

## Viabilidade do uso de fosfitos no controle da sarna-da-macieira

José Itamar Boneti<sup>1</sup> e Yoshinori Katsurayama<sup>2</sup>

A sarna (Figura 1) é a principal doença de primavera em macieira no Sul do Brasil, principalmente nas regiões de maior altitude, onde as condições climáticas são muito favoráveis para a sua ocorrência (Boneti et al., 1999). Atualmente, o uso de fungicidas é a principal medida de controle, haja vista que as cultivares comerciais plantadas no Brasil, Gala e Fuji, são muito suscetíveis a esta doença. Para tanto, são utilizados fungicidas protetores, curativos e erradicantes, de acordo com a fenologia da macieira e dos períodos de infecção determinados com uso da Tabela de Mills (Mills, 1944). Alguns fungicidas protetores, como mancozeb, chlorothalonil e benzimidazóis, estão com o número de aplicações controlado no sistema de produção integrada de maçãs, pois são maléficos aos inimigos naturais das pragas da macieira. Por outro lado, os fungicidas curativos, notadamente os inibidores da biossíntese de ergosterol (IBE), utilizados para o controle da sarna, também não podem ser utilizados repetidamente por problemas de resistência (Koller & Scheinflug, 1987; Katsurayama & Boneti, 1997), o que requer a busca de produtos eficientes e mais seguros ao homem e ao meio ambiente.

### Descobrimto da ação fungicida dos fosfitos

Na década de 70, foram introduzidos vários fungicidas sistêmicos para o controle de oomicetos (*Phytophthora*, *Pythium*, etc.) em várias culturas. Fosetyl-Al, pertencente ao grupo químico Etil-fosfanatos, foi um dos mais estudados. Segundo Cohen & Coffey (1986), este produto é degradado rapidamente nos tecidos da planta até formar o ácido fosforoso ( $H_3PO_3$ )

e  $CO_2$ . Enquanto que Fosetyl-Al apresenta baixa atividade *in vitro*, o seu metabólito, ácido fosforoso, é muito ativo na inibição de várias espécies de *Phytophthora* e *Pythium*. O  $H_3PO_3$  é um composto cristalino, higroscópico, extremamente solúvel em água e muito fitotóxico. Entretanto, quando neutralizado por uma base (hidróxido de potássio, hidróxido de sódio ou hidróxido de amônio), resulta num sal denominado de fosfito (ex.:  $KH_2PO_3$ ,  $K_2HPO_3$ ). Estes

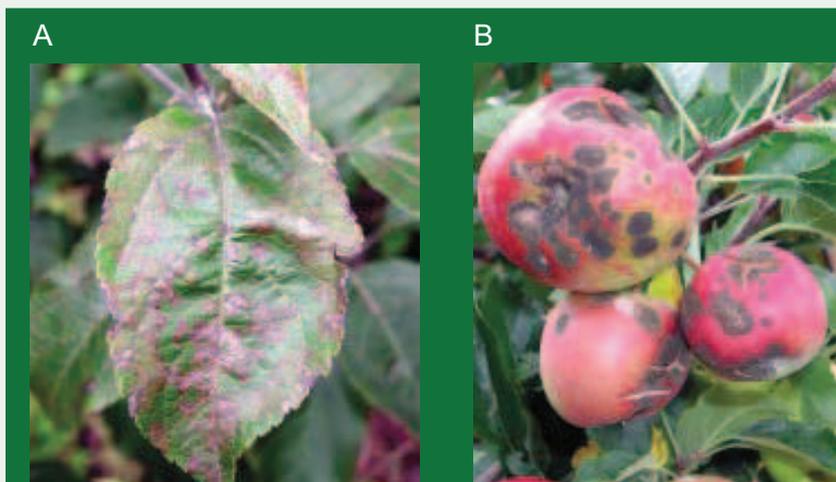


Figura 1. Sintomas da sarna na (A) folha e no (B) fruto da macieira, com a presença de lesões esporuladas

Aceito para publicação em 17/11/2004.

<sup>1</sup>Eng. agr., M.Sc., Epagri/Estação Experimental de São Joaquim, Rua João Araújo Lima, 102, C.P. 81, 88600-000 São Joaquim, SC, fone/fax: (49) 233-0324, e-mail: boneti@epagri.rct-sc.br

<sup>2</sup>Eng. agr., M.Sc., Epagri/Estação Experimental de São Joaquim, e-mail: katsuray@epagri.rct-sc.br

compostos não são fitotóxicos e apresentam alta atividade fungicida na planta (Cohen & Coffey, 1986).

O fosfito de potássio, produto introduzido em 1977, por apresentar alta eficiência no controle de diversas doenças causadas por *Phytophthora* spp., tem sido muito estudado e desenvolvido para uso em várias culturas na Austrália (Wicks et al., 1990). Apesar da eficiência observada no controle de algumas doenças, ainda não se conhece muito bem o modo de ação dos fosfitos sobre os patógenos, havendo controvérsias se eles apresentam efeito direto ou indireto. Vários trabalhos demonstram que o fosfito atua diretamente sobre o fungo (Fenn & Colley, 1984; Fenn & Coffey, 1985), enquanto que outros atribuem sua eficiência a um efeito indireto por meio da ativação dos mecanismos de defesa da planta (Guest, 1986; Saindrenant et al., 1988; Saindrenant et al., 1990). Neste caso, a aplicação do fosfito estimularia a produção de fitoalexinas. As fitoalexinas são compostos produzidos pelas plantas resistentes ou quando estas são infectadas por algum patógeno e atuam protegendo a planta contra a infecção. Segundo Saindrenant et al. (1988), a aplicação isolada de fosfito numa planta sadia não incita a produção de fitoalexinas. Estes compostos são produzidos somente quando as plantas tratadas com fosfito são infectadas por algum patógeno. Por outro lado, alguns trabalhos (Smille et al., 1989; Jackson et al., 2000) têm demonstrado que o fosfito pode atuar tanto diretamente sobre os patógenos quanto indiretamente, e que a ação depende da concentração e da sua interação com o patógeno e hospedeiro. Segundo estes autores, quando a concentração do fosfito dentro dos tecidos da planta é baixa, este interage com o patógeno no ponto de penetração estimulando o mecanismo enzimático de defesa da planta. Por outro lado, se a concentração for alta, o fosfito atua diretamente sobre o patógeno inibindo o seu crescimento antes que este seja capaz de estabelecer uma associação com o hospedeiro. Neste caso, o mecanismo de defesa da planta permanece inalterado.

Os fosfitos são rapidamente

absorvidos pelas plantas, por meio das raízes, folhas ou tronco. Apresentam ação sistêmica e são translocados via xilema ou floema (Guest & Grant, 1991). Dependendo da cultura, a translocação das folhas para as raízes pode ocorrer num prazo de até 24 horas (Rohrbach & Schenck, 1985) e permanecer ativa por até 160 dias, conforme observado em cítrus (Matheron & Matjka, 1988).

Apesar de muito estudados quanto à ação fungicida, os fosfitos têm sido mais utilizados para o controle de míldios e doenças causadas por *Phytophthora* em várias culturas, tais como cítrus, abacate, abacaxi, videira, essências florestais, pastagens e hortaliças de modo geral. São poucos os trabalhos relacionados com o controle das doenças na cultura da macieira. Na Nova Zelândia, Geelen (1999) relata a boa eficiência do fosfito no controle da sarna e oídio-da-macieira, em condições de baixa pressão de doença. Este autor menciona ainda que os melhores resultados foram obtidos com a mistura de fosfito e o fungicida metiram. No Brasil, vários trabalhos têm evidenciado o potencial dos fosfitos para o controle das doenças da macieira (Katsurayama & Boneti, 1999; Valdebenito-Sanhueza, 1999; Katsurayama et al., 2001; Boneti & Katsurayama, 2002a e 2002b), cujos resultados serão apresentados e discutidos neste trabalho. Todos os resultados foram baseados em resultados obtidos com as seguintes formulações: fosfito de K (Fitofos K Plus - 0% de N, 40% de  $P_2O_5$  e 20% de  $K_2O$ ), captan (Captan SC - 480g/L de captan) e Score 250 CE (difenoconazole - 250g/L).

### Uso dos fosfitos no controle da sarna-da-macieira (*Venturia inaequalis*)

No ciclo 2000/01, quando as condições climáticas foram muito favoráveis para a ocorrência da sarna (94% e 74,8% de sarna nas folhas e nos frutos das plantas testemunhas, respectivamente), observou-se que dez aplicações semanais do fosfito de K (250ml/100L), durante todo o ciclo primário, foram muito eficientes no controle da sarna. Não

houve diferença entre o uso do fosfito e da mistura de fungicidas-padrão (difenoconazole + captan - 10ml + 200ml de p.c./100L) para o controle desta doença. As misturas de fosfito de K com fungicidas convencionais também foram muito eficientes. O fosfito de K não aumentou a severidade de "russetting" em relação à testemunha, observando-se apenas uma leve clorose nos bordos das folhas e estreitamento dos folíolos dos ramos terminais da macieira (Figura 2). Entretanto, cessadas as aplicações do fosfito de K, os sintomas de clorose desapareceram sem causar nenhum dano aparente às plantas.

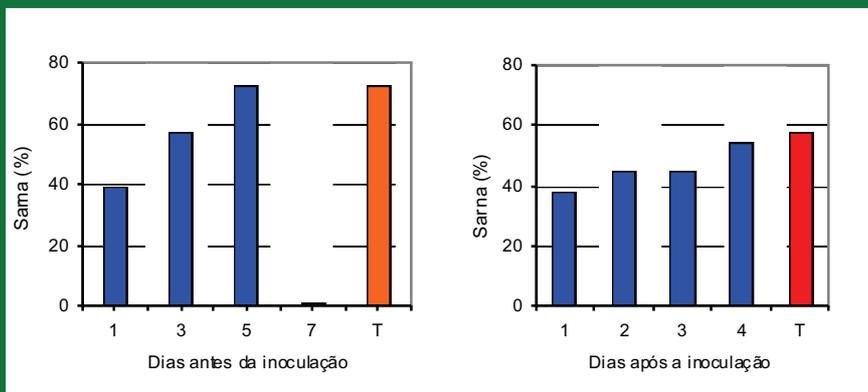
No ciclo 2001/02 a pressão da sarna (27% e 48% nas folhas e nos frutos das plantas testemunhas, respectivamente) não foi tão alta quanto a verificada no ciclo anterior. Nesta condição, o fosfito de K também apresentou bom desempenho quando misturado em diferentes doses com o fungicida curativo difenoconazole, utilizado em aplicações semanais. Não houve diferença entre as doses de 100, 150 e 200ml/100L do fosfito de K em mistura com difenoconazole (10ml de p.c./100L). Nestas doses não se observou o efeito de clorose das nervuras das folhas. Nas aplicações efetuadas em mistura de tanque com o fungicida captan, o fosfito de K também apresentou a mesma performance, não diferindo da mistura-padrão (difenoconazole + captan).

O intervalo entre as aplicações apresentou a tendência de influenciar a performance do fosfito de K. A eficiência no controle da sarna nas folhas não foi tão influenciada quanto a observada nos frutos. Melhores resultados foram obtidos com aplicações realizadas a cada sete a dez dias. Nas aplicações efetuadas a cada dez e 14 dias houve a tendência de maior severidade da doença nos frutos. Não se observou diferença entre as doses de 200 e 250ml/100L.

Na condição de alta pressão de sarna (88% e 97,5% nas folhas e nos frutos das plantas testemunhas, respectivamente), conforme observado no ciclo 2002/03 o fosfito de K, aplicado isoladamente a cada sete dias, foi muito eficiente no controle desta doença nas folhas da macieira,

não se observando diferença entre as doses de 200 e 250ml/100L. Entretanto, o controle foi ainda melhor quando este produto foi misturado com captan (170ml de p.c./100L) ou difenoconazole (10ml de p.c./100L). Neste caso, foi tão eficiente quanto a mistura-padrão de fungicidas (difenoconazole + captan). Na avaliação da sarna nos frutos, observou-se que o fosfito de K aplicado isoladamente não foi tão eficiente quanto o aplicado nas folhas, cuja incidência foi de 23%. Entretanto, apesar da alta incidência de sarna nos frutos, observou-se que as lesões eram pequenas e apresentavam um aspecto de manchas erradicadas (Figura 2) semelhantes ao observado após aplicação do fungicida dodine. Esta constatação de possível efeito erradicante necessita ser comprovada. Por outro lado, quando o fosfito de K foi misturado com os fungicidas difenoconazole (10ml de p.c./100L) ou captan (170ml de p.c./100L), observaram-se altos níveis de controle, não diferindo da mistura-padrão de fungicidas.

Nos ensaios realizados em casa-de-vegetação (Figura 3), com aplicações em pré e pós-inoculação, o fosfito apresentou alta eficiência somente quando aplicado sete dias antes da inoculação. Nas aplicações realizadas um dia, três e cinco dias antes da inoculação, a eficiência foi média ou baixa. Além disso, quando este produto foi aplicado um dia, dois, três e quatro dias após a



Fonte: Boneti & Katsurayama (2002a e 2002b).

Figura 3. Efeito do fosfito de K (300ml / 100L) aplicado antes (1 dia, 3, 5 e 7 dias) e após (1 dia, 2, 3 e 4 dias) a inoculação de *V. inaequalis*, no controle da Sarna. T = Testemunha (plantas não pulverizadas)

inoculação (efeito curativo), a eficiência foi muito baixa. Estes resultados indicam que, no caso da sarna-da-macieira, o fosfito de K pode atuar tanto direta quanto indiretamente, uma vez que a resposta de controle só se manifesta cerca de sete dias após a aplicação. Seria importante conhecer melhor o período de maior proteção das plantas após a aplicação do fosfito, sua concentração no interior dos tecidos da planta e a comprovação da produção de fitoalexinas ou outros compostos após a aplicação deste produto, na presença ou não de infecção.

## Literatura citada

- BONETI, J.I. da S.; RIBEIRO, L.G.; KATSURAYAMA, Y. *Manual de identificação de doenças e pragas da macieira*. Florianópolis: Epagri, 1999. 149p.
- BONETI, J.I. da S.; KATSURAYAMA, Y. Viabilidade do uso de fosfitos no manejo das doenças da macieira. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 5., 2002, Fraiburgo, SC. *Anais...* Caçador: Epagri, 2002a. p.125-139.
- BONETI, J.I. da S.; KATSURAYAMA, Y. Potencial de uso dos fosfitos no manejo das doenças da macieira. *Fitopatologia brasileira*, v.27, 2002b. (Resumo, 728).
- COHEN, M.D.; COFFEY, M.D. Systemic fungicides and the control of oomycetes. *Annual Review of Phytopathology*, v.24, p.311-338, 1986.
- FENN, M.E.; COLLEY, M.D. Studies on the in vitro and in vivo antifungal activity of Fosetyl-Al and Phosphorous acid. *Phytopathology*, v.74, p.606-611, 1984.
- FENN, M.E.; COFFEY, M.D. Further evidence for direct mode of action of fosetyl-al and phosphorous acid. *Phytopathology*, v.75, p.1.064-1.068, 1985.
- GEELEN, J.A. *An evaluation of Agri-Fos Supra 400 for the control of black spot and powdery mildew of apple in Hawke's Bay*. North Hastings: Jar Geelen Research Ltda., Independent Horticultural Consultants, 29 April, 1999. 15p.

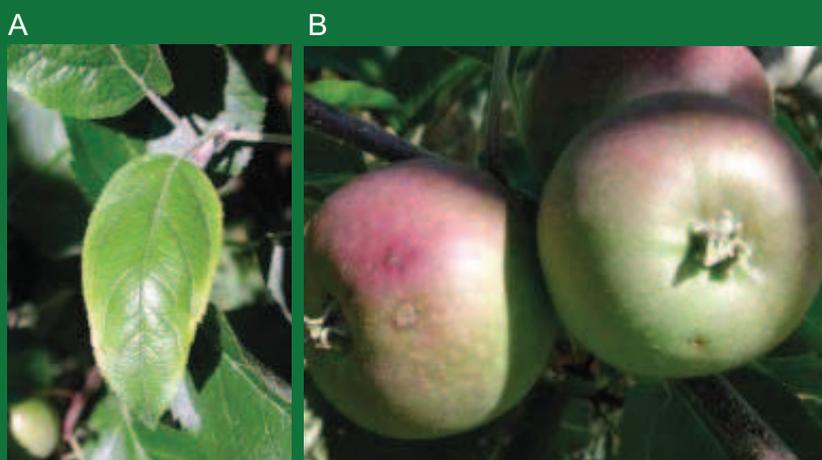


Figura 2. Clorose, (A) estreitamento da folha e (B) lesão nos frutos da macieira causados pela aplicação seqüencial de fosfito

8. GUEST, D.I. Evidence from light microscopy of living tissues that fose-thyl-al modifies the defense response in tobacco seedlings following inoculation by *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, v.29, p.251-261, 1986.
9. GUEST, D.I.; GRANT, B.R. The complex action of phosphonates as antifungal agents. *Biological Review*, v.66, p.159-187, 1991.
10. JACKSON, T.J.; BURGESS, T.; COLQUHOUN, I.; HARDY, G.E. St. J. Action of the fungicide phosphite on *Eucalyptus marginata* inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. *Plant Pathology*, v.49, p.147-154, 2000.
11. KATSURAYAMA, Y.; BONETI, J.I. da S. Redução da sensibilidade da população de *Venturia inaequalis* aos fungicidas fenarimol e dodine, provocada pelas pulverizações sucessivas no campo. *Fitopatologia brasileira*, v.22, p.273, 1997. (Resumo, 237).
12. KATSURAYAMA, Y.; BONETI, J.I. da S. Controle das doenças de verão da macieira. In: REUNIÃO ANUAL DE FITOSSANIDADE NA CULTURA DA MACIEIRA (1998/99), 4., 1999, São Joaquim, SC. *Relatório...* São Joaquim, SC: Epagri, 1999. p.24-28.
13. KATSURAYAMA, Y.; BONETI, J.I. da S.; BECKER, W.; TSUCHIYA, S. Resultados recentes sobre a epidemiologia da Mancha da Gala. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 4., 2001, Fraiburgo, SC. *Anais...* Caçador: Epagri, 2001. p.80-88.
14. KOLLER, W.; SCHEINPFLUG, H. Fungal resistance to sterol biosynthesis inhibitors: A new challenge. *Plant Disease*, v.71, p.1.066-1.074, 1987.
15. MATHERON, M.E.; MATJKA, J.C. Persistence of systemic activity for fungicides applied to citrus trunk for control *Phytophthora gummosis*. *Plant Disease*, v.72, p.170-174, 1988.
16. MILLS, W.D. Efficient use of sulfur dusts and sprays during rain to control apple scab. *Cornell Ex. Bull.*, n.630, p.1-4, 1944.
17. ROHRBACH, K.G.; SCHENCK, S. Control of pineapple heart rot, caused by *Phytophthora parasitica* and *P. cinnamomi*, with fose-thyl-al, and phosphorous acid. *Plant Disease*, v.69, p.320-323, 1985.
18. SAINDRENANT, P.; BARCHIETTO, T.; AVELINOP, J.; BOMPEIX, G. Effect of phosphite on phytoalexin accumulation in leaves of cowpea infected with *Phytophthora cryptogea*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, v.32, p.425-435, 1988.
19. SAINDRENANT, P.; BARCHIETTO, T.; BOMPEIX, G. Effects of phosphonate on the elicitor activity of culture filtrates of *Phytophthora cryptogea* in *Vigna unguiculata*. *Plant Science*, v.76, p.245-251, 1990.
20. SMILLE, R.; GRANT, B.R.; GUEST, D. The mode of action of phosphite: Evidence for both direct and indirect modes of action on three *Phytophthora* spp. in plants. *Phytopathology*, v.79, p.921-926, 1989.
21. VADEBENITO-SANHUEZA, R.M. *Características e controle de Glomerella cingulata* (Colletotrichum gloeosporioides), agente causal da mancha das folhas e frutos da macieira. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1999. 16p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 25).
22. WICKS, T.J.; MARGAREY, P.A.; BOER, R.F.; PEGG, K.G. *Evaluacion del fosfito potasico como fungicida en Austrália*. Conferencia de Brighton para la Protección de Las Cosechas – Pestes y Enfermedades, 1990. ■

# Epagri

Semeando conhecimento, colhendo qualidade.



Governo do Estado de Santa Catarina  
Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural  
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A.

