

RESISTÊNCIA DE PATÓGENOS DA MACIEIRA NO BRASIL – SITUAÇÃO ATUAL

Rosa Maria Valdebenito Sanhueza¹

A macieira apresenta numerosas doenças no Brasil e as de maior importância são a sarna da macieira (*Venturia inaequalis*), a mancha foliar da Gala ou mancha de *Glomerella* (*Glomerella cingulata/Colletotrichum gloeosporioides*) e as podridões que ocorrem em pós colheita (*Penicillium expansum*, *Botrytis cinerea* e *Cryptosporiopsis perennans*).

Sarna da macieira: a doença é causada pelo fungo *Venturia inaequalis* que causa lesões em flores e frutos e, se não controlada, pode causar a perda da produção e comprometer safras futuras (MacHardy et al., 2001).

Nas práticas de controle mais utilizadas se inclui o controle do inóculo primário com a retirada das folhas que caem no solo no outono ou com aplicações de uréia e/ou de compostos sobre as folhas com e sem trituração e a incorporação posterior delas. O controle químico da doença sofreu uma mudança importante no transcorrer dos anos. Nos primeiros anos de produção da macieira no Brasil (1970 a 1980) a doença era controlada com uso preferencial de protetores, com alto volume e definindo-se o uso da proteção química pela fenologia. Na década seguinte, com a introdução dos primeiros fungicidas do grupo dos inibidores da dimetilação (DMI ou IBE) a recomendação de uso era o do DMI mais o protetor usados geralmente a cada 7 dias, Esses produtos eram usados preferencialmente como curativos. A partir do fim da década de 90, a pesquisa detectou a presença de estirpes resistentes ao fenarimol e a outros fungicidas do grupo DMI. Em 2000, começaram a ser usados os fungicidas Qols (estrobilurinas). Com a implementação do sistema de Produção Integrada da Maçã (PIM), esse programa limitou do número de tratamentos com os DMI e com os Qols (estrobilurinas) por ciclo vegetativo. Contudo, com a diminuição dos controles feitos pela PIM, eles foram usados por alguns produtores como preventivos, curativos e como erradicantes e, em várias pulverizações por ciclo. Em 2011, foram constatadas estirpes resistentes aos Qols em vários pomares que apresentavam perda de controle da doença. Nessa situação, a maioria dos produtores voltaram ao sistema preventivo com uso ainda menor de DMIs e de, no máximo, uma pulverização de Qols nos pomares com histórico de controle efetivo da doença. Assim, na atualidade, se utilizam principalmente fungicidas, anilino pirimidinas, protetores e fosfito de potássio e poucas ou nenhuma pulverização com DMIs e de Qols; os tratamentos planejados para serem feitos antes das chuvas previstas e, repetidos cada vez que a chuva no intervalo atinja 25 mm. Portanto, para o controle de *Venturia inaequalis*, do início da brotação e com pulverizações até o fim da primavera, totaliza-se uma média de 12-18 pulverizações por ciclo, dependendo da região produtora.

Mancha de *Glomerella*: a doença é também conhecida como mancha foliar da Gala e é causada principalmente pelo fungo *Glomerella cingulata/Colletotrichum gloeosporioides* e causa mancha e queda precoce das folhas e mancha dos frutos. Temperaturas médias diárias maiores ou iguais a 14 a 18 °C favorecem a doença, porém em temperaturas de 18 a 24 °C a doença apresenta maior severidade nos períodos com chuvas frequentes.

Como medida de controle se usam ações para redução do inóculo inicial como tratamentos cúpricos em pós colheita, e a eliminação ou incorporação das folhas, retirada e queima dos restos de poda e a remoção dos frutos mumificados. Para o controle químico recomendam-se pulverizações preventivas com fungicidas de contato, benzimidazoles, estrobilurinas com intervalos máximos de 10

dias. Os fungicidas devem ser re aplicados sempre que a chuva acumulada no intervalo atinja 30 a 35 mm. Mesmo após a colheita, as plantas infectadas devem continuar sendo protegidas até o fim de março para reduzir o inóculo da doença no pomar e evitar a desfolha precoce.

Os produtos mais utilizados para o controle químico até 2000 eram fosfitos e dithianon e ftalimidás e, em maior proporção, os ditiocarbamatos. Desde então, se iniciou o uso de Qols e as recomendações de uso desse grupo propiciou o uso deles de forma preventiva e, pós sintoma. Contudo até 2011 era frequente o uso delas associados ou não a um protetor em pós sintoma e em pulverizações em sequência de 2 até 5 tratamentos. Dessa forma do fim de novembro até o fim de março o controle de *Glomerella cingulata* demanda o uso de 10 a 16 pulverizações nas cvs. suscetíveis e nas áreas de produção com maior risco de epidemias. A dificuldade de manejo da doença ocorre principalmente em anos quentes e chuvosos, pois os fungicidas de contato são facilmente lavados pela água da chuva.

Podridões de pós colheita: As maiores perdas de maçãs armazenadas são principalmente as podridões de maçãs conhecidas como Mofo Azul causada por *Penicillium expansum*, a podridão Olho de boi associada à infecção por *Cryptosporiopsis perennans* e, recentemente, se verifica aumento do mofo cinzento causado pelo *Botrytis cinerea*. O primeiro e o segundo são habitantes epífitas nas maçãs e o último pode ser endófito no pedúnculo e nos restos florais no extremo calicular das maçãs. Ainda, *C. perennans* pode colonizar as lenticelas e ali desenvolver micélio e esporular.

A podridão ‘Olho de Boi’ (POB) ou ‘pezícula’ é causada pelo fungo *Cryptosporiopsis perennans* Zeller & Childs é atualmente uma das principais doenças da cultura da macieira no Sul do Brasil, e é responsável por perdas superiores a 18% na fase de armazenamento, podendo ainda causar cancro perene em ramos e troncos das macieiras. Em estudos de sobrevivência do patógeno em pomares no Rio Grande do Sul foi possível recuperar o patógeno em ramos e gemas durante todo o ciclo e o crescimento da população epífita nos frutos aumenta de dezembro até colheita em pomar comercial da cv. ‘Fuji’ e Pink Lady indiferente às aplicações de fungicidas. O patógeno pode ainda sobreviver saprofiticamente em frutos caídos no chão ou mumificados nas plantas. As infecções em frutos podem ocorrer em qualquer fase do seu desenvolvimento entre a queda das pétalas e a colheita, porém com pico de suscetibilidade nas fases finais de maturação do fruto. Sintomas de POB são mais frequentemente observados na pós-colheita e raramente vistos em frutos no campo, exceto naqueles com ferimentos. A podridão pode se manifestar no final ou após períodos de armazenamento a 0°C ± 1°C, de três a mais meses ou mesmo no mercado.

O fungo *P. expansum* pode causar podridões em todas as frutas temperadas e inicia a infecção pelas aberturas naturais ou, mais frequentemente, nas machucaduras causadas pelo manuseio descuidado das maçãs ou pelos ferimentos causados pelo granizo, pelos danos de insetos ou pelos pedúnculos das outras maçãs. Entre os fatores que aumentam a agressividade do mofo azul no Brasil se encontra: população epífita maior de *P. expansum* que nos países temperados e sem chuvas no verão e durante a colheita; quantidade de cera irregular nas maçãs; colheita após as datas recomendadas; e, demora no pré resfriamento. Nas maçãs com mais de três meses de armazenagem se desenvolve a podridão, abundante esporulação e dessa forma o ambiente das câmaras se contamina com esporos do patógeno. Nesses locais se iniciam ciclos de infecção e podem infectar fruta madura dentro das câmaras ou durante a seleção e comercialização. Os conídios que se destacam da frutificação do fungo pelos movimentos do ar podem contaminar as instalações, embalagens e maquinário onde as maçãs são selecionadas e/ou frigorificadas. Quando a fruta é retirada das câmaras frias e é selecionada na máquina, os conídios de *P. expansum* contaminam também a linha de seleção e a água de lavagem. Portanto, as condições para infecção podem ocorrer dentro da câmara fria pela ação de ventilação delas e na água

de lavagem e no ambiente contaminado das instalações para seleção e embalagem das maçãs.

O mofo cinzento era pouco comum até a década de 90, mas, após esse período a sua incidência tem aumentado, principalmente na fruta das regiões frias do Brasil e na cv. Fuji e suas mutações frigorificada por longos períodos.

O controle dos patógenos de pós colheita no Brasil e feito com fungicidas usados no pomar, com manejo cuidadoso e, no geral, sem molhar a fruta antes da frigorificação ou as vezes com hidro cooling, armazenagem de fruta de qualidade, com uso de fungicidas, fosfitos e com uso de saneantes em pré e em pós colheita (Câmaras frias, instalações, maquinário, água de lavagem e aspersão da fruta) e com monitoramento da contaminação pelo *Penicillium*. A maior parte da fruta não é tratada com fungicidas em pós colheita.

Principais patógenos da macieira no Brasil e a seleção de estirpes resistentes

O surgimento de resistência de patógenos resulta principalmente pelo uso frequente de fungicidas com modo de ação sitio- específico e de três fatores vinculados às características dos patógenos (Tabela 1) os que em associação ou não, podem causar o desenvolvimento de resistência.

A estimativa de risco de ocorrer para os fungicidas e os principais patógenos alvos é determinada pelo FRAC (Comité de Ação à Resistência a Fungicidas), órgão que organiza e divulga a informação gerada pelas indústrias proprietárias das moléculas.

No Brasil diversos patógenos da macieira têm sido sujeitos a estudos de sensibilidade aos fungicidas. As características deles que facilitam a seleção de mutantes e seu aumento significativo no campo e/ou em pós colheita são citadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características de patógenos da macieira no Brasil que são citados em relatos de ocorrência de resistência de fungos aos fungicidas.

Patógeno	Esporulação abundante/fácil disseminação	Exposição direta durante longos períodos	Grande variabilidade genética
<i>Penicillium expansum</i>	xxx*	xxx	xx
<i>Botrytis cinerea</i>	xx	xxx	xxx
<i>Cryptosporiopsis perennans</i>	x	x	xx
<i>Venturia inaequalis</i>	xxx	xxx	xxx
<i>Glomerella cingulata</i>	xx	xxx	xxx
<i>Neonectria ditissima</i>	xx	xxx	xx

*xxx: maior risco; xx ; risco médio: x ; risco baixo.

Avaliação da resistência de patógenos da macieira no Brasil

A pesquisa sobre a macieira se iniciou de forma organizada no Sul do Brasil somente na década de 70. Já, os primeiros trabalhos sobre resistência foram conduzidos na década de 80 e com ações pontuais. A partir dessa época, alguns grupos de pesquisa têm conduzido projetos de pesquisa sobre resistência de patógenos da macieira no Brasil com ações em algumas doenças.

Os trabalhos sobre resistência feitos nas instituições de pesquisa do país têm sido conduzidos na sua maioria sob condições controladas e com poucas ações de levantamento de resistência no campo, sem o uso de métodos moleculares e na sua maioria não estão publicados periódicos científicos de grande circulação. No existe no Brasil uma ação permanente de acompanhamento da sensibilidade dos patógenos aos fungicidas pela pesquisa.

Diferentemente dessa situação, Linhares e Ghini (2001) relatam que nos Estados Unidos de América e em países da Europa, a empresa registrante de uma molécula deve informar sobre o risco de resistência e assegurar o monitoramento da mesma.

Histórico dos relatos de resistência de patógenos da macieira no Brasil.

1977 – Em Santa Catarina foi relatada a falha de controle de *Venturia inaequalis* ao benomilo em condições de campo (Akutsu e Tanaka, 1977).

1985 – A resistência de *Penicillium* sp e *Glomerella cingulata* ao benomilo na macieira foi constatada por Fortes, J. (Embrapa), fato que alertou os produtores sobre a ineficiência desse produto para controle das perdas de frutos em pós colheita.

1986 - No trabalho foi confirmada a resistência de *Penicillium expansum* ao tiabendazole e determinados tratamentos com iprodione, vinclozolina e tiabendazole associado ao iprodione. Esse trabalho justificou a substituição de uso do tiabendazolio pelo iprodione nas maçãs em pós colheita (Valdebenito Sanhueza, 1986).

1994 a 1997 – Nesses ciclos foram iniciados os trabalhos de levantamento da resistência de *Venturia inaequalis* determinando-se inicialmente a sensibilidade dos isolados selvagens ao dodine, fenarimol e ao benomilo. A seguir foi determinada a sensibilidade de isolados de pomares de Vacaria, RS e estudadas as características de competitividade dos isolados resistentes. (Valdebenito Sanhueza, 1997). No estudo da competitividade dos isolados de *V. inaequalis* tanto os selvagens como os resistentes ao fenarimol mostraram variação semelhante quanto ao tamanho das colônias, período de incubação, número de lesões por folha e produção de conídios nas lesões. Verificou-se a ocorrência de resistência cruzada nos resistentes aos benzimidazóis quando avaliado o benomil, o carbendazim, o tiabendazole e o metiltiofanato. Igual situação ocorreu com os isolados resistentes ao IBE quando estudados o bitertanol, fenarimol, miclobutanil, triforine, hexaconazole, procloraz, mas, a resistência cruzada com o triflumizole e difeniconazole foi menor. Concluiu-se que havia sinais de diminuição da sensibilidade dos isolados de *V. inaequalis* dos pomares comerciais de Vacaria e que o risco de quebra total da sensibilidade poderia ser evitada se seguidas as recomendações de redução do número de tratamentos por o ciclo e o uso de misturas em dose completa (Valdebenito- Sanhueza, 1997).

1997 – Após ações de monitoramento de *V. inaequalis* desenvolvidos em Santa Catarina e relatados a partir de 1993, é confirmada a perda de sensibilidade de estirpes do patógeno ao dodine e ao fenarimol (Katsurayama e Boneti, 1997).

2004 – Em Santa Catarina nesse ano é confirmada a ocorrência de estirpes resistentes ao dodine e se constata que a frequência de resistentes continua nos mesmos níveis que na década de 90 (Katsurayama e Boneti, 2004)

2005 – É comentado o aumento da frequência de resistência de *V. inaequalis* aos fungicidas do grupo dos IBEs (DMIs) que vinham sendo usados por 20 anos até essa data. Os autores se referem à tolerância, do patógeno a esse grupo (Katsurayama e Boneti, 2005).

2006 a 2007 – Foi conduzida a avaliação da sensibilidade de *Venturia inaequalis* ao miclobutanil, ao tiofanato metílico e ao dodine de locais de Fraiburgo, São Joaquim e do Rio Grande do Sul. Se conclui que poderia haver perda do controle da doença quando as condições fossem propícias à epidemias severas da doença nos pomares Fraiburgo ; Vacaria; Monte Alegre dos Campos; Cambará e São Francisco de Paula. Os dados obtidos reforçaram validade da exigência da PIM para restringir o uso de fungicidas DMI, a exigência de uso deste grupo de fungicidas em misturas com fungicidas eficazes e com diferentes modos de ação no patógeno e a limitação do número de pulverizações por ciclo atendendo a recomendações do Comitê de Ações para o estudo de resistência de patógenos aos fungicidas (FRAC).

Quanto à sensibilidade de isolados ao tiofanato se verificou que todos os isolados eram resistentes o que confirmou a impossibilidade de uso dos benzimidazóis para o controle da doença nos pomares avaliados.

Em relação do dodine a sensibilidade dos isolados de *V. inaequalis* foi variável, detectando-se isolados sensíveis, moderadamente resistentes e resistentes. Houve isolados com inibição de crescimento superior a 50%, como ocorreria com isolados selvagens, em contrapartida outros não foram inibidos no crescimento (Wolf e Valdebenito Sanhueza, 1997).

2011 – É comunicada a contatação sob condições controladas, a detecção de aumento de estirpes resistentes de *V. inaequalis* aos Qols após 12 a 13 anos de uso (Boneti e Katsurayama, 2011).

Nessa ocasião a empresa BASF detecta alta frequência de isolados com a mutação G143 A em áreas de alguns pomares que usaram fungicidas desse grupo e tiveram perda de controle do patógeno.

2012 a 2013 - A perda de controle de *Glomella cingulata* causando mancha das folhas foi verificada desse ciclo. Nas avaliações do efeito in vitro de do piraclostrobin foi determinada a baixa sensibilidade dos isolados do patógeno(Cassol, CC.2013) no prelo.

2013 – Levantamento de sensibilidade de *Botrytis cinerea* ao tiofanato metílico mostraram a ausência de controle em 20% dos isolados (Brito, L, F. 2013) no prelo.

Considerações finais

Quando um fungicida é lançado ao mercado, a industria informa o que foi definido na sua pesquisa com ele sobre o modo de ação e sobre os riscos do produto para a seleção de estirpes resistentes. Evidentemente mesmo sendo considerável a informação gerada, é impossível se obter todas as informações sobre o risco de seleção de estirpes resistentes que ocorrerá pelo uso de um produto e em todas as culturas e patógenos alvo e em todas as condições do ambiente.

Dessa forma é necessário que, quando os produtos são sitio- específico, o conhecimento da sensibilidade padrão do patógeno antes da entrada dele no mercado e o acompanhamento do uso deles para prevenir a perda de controle dos patógenos como resultado da seleção de estirpes resistentes.

As medidas para evitar a seleção de estirpes resistentes dos patógenos é responsabilidade de toda a cadeia produtiva. Assim sendo, as indústrias, as revendas, os técnicos que recomendam o uso, os produtores e os órgãos públicos devem fazer sua parte para evitar a resistência. Somente com o engajamento conjunto de todos se conseguirá minimizar as perdas de produção e a de ferramentas importantes para racionalizar o uso de fungicidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKUTSU, M. & TANAKA, H. Controle químico da sarna da macieira. Florianópolis, EMPASC, 1977. 9p. (EMPASC. Comunicado Técnico, 2).
- BONETI, J.I. da S. & KATSURAYAMA, Y. Ocorrência de resistência em *Venturia inaequalis* aos fungicidas Qoi no Brasil. Tropical Plant Pathology v.36 Suplemento (Resumo nº 400), 2011.
- BORSOI, R.B.; SANHUEZA, R.M. Sensibilidade de isolados selvagens de *Venturia inaequalis* ao Fenarimol e ao Dodine. Summa Phytopathologica, Jaboticabal, v.23, n.1, p.59, 1997. Resumo 049.
- BRITO, L.F. & VALDEBENITO SANHUEZA, R.M. Sensibilidade “in vitro” a fungicidas de *Botrytis cinerea* agente causal do mofo cinzento na macieira. Tropical Plant Pathology. No prelo
- CASSOL, C. C. & VALDEBENITO SANHUEZA, R.M. Sensibilidade “in vitro” ao piraclostrobin de *Glomerella cingulata* agente causal da mancha foliar de *Glomerella* na macieira. Tropical plant pathology. No prelo
- DEKKER, J. & GERGOPOULUS, S.G. **Fungicide resistance in crop protection**. Wageningen; Centre for Agricultural Publishing and Documentation.265p. 1982
- FRAC do Brasil.Em <http://www.frac-brasil.org.br/frac/default.asp>. 12/06/2013;
- JONES, A.L. ; ALDWINCKLE, H.L. (Des). Compendium of apple and pear diseases. St. Paul: American Phytopathological Society, 1990. 100p.
- 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 22:273 (Resumos), 1997.
- KATSURAYAMA, Y.; BONETI, J.I.S. Sensibilidade de *Venturia inaequalis*, agente causal da sarna da macieira, ao fungicida dodine. São Joaquim, SC. Ciclo 2003/04. XVIII Congresso Brasileiro de Fruticultura. Florianópolis, SC, 22 a 26 de novembro de 2004. Resumo 259.
- KATSURAYAMA, Y & BONETI, J.I.S. Avanço da tolerância de *Venturia inaequalis* aos fungicidas IBEs em 20 anos de uso em São Joaquim, SC. Fitopatologia brasileira, v.30:S85 (Resumos). 2005.
- KATSURAYAMA, Y. & BONETI, J.I. da S. Influência da temperatura e do período de molhamento foliar na etiologia da Mancha da Gala (*Colletotrichum* spp.). In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 6, 2003, Fraiburgo, SC. Anais...Epagri, Florianópolis, SC. 2003. Pp.15-26.

- LINHARES, A.;GHINI, R. **Resistência de fungos fitopatogênicos a fungicidas da demetilação(DMI):uma revisão.**Jaguariuna:Embrapa Meio Ambiente, 2001.64p.Embrapa Meio Ambiente. Documentos,28).
- MACHARDY WE. **Apple scab: Biology, epidemiology, and management.** Saint Paul MN. APS Press. 1996.
- MAFFIOLETTI, M; Características morfofisiológicas de *Cryptosporiopsis perennans*, agente causal da podridão olho de boi em maçã. Lages, 2007. 58p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina.
- SANHUEZA, R.M.V. et al. Características e controle da podridão “olho de boi” nas maçãs do sul do Brasil. Circular Técnica Embrapa, Bento Gonçalves, n.66, p.1-12, 2006.
- VALDEBENITO SANHUEZA, R.M. Desinfecção de água e das câmaras frigoríficas para diminuição do inóculo de *Penicillium expansum*, Boletim de Pesquisa 21. EMBRAPA-CNPFT, Pelotas, RS, 1991.
- VALDEBENITO SANHUEZA, R.M. & MAIA, L.Utilização da luz ultravioleta (UV-C) na proteção de maçãs Fuji da podridão por *Penicillium expansum* Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, setembro, 2001. 9p. (Embrapa Uva e Vinho.Boletim de Pesquisa,10).
- VALDEBENITO SANHUEZA, R. M. Novas opções de desinfestação no manejo das frutas. IN:ENFRUTE. 4, 2002, Fraiburgo, SC, EPAGRI. 2002.
- VALDEBENITO SANHUEZA, R. M. Monitoramento da sensibilidade da *Venturia inaequalis* a fungicidas.Sub Proj. 05.0.94.001.04. Embrapa Uva e Vinho.(1994 a 1998). 11 p.1998.
- VALDEBENITO 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).
- WOLF, C.M, VALDEBENITO SANHUEZA, R. M. Sensibilidade de *Venturia inaequalis* ao Miclobutanil. In : SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS, 9.; SEMINÁRIO SOBRE O SISTEMA AGROPECUÁRIO DE PRODUÇÃO INTEGRADA, 1., 2007, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2007. Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 61, p, 77- 81.2007.