

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Estrutura genética populacional de *Plasmopara viticola* e progresso
temporal do míldio e da ferrugem da videira**

Meyriele Pires de Camargo

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em
Ciências. Área de concentração: Fitopatologia

**Piracicaba
2017**

Meyrielle Pires de Camargo
Engenheira Agrônoma

Estrutura genética populacional de *Plasmopara viticola* e progresso temporal do míldio e da ferrugem da videira

Orientador:
Profª. Dra. **LILIAN AMORIM**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências. Área de concentração: Fitopatologia

Piracicaba
2017

RESUMO

Estrutura genética populacional de *Plasmopara viticola* e progresso temporal do míldio e da ferrugem da videira

Entre as doenças de maior impacto nos vinhedos paulistas, encontram-se o míldio (*Plasmopara viticola*) e a ferrugem (*Phakopsora euvtis*). Os objetivos deste trabalho foram: *i.* caracterizar a estrutura genética populacional e identificar espécies crípticas de *P. viticola*; *ii.* avaliar o progresso temporal de míldio da videira, o efeito da doença na produção das plantas e verificar a contribuição da reprodução sexuada e assexuada de *P. viticola* na epidemia da doença e; *iii.* avaliar o progresso temporal de ferrugem da videira. Foram coletados 516 isolados de *P. viticola* em 11 municípios de São Paulo. Os isolados foram genotipados com 7 marcadores microssatélites. Para a identificação de espécies crípticas de *P. viticola*, uma subamostra de 130 isolados foi analisada pela técnica CAPS (*Cleaved Amplified Polymorphic Sequence*), e 94 isolados foram sequenciados para a região ITS1. O progresso temporal do míldio e da ferrugem da videira foram avaliados em 3 ciclos de produção (2014/15, 2015/16 e 2016/17) nos sistemas de condução em espaldeira (ESP), Y descoberto (YD) e Y sob cobertura plástica (YC). A área experimental, localizada em Piracicaba-SP, foi constituída por plantas da variedade Niágara Rosada. As variáveis analisadas foram fenologia, número de folhas por ramo, incidência e severidade das doenças. Para verificar o efeito do míldio na produção das plantas, avaliaram-se a massa média do cacho, a produção por planta, o teor de sólidos solúveis totais (SST) e a acidez titulável (AT) dos frutos. A área abaixo da curva (AAC) foi calculada para o número de folhas por ramo, a incidência e a severidade de míldio e de ferrugem. Os valores de massa do fruto, produção por planta, SST e AT, e os resultados da AAC para as variáveis analisadas, foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Na safra 2015/16, 166 isolados de *P. viticola* foram coletados em três diferentes momentos da epidemia, os quais foram genotipados com os 7 microssatélites mencionados anteriormente. *P. viticola* clado *aestivalis* foi a única espécie críptica identificada no Estado de São Paulo. Dentre os 516 isolados analisados, 55 genótipos multilocos (MLG) foram identificados. Quatro MLGs dominantes representaram 65,7% dos genótipos observados. Para o míldio da videira, em 2 das 3 safras avaliadas observou-se desfolha precoce das plantas doentes. A severidade média máxima de míldio observada foi de 14,3% na ESP e 30,9% no YD. Para esses valores de severidade, a doença causou a redução na produção por planta (0,7 a 0,9 kg por planta) e na massa do cacho (67 a 78 g). Em nenhuma das safras houve efeito da doença no teor de SST e na AT. Maiores valores de AAC da severidade de míldio foram verificados no YD em comparação à espaldeira, sugerindo que o sistema em YD favorece o progresso da doença. No YC, a redução da incidência de míldio foi de até 93,7% em relação aos sistemas descobertos, indicando que o sistema em Y associado ao cultivo protegido foi uma ferramenta eficiente no controle da doença. O monitoramento de genótipos de *P. viticola* na safra 2015/16 revelou que a epidemia foi resultante, predominantemente, de infecções clonais múltiplas causadas por um único genótipo. Queda prematura de folhas em decorrência da epidemia de ferrugem foi observada para os sistemas em YC e YD com valores de severidade inferiores a 5,6%. Em função da desfolha, verificaram-se alterações na fenologia das plantas nos estádios fenológicos finais de desenvolvimento. O progresso da incidência de ferrugem foi mais rápido nos sistemas em YC e YD em relação a ESP. Diferentemente das epidemias de míldio da videira, o uso da cobertura plástica não foi suficiente para o controle satisfatório da ferrugem.

Palavras-chave: Arquitetura de Plantas; Epidemiologia; Espécies Crípticas; Marcadores Microssatélites; *Phakopsora euvtis*; *Plasmopara viticola*.

ABSTRACT

Population genetic structure of *Plasmopara viticola* and temporal progress of downy mildew and grapevine rust

Downy mildew (*Plasmopara viticola*) and rust (*Phakopsora euvtis*) are important diseases on vineyards located in São Paulo State. The aims of this study were: *i.* characterize the population genetic structure and identify cryptic species of *P. viticola*; *ii.* evaluate the temporal progress of grapevine downy mildew, the disease effect on yield, and verify the contribution of sexual and asexual reproduction of *P. viticola* on disease epidemic and; *iii.* evaluate the temporal progress of grapevine rust. A total of 516 isolates of *P. viticola* were collected from 11 locations of São Paulo State. The isolates were genotyped with 7 microsatellite markers. To identify cryptic species of *P. viticola*, a subsample of 130 isolates were analyzed by *Cleaved Amplified Polymorphic Sequence* (CAPS), and 94 isolates were sequenced for ITS1 region. Temporal progress of downy mildew and rust were evaluated in 3 growing seasons (2014/15, 2015/16 and 2015/16) on vertical trellis (VT), Y-trellis without plastic cover (YWP), and Y-trellis with plastic cover (YPC). The experimental area, located in Piracicaba-SP, was composed by plants of the variety Niagara Rosada. The variables analyzed were phenology, number of leaves per shoot, disease incidence and disease severity. To verify the effect of downy mildew on yield were evaluated bunch weight, yield per plant, total soluble solids content (TSS) and titratable acidity (TA) of the fruits. Area under the curve (AUC) was calculated for number of leaves per shoot, downy mildew and rust incidence and downy mildew and rust severity. The values of bunch weight, yield per plant, TSS and TA, and AUC results for the analyzed variables, were submitted to variance analysis and the mean values were compared by Tukey test ($P < 0.05$). In the growing season of 2015/16, 166 isolates of *P. viticola* were collected at three different moments of downy mildew epidemic. The isolates were genotyped with the 7 microsatellites previously mentioned. *P. viticola* clado *aestivalis* was the only cryptic species identified in São Paulo State. Among the 516 isolates analyzed, 55 multilocus genotypes (MLG) were identified. Four dominant MLGs represented 65.7% of the observed genotypes. For downy mildew, 2 of the 3 growing seasons evaluated were observed early defoliation of the diseased plants. The maximum average values of disease severity observed were 14.3% in ESP and 30.9% in YD. For these disease severity values, the disease reduced yield per plant (0.7 to 0.9 kg per plant) and bunch weight (67 to 78 g). No effect of downy mildew was verified on TSS and TA in none of the growing seasons. Higher AUC values for downy mildew severity were observed in YWP compared to the VT, suggesting that YWP favors the disease progress. On the YPC, incidence of downy mildew was reduced by up to 93.7% compared to the uncovered systems, indicating that Y-trellis associated with plastic cover was an efficient tool to control the disease. The monitoring of genotypes of *P. viticola* in the 2015/16 growing season revealed that disease epidemic was driven predominantly by multiple clonal infections caused by a single genotype. Early defoliation due to grape rust epidemic was observed on YWP and YPC with disease severity lower than 5.6%. Due to defoliation caused by rust modification on plant phenology were verified in the final stages of plant development. The progress of rust incidence was faster in YWP and YPC than in VT. Unlikely grape downy mildew epidemics, the use of plastic cover was not sufficient to effectively control grape rust.

Keywords: Cryptic Species; Epidemiology; Microsatellite Markers; *Phakopsora euvtis*; Plant Architecture; *Plasmopara viticola*.

1 INTRODUÇÃO

A cultura da videira foi introduzida no Brasil em 1532, no Estado de São Paulo, por meio dos colonizadores portugueses. Contudo, foi somente em meados do século XIX que a viticultura brasileira e paulista se consolidaram, com a introdução de variedades americanas, as quais se adaptaram muito bem às condições paulistas (Souza, 1996).

A produção nacional de uvas na safra 2016 foi de 973.043 toneladas. Estima-se que no ano 2017, a produção seja de 1.467.651 toneladas. O Estado de São Paulo é o terceiro maior produtor brasileiro, com 10,2% da área colhida e 14,8% da produção total em 2016 (IBGE, 2017). São Paulo se destaca como sendo o maior produtor nacional de uvas de mesa (Oliveira *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2008) e a variedade Niágara Rosada é a mais plantada no Estado (Cato *et al.*, 2005; Manica & Pommer, 2006). A Niágara Rosada pertence à espécie *Vitis labrusca*, originada a partir de uma mutação somática da variedade Niágara Branca (Souza, 1996). É uma variedade de mesa de fácil cultivo, muito produtiva e bem adaptada às condições paulistas (Manica & Pommer, 2006), além de possuir maior rusticidade e facilidade na execução de tratamentos culturais em relação ao cultivo de variedades de uvas finas para mesa. No cultivo da Niágara Rosada, alguns tratamentos culturais não desnecessários, como a operação de raleio dos cachos, reduzindo custos com mão de obra (Tecchio *et al.*, 2011; Costa *et al.*, 2012).

A ocorrência de doenças é um dos principais problemas enfrentados pelos produtores de uva. O míldio e a ferrugem são as doenças mais importantes na cultura no Estado de São Paulo. Na região de Jales, para a variedade Niágara Rosada, a incidência do míldio chega a 83% e a da ferrugem a 50% (Costa *et al.*, 2012). O míldio da videira (*Plasmopara viticola*) pode causar perdas de até 100% na produção de variedades suscetíveis, além de danos na qualidade do produto (Garrido *et al.*, 2008). A ferrugem da videira (*Phakopsora euvitidis*) é considerada endêmica em diversas regiões tropicais do mundo, podendo ocorrer também em regiões subtropicais e temperadas. A doença causa a desfolha precoce nas plantas, podendo prejudicar o vigor das plantas no ciclo seguinte (Amorim *et al.*, 2016).

O controle químico vem sendo utilizado como a principal medida de controle para as doenças da videira, sendo realizado de maneira inadequada, o que pode ser constatado pela quantidade excessiva de pulverizações nos vinhedos. O uso de fungicidas no início do ciclo visa o controle de doenças que atacam folhas, ramos e bagas, como o míldio, e em estágios mais avançados, após a colheita, os fungicidas são usados para o controle de ferrugem. Em um levantamento realizado recentemente em Jales (SP), uma das mais importantes regiões

produtoras de uvas do Estado de São Paulo, observou-se número médio de pulverizações por ciclo de produção de 59 para uvas de mesa e um valor ainda maior para uvas viníferas, de 103 aplicações, devido à maior suscetibilidade das variedades. Nos vinhedos paulistas, as aplicações são realizadas de maneira preventiva, com base no estágio fenológico da cultura, sem que haja um monitoramento da ocorrência de doenças ou das condições favoráveis ao seu desenvolvimento. Ao contrário do que ocorre com o manejo de doenças, o monitoramento de pragas é feito pela maioria dos produtores paulistas, evidenciando que quando disponíveis, outras técnicas de controle são incorporadas ao sistema de produção (Costa *et al.*, 2012).

A utilização do manejo integrado com outros métodos de controle além do químico, é importante para reduzir o número de aplicações de agrotóxicos. A influência da arquitetura de plantas sobre o desenvolvimento de epidemias é uma linha de pesquisa recente, mas que tem obtido resultados promissores, podendo ser uma das ferramentas a ser incorporada no manejo de doenças de plantas (Tivoli *et al.*, 2013).

A arquitetura de plantas é o termo designado para caracterizar a organização espacial dos componentes da planta, os quais podem sofrer alterações com o tempo (Godin *et al.*, 1999). Características como altura de plantas, número de ramos, área foliar e a posição de folhas, ramos, flores e frutos, são controlados geneticamente, mas são influenciadas também pelo efeito do ambiente e pela interferência humana, através de atividades realizadas tanto na semeadura (espaçamento, densidade e data de plantio), quanto durante o período vegetativo (irrigação, fertilizantes, podas e desbastes). O sucesso do estabelecimento de uma determinada doença, além de ser dependente da pressão do inóculo inicial e das condições climáticas, também está sujeito à dinâmica da arquitetura do dossel das plantas e à receptividade do hospedeiro à infecções ao longo de tempo (Tivoli *et al.*, 2013). A contínua produção de novos órgãos pela planta causa modificações na porosidade da copa e no nível de suscetibilidade dos órgãos em função da sua idade (resistência ontogênica). Dessa forma, o crescimento das plantas e sua arquitetura causam modificações no microclima no interior do dossel das plantas, as quais podem propiciar condições favoráveis ou não ao desenvolvimento de patógenos (Calonnec *et al.*, 2013). De maneira geral, uma determinada arquitetura de planta que forme condições microclimáticas desvantajosas à infecção de patógenos pode reduzir significativamente a severidade da doença (Tivoli *et al.*, 2013).

A arquitetura das plantas é influenciada pelo sistema de condução das plantas, podendo ser utilizado como uma estratégia no manejo de doenças. Os sistemas de condução mais comumente empregados no cultivo de videira são a latada, a espaldeira e o Y (Tecchio *et al.*, 2011; Costa *et al.*, 2012). Na latada, o dossel é conduzido na horizontal e é mais utilizada para

o cultivo de uvas de mesa de variedades europeias (Pedro Júnior *et al.*, 2011a). A espaldeira é o sistema tradicionalmente usado nas regiões produtoras de uva do Estado de São Paulo (Hernandes & Pedro Júnior, 2011). Neste sistema, a copa das plantas é conduzida no plano vertical sobre três ou quatro fios de arame. Apresenta custo de implantação relativamente baixo e facilidade na realização de tratos culturais, como podas, despontes de ramos e pulverizações. Dentre as desvantagens da espaldeira, cita-se a tendência de maior sombreamento dos cachos, o que pode interferir na qualidade dos frutos (Miele & Mandelli 2008, 2013). No sistema em Y, as plantas são conduzidas sob dois planos, com ângulo de inclinação de 120°. A condução dos ramos é feita alternadamente em cada plano. São utilizados sete fios de arame, um para a sustentação do cordão esporonado e três fios posicionados em cada braço lateral. Dois fios são para a condução dos ramos e o mais externo para o posicionamento da cobertura plástica, caso se opte pelo uso de cultivo protegido. O sistema em Y apresenta custo de implantação maior, porém possibilita a obtenção de produtividades mais elevadas e maior qualidade dos cachos. Além disso, a estrutura do sistema em Y facilita a instalação da cobertura plástica (Hernandes & Pedro Júnior, 2011).

A utilização do cultivo protegido para a videira protege as plantas contra chuvas de granizo e influencia o microclima das plantas. A cobertura plástica evita a incidência direta da chuva sobre o dossel vegetativo e sobre os frutos, reduzindo drasticamente a presença de água livre nas plantas (Chavarria *et al.*, 2007; Detoni *et al.*, 2007; Comiran *et al.*, 2012). A velocidade do vento é reduzida sob a cobertura plástica em cerca de 88% a 90% (Chavarria *et al.*, 2007, 2008; Cardoso *et al.*, 2008). Em consequência disso, a demanda evaporativa atmosférica é menor sob o a cobertura plástica (Cardoso *et al.*, 2008; Chavarria *et al.*, 2008), aumentando o potencial de água na folha e a condutância estomática das plantas (Chavarria *et al.*, 2008). Aumento nas temperaturas máximas entre 1,2 e 3,1 °C sob o sistema em cobertura plástica foi observado em diversos estudos (Ferreira *et al.*, 2004; Chavarria *et al.*, 2007; Cardoso *et al.*, 2008; Comiran *et al.*, 2012; Pedro Júnior *et al.*, 2013), entretanto, há relatos em que as temperaturas máximas e mínimas são semelhantes entre os sistemas cobertos e descobertos (Pedro Júnior *et al.*, 2011b). A radiação solar é atenuada, em média, 20 a 34%, sob as plantas em Y com cobertura plástica em relação ao sistema descoberto (Chavarria *et al.*, 2007; Cardoso *et al.*, 2008, 2010; Pedro Júnior *et al.*, 2011b; Comiran *et al.*, 2012). Portanto, diversas alterações microclimáticas ocorrem sob a cobertura plástica, as quais podem influenciar no desenvolvimento de patógenos.

Na literatura, diferenças na intensidade de doenças em função do sistema de condução utilizado foram relatadas em diversos estudos (Chavarria *et al.*, 2007; Detoni *et al.*, 2007;

Hernandes & Pedro Júnior, 2011; Pedro Júnior *et al.*, 2011a; Comiran *et al.*, 2012; Bem *et al.*, 2015; Du *et al.*, 2015; Yu *et al.*, 2017). Bem *et al.* (2015) verificaram epidemias mais severas de míldio no sistema em Y descoberto em comparação a espaldeira. Estudos relatam a diminuição da incidência de doenças da videira com o uso de cobertura plástica. Em função disso, o número de pulverizações também é reduzido (Chavarria *et al.*, 2007; Detoni *et al.*, 2007; Pedro Júnior *et al.*, 2011a; Comiran *et al.*, 2012; Du *et al.*, 2015; Yu *et al.*, 2017). O sistema de condução em Y associado ao cultivo protegido pode levar à redução de até 70% no número de aplicações de fungicidas, proporcionando menores gastos com defensivos, mão de obra, combustível e desgastes de maquinário, diminuindo o custo de produção (Hernandes & Pedro Júnior, 2011). Comparando o sistema de condução em Y com e sem cobertura plástica, verificou-se que, o uso do cultivo protegido reduziu a incidência e a severidade do míldio e de podridões de cacho, diminuindo os custos com o controle fitossanitário em comparação ao sistema sem cobertura (Chavarria *et al.*, 2007). Em vinhedos com cobertura plástica, observou-se redução da incidência do míldio, da antracnose e de podridões de frutos, mesmo sem a aplicação de fungicidas. Entretanto, para o manejo de mancha-das-folhas, apenas o uso da cobertura plástica não foi o suficiente para o controle satisfatório da doença, havendo a necessidade da aplicação de fungicidas (Pedro Júnior *et al.*, 2011a). Du *et al.* (2015) verificaram menor severidade de podridões de cacho sob o cultivo protegido. Contudo, o uso da cobertura plástica contribuiu na ocorrência de infecções mais severas de oídio nas plantas conduzidas neste sistema.

Apesar dessas evidências, para a cultura da videira, o efeito do sistema de condução, em Y e em espaldeira, no progresso temporal das epidemias de míldio e, principalmente, de ferrugem, é pouco conhecido. Mesmo em relação ao progresso temporal das epidemias de míldio em condições tropicais há pouca informação, e nenhum dado relacionado à ferrugem. Entender como as características da arquitetura de plantas afetam a severidade dessas epidemias e como modificar esses caracteres com o objetivo de reduzir o progresso dessas doenças são importantes como forma de contribuir no desenvolvimento de novas alternativas de controle, auxiliando na redução do número de aplicações de defensivos, além de esclarecer como ocorre o progresso das epidemias de míldio e de ferrugem, doenças tão relevantes na cultura da videira.

P. viticola apresenta altos níveis de variabilidade genética e claras distinções entre populações de diferentes regiões geográficas (Gobbin *et al.*, 2005, 2006; Yin *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2016). Regiões com condições climáticas desfavoráveis à sobrevivência do patógeno tendem a limitar a variabilidade genética de *P. viticola*. Nesses locais, sugere-se que as epidemias sejam resultantes de múltiplas infecções clonais causadas por um ou poucos

genótipos (Gobbin *et al.*, 2003a; Rumbou & Gessler, 2004, 2006). Marcadores moleculares, como microssatélites, também conhecidos como Sequências Simples Repetidas (SSR), podem ser usados para diferenciar genótipos de lesões foliares clonais (reprodução assexuada) de lesões foliares derivadas de oósporos (reprodução sexuada) (Gessler *et al.*, 2011). Oósporos de *P. viticola* são originados a partir da recombinação entre dois *mating types* compatíveis (Wong *et al.*, 2001). Os marcadores polimórficos são capazes de reconhecer alelos distintos, resultando em diferentes combinações quando são utilizados diversos SSR. Quando os alelos identificados pelos marcadores utilizados são idênticos entre os indivíduos, supõe-se que os indivíduos são clones, originados de reprodução assexuada (Gessler *et al.*, 2011). A estrutura genética de populações de *P. viticola* vem sendo estudada em diferentes países do mundo (Gobbin *et al.*, 2003a, 2006; Hug, 2005; Rumbou & Gessler, 2006, 2007; Koopman *et al.*, 2007; Matasci *et al.*, 2010; Rouxel *et al.*, 2012; Fontaine *et al.*, 2013; Yin *et al.*, 2014). No Brasil, estudos sobre a estrutura populacional e diversidade de *P. viticola* são incipientes.

A ocorrência de espécies crípticas de *P. viticola* foi relatada recentemente na América do Norte, o centro de origem de *P. viticola*. Em espécies de videira comercialmente cultivadas, foi relatada a presença de 3 espécies crípticas. *P. viticola* clado *riparia* infecta apenas híbridos interespecíficos, *P. viticola* clado *vinifera* infecta *V. vinifera* e híbridos, e *P. viticola* clado *aestivalis* infecta *V. vinifera*, *V. labrusca* e híbridos (Rouxel *et al.*, 2013, 2014). No Brasil, as variedades mais cultivadas são *V. vinifera* e *V. labrusca*, ambas as espécies com ampla gama de variedades. Estudos sobre a ocorrência de espécies crípticas no Brasil não são relatados.

Diante do exposto, os objetivos deste trabalho foram: (i) caracterizar a estrutura genética populacional e identificar espécies crípticas de *P. viticola*; (ii) avaliar o progresso temporal de míldio da videira, o efeito da doença na produção e caracterizar o tipo de reprodução predominante na epidemia da doença e; (iii) avaliar o progresso temporal de ferrugem da videira.

2 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente estudo revelaram limitada diversidade genética de *P. viticola* nas populações amostradas no estado de São Paulo. A presença de uma única espécie críptica de *P. viticola* pode ser interpretada como uma evidência da variabilidade genética restrita do patógeno. A predominância de genótipos multilocos clonais e a sua presença em diferentes locais sugerem altos níveis de fluxo gênico e limitada ocorrência de reprodução sexuada, resultando em baixa recombinação sexuada de *P. viticola*. Uma população geneticamente homogênea presente em uma extensa região pode estar vivenciando um evento de dispersão generalizada de genótipos entre as populações. Teoricamente, toda a população pode ser considerada como uma única população e, portanto, manejada de forma igual (Milgroom & Fry, 1997). Uma população homogênea pode facilitar a adoção de medidas de controle, como o desenvolvimento de materiais resistentes ou o uso do controle químico. Entretanto, caso genótipos resistentes com um alto potencial de reprodução clonal ocorrerem e se estabelecerem na população, o manejo da doença pode se tornar um sério problema. Os resultados obtidos no presente estudo sugerem que a reprodução sexuada possui um papel secundário no progresso das epidemias de míldio da videira no Estado de São Paulo. Dessa forma, as epidemias são decorrentes da reprodução assexuada do patógeno, causadas por poucos genótipos dominantes, como são as epidemias na Austrália, África do Sul e alguns vinhedos de regiões Italianas e Alemãs (Gobbin *et al.*, 2003, 2007; Hug, 2005; Koopman *et al.*, 2007).

Com relação à epidemiologia do míldio da videira, verificou-se que, em condições de clima favorável, epidemias explosivas e severas de míldio podem ocorrer nos sistemas sem cultivo protegido, como verificado na safra 2015/16, em que a incidência de plantas doentes progrediu de 0 a 100% em um período inferior à 20 dias, e a severidade média final da doença atingiu valores de até 30,9%. Em epidemias como esta, ocorreu a desfolha precoce de plantas e a produtividade foi reduzida em até 0,9 kg por planta nos sistemas descobertos. Contudo, alterações na quantidade de sólidos solúveis totais e acidez titulável dos frutos em função da doença não ocorreram. Houve tendência de níveis de severidades mais elevados no Y sem cobertura plástica em comparação à espaldeira, verificado por diferenças significativas na AAC do progresso da severidade em 2 das 3 safras avaliadas. O uso da cobertura plástica no sistema em Y promoveu a redução da incidência de míldio em até 93,7% em comparação aos sistemas em espaldeira e Y descoberto. Portanto, o sistema em Y associado ao cultivo protegido é uma medida eficiente no controle de míldio da videira, resultado que vai de acordo com outros

estudos conduzidos em vinhedos sob cobertura plástica (Chavarria *et al.*, 2007; Pedro Júnior *et al.*, 2011a; Du *et al.*, 2015). Entretanto, caso o uso da cobertura plástica não seja possível, a utilização do sistema em Y não é recomendável. Nesta situação, propõe-se utilizar o cultivo de videira no sistema em espaldeira. O monitoramento dos genótipos realizado na safra 2014/15 revelou baixa diversidade genotípica da população de *P. viticola* e a predominância da reprodução assexuada do patógeno como fonte de inóculo primária e secundária no desenvolvimento da epidemia de míldio da videira.

A ferrugem da videira se caracteriza como uma doença de final de ciclo. A incidência de plantas doentes pode atingir 100% das plantas em períodos relativamente curtos, independente do sistema de condução. Além disso, o progresso temporal da incidência de ferrugem da videira é decorrente de infecções primárias causadas por inóculo proveniente de fora da área, sendo que ciclos secundários pouco contribuem no progresso temporal da incidência da doença. A doença pode ocasionar a desfolha precoce em plantas de videira com valores de severidade inferiores a 5,6%. Devido à rápida dispersão do patógeno e à possibilidade de desfolha prematura no ciclo de cultivo, atenção deve ser dada ao manejo da doença em vinhedos após a colheita. O molhamento foliar nas plantas conduzidas em Y sob cobertura plástica foi cerca de 50% menor do que o observado nos sistemas em espaldeira e Y descoberto. Entretanto, esse fator não influenciou no progresso temporal da doença sob a cobertura plástica. Embora o uso de cultivo protegido em vinhedos tenha sido apontado na literatura como um método eficaz no controle de doenças da videira como míldio e podridões de cacho (Chavarria *et al.*, 2007; Pedro Júnior *et al.*, 2011a; Du *et al.*, 2015), para a ferrugem da videira, apenas o uso de cobertura plástica no sistema em Y não foi suficiente para o seu controle eficiente.

Referências

- Amorim L, Spósito MB, Kuniyuki H, 2016. Doenças da videira. In: Amorim L, Rezende JAM, Bergamin Filho A, Camargo LEA, eds. *Manual de Fitopatologia. Volume 2. Doenças das plantas cultivadas*. Ouro Fino, MG, BR: Agronômica Ceres, 745–758.
- Bem BP de, Bogo A, Everhart S *et al.*, 2015. Effect of Y-trellis and vertical shoot positioning training systems on downy mildew and botrytis bunch rot of grape in highlands of southern Brazil. *Scientia Horticulturae* **185**, 162–66.
- Calonnec A, Burie JB, Langlais M *et al.*, 2013. Impacts of plant growth and architecture on pathogen processes and their consequences for epidemic behaviour. *European Journal of Plant Pathology* **135**, 479–97.
- Cardoso LS, Bergamaschi H, Comiran F *et al.*, 2008. Alterações micrometeorológicas em vinhedos pelo uso de coberturas de plástico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **43**, 441–47.
- Cardoso LS, Bergamaschi H, Comiran F *et al.*, 2010. Padrões de interceptação de radiação solar em vinhedos com e sem cobertura plástica. *Revista Brasileira de Fruticultura* **32**, 161–71.
- Cato SC, Terra MM, Botelho RV *et al.*, 2005. Características morfológicas dos cachos e bagas de uva “Niagara Rosada” (*Vitis Labrusca* L .) tratadas com o ácido giberélico e anelamento. *Acta Scientiarum Agronomy* **27**, 177–81.
- Chavarria G, Santos HP, Felippeto J *et al.*, 2008. Relações hídricas e trocas gasosas em vinhedo sob cobertura plástica. *Revista Brasileira De Fruticultura* **30**, 1022–029.
- Chavarria G, Santos HP, Sônego OR, Maroni GAB, Bergamaschi H, Cardoso LS, 2007. Incidência de doenças e necessidade de controle em cultivo protegido de videira. *Revista Brasileira de Fruticultura* **29**, 477–82.
- Comiran F, Bergamaschi H, Heckler BMM, Santos HP, Alba D, Saretta E, 2012. Microclima e produção de videiras “Niágara Rosada” em cultivo orgânico sob cobertura plástica. *Revista Brasileira de Fruticultura* **34**, 152–59.
- Costa TV, Tarsitano MAA, Conceição MAF, 2012. Caracterização social e tecnológica da produção de uvas para mesa em pequenas propriedades rurais da região de Jales-SP. *Revista Brasileira de Fruticultura* **34**, 766–73.
- Detoni AM, Clemente E, Fornari C, 2007. Produtividade e qualidade da uva “Cabernet Sauvignon” produzida sob cobertura de plástico em cultivo orgânico. *Revista Brasileira de Fruticultura* **29**, 530–34.
- Du F, Deng W, Yang M *et al.*, 2015. Protecting grapevines from rainfall in rainy conditions

- reduces disease severity and enhances profitability. *Crop Protection* **67**, 261–68.
- Ferreira MA, Pedro Júnior MJ, Santos AO, Hernandez JL, 2004. Modificação parcial do ambiente de cultivo da videira “Cabernet Sauvignon” sobre diferentes porta-enxertos: efeito sobre a produção e o teor de sólidos solúveis. *Bragantia* **63**, 439–45.
- Fontaine MC, Austerlitz F, Giraud T *et al.*, 2013. Genetic signature of a range expansion and leap-frog event after the recent invasion of Europe by the grapevine downy mildew pathogen *Plasmopara viticola*. *Molecular Ecology* **22**, 2771–786.
- Garrido LR, Sônego OR, Naves RL, Fajardo TVM, Kuhn GB, 2008. Doenças. In: Nachtigal JC, Mazzarolo A, eds. *Uva: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Brasília, DF, BR: Embrapa Informação Tecnológica, 135–56.
- Gessler C, Pertot I, Perazzolli M, 2011. *Plasmopara viticola*: a review of knowledge on downy mildew of grapevine and effective disease management. *Phytopathologia Mediterranea* **50**, 3–44.
- Gobbin D, Bleyer G, Keil S, Kassemeyer HH, Gessler C, 2007. Evidence for sporangial dispersal leading to a single infection event and a sudden high incidence of grapevine downy mildew. *Plant Pathology* **56**, 843–47.
- Gobbin D, Jermini M, Loskill B, Pertot I, Raynal M, Gessler C, 2005. Importance of secondary inoculum of *Plasmopara viticola* to epidemics of grapevine downy mildew. *Plant Pathology* **54**, 522–34.
- Gobbin D, Pertot I, Gessler C, 2003. Genetic structure of a *Plasmopara viticola* population in an isolated Italian mountain vineyard. *Journal of Phytopathology* **151**, 636–46.
- Gobbin D, Rumbou A, Linde CC, Gessler C, 2006. Population genetic structure of *Plasmopara viticola* after 125 years of colonization in European vineyards. *Molecular Plant Pathology* **7**, 519–31.
- Godin C, Costes E, Sinoquet H, 1999. A method for describing plant architecture which integrates topology and geometry. *Annals of Botany* **84**, 343–57.
- Hernandes JL, Pedro Júnior MJ, 2011. *Sistema de condução em manjedoura na forma de “Y” e cultivo protegido para a videira*. Série Tecnologia APTA, Boletim Técnico IAC, 211. SP, BR: Instituto Agronômico.
- Hug F, 2005. *Genetic structure and epidemiology of Plasmopara viticola populations from Australian grape growing regions*. Zurich, SWI: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Tese de Doutorado.
- IBGE, 2017. *Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil (junho 2017)*. LSPA, junho de 2017.

- RJ, BR: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- Koopman T, Linde CC, Fourie PH, Mcleod A, 2007. Population genetic structure of *Plasmopara viticola* in the Western Cape Province of South Africa. *Molecular Plant Pathology* **8**, 723–36.
- Li X, Yin L, Ma L, Zhang Y, An Y, Lu J, 2016. Pathogenicity variation and population genetic structure of *Plasmopara viticola* in China. *Journal of Phytopathology* **164**, 863–73.
- Manica I, Pommer CV, 2006. *Uva: do plantio a produção, pós-colheita e mercado*. Porto Alegre, RS, BR: Cinco Continentes.
- Matasci CL, Jermini M, Gobbin D, Gessler C, 2010. Microsatellite based population structure of *Plasmopara viticola* at single vine scale. *European Journal of Plant Pathology* **127**, 501–08.
- Miele A, Mandelli F, 2008. Instalação do vinhedo. In: Nachtigal JC, Mazzarolo A, eds. *Uva: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Brasília, DF, BR: Embrapa Informação Tecnológica, 57-72.
- Miele A, Mandelli F, 2013. *Sistemas de condução da videira. Embrapa Uva e Vinho*. Versão eletrônica: Embrapa Uva e Vinho.
- Milgroom MG, Fry WE, 1997. Contributions of population genetics to plant disease epidemiology and management. *Advances in Botanical Research* **24**, 1–30.
- Oliveira MDM, Silva PR, Amaro AA, Tecchio MA, 2008. Viabilidade econômica em tratamento antidegrana em uva “Niagara Rosada” no Estado de São Paulo. *Informações Econômicas* **38**, 59–68.
- Pedro Júnior MJ, Hernandez JL, Blain GC, Rolim G de S, 2013. Microclima em vinhedos de “Niagara rosada” em diferentes sistemas de condução durante safras de inverno e de verão. *Revista Brasileira de Fruticultura* **35**, 151–58.
- Pedro Júnior MJ, Hernandez JL, Rolim G de S, 2011a. Sistema de condução em Y com e sem cobertura plástica: microclima, produção, qualidade do cacho e ocorrência de doenças fúngicas na videira “Niagara Rosada.” *Bragantia* **70**, 228–33.
- Pedro Júnior MJ, Hernandez JL, Rolim GS, Blain GC, 2011b. Microclima e produção da uva de mesa “Niagara Rosada” conduzida em espaldeira a céu aberto e em manjedoura na forma de “Y” sob cobertura de telado plástico. *Revista Brasileira de Fruticultura* **Vol. especial**, 511–18.
- Rouxel M, Mestre P, Baudoin A *et al.*, 2014. Geographic Distribution of cryptic species of *Plasmopara viticola* causing downy mildew on wild and cultivated grape in Eastern North America. *Phytopathology* **104**, 692–701.

- Rouxel M, Mestre P, Comont G, Lehman BL, Schilder A, Delmotte F, 2013. Phylogenetic and experimental evidence for host-specialized cryptic species in a biotrophic oomycete. *New Phytologist* **197**, 251–63.
- Rouxel M, Papura D, Nogueira M, Dezette D, Richard-Cervera S, 2012. Microsatellite markers for characterization of native and introduced populations of *Plasmopara viticola*, the causal agent of grapevine. *Applied and Environmental Microbiology* **78**, 6337–340.
- Rumbou A, Gessler C, 2004. Genetic dissection of *Plasmopara viticola* epidemics in Greek vineyards. *European Journal of Plant Pathology* **110**, 379–92.
- Rumbou A, Gessler C, 2006. Particular structure of *Plasmopara viticola* populations evolved under Greek Island conditions. *Phytopathology* **96**, 501–09.
- Rumbou A, Gessler C, 2007. Greek epidemics of grapevine downy mildew are driven by local oosporic inoculum: a population biology approach. *Journal of Biological Research* **7**, 3–18.
- Silva PR, Maia ML, Amaro AA, Oliveira MDM, Terra MM, 2008. Produção e comercialização de uva Niagara nas regiões de Campinas e Jales, Estado de São Paulo. *Informações Econômicas* **38**, 61–72.
- Souza JSI, 1996. *Uvas para o Brasil*. Piracicaba, SP, BR: FEALQ.
- Tecchio MA, Bettioli Neto JE, Barbosa W, Tucci MLS, 2011. Evolution and perspective of the temperate fruit crops in São Paulo State, Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura* **33**, 150–57.
- Tivoli B, Calonnet A, Richard B, Ney B, Andrivon D, 2013. Current knowledge on plant/canopy architectural traits that reduce the expression and development of epidemics. *European Journal of Plant Pathology* **135**, 471–78.
- Wong FP, Burr HN, Wilcox WF, 2001. Heterothallism in *Plasmopara viticola*. *Plant Pathology* **50**, 427–32.
- Yin L, Zhang Y, Hao Y, Lu J, 2014. Genetic diversity and population structure of *Plasmopara viticola* in China. *European Journal of Plant Pathology* **140**, 365–76.
- Yu S, Liu C, Liang C *et al.*, 2017. Effects of rain-shelter cultivation on the temporal dynamics of grape downy mildew epidemics. *Journal of Phytopathology* **165**, 331–41.