

## Sensibilidade de *Alternaria alternata*, agente causal da mancha marrom de alternária a fungicidas do grupo químico das estrobilurinas

Ana Luiza Martins Baraldi<sup>1</sup> , Nadia Maria Polini<sup>2\*</sup>,  
João Alberto Fischer Filho<sup>3</sup> , Fernanda Dias Pereira<sup>1</sup>  & Antônio de Góes<sup>1</sup> 

### RESUMO

A mancha marrom de alternária (MMA), causada por *Alternaria alternata*, é uma importante doença fúngica de pomelos, tangores e tangerinas. No Brasil, especialmente no estado de São Paulo, essa doença foi um dos principais fatores pela redução da área de produção, de mais de 40% desde 2019. Para controle, devido à poucas opções de variedades resistentes ao patógeno e com características agronomicamente desejáveis, são necessárias de quatro a dez pulverizações com fungicidas, elevando significativamente o custo de produção. Dentre os fungicidas empregados, incluem-se os inibidores da quinona oxidase (QoI), cujos resultados, em diversos locais de cultivo, têm se mostrado aquém dos desejáveis. Nesse estudo, foi avaliada a sensibilidade de 7 isolados de *A. alternata* obtido de diversas regiões de cultivo dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, a 0,5, 10, 25, 50, 75 e 100  $\mu\text{g mL}^{-1}$  de azoxistrobina e 0,5, 1, 2,5, 5, 7,5 e 10  $\mu\text{g mL}^{-1}$  de piraclostrobina, *in vitro*. Os fungicidas foram adicionados em meio de cultura BDA, e foi empregado o delineamento de blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições. Os experimentos foram realizados em duplicatas, e a avaliação consistiu na determinação da inibição do crescimento micelial, comparado com a testemunha. Isolados de *A. alternata* com  $\text{EC}_{50}$  para azoxistrobina e piraclostrobina superiores a 5 ou 0,5  $\mu\text{g mL}^{-1}$ , respectivamente, foram considerados resistentes. Foi constatada a resistência de todos os isolados avaliados. Comparativamente, o nível de resistência foi mais elevado a azoxistrobina, sendo constatado crescimento micelial mesmo a 100  $\mu\text{g mL}^{-1}$ .

**Termos de indexação:** *Alternaria alternata*, *Citrus reticulata*, tangor Murcott, Inibidor da Quinona oxidase, QoI.

### Sensitivity of *Alternaria alternata*, causal agent of alternaria brown spot to strobilurin chemical group fungicides

### SUMMARY

Alternaria brown spot (ABS) caused by *Alternaria alternata*, is an important fungal disease of pomelo, tangerine and mandarin. In Brazil, especially in the state of São Paulo, this disease was one of the main factors for the reduction of the production area, of more than 40%. For control,

<sup>1</sup> Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil

<sup>2</sup> Cooperativa de Trabalho dos Profissionais de Agronomia – UNICAMPO, Maringá, PR, Brasil

<sup>3</sup> Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Frutal, MG, Brasil

**Autor correspondente:** Nadia Maria Polini, Cooperativa de Trabalho dos Profissionais de Agronomia – UNICAMPO, Av. Carneiro Leão, 65, Maringá, PR, Brasil. E-mail: [nadiapoloni@gmail.com](mailto:nadiapoloni@gmail.com)



due to the absence of genetic materials agronomically desirable and resistant to the pathogen, four to ten sprayings with fungicides are necessary, significantly increasing the production cost. Among the fungicides used, quinone oxidase (QoI) inhibitors are included, whose results, in several cultivation places, have been below the desirable ones. In this study, the sensitivity of 7 isolates of *A. alternata* obtained from different growing regions in the states of São Paulo, Minas Gerais and Rio de Janeiro, at 0.5, 10, 25, 50, 75 and 100  $\mu\text{g mL}^{-1}$  of azoxystrobin and 0.5, 1, 2.5, 5, 7.5 and 10  $\mu\text{g mL}^{-1}$  of pyraclostrobin, *in vitro*. The fungicides were added in PDA culture medium, and a completely randomized block design was used, with four replications. The experiments were carried out in duplicates, and the evaluation consisted of determining inhibition of mycelial growth compared to the control. Isolates of *A. alternata* with EC50 for azoxystrobin and pyraclostrobin greater than 5 or 0.5  $\mu\text{g mL}^{-1}$ , respectively, were considered resistant. The resistance of all the isolates evaluated was verified. Comparatively, the level of resistance was higher to azoxystrobin, with mycelial growth even at 100  $\mu\text{g mL}^{-1}$ .

**Index terms:** *Alternaria alternata*, *Citrus reticulata*, Murcott tangor, Inhibitor of Quinone oxidase, QoI.

## INTRODUÇÃO

As tangerinas e híbridos congêneres representam o terceiro grupo de maior importância comercial dentro do gênero *Citrus* no Brasil, cuja produção é basicamente destinada para o mercado interno de frutas de mesa (Ferreira et al., 2016). O Brasil destaca-se como o quarto maior produtor mundial de tangerinas, cuja produção de 997 mil toneladas (FAO, 2019), distribuídas em 49,2 mil hectares, concentra-se principalmente nas regiões Sudeste e Sul (FNP Consultoria & Agroinformativos, 2019). O estado de São Paulo configura-se ainda como o maior produtor do Brasil, embora tenha-se registrado redução da área produzida a ordem de 15%, entre os anos de 2010 e 2016 (FAO, 2019). Diversos fatores têm contribuído para a redução das áreas de produção, com destaque para os elevados custos devido a problemas de ordem fitossanitária.

Diversos estudos têm demonstrado que as tangerinas (*Citrus reticulata* Blanco), como Dancy e Ponkan, e seus híbridos (Murcott, Nova, Fairchild, Lee e Sunburst), assim como os tangelos Minneola e Orlando, são suscetíveis a mancha marrom de alternária (MMA), causada por *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl (Reis et al., 2006, 2007). Sobre folhas jovens, inicialmente os sintomas aparecem na forma de pequenas lesões necróticas, resultante de uma toxina específica ao hospedeiro produzida pelo patógeno, advindo rapidamente à formação de um halo amarelo que circundam as lesões. Posteriormente, a toxina difunde-se para as nervuras, tornando as lesões alongadas e escuras, advindo posteriormente a queda das folhas. Em ramos jovens, são formadas lesões de 1-10 mm de diâmetro, que levam ao seu secamento e queda das folhas jovens. Folhas e ramos fisiologicamente maduros são resistentes às infecções. Os frutos são suscetíveis desde a fase de

queda das pétalas, e mesmo lesões pequenas e isoladas podem levar a queda deles. Frutos ainda imaturos, com menos de 40 mm de diâmetro, são ainda suscetíveis, sendo produzidas lesões de 1-5 mm, eruptivas, marrom ou pretas. Quando da recuperação, os tecidos lesionados, eruptivos e corticosos, destacam-se facilmente da casca dos frutos, formando as cicatrizes (Timmer et al., 2000).

Devido a suscetibilidade dos materiais genéticos de interesse econômico, o controle da doença deve ser feito durante o período crítico de suscetibilidade e sob ambiente que propicie maior esporulação, acima de 85% de umidade relativa (Reis et al., 2006), e que favoreça as infecções, com período de molhamento foliar superior a 24 horas (Timmer et al., 2000).

No Brasil, especialmente no estado de São Paulo, para o controle da MMA são usados fungicidas inibidores da quinona oxidase (QoI), ou a sua combinação com inibidores da desmetilação (DMI). Entretanto, devido aos riscos de perdas de sensibilidade do fungo a estes grupos de fungicidas, e também as melhorias de controle do patógeno, são também recomendados a sua associação com fungicidas protetores. Todavia, devido ao prolongado período de suscetibilidade dos tecidos vegetais e ambiente favorável ao patógeno, nos meses de primavera e verão, é empregado grande número de pulverizações, muitas vezes de forma sequencial com o mesmo princípio ativo, de QoI ou DMI. Tal procedimento pode levar a perda de sensibilidade do patógeno (Brent & Hollomon, 2007a), comprometendo a eficiência dos tratamentos, como já verificado no estado da Flórida, nos Estados Unidos da América (Vega & Dewdney, 2014), com consequente perda de produção das plantas.

Em vista do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a sensibilidade *in vitro* de isolados de *A. alternata* obtidos de tecidos infectados de tangerinas

e híbridos de *C. reticulata*, obtidos de diversas regiões produtoras do país.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local e obtenção dos isolados

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fitopatologia do Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, campus de Jaboticabal.

Os isolados de *A. alternata* foram obtidos de frutos sintomáticos de tangerinas (*C. reticulata*) ou seus híbridos (Ponkan, Dancy e Lee), coletados em pomares localizados nos municípios de Engenheiro Coelho, Estiva Gerbi, Cordeirópolis e Sorocaba, no estado de São Paulo, Medeiros/MG e Itaboraí/RJ.

O isolamento deu-se em meio BDA (batata-dextrose-água), acrescido de carbendazim (Nortox 500g.L<sup>-1</sup>) a 10 µg mL<sup>-1</sup>. A incubação deu-se em estufa BOD, a 25°C ± 1 °C, e fotoperíodo 12/12 horas, por sete dias. Os isolados foram preservados em óleo mineral estéril.

### Testes de patogenicidade

Foram obtidos 16 isolados de *A. alternata*, levando em consideração os aspectos morfológicos do fungo, sendo quatro de cada um dos municípios mencionados. Dentre tais isolados foram selecionados, ao acaso, um isolado de cada local, uma vez que todos apresentavam características morfológicas semelhantes, os quais foram avaliados quanto à patogenicidade. Para tal, culturas típicas foram multiplicadas em placas de Petri contendo meio BDA, seguido da obtenção de inóculos ressuspensos em água estéril contendo gotas de Tween 80. A suspensão

de conídios foi filtrada em camadas duplas de gaze esterilizado, seguido do ajuste da concentração a 1,0 x 10<sup>5</sup> conídios mL<sup>-1</sup>.

Para os testes de patogenicidade foram empregadas duas plantas de tangor Murcott de dois anos de idade, mantidas sob ambiente de estufa. Cerca de 30 dias anteriores à inoculação, as plantas foram podadas para emissão de brotações. Posteriormente, cada grupo de plantas foi alocado em estufas individuais para evitar infecções cruzadas entre os isolados de *A. alternata*.

Para a inoculação, foi utilizado atomizador manual do tipo “De Vilbs”, com volume de cerca de 10 mL planta<sup>-1</sup>, suficiente para boa cobertura das folhagens. Duas plantas mantidas nas mesmas condições foram pulverizadas apenas com água estéril, e corresponderam a testemunha. O experimento foi repetido duas vezes. Após as inoculações as plantas foram mantidas em casa de vegetação, sendo adotado os tratamentos culturais comuns para o bom desenvolvimento das plantas.

### Avaliação de sensibilidade de *Alternaria alternata* aos fungicidas

Os fungicidas avaliados foram Amistar WG® (azoxistrobina, 500 g kg<sup>-1</sup>, granulado dispersível, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.) e Comet®, (piraclostrobina, 250 g L<sup>-1</sup>, concentrado emulsionável, Basf Agro Brasil SA), nas concentrações 0,5, 10, 25, 50, 75 e 100 e 0,5, 1, 2,5, 5, 7,5 e 10 µg mL<sup>-1</sup> de ingrediente ativo, respectivamente (Tabela 1). Meios de cultura sem fungicida serviram como testemunha.

Os fungicidas foram diluídos separadamente em água destilada e deionizada para a obtenção de suspensão ou solução estoque. Posteriormente, os fungicidas foram adicionados em meio de cultura BDA, à temperatura em torno de 45°C, acrescido de 0,5 g L<sup>-1</sup> de Pentabiótico®, o

**Tabela 1.** Isolados de *Alternaria alternata* patótipo tangerina utilizados no estudo

Ano de Coleta	Isolado	Hospedeiro	Localidade
2001	I001	Tangerina Dancy	Itaboraí, RJ
2017	EG002	Tangor Murcott	Estiva Gerbi, SP
2017	EC003	Tangerina Ponkan	Engenheiro Coelho, SP
2017	S004	Tangerina Lee	Sorocaba, SP
2017	M005	Tangerina Ponkan	Medeiros, MG
2017	EG006	Tangor Murcott Olé 7L	Estiva Gerbi, SP
2017	C007	ND	Cordeirópolis, SP

ND – não disponível

qual contém benzilpenicilina benzatina, benzilpenicilina procaína, benzilpenicilina potássica, diidroestreptomicina base e estreptomicina base. Para homogeneização, foi realizada leve agitação do meio BDA e fungicidas contidos em erlenmeyer. Em seguida o meio foi vertido em placas de Petri, sendo mantido posteriormente em bancada laboratorial, por 24 horas.

Para a avaliação da sensibilidade, discos com 5 mm de diâmetro, obtidos de culturas com sete dias de crescimento em BOD foram justapostos, depositando-se tais discos em contato direto com o meio de cultura, contendo fungicida. Posteriormente, as placas foram seladas com Parafilme®, e transferidas para estufas BOD, a  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , sob fotoperíodo de 12/ 12 horas, por sete dias.

Todos os tratamentos foram avaliados em duplicadas, sendo empregado o delineamento de blocos inteiramente casualizado, com quatro repetições.

A avaliação consistiu na determinação do crescimento radial de cada colônia (diâmetro) em dois sentidos perpendiculares, dos quais se subtraiu o diâmetro do disco de micélio (5 mm). A partir dos dados do crescimento radial foi calculada a porcentagem de inibição do crescimento micelial em relação ao controle para todas as concentrações de cada fungicida e subsequente a determinação da concentração capaz de inibir em 50% o crescimento micelial ( $EC_{50}$ ).

Para a determinação da  $EC_{50}$ , foram calculadas regressões lineares dos percentuais de inibição do crescimento micelial versus o log de cada concentração de cada fungicida (Cordeiro & Paula, 1989), usando-se o software GraphPad Prism v.7.00 (GraphPadSoftware, California USA, GraphPad, 2019). Foi adotado análise de variância e quando significativa, a comparação das médias do  $EC_{50}$ , foi utilizado o teste de Scott-Knott. Os isolados com valores de  $EC_{50}$  para azoxistrobina e piraclostrobina superiores a 5 ou  $0,5 \mu\text{g mL}^{-1}$ , respectivamente, foram considerados como insensíveis, conforme a classificação adotada por Vega & Dewdney (2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Testes de patogenicidade

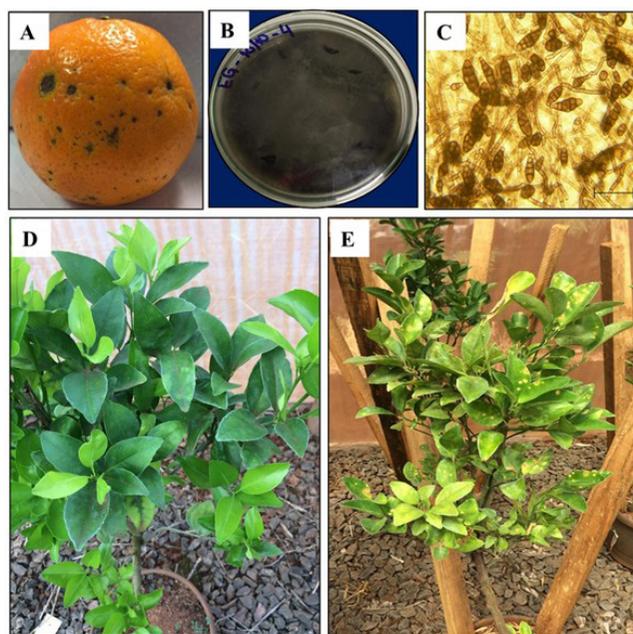
Todos os isolados de *A. alternata* avaliados induziram a produção de sintomas típicos de MMA, com presença de lesões pequenas, de 2-4 mm (Figura 1), circundadas por halo amarelo, que posteriores levaram à queda das

folhas. A partir dos tecidos sintomáticos foi realizado o isolamento do fungo (Figura 1E).

### Sensibilidade *in vitro* dos isolados de *Alternaria alternata*

Conceitualmente, sensibilidade entende-se a condição em que espécies de fungos, quando submetidas à exposição a um determinado princípio ativo tem seu desenvolvimento vegetativo e reprodutivo limitado, ou completamente inibido. Contrariamente, quando esses fungos são expostos a diferentes concentrações de princípios e mostre padrões de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo baixo ou inalterado, diz-se que eles são resistentes. Entretanto, quando esta resistência detectada é caracteristicamente associada a um ou determinados genes do microrganismo, diz-se que eles são resistentes aquele determinado princípio ativo (Arikan, 2007; Casado et al., 2018).

Foi constatada diferença nos níveis de sensibilidade dos isolados quando expostos a meio de cultura contendo os fungicidas azoxistrobina e piraclostrobina (Tabela 2). Todos os isolados foram resistentes à azoxistrobina,



**Figura 1.** (A) Lesões típicas da mancha marrom de alternária em fruto de tangerina Lee; (B) Isolado de *A. alternata*; (C) Conídios de *A. alternata*, bar = 25  $\mu\text{m}$ ; (D) Planta de tangor Murcott controle usada no teste de patogenicidade, destaque para brotações novas; (E) Sintoma de mancha marrom de alternária em muda de tangor Murcott.

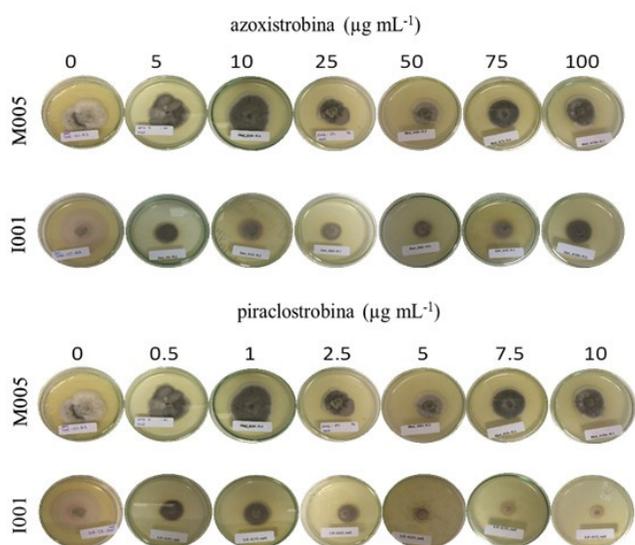
cujos valores de  $EC_{50}$  foram superiores a  $100 \mu\text{g mL}^{-1}$  (Tabela 2). Em relação à piraclostrobina, os isolados de *A. alternata* avaliados mostraram-se também resistentes a este princípio ativo, cujo  $EC_{50}$  variou de 0,615 a  $13,261 \mu\text{g mL}^{-1}$ . Comparativamente, a resistência dos isolados foi predominantemente mais relevante para azoxistrobina (Tabela 2 e Figura 2).

Os resultados de resistência dos isolados de *A. alternata*, observados neste estudo, foram convergentes aos observados por Condé (2018), com isolados de

**Tabela 2.** Valores médios da concentração efetiva que inibe o crescimento micelial em 50% ( $EC_{50}$ ) para azoxistrobina e piraclostrobina em isolados de *Alternaria alternata* patótipo tangerina

Isolado	$EC_{50}$ ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ )	
	Azoxistrobina	Piraclostrobina
EC003	>100	13,361 a
M005	>100	9,290 a
EG002	>100	6,582 b
C007	>100	6,054 b
EG006	>100	4,438 c
S004	>100	1,024 c
I001	>100	0,615 c
Média	-	5.909

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente a  $p < 0,05$  pelo teste de Scott-Knott.



**Figura 2.** Variação da sensibilidade *in vitro* de isolados de *Alternaria alternata* patótipo tangerina em meio BDA com doses crescentes dos fungicidas azoxistrobina e piraclostrobina.

diversas partes do Brasil, e aos de Chitolina et al. (2019), em isolados oriundos do estado São Paulo, coletados na safra de 2017.

Condé (2018), em seus estudos avaliou dezessete isolados, obtidos de folhas infectadas de cultivares de tangerina, e híbridos de tangelo e tangor Murcott, amostrados nos municípios de Perdões/MG, Itaboraí, Araruama, no estado do Rio de Janeiro, Santa Adélia, Monte Alto e Sorocaba, no estado de São Paulo. Os isolados foram submetidos ao teste de caracterização de sensibilidade *in vitro* aos fungicidas azoxistrobina e piraclostrobina. Segundo o autor, todos os isolados apresentaram resistência a azoxistrobina, com valores acima de  $200 \mu\text{g mL}^{-1}$ , exceto os pertencentes ao município de Perdões. Em relação à piraclostrobina, os valores  $EC_{50}$  encontrados variaram entre 0,7831 a  $45,7 \mu\text{g mL}^{-1}$ . Já, Chitolina, et al. (2019), constataram valores de  $EC_{50}$  para azoxistrobina superiores a  $100 \mu\text{g mL}^{-1}$  e para piraclostrobina os valores variaram de 1,45 a maiores que  $100 \mu\text{g mL}^{-1}$ .

No estado da Flórida, nos Estados Unidos da América, estudos realizados por Vega & Dewdney (2014), envolvendo 817 isolados de *A. alternata* de tangerinas, os autores verificaram que 57,6% dos isolados mostraram-se resistentes a azoxistrobina e piraclostrobina. Tais resultados, neste país, foram também convergentes aos obtidos por Mondal et al. (2007), cujos isolados, também originários deste estado, mostraram-se insensíveis a azoxistrobina, cujo  $EC_{50}$  foi superior a  $100 \mu\text{g mL}^{-1}$ .

Comparando-se o comportamento dos isolados de *A. alternata*, deste estudo, foi verificado que consistentemente a menor eficiência de inibição foi verificada para azoxistrobina, assemelhando aos resultados observados por Mondal et al. (2007), Vega & Dewdney (2014), Condé (2018) e Chitolina et al. (2019). É possível que este comportamento distinto dos fungicidas esteja associado à sua fungitoxicidade inerente e específica, embora ambos apresentem grande proximidade química. Segundo o critério utilizado pelo FRAC (*Fungicide Resistance Action Committee*) (informação disponível online), azoxistrobina pertence ao grupo metoxi-acrilato, enquanto piraclostrobina, a metoxicarbamato (Pasche et al., 2004).

Os fungicidas QoIs apresentam um alto risco de resistência, pois são de sítio-específicos, sendo ativos contra um único ponto da via metabólica do patógeno, ou contra uma única enzima ou proteína necessária para o fungo. Tais grupos de fungicidas, quando utilizados de forma sucessiva, ou quando da existência de alta pressão de seleção, há a eliminação das populações mais sensíveis do patógeno, porém gradativamente sendo aumentada a

frequência das formas menos sensíveis (Brent & Hollomon, 2007b). Há, porém, na literatura, relatos da resistência natural de determinadas espécies fúngicas, como por exemplo, as constatações em *Colletotrichum abscissum* aos fungicidas do grupo dos benzimidazóis (Goes & Kimati, 1987) e *A. alternata*, em pistache, cujo autores constataram a pré-existência de isolados insensíveis aos fungicidas piraclostrobina e boscalid, pertencentes a um pomar onde não havia sido utilizado fungicidas (Avenot & Michailides, 2015).

A perda de sensibilidade de *A. alternata* a fungicidas inibidores da oxidase terminal já foi evidenciada para vários patossistemas, incluindo plantas que integram cereais, hortaliças e frutíferas (Mondal et al., 2007; Rebollar-Alviter et al., 2007; Amiri et al., 2010; Bradley & Pedersen, 2010; Vega & Dewdney, 2014; Avenot & Michailides, 2015). Esta perda de sensibilidade das espécies fúngicas é oriunda da diversidade genética natural dos microrganismos, proveniente da mutação, deriva e fluxo gênico (McDonald & Linde, 2002).

De acordo com a literatura, para o caso das estrobilurinas, o surgimento de formas resistentes de *A. alternata* deve-se a mutações nos genes G137R e F129L. A forma mais comum de mutação está associada à substituição do aminoácido glicina pela alanina na posição 143 (G143A) (Brent & Hollomon, 2007b). Por outro lado, a mutação no gene F129L é mais rara, sendo descrita, por exemplo, em isolados de *Alternaria solani* oriundo de batata (Pasche et al., 2004).

Fungicidas do grupo das estrobilurinas foram registradas para a cultura dos citros em 1996, sendo, porém, estrategicamente utilizado em tangerinas e tangores a partir de 2004. No estado do Rio de Janeiro, o início do uso dos mesmos deu-se a partir de 2006 (Antonio de Goes, junho de 2019, informações pessoais). Dessa forma, para o caso da resistência de isolado de *A. alternata* oriundo de tangerina Dancy, em 2001, pressupõe-se que este comportamento seja um constituinte natural deste exemplar, como observado para isolados de *A. alternata* na cultura de pistache (Avenot & Michailides, 2015). Para os demais isolados, as indicações apontam que a resistência dos isolados avaliados deva-se a mutação no gene G143A, como evidenciado em estudos realizados na Flórida (Mondal et al., 2007; Vega & Dewdney, 2014) e no Brasil (Condé, 2018; Chitolina et al., 2019).

Apesar da detecção da resistência de espécies fúngicas, de diversos hospedeiros de partes do mundo a fungicidas do grupo das estrobilurinas, o seu uso continua sendo essencial como ferramenta para o controle dos

fitopatógenos. Entretanto, como evidenciado por Brent & Hollomon (2007a), o seu uso deve ser adotado com cautela e de forma estratégica. Inclui-se, dentre as estratégias, o uso com racionalidade, visando reduzir e/ou eliminar a pressão seletiva, adotando-se, primordialmente, dentre outros fatores, aplicações de fungicidas protetores, de forma intercalar ou em mistura.

Seu uso em combinação com os triazóis (DMI), carboxamidas, inibidor da succinato desidrogenase (SDHI) e associação com fungicidas protetores tem sido a melhor alternativa para gerenciar problemas de resistência a fungicidas em populações de alternaria. Na Califórnia, Avenot & Michailides (2007), por exemplo, constataram excelentes respostas de controle de *A. alternata* na cultura do pistache, quando utilizados os DMIs, devido ao seu modo de ação, serem uma excelente alternativa química e combinação eficaz para os QoIs, SDHIs e outros fungicidas, visando antecipar e/ou gerir problemas de resistência a fungicidas em populações de alternaria (Avenot & Michailides, 2007; Ma et al., 2003).

Embora o número de isolados de *A. alternata* avaliados neste estudo tenha sido muito pequeno, a considerar a importância da MMA em tangerinas e tangores, a baixa variabilidade de material genético resistente, implicando, por consequência no uso de diversas aplicações de fungicidas, e, sobretudo pela inexistência de grupos químicos de fungicidas eficientes e com modo de ação diferente, é possível que a magnitude do universo de perda de sensibilidade de *A. alternata*, nas principais regiões do Brasil, seja muito ampla. O impacto destas evidências merece ser bem dimensionadas, de tal forma que o caráter prático de controle da MMA seja estrategicamente realinhado a um contexto de maior sustentabilidade.

## CONCLUSÃO

Há, em pomares de tangerinas Ponkan e Dancy, em tangor Murcott, em diversas localidades dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, isolados de *Alternaria alternata* insensíveis a fungicidas do grupo das estrobilurinas cujo significado prático deve ser cuidadosamente analisado.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de iniciação científica

concedida à primeira autora e a pesquisadora da Estação Experimental de Citricultura, em Cordeirópolis, pela cessão de isolado de *A. alternata*.

## REFERÊNCIAS

- Amiri, A., Brannen, P. M., & Schnabel, G. (2010). Reduced sensitivity in *Monilinia fructicola* field isolates from South Carolina and Georgia to respiration inhibitor fungicides. *Plant Disease*, *94*, 737-743.
- Arikan, S. (2007). Current status of antifungal susceptibility testing methods. *Medical Mycology*, *45*, 495-587.
- Avenot, H. F., & Michailides, T. J. (2007). Resistance to boscalid fungicide in *Alternaria alternata* isolates from pistachio in California. *Plant Disease*, *91*, 1345-1350.
- Avenot, H. F., & Michailides, T. J. (2015). Detection of isolates of *Alternaria alternata* with multiple-resistance to fludioxonil, cyprodinil, boscalid and pyraclostrobin in California pistachio orchards. *Crop Protection (Guildford, Surrey)*, *78*, 214-221.
- Bradley, C. A., & Pedersen, D. K. (2010). Baseline sensitivity of *Cercospora zeaе-maydis* to quinone outside inhibitor fungicides. *Plant Disease*, *95*, 189-194.
- Brent, K. J., & Hollomon, D. W. (2007a). *Fungicide resistance in crop pathogens: how can it be managed?* (FRAC Monograph, N° 1, 48 p.). Bruxelas: CropLife International.
- Brent, K. J., & Hollomon, D. W. (2007b). *Fungicide resistance: the assessment of risk* (FRAC Monograph, N° 2). Brussels: CropLife International.
- Casado, O. S., Carvalho, G., Ceresini, P. C., Castroagudín, V. L., Vicentini, S. N. C., & Maciel, J. L. N. (2018). Método eficiente, baseado em leitores de microplaca, para detecção de resistência a fungicidas triazóis (IDM) e estrobilurinas (IQe) em populações do patógeno da brusone do trigo. *Summa Phytopathologica*, *44*(3), 236-244.
- Chitolina, G. M., Silva-Junior, G. J., Feichtenberger, E., Pereira, R. G., & Amorim, L. (2019). First report on quinone outside inhibitor resistance of *Alternaria alternata* causing alternaria brown spot in tangerines in São Paulo, Brazil. *Plant Health Progress*, *20*(2), 94.
- Condé, T. O. (2018). *Caracterização da Resistência de isolados de Alternaria alternata patótipo tangerina a estrobilurinas* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Cordeiro, G. M., & Paula, G. A. (1989). *Modelos de regressão para análise de dados univariados* (353 p.). Rio de Janeiro: IMPA.
- Ferreira, E. A., Moreira, S. I., Perina, F. J., & Alves, E. (2016). Mancha-marrom-de-Alternária em tangerineiras e seus híbridos: identificação e manejo. *EPAMIG Circular Técnica*, *244*, 1-7.
- FNP Consultoria & Agroinformativos. (2019). *Agriannual: Anuário da Agricultura Brasileira* (22 ed., pp. 248-254). São Paulo: FNP Consultoria & Agroinformativos.
- Food and Agriculture Organization – FAO. (2019). *Citrus fruit*. Recuperado de 8 de setembro de 2019, de <http://www.fao.org/3/y5143e/y5143e12.htm>
- Goes, A., & Kimati, H. (1987) Influência da inoculação de concentrações de inóculo de *Fusarium moniliforme* var. Subglutinans em mudas de abacaxi cv. Perola. *Summa Phytopathologica*, *13*(1), 43.
- GraphPad. (2019). Recuperado de 8 de setembro de 2019, de [www.graphpad.com](http://www.graphpad.com)
- Ma, Z., Felts, D., & Michailides, T. J. (2003). Resistance to azoxystrobin in *Alternaria* isolates from pistachio in California. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, *77*(2), 66-74.
- McDonald, B. A., & Linde, C. (2002). Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance. *Annual Review of Phytopathology*, *40*(1), 349-379.
- Mondal, S. N., Bhatia, A., Shilts, T., & Timmer, L. W. (2007). Baseline sensitivities of fungal pathogens of fruit and foliage of citrus to azoxystrobin, pyraclostrobin, and fenbuconazole. *Plant Disease*, *89*(11), 1186-1194.
- Pasche, J. S., Wharam, C. M., & Gudmestad, N. C. (2004). Shift in sensitivity of *Alternaria solani* in response to QoI fungicides. *Plant Disease*, *88*, 181-187.
- Rebollar-Alviter, A., Madden, L. V., Jeffers, S. N., & Ellis, M. A. (2007). Baseline and differential sensitivity to two QoI fungicides among isolates of *Phytophthora cactorum* that cause leather rot and crown rot on strawberry. *Plant Disease*, *91*, 1625-1637.
- Reis, R. F., Goes, A., Mondal, S. M., & Timmer, L. W. (2006). Effectiveness of fungicides and susceptibility of fruit and leaves of tangerine, tangor and tangelos to

infection by *Alternaria alternata*, the cause of brown spot. *Summa Phytopathologica*, 32, 1-12.

Reis, R. F., Almeida, T. F., Stuchi, E. S., & Goes, A. (2007). Susceptibility of citrus species to *Alternaria alternata*, the causal agent of the Alternaria brown spot. *Scientia Horticulturae*, 113, 336-342.

Timmer, L. W., Soleil, Z., & Orozco-Santos, M. (2000). Alternaria brown spot of mandarines. In L. H. Timmer, S. M. Garnsey, & J. H. Graham (Eds.), *Compendium of citrus diseases* (2. ed., p. 19). Minnesota: APS Press Saint Paul.

Vega, B., & Dewdney, M. M. (2014). Distribution of QoI resistance in populations of tangerine-infecting *Alternaria alternata* in Flórida. *Plant Disease*, 98, 67-76.

---

*Recebido: Novembro 16, 2021*

*Aceito: Julho 12, 2022*

**Como citar:** Baraldi, A. L. M., Poloni, N. M., Fischer Filho, J. A., Pereira, F. D., & Góes, A. (2022). Sensibilidade de *Alternaria alternata*, agente causal da mancha marrom de alternária a fungicidas do grupo químico das estrobilurinas. *Citrus Research & Technology*, 42, e1065. <https://doi.org/10.4322/crt.23222>.