

## Previsão de *bitter pit* em maçãs por meio da infiltração de $Mg^{2+}$ e da aplicação de ethephon nos frutos

Prediction of bitter pit in apples through  $Mg^{2+}$  infiltration and ethephon application on fruits

Ivan Sestari<sup>I</sup> Daniel Alexandre Neuwald<sup>II</sup> Anderson Weber<sup>II</sup> Auri Brackmann<sup>II</sup>

### - NOTA -

#### RESUMO

Estudou-se o efeito da infiltração de magnésio e cálcio no desenvolvimento de sintomas de *bitter pit* de maçãs 'Gala'. Examinou-se, também, a eficiência da infiltração de magnésio e da aceleração da maturação de maçãs 'Royal Gala' como métodos de previsão da ocorrência de *bitter pit* após o armazenamento. No primeiro experimento, maçãs 'Gala' foram infiltradas com  $MgCl_2$ ,  $CaCl_2$  ou  $MgCl_2$  mais  $CaCl_2$ . No segundo experimento, maçãs 'Royal Gala' foram infiltradas com  $MgCl_2$  ou imersas em solução contendo ethephon por cinco minutos. Como controle, frutos de cada cultivar foram armazenados em atmosfera controlada por seis meses mais 18 dias a 20°C. Frutos infiltrados com  $MgCl_2$  apresentaram significativo acréscimo na incidência e severidade de *bitter pit*, proporcional à concentração de  $MgCl_2$  na solução. Frutos infiltrados com  $CaCl_2$  não apresentaram sintomas de *bitter pit*. A aceleração da maturação de maçãs 'Royal Gala' na colheita foi efetiva na previsão de *bitter pit* após o armazenamento.

**Palavras-chave:** distúrbios fisiológicos, cálcio, sistemas predictivos, qualidade de frutos.

#### ABSTRACT

The effect of magnesium and calcium infiltration on bitter pit symptoms development in Gala apples was studied. It was also examined the efficiency of magnesium infiltration and the ripening hastening of Royal Gala apples as a predictive methods of bitter pit occurrence after storage. In the first experiment, Gala apples were infiltrated with  $MgCl_2$ ,  $CaCl_2$ , or  $MgCl_2$  plus  $CaCl_2$ . In the second experiment Royal Gala apples were infiltrated with  $MgCl_2$  or immersed into solution containing ethephon during five minutes. As a control a sample of each cultivar was stored in controlled atmosphere during 6 months

plus eighteen days at 20°C. Fruits infiltrated with  $MgCl_2$  showed increased incidence and severity of bitter pit proportional to the  $MgCl_2$  concentration in the solution. Infiltration with  $CaCl_2$  prevents bitter pit-like symptoms. The ripening hastening of Royal Gala apples at harvest was effective on the bitter pit prediction after storage.

**Key words:** physiological disorders, calcium, prediction systems, fruit quality.

Embora o *bitter pit* seja um dos distúrbios fisiológicos mais amplamente estudados, sua causa não está completamente caracterizada, permanecendo um sério problema pós-colheita em várias regiões produtoras de maçãs.

A análise do conteúdo de cálcio nos frutos tem sido comumente empregada na predição de *bitter pit* (PERRING, 1986). Geralmente, frutos com *bitter pit* apresentam baixo conteúdo de cálcio, especialmente em relação ao conteúdo de magnésio (KIM & LEE, 2000). Contudo, o cálcio não é distribuído uniformemente na polpa do fruto, e frequentemente seu conteúdo é variável entre pomares e cultivares. Assim, a análise do cálcio nos frutos pode levar a conclusões inválidas, não sendo um parâmetro confiável para a predição de ocorrência do *bitter pit* (FERGUSON & WATKINS, 1989).

Alternativamente, o desenvolvimento de lesões induzidas pelo magnésio tem sido proposto

<sup>I</sup>Departamento de Ciências Biológicas, Universidade de São Paulo (USP), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", CP 9, 13418 900, Piracicaba, SP, Brasil. E-mail: isestari@esalq.usp.br. Autor para correspondência.

<sup>II</sup>Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil.

como um método alternativo para avaliar a ocorrência do *bitter pit* (BURMEISTER & DILLEY 1991; RETAMALES et al., 2000). Por meio da infiltração de maçãs com  $MgCl_2$ , BURMEISTER & DILLEY (1991) induziram sintomas semelhantes ao *bitter pit* e demonstraram que frutos com baixo conteúdo de cálcio são mais suscetíveis a lesões induzidas pelo magnésio.

Nesse sentido, estudou-se o efeito da infiltração de magnésio e cálcio no desenvolvimento de sintomas de *bitter pit* de maçãs 'Gala'. Além disso, foi avaliada a eficiência da infiltração de magnésio e da aceleração da maturação de maçãs 'Royal Gala' como métodos de previsão da ocorrência de *bitter pit* após o armazenamento em atmosfera controlada.

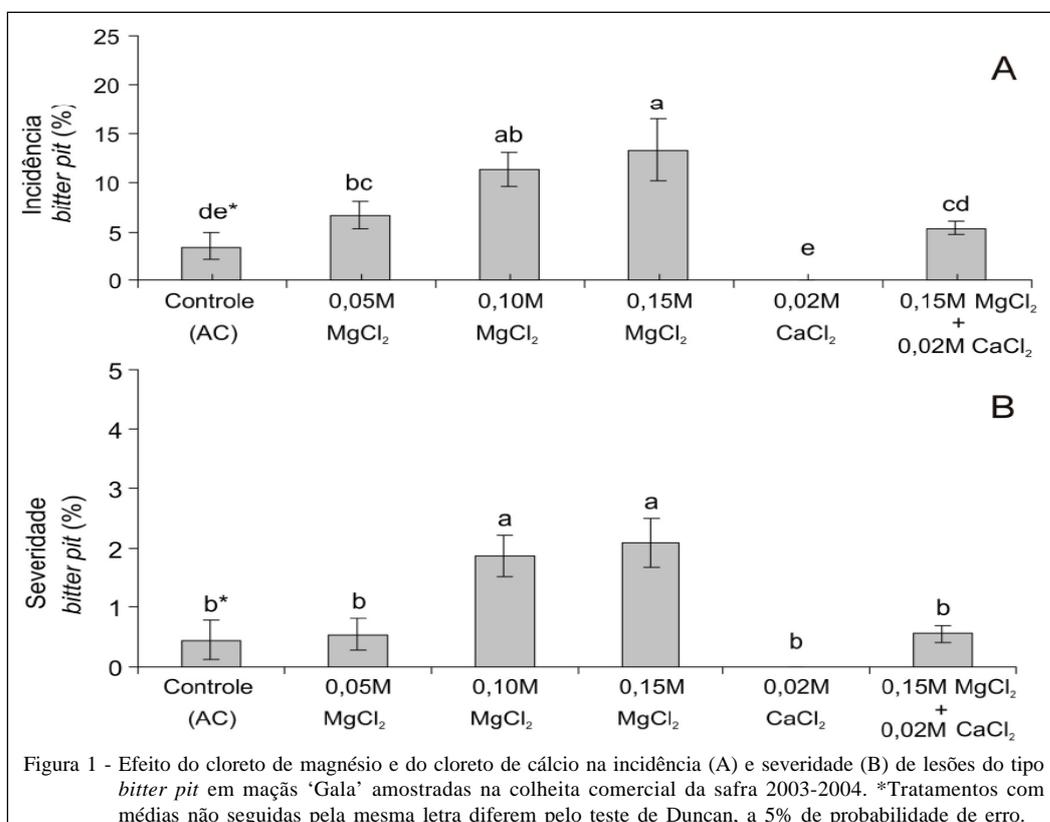
No primeiro experimento, maçãs 'Gala' foram amostradas na colheita comercial e infiltradas sob vácuo de 100mmHg por dois minutos, em soluções de  $MgCl_2$  (0,05M; 0,10M; 0,15M); solução 0,02M de  $CaCl_2$ ; e solução 0,15M de  $MgCl_2$  mais 0,02M de  $CaCl_2$ .

No segundo experimento, maçãs 'Royal Gala' foram amostradas na colheita comercial e infiltradas com solução 0,10M de  $MgCl_2$ ; ou imersas em solução contendo 2500nL L<sup>-1</sup> de ethephon por cinco minutos, sob agitação moderada. Em todas as soluções de infiltração ou imersão, foram adicionados 0,01% do

surfactante Iharaguen® e 0,4M de sorbitol. Em ambos os experimentos, após os tratamentos, os frutos foram armazenados a 20°C ( $\pm 0,3^\circ C$ ), com umidade relativa (UR) de 85% ( $\pm 5\%$ ), durante 18 dias. Como controle, uma amostra de quatro repetições de 20 frutos de cada pomar foi armazenada em atmosfera controlada (AC). As condições de AC para ambas as cultivares foram: 1,5kPa O<sub>2</sub> + 3,0kPa CO<sub>2</sub> com UR de 95 a 97% e temperatura de +0,5°C. Após seis meses de armazenamento, os frutos foram expostos por 18 dias a 20°C, quando então foram avaliadas a incidência e a severidade de *bitter pit*.

O delineamento foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições e unidade experimental de 20 frutos. Os valores expressos em porcentagem foram transformados pela fórmula arco seno $\sqrt{x/100}$  antes da análise da variância. Para a comparação entre médias, adotou-se o teste de Duncan, a 5% de probabilidade de erro.

Maçãs 'Gala' infiltradas com íons  $Mg^{2+}$  exibiram, após 18 dias de exposição a 20°C, sintomas morfológicamente semelhantes ao *bitter pit*, enquanto os frutos infiltrados com cálcio não apresentaram sintoma de *bitter pit* no mesmo período (Figura 1A e 1B). Em concordância com observações reportadas anteriormente por outros pesquisadores (BURMEISTER & DILLEY, 1991; RETAMALES et al.,



2000), verificou-se, neste estudo, que frutos individuais apresentaram grande variabilidade na susceptibilidade ao *bitter pit*. Enquanto alguns frutos infiltrados com as soluções de  $Mg^{2+}$  desenvolveram individualmente várias lesões, outros desenvolveram pouca ou nenhuma lesão.

A incidência e a severidade das lesões do tipo *bitter pit* foram significativamente maiores em frutos infiltrados com  $MgCl_2$  e o acréscimo na incidência de lesões em maçãs 'Gala' foi proporcional à concentração molar de  $MgCl_2$  presente na solução de infiltração (Figura 1A e 1B). Em maçãs 'Tsugaru', KIM & LEE (2000) verificaram que a ocorrência de lesões induzidas pela infiltração de magnésio foi proporcional à concentração de  $Mg^{2+}$  presente na casca dos frutos infiltrados. Além disso, esses mesmos autores concluíram que a concentração de magnésio é negativamente correlacionada com a concentração de cálcio na casca. BURMEISTER & DILLEY (1994) sugerem que o  $Mg^{2+}$  extracelular suprido pela infiltração pode afetar o suprimento de íons  $Ca^{2+}$  no apoplasto de maçãs, alterando a capacidade de a célula regular as concentrações citosólicas de  $Ca^{2+}$ . Isso por sua vez, interfere no papel do cálcio como mensageiro secundário por meio do colapso da homeostase celular, resultando no aparecimento do *bitter pit*.

A infiltração de maçãs 'Gala' com  $Mg^{2+}$ , independente da concentração molar presente na solução de infiltração, superestimou a incidência real de *bitter pit*, observada nos frutos armazenados em

AC. Possivelmente, o baixo percentual de incidência e de severidade de *bitter pit* verificado nos frutos em AC pode ser atribuído à redução do metabolismo decorrente da redução da pressão parcial de oxigênio e elevação da pressão parcial de dióxido de carbono praticada durante o armazenamento. Por outro lado, a ausência de lesões de *bitter pit* em maçãs infiltradas com solução 0,02M de cloreto de cálcio possivelmente decorra de um pequeno acréscimo na concentração de cálcio na casca dos frutos, o que favoreceu uma maior relação  $Ca^{2+}/Mg^{2+}$ , evitando o desenvolvimento dos sintomas.

A associação do cloreto de cálcio (0,02M) com o cloreto de magnésio (0,15M) na solução de infiltração proporcionou significativa redução da incidência e severidade das lesões quando comparado aos percentuais induzidos pelas concentrações molares de 0,10M e 0,15M de  $MgCl_2$  (Figura 1A e 1B). A inclusão do  $Ca^{2+}$  na solução de infiltração juntamente com o  $Mg^{2+}$  provavelmente reduziu o efeito do  $Mg^{2+}$  como agente indutor de lesões, em decorrência de um acréscimo na concentração citosólica de  $Ca^{2+}$ , que, por sua vez, alterou o equilíbrio entre esses cátions, o que favoreceu a manutenção da homeostase celular (BURMEISTER & DILLEY, 1991).

Com relação aos resultados obtidos, comparando-se a eficiência da infiltração de íons  $Mg^{2+}$  com a aceleração da maturação de frutos da cultivar 'Royal Gala' verificou-se que a incidência das lesões do tipo *bitter pit* em frutos amostrados na colheita comercial foi menor nos frutos do pomar 3 (Tabela 1). A infiltração

Tabela 1 - Incidência e severidade de *bitter pit*, real após o armazenamento em AC e prevista por meio de métodos, em maçãs 'Royal Gala' amostradas na colheita comercial, em três pomares na safra 2003-2004.

| -----Incidência de <i>bitter pit</i> (%) <sup>1</sup> ----- |         |         |         |        |
|---|---------|---------|---------|--------|
|   | Pomar 1 | Pomar 2 | Pomar 3 | Média  |
| Controle (AC)   | 9,40*   | 10,20   | 7,66    | 9,08b  |
| $MgCl_2$ 0,10M  | 13,10   | 14,65   | 12,38   | 13,37a |
| Ethephon 2500 nL L <sup>-1</sup>                            | 9,05    | 8,29    | 7,13    | 8,15b  |
| Média   | 10,51A  | 11,04A  | 9,05B   |        |
| CV (%)  | 3,70    |         |         |        |
| -----Severidade de <i>bitter pit</i> (%) <sup>2</sup> ----- |         |         |         |        |
|   | Pomar 1 | Pomar 2 | Pomar 3 | Média  |
| Controle (AC)   | 1,21**  | 2,84    | 1,42    | 1,82b  |
| $MgCl_2$ 0,10M  | 3,35    | 3,50    | 1,69    | 2,84a  |
| Ethephon 2500 nL L <sup>-1</sup>                            | 1,98    | 0,94    | 0,88    | 1,26b  |
| Média   | 2,18A   | 2,43A   | 1,33A   |        |
| CV (%)  | 14,65   |         |         |        |

<sup>1</sup> Incidência: percentual de frutos com sintoma característico de *bitter pit*.

<sup>2</sup> Severidade: percentual de lesões por fruto com sintoma característico de *bitter pit*.

\*\* Tratamentos com médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, diferem pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade de erro.

de frutos em solução 0,1M de  $MgCl_2$  superestimou em 47% a incidência e em 56% a severidade de *bitter pit* em relação ao tratamento controle (AC). Esse resultado está em conformidade com outro trabalho anteriormente realizado (KIM & LEE, 2000), o qual verificou redução na capacidade predictiva da infiltração de magnésio à medida que a amostragem dos frutos se aproxima da colheita comercial. Entretanto, para frutos da cultivar 'Royal Gala' amostrados na colheita comercial, SESTARI (2006) verificou que a infiltração com  $Mg^{2+}$  foi eficiente na predição da incidência de *bitter pit* após o armazenamento em atmosfera controlada.

A aceleração da maturação de maçãs 'Royal Gala' por meio da imersão dos frutos em solução contendo ethephon foi eficiente em prever percentuais de incidência e severidade do *bitter pit* após o armazenamento em AC, pois os valores foram estatisticamente iguais (Tabela 1). Segundo FERGUSON & WATKINS (1989), a maturação dos frutos é um importante fator a ser considerado na colheita, pois influencia diretamente o subsequente desenvolvimento de *bitter pit* em frutos com baixo conteúdo de cálcio. Dessa forma, a aceleração da maturação dos frutos por meio da aplicação de etileno foi favorecida pelo fato de os frutos estarem mais sensíveis à ação do etileno na colheita, exteriorizando rapidamente os sintomas do *bitter pit*.

A infiltração de cloreto de magnésio na colheita promove o desenvolvimento de sintomas de *bitter pit* em maçãs 'Gala' e 'Royal Gala'. Sintomas de *bitter pit* resultantes da deficiência de cálcio ou toxidez de magnésio são controlados pela infiltração de cloreto de cálcio na colheita.

A aceleração da maturação de maçãs 'Royal Gala' na colheita é eficaz como método de previsão de *bitter pit* após o armazenamento.

## REFERÊNCIAS

BURMEISTER, D.M.; DILLEY, D.R. Induction of bitter pit-like symptoms on apples by infiltration with  $Mg^{2+}$  is attenuated by  $Ca^{2+}$ . **Postharvest Biology and Technology**, v.1, p.11-17, 1991. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/0925-5214\(91\)90015-4](http://dx.doi.org/10.1016/0925-5214(91)90015-4)>. Acesso em: 15 jan. 2009. doi: 10.1016/0925-5214(91)90015-4.

BURMEISTER, D.M.; DILLEY, D.R. Correlation of bitter pit on Northern Spy apples with bitter pit-like symptoms induced by  $Mg^{2+}$  salt infiltration. **Postharvest Biology and Technology**, v.4, p.301-301, 1994. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/0925-5214\(94\)90041-8](http://dx.doi.org/10.1016/0925-5214(94)90041-8)>. Acesso em: 12 jan. 2009. doi: 10.1016/0925-5214(94)90041-8.

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

KIM, W.S.; LEE, H.J. Prediction of bitter pit in 'Tsugaru' apple fruits induced by  $Mg^{2+}$  toxicity before harvest and its reduction by  $Ca^{2+}$  supply after harvest. **Journal of the Korean Society for Horticultural Science**, v.41, n.1, p.7-11, 2000.

PERRING, M.A. Incidence of bitter pit in relation to the calcium content of apples: problems and paradoxes, a review. **Journal of the Science for Food and Agriculture**, v.37, p.591-606, 1986. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2740370702>>. Acesso em: 08 jan. 2009. doi: 10.1002/jsfa.2740370702.

RETAMALES, J.B. et al. Bitter pit prediction in apples through Mg infiltration. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.512, p.169-179, 2000.

SESTARI, I. **Avaliação de métodos para predição do potencial de ocorrência de bitter pit em maçãs**. 2006. 86f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, RS.