CLARKSON, D.T., HANSON, J.B. The mineral nutrition of higher plants. *Ann Rev Plant Physiol*, v. 31, p. 239-298, 1980.
- CLARKSON, D.T., SANDERSON, J. Sites of absorption and translocation of iron in barley roots. Tracer and microautoradiographic studies. *Plant Physiol*, Rockville, v. 61, p. 731-736, 1978.
- CONWAY, W.S., SAMS, C.E. The effects of postharvest infiltration of calcium, magnesium, or strontium on decay, firmness, respiration, and ethylene production in apples. *J Am Soc Hortic Sci*, Alexandria - USA, v. 112, n. 2, p. 300-303, 1987.
- COOPER, T., BANGERTH, F. The effect of Ca and Mg treatments on the physiology, chemical composition and bitter pit development of "Cox's Orange" apples. *Sci Horti*, v. 5, p. 49-57, 1976.

- CRISP, P., COLLIER, G.F., THOMAS, T.H. The effect of boron on thiplourn and auxin activity in lecttuce. *Sci Hortiç*, v. 5, p. 215-226, 1976.
- DIETER, P. Calmodulin and calmodulin-mediated processes in plants. *Plant, Cell Environ*, New York, v. 7, p. 371-380, 1984.
- EMPASC. Sistema de produção para a cultura da macieira Florianópolis: EMPASC/ACARESC. 3 rev. 1991. 71 p.
- EPSTEIN, E. The essential role of calcium in selective cation transport by plant cells. *Plant Physiol*, Rockville, v. 36, p. 437-444. 1961.
- FANKHAUSER, F. Deskriptive statistik als hilfsmittel zur abklaerung der stippigkeit bei der apfelsorte gravensteiner. In: PROC. OF THE WORKSHOP ON POME-FRUIT-QUALITY, 1984, Bonn. *Anal.* Bonn, Universitat Bonn, 1984, 624 p. p. 259-273.
- FAUST, M., KLEIN, J.D. Levels and sites of metabolically active calcium in apple fruit. *J Am Soc Hortiç Sci*, Alexandria - USA, v. 99, p. 93-94, 1974.
- FAUST, M., SHEAR, C.B. Corking disorders of apples: a physiological and biochemical review. *Bot Rev*, New York, v. 34, p. 441-469, 1968.
- FORTES, G.R.L., PETRI, J.L. Distúrbios fisiológicos em macieira e seu controle Florianópolis: EMPASC/ACARESC, 1982. 34 p. Boletim Técnico, 3.
- HILMERICK, D.G., McDUFFIE, R.F. The calcium cycle: uptake and distribution in apple trees. *HortScience*, Virgínia, v. 18, n. 2, p. 147-151, 1983.
- GUR, A. Root hypoxia and storage breakdown of "Jonathan" apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria - USA, v. 112, n. 5, p. 777-783, 1987.
- JOHNSON, D.S. Late storage corking - a physiological disorder of cox's orange pippin apples stored in ultra-low oxigen conditions. In: PROC. OF THE WORKSHOP ON POME-FRUIT-QUALITY, 1984, Bonn. *Anal.* Bonn, Universitat Bonn, 1984, 624 p. p. 287
- JONES, R.G.W., LUNT, O.R. The function of calcium in plants. *Bot Rev*, New York, v. 33, p. 407-426, 1967.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: CERES, 1980. 251 p.
- MARMÉ, D. Calcium transport and function. In: LAUCHLI, A., BIELESKI, R.L. *Encyclopedia of Plant Physiology, New Series*. Springer-Verlag: Berlin and New York, 1983, v. 15B, p. 599-625.
- MARINOS, N.G. Studies on submicroscopic aspects of mineral deficiencies. I. Calcium deficiency in the shoot apex of barley. *Am J Bot*, Iowa, v. 49, p. 834-841, 1962.
- MARSCHNER, H. *Plant Nutrtion*. Stuttgart: Universitat Hohenheim, 1985. 649 p.
- MEANS, A.R., DEDMAN, J.R. Calmodulin - an intracelular calcium receptor. *Nature*, London, n. 285, p. 73-77, 1980.
- MENGEL, K., KIRKBY, E.A. *Principles of plant nutrition*. Bern: International Potash Institute, 1987. 687 p.
- PAL, R.N., RAI, V.K., LALORAYA, M.M. Calcium in relation to respiratory activity of peanut and linseed plants. *Biochem Physiol Pflanz*, Amsterdam, v. 164, p. 258-265, 1973.
- POOVAIAH, B.W., LEOPOLD, A.C. Deferral of leaf senescence with calcium. *Plant Physiol*, Rockville, v. 52, p. 236-239, 1973.
- PORTIS, A.R.Jr., HELDT, H.W. Light-dependent changes of the Mg concentration in the stroma in relation to the Mg depending of CO₂ fixation in intact chloroplasts. *Biochem Biophys Acta*, Amsterdam, v. 449, p. 434-446, 1976.
- REISS, H.D., HERTH, W. Visualization of the Ca - gradient in growing pollen tubers of *Lilium longiflorum* with chorotetracycline fluorescence. *Protoplasma*, New York, v. 97, p. 373-378, 1978.
- SCHUMACHER, R. *Die Fruchtbarkeit der Obstgehoeelza*. Stuttgart: Eugen Ulmer, 1975. 160 p.
- SHARPLES, R.O. Effects of ultra-low oxygen conditions on the storage quality of English Cox's Orange Pippin apples. In: CONTROLLED ATMOSPHERE STORAGE AND TRANSPORT OF PERISHABLE AGRICULTURAL COMMODITIES. Symposium Series n. 1, Oregon State University, 548 p. p. 131-138, 1982.
- SHARPLES, R.O., JOHNSON, D.S. The influence of calcium on senescence changes in apple. *Ann Appl Biol*, v. 85, p. 450-453, 1977.
- SHEAR, C.B. Calcium related disorders of fruits and vegetables. *HortScience*, Virginia, v. 10, p. 361-365, 1975.
- SHEAR, C.B., FAUST, M. Não negligencie cálcio na dieta de sua macieira. *Jornal AGAPOMI*, Vacaria, p. 7, Dez 1985.
- STEBBINS, R.L., DEWEY, D.H., SHULL, V.E. Calcium crystals in apple stem, petiole and fruit tissue. *HortScience*, Virginia, v. 7, p. 492-493, 1972.
- SUTTLE, J.C., KENDE, H. Ethylene and senescence in petals of *Tradescantia*. *Plant Physiol*, Rockville, v. 62, p. 267-271, 1978.
- WILLS, R.B.H., TIRMAZI, S.I.H., SCOTT, K.J. Use of calcium to delay ripening of tomatoes. *HortScience*, Virginia, v. 12, p. 551-552, 1977.
- WYN JONES, R.G., LUNT, O.R. The function of calcium in plants. *Bot Rev*, New York, v. 33, p. 407-426, 1967.