

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

**Ferrugem da videira: preservação de urediniósporos de
Phakopsora euvitis e fatores relacionados à infecção do hospedeiro**

Renan Fernandes Alves

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Fitopatologia

**Piracicaba
2015**

Renan Fernandes Alves
Engenheiro Agrônomo

Ferrugem da videira: preservação de urediniósporos de *Phakopsora euvitidis* e fatores relacionados à infecção do hospedeiro

Orientador:
Prof. Dr. **MARCEL BELLATO SPÓSITO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Fitopatologia

Piracicaba
2015

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Alves, Renan Fernandes

Ferrugem da videira: preservação de uredinísporos de *Phakopsora euvitis* e fatores relacionados à infecção do hospedeiro / Renan Fernandes Alves. - - Piracicaba, 2015.
58 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. *Phakopsora euvitis* 2. Uva 3. Ferrugem da videira 4. Preservação de esporos
5. Germinação 6. Temperatura 7. Molhamento I. Título

CDD 634.8
A474f

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

AGRADECIMENTOS

À minha família, principalmente meus pais e irmã que sempre me incentivaram e me acolheram com compreensão e carinho.

Ao Professor Marcel Spósito pela orientação, paciência, compreensão e confiança.

Aos meus amigos Fábio, Thiago, Isabela e Aline por todos esses anos de amizade, convívio e apoio.

Aos meus amigos do Laboratório de Epidemiologia, Rafael, Guilherme, Meyri, Ricardo, Juliana, Barbara, Kelly, Josi, Antonio, André, Sílvia e Juan pelo convívio e amizade.

Ao Professor Sívio Zocchi pela paciência, amizade e auxílio.

À ESALQ pela estrutura que proporcionou adquirir conhecimento e desenvolver este trabalho.

A todos os professores, alunos e demais funcionários do Departamento de Fitopatologia da ESALQ.

Ao CNPq pela concessão da bolsa.

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	9
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	13
1 INTRODUÇÃO	15
Referências	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Viticultura.....	17
2.2 Doenças da videira.....	18
2.3 Ferrugem da videira	19
2.3.1 Distribuição geográfica.....	19
2.3.2 Sintomatologia e danos	19
2.3.3 Etiologia.....	20
2.3.4 Epidemiologia.....	21
2.3.4.1 Determinação de componentes monocíclicos	22
2.3.4.2 Sobrevivência	23
2.3.5 Preservação de urediniósporos.....	24
Referências	25
3 VIABILIDADE DE UREDINIÓSPOROS EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO	31
Resumo.....	31
Abstract.....	31
3.1 Introdução	32
3.2 Material e Métodos.....	33
3.2.1 Obtenção, manutenção e extração de inóculo	33
3.2.2 Viabilidade de urediniósporos em diferentes condições de armazenamento ...	34
3.3 Resultados	35
3.4 Discussão.....	38
3.5 Conclusões.....	39
Referências	39
4 DETERMINAÇÃO DE COMPONENTES MONOCÍCLICOS DA FERRUGEM DA VIDEIRA.....	41
Resumo.....	41

Abstract.....	41
4.1 Introdução.....	42
4.2 Material e métodos	43
4.2.1 Efeito da temperatura e da duração do molhamento na germinação de urediniósporos de <i>Phakopsora euvitis in vitro</i>	43
4.2.2 Efeito da temperatura e da duração do molhamento no desenvolvimento de <i>Phakopsora euvitis</i> em inoculação <i>in vivo</i>	44
4.2.3 Análise de dados	44
4.3 Resultados.....	45
4.3.1 Efeito da temperatura e da duração do molhamento na germinação de urediniósporos de <i>Phakopsora euvitis</i>	45
4.3.2 Efeito da temperatura e da duração do molhamento no desenvolvimento de <i>Phakopsora euvitis</i> em inoculação <i>in vivo</i>	49
4.4 Discussão	53
4.5 Conclusões	56
Referências.....	56

RESUMO

Ferrugem da videira: preservação de urediniósporos e fatores relacionados com a infecção do hospedeiro

A ferrugem da videira, causada pelo fungo *Phakopsora euvitis*, é uma doença importante para a viticultura brasileira por causar desfolha precoce e, conseqüentemente, prejudicar a maturação dos frutos e comprometer as safras seguintes. Por ser um patógeno biotrófico, a preservação de urediniósporos para estudos com o patógeno, se faz em folhas do hospedeiro vivo. Em outras espécies de ferrugens é possível conservar os esporos em condições controladas por longos períodos de armazenamento. Outro ponto importante, para auxiliar na compreensão da epidemiologia do patossistema, está relacionado com as condições ambientais favoráveis na germinação de urediniósporos e na patogenicidade do fungo em folhas de videira. Com o objetivo de preservar o patógeno e determinar as condições ambientais favoráveis para a doença, foram avaliados: (1) O efeito da temperatura e desidratação na manutenção da viabilidade dos esporos; (2) O efeito da temperatura e do período de molhamento na germinação de urediniósporos e na patogenicidade em mudas de 'Niágara Rosada' inoculadas. Os resultados obtidos mostraram que a desidratação dos esporos proporcionou maior viabilidade destes ao longo do tempo, para todas as condições de armazenamento testadas. A desidratação seguida pelo armazenamento a -80°C conseguiu manter os esporos viáveis, com uma alta porcentagem de germinação, por até 150 dias de armazenamento. Os urediniósporos armazenados no ambiente, independente do processo de desidratação, não conseguiram manter sua viabilidade por um período superior a 15 dias. A faixa de temperatura para germinação de urediniósporos foi ampla, entre 10 e 30°C, com um ótimo em 20°C. A expressão de sintomas em plantas inoculadas foi maior nas temperaturas de 25 e 30°C. O período de molhamento mínimo estimado pelo modelo monomolecular foi de 7 horas para as plantas mantidas a 15 °C e 5 horas para as plantas mantidas a 20, 25 e 30 °C. Para períodos acima de 6 horas de molhamento, a maior severidade da doença ocorreu na temperatura de 30 °C. Não ocorreu sintomas em plantas inoculadas e mantidas a 35°C em nenhum dos períodos de molhamento testados. O período de latência da ferrugem foi de 7 dias para plantas inoculadas e mantidas a 25 e 30°C, estendendo-se para 13 dias quando as plantas foram mantidas a 15°C.

Palavras-chave: *Phakopsora euvitis*; Uva; Ferrugem da videira; Preservação de esporos; Germinação; Temperatura; Molhamento

ABSTRACT

Grapevine rust: preservation of urediniospores and factors related to the infection of the host

Grapevine rust, caused by *Phakopsora euvitis*, is an important disease in Brazilian viticulture, causing early defoliation and jeopardizing the maturation of fruits and the following crop season. *P. euvitis* is a biotrophic pathogen, and for research purposes, uredospores are kept through inoculation in grapevine plants. In other species of rust, it is possible to preserve spores under controlled conditions for long periods of storage. Understanding the favorable environmental conditions for uredospore germination and the pathogenicity of the fungus on grapevine leaves are important for the understanding of the pathosystem epidemiology. In order to preserve the pathogen and determine the favorable conditions for the disease were evaluated: (1) The effect of temperature and dehydration in maintaining the viability of the spores; (2) The effect of temperature and wetness period on uredospore germination and pathogenicity in 'Niágara Rosada' inoculated plants. The results showed that spore dehydration maintained high viability, for all the tested storage conditions. Dehydration followed by storage at -80°C kept viable spores, with a high percentage of germination, for 150 days of storage. The uredospores stored in the environment, independent of the dehydration process, could not maintain their viability for a period exceeding 15 days. The temperature range for uredospore germination varied from 10 to 30°C, with an optimal at 20°C. The expression of symptoms in inoculated plants was higher at 25°C and 30°C temperatures. The minimum wetness period estimated by the monomolecular model was 7 hours for plants kept at 15 °C and 5 hours for plants kept at 20, 25 and 30 °C. For wetness periods up to 6 hours, the highest disease severity occurred at 30 °C. There were no symptoms on inoculated plants maintained at 35°C in any of the tested wetness periods. The rust latency period was 7 days for inoculated plants kept at 25 and 30°C extending for 13 days when the plants were kept at 15°C.

Keywords: *Phakopsora euvitis*; Grape; Grapevine rust; Spore preservation; Germination; Temperature; Wetness

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Germinação *in vitro* (A e B) e severidade de ferrugem (% de área lesionada) em folhas de 'Niágara Rosada' inoculadas (C e D), utilizando urediniósporos não desidratados (A e C) e desidratados (B e D) de *Phakopsora euvitidis*, em diferentes temperaturas de armazenamento (ambiente, 5, -20 e -80°C) e período de armazenamento em dias.....36
- Figura 2 - Severidade de ferrugem (% de área lesionada) em folhas de 'Niágara Rosada' inoculadas em função da germinação *in vitro* (%) de urediniósporos de *Phakopsora euvitidis*.....37
- Figura 3 - Curvas ajustadas para a proporção de urediniósporos germinados em função da temperatura para cada período de molhamento avaliado. Símbolos brancos representam as repetições do primeiro experimento e símbolos pretos representam as repetições do segundo experimento...46
- Figura 4 - Curvas ajustadas para a proporção de urediniósporos germinados em função do período de molhamento para cada temperatura. Símbolos brancos representam as repetições do primeiro experimento e símbolos pretos representam as repetições do segundo experimento.....48
- Figura 5 - Superfície de resposta da proporção de esporos germinados de *Phakopsora euvitidis*, em função da temperatura e do período de molhamento, descrita pela equação $Y=0,689*((T-6,135)/(20,315-6,135))^{(0,642(0,642-6,135)/(30,276-20,315))*((30,276-T)/(30,276-20,315))^{0,642}}*(1-\exp(-0,236*M))$, em que Y é germinação, T é a temperatura (°C) e M é a duração do período de molhamento(h).....49
- Figura 6 - Proporção de severidade de ferrugem em folhas de 'Niágara Rosada' em função da temperatura para cada período de molhamento.....50
- Figura 7 - Curvas ajustadas para a proporção de severidade de ferrugem em folhas de 'Niágara rosada' em função do período de molhamento para cada temperatura.....51
- Figura 8 - Efeito da temperatura no período latente da ferrugem *P. euvitidis*, em mudas de videira 'Niágara Rosada' submetidas a diferentes temperaturas.....52
- Figura 9 - Severidade de folhas de ferrugem armazenadas a 20°C (A e B) e 30°C(C e D). A esporulação ocorre na face abaxial das folas (A e C) e na face adaxial ocorre necrose do tecido (B e D).....53

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Coeficientes de determinação (R^2), parâmetros e erros (entre parênteses) da função beta generalizada, $Y=Yot*\left(\frac{(T-Tmin)}{(Tot-Tmin)}\right)^{Amp*\left(\frac{(Tmax-T)}{(Tmax-Tot)}\right)^{Amp}}$ onde Y é germinação, T é a temperatura, Yot é o valor máximo para a germinação, Tmin, Tot e Tmax são, respectivamente, as temperaturas mínima, ótima e máxima estimada pelo modelo. Amp representa a amplitude da curva em sua faixa assintótica, ajustada à germinação de urediniosporos de *P. euvitis*.....46
- Tabela 2 - Coeficientes de determinação (R^2), parâmetros e erros (entre parênteses) da função monomolecular passando pela origem, $Y=Yot*(1-\exp(-r*M))$ em que y é germinação, Yot corresponde a germinação máxima, r é a taxa de germinação em função do período de molhamento e M é a duração do período de molhamento, ajustada à germinação de urediniosporos de *P. euvitis*.....49
- Tabela 3 - Coeficientes de determinação (R^2), parâmetros e erros (entre parênteses) da função monomolecular $Y=Yot*(1-\exp(-r*(M-b3)))$ onde y é severidade, Yot corresponde a severidade máxima, r é a taxa da severidade em função do período de molhamento, b3 é o período de molhamento mínimo e M é a duração do período de molhamento, ajustada à germinação de urediniosporos de *P. euvitis*.....51

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o 12º maior produtor mundial de uva, com área colhida de 82.603 ha e produção anual de aproximadamente 1,5 milhões de toneladas (FAO, 2012). O Estado de São Paulo é o 3º maior produtor brasileiro de uvas, com área de 9.526 ha (11,7% da área nacional) e produção de 172.868 toneladas (12,2% da produção nacional) (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2014).

Durante o ciclo de produção, a cultura da videira está sujeita a uma série de problemas fitossanitários. No Brasil, as doenças fúngicas constituem-se em um dos principais problemas em todas as regiões produtoras de uva. Entre as doenças, a ferrugem da videira, causada pelo fungo biotrófico *Phakopsora euvitidis*, é uma das principais doenças foliares da videira. A doença foi relatada pela primeira vez no Brasil em 2001, no Paraná (TESSMANN et al., 2003). A ferrugem da videira está presente em todos os estados das Regiões Sul e Sudeste, além de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pernambuco, Bahia e Roraima (TESSMANN et al., 2004; SCAPIN, 2009).

A doença é considerada endêmica no Sudeste e no Sul do País. Os sintomas caracterizam-se por diminutas pústulas amareladas na face inferior das folhas. Na face superior, são observadas áreas amareladas que necrosam à medida que as pústulas coalescem na face abaxial. Em São Paulo, a doença prejudica a produção de uva 'Niágara Rosada' (*Vitis labrusca*) principalmente na safra temporã, conduzida de janeiro a maio, quando causa queda prematura das folhas no final do ciclo de produção e, com isso, prejudica a maturação dos frutos. Como a uva é uma fruta não-climatérica, a remoção antecipada das folhas não permite que a maturação dos frutos seja completada, reduzindo o valor comercial da produção. Em condições de epidemias severas e na ausência de controle químico, as perdas podem chegar até 100% da produção comercializável (TESSMANN; VIDA, 2005). No Vale do Rio São Francisco, localizado entre os estados de Pernambuco e Bahia, na região Nordeste, o principal dano causado pela doença é a desfolha antecipada das plantas na entressafra de cultivos de uva sem sementes que produzem apenas uma safra no ano, a qual é mais prolongada do que os outros tipos de cultivo, prejudicando o desenvolvimento e a maturação dos ramos (SCAPIN, 2009).

Há uma carência de informações relacionadas a *P. euvitis* e a ferrugem da videira. São necessários maiores esclarecimentos da influência da temperatura e molhamento no desenvolvimento do patógeno, assim como a compressão destes componentes para a validação de modelos de simulação da doença e métodos de controle eficazes. Além disso, pelo fato de *P. euvitis* ser um parasita obrigatório, existem dificuldades metodológicas quanto à manutenção e preservação de inóculo, sendo necessário o cultivo periódico em planta hospedeira. Este procedimento é trabalhoso, demorado e demanda espaço, além disso, é passível de contaminação.

Portanto, este trabalho teve como objetivos: (1) desenvolver uma metodologia para preservação de urediniósporos de *P. euvitis*; (2) determinar o efeito da temperatura e período de molhamento na germinação de urediniósporos; e (3) determinar o efeito da temperatura e período de molhamento no desenvolvimento da doença.

Referências

FAO. **FAOSTAT**. Disponível em:

<<http://http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor> >. Acesso em: 06 jan. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2014. 123 p.

SCAPIN, C.L. **Viabilidade de urediniósporos de *Phakopsora euvitis* Ono e controle da ferrugem da videira com fosfito**. 2009. 46 p. Tese (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

TESSMANN, D.J., VIDA, J.B. A ferrugem da videira no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, p. S23-S25, 2005.

TESSMANN, D.J.; VIDA, J.B.; LOPES, D.B. Uva: novo problema. **Cultivar Hortaliças Frutas**, Pelotas, v. 4, n. 22, p. 22-25, 2003.

TESSMANN, D.J.; VIDA, J.B.; MAZIA, J.O. Ferrugem da videira. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 7., 2004, Fraiburgo. **Anais...** Caçador: EPAGRI, 2004. p. 153-156.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Viticultura

A viticultura é uma atividade agrícola de grande importância mundial, ocupando área de aproximadamente 7 milhões de hectares e produção anual de 67 milhões de toneladas (FAO, 2012). Os três principais produtores de uva são China, Estados Unidos e Itália, apresentando respectivamente uma produção de 9,6, 6,6 e 5,8 milhões de toneladas. O Brasil é o 12º maior produtor mundial com uma produção anual de 1,5 milhões de toneladas (FAO, 2012).

A viticultura brasileira nasceu com a chegada dos colonizadores portugueses, os quais trouxeram cultivares de origem europeia. No século XIX ocorreu a primeira introdução, no país, de cultivares de uvas americanas, sendo estas plantadas na cidade de São Paulo. A viticultura tornou-se uma atividade comercial a partir do início do século XX. Até a década de 1960, a viticultura brasileira ficou limitada às regiões Sul e Sudeste. A partir desse período, a uva alastrou-se como alternativa econômica em diversas regiões tropicais do país, e ganhou nova dimensão nas zonas temperadas de cultivo (CAMARGO; TONIETTO; HOFFMANN, 2011).

O cultivo de uva no Brasil situa-se entre o paralelo 30ºS, no estado do Rio Grande do Sul, e o paralelo 9ºS, na região nordeste do país. Em função da amplitude territorial de cultivo, existem regiões onde a viticultura é realizada em áreas de clima temperado, com o período de repouso hibernar definido; em áreas de clima subtropical onde, normalmente a videira é cultivada com dois ciclos anuais, definidos em função de um período de temperaturas mais baixas em que há o risco de geadas; e em áreas tropicais onde é possível a realização de podas sucessivas, com dois a três ciclos vegetativos por ano (ANGELOTTI, 2006).

Os estados do Rio Grande do Sul, Pernambuco e São Paulo são os principais produtores nacionais, responsáveis por aproximadamente 88% da produção nacional (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2014). O estado de São Paulo apresenta produção de uvas de mesa muito importante no contexto nacional, sendo o 3º maior produtor brasileiro de uvas, com área de 9.526 ha (11,7% da área nacional) e produção de 172.868 toneladas (12,2% da produção nacional) (IBGE, 2014). Entre as uvas produzidas no estado, 99,2% são destinadas para o mercado de fruta fresca, onde são produzidas uvas finas, europeias (*Vitis vinifera* L.)

e uvas rústicas, americanas (*Vitis labrusca*) (INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA, 2012). A uva rústica 'Niágara Rosada' é a cultivar mais importante no estado, com produção de 69.782 toneladas sendo 65% do volume nos Escritórios de Desenvolvimento Rural (EDR) de Campinas, Itapetininga, Jales e Sorocaba (IEA, 2012).

2.2 Doenças da videira

As doenças constituem-se entre os principais problemas na produção quantitativa e qualitativa de uva, responsáveis por danos diretos, através da ocorrência de doenças sobre os cachos, como no caso das podridões, ou indiretos, como no caso das doenças que incidem sobre as raízes, ramos e folhas debilitando as plantas (CHALFOUN; ABRAHÃO, 1984). Durante o ciclo de produção, a cultura está sujeita a uma série de problemas fitossanitários. No Brasil, as doenças fúngicas constituem-se em um dos principais problemas em todas as regiões produtoras de uva. Em regiões onde as condições climáticas são favoráveis ao desenvolvimento destes patógenos, a utilização de medidas de controle pode atingir 30% do custo de produção da uva (SÔNEGO; GARRIDO, 2014).

Entre as principais doenças da videira estão o míldio (*Plasmopara viticola*), antracnose (*Elsinoe ampelina*), oídio (*Uncinula necator*), podridões do cacho (*Glomerella cingulata*), e mais recentemente a ferrugem (*Phakopsora euvitidis*) (AMORIM; KUNIYUKI, 2005).

A importância de cada doença, é variável de acordo com a região geográfica de plantio e resistência varietal das videiras. O ambiente tem um papel importante neste contexto, podendo contribuir para aumentar ou limitar o desenvolvimento das doenças. Na Região Nordeste do Brasil, o clima seco é desfavorável para ocorrência de epidemias de míldio, por outro lado favorece as epidemias de oídio. Em contrapartida, a região Sul e Sudeste do Brasil, onde predomina uma maior quantidade de precipitações, distribuídas ao longo do crescimento vegetativo da videira, doenças como o míldio e as podridões do cacho, tornam-se severas acarretando altas perdas na produção, caso medidas de controle não sejam tomadas (SÔNEGO; GARRIDO; GAVA, 2005).

2.3 Ferrugem da videira

2.3.1 Distribuição geográfica

A ferrugem da videira já foi relatada em diversas regiões tropicais do mundo, entretanto, a doença também pode ocorrer em regiões subtropicais e temperadas. Na Ásia, a doença foi relatada em dezoito países incluindo China, Japão e Índia; na América do Norte, a doença ocorre nos Estados Unidos; na América Central, na Costa Rica, Cuba, Guatemala, Jamaica, Porto Rico, Barbados e na América do Sul, na Colômbia, Venezuela e Brasil (EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION - EPPO, 2015). Na Oceania, a doença foi relatada em 2001 na Austrália (WEINERT et al., 2003). Não há relatos da ocorrência de *P. euvitis* na África e Europa.

No Brasil, o primeiro relato da ferrugem da videira ocorreu em 2001 em Jandaia do Sul, no Noroeste do estado do Paraná, em um plantio comercial de uvas de mesa (TESSMANN et al., 2003). Não se sabe exatamente como o patógeno chegou ao Brasil, entretanto, pelo fato de haver um grande trânsito de pessoas entre a região Norte do Paraná e o Japão, a hipótese mais provável é que tenha entrado com material propagativo procedente daquele país (TESSMANN; VIDA, 2005).

A ferrugem da videira já foi relatada nos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul (PAPA et al., 2003), Mato Grosso, Rio Grande do Sul (GAVA; SÔNEGO; GARRIDO, 2003), Pernambuco (TAVARES; ROSA; MENEZES, 2005), Rio de Janeiro (MACAGNAN; FERREIRA; ROMEIRO, 2005), Santa Catarina (THEODORO et al., 2005), Espírito Santo (COSTA; VENTURA, 2009), Roraima (HALFELD-VIEIRA; NECHET; BARBOSA, 2009), Bahia (SCAPIN, 2009) e Minas Gerais (XAVIER et al., 2010).

2.3.2 Sintomatologia e danos

Os principais sintomas provocados pelas ferrugens são o aparecimento de pústulas de urédios, alaranjadas, pequenas, formadas na face inferior de folhas maduras. As pústulas coalescem e podem cobrir grande extensão do limbo foliar. Na face superior da folha, aparecem áreas necrosadas no lado oposto às pústulas. Nos estádios mais avançados do desenvolvimento da doença, podem ser observados télios, de coloração marrom escura, entremeados com os urédios. As folhas colonizadas pelo patógeno amarelecem e secam, e o ataque severo da doença pode

causar a queda prematura de folhas. O desfolhamento precoce causada pela ferrugem pode reduzir o crescimento de porta-enxerto e também afetar o acúmulo de reservas das plantas adultas, prejudicando a produção de frutos e comprometendo as safras seguintes (TESSMANN; VIDA, 2005).

No Paraná e em São Paulo, a doença prejudica a produção de uva 'Niágara Rosada' (*V. labrusca*) principalmente na safra temporã, conduzida de janeiro a maio, quando causa queda prematura das folhas no final do ciclo de produção e, com isso, prejudica a maturação dos frutos. Como a uva é uma fruta não-climatérica, a remoção antecipada das folhas não permite que a maturação dos frutos seja completada, reduzindo o valor comercial da produção (SCAPIN, 2013). Em condições de epidemias severas e na ausência de controle químico, as perdas podem ser de até 100% da produção (TESSMANN; VIDA, 2005).

As cultivares híbridas (*Vitis vinifera* x *Vitis labrusca*) de origem japonesa 'Kioho' e 'Takasumi', assim como a 'Niágara Rosada' (*Vitis labrusca*) são bastante afetadas pela doença, enquanto que a cultivar 'Itália' (*Vitis vinifera*) e suas mutações ('Rubi', 'Benitaka' e 'Brasil') são menos suscetíveis (TESSMANN; VIDA; LOPES, 2003).

2.3.3 Etiologia

A ferrugem da videira foi anteriormente descrita como *Phakopsora ampelopsis* e considerada por Hiratsuka (1935) como um patógeno tanto de *Vitis* spp. como também de duas outras espécies, *Ampelopsis brevipedunculata* e *Parthenocissus tricuspidata*, todas dentro da família Vitaceae. No entanto, com base nas diferenças do ciclo de vida, especificidade do hospedeiro e morfologia dos isolados que afetam os três diferentes gêneros, Ono (2000) determinou que estes organismos constituíam um complexo de espécies e não uma só espécie como se pensava anteriormente. Portanto, os isolados de cada gênero foram considerados distintos e *Phakopsora ampelopsis* foi dividida dentro de três diferentes espécies. As ferrugens que afetam *Ampelopsis brevipedunculata* e *Parthenocissus tricuspidata* foram nomeadas de *Phakopsora vitis* e *Phakopsora ampelopsidis*, enquanto que a espécie que infecta *Vitis* spp. recebeu o nome de *Phakopsora euvitis* (ONO, 2000). No Brasil, com base nas características de télios e urédios, o patógeno foi identificado como *Phakopsora euvitis* Ono [Reino Eumycota (Fungi), Filo Basidiomycota, Ordem Uredinales] (TESSMANN et al., 2004).

Segundo Tessmann et al. (2003), os urédios de *P. euvitis* aparecem como pústulas amarelas com 32 a 55 µm de diâmetro na superfície inferior das folhas. Os urediniósporos são ovóides ou elípticos medindo 17-28 × 12-18 µm (comprimento × largura). Os télios são subepidérmicos de coloração marrom e os teliósporos podem variar de oblongos a cilíndricos com cerca de 14-30 × 8-12 µm.

2.3.4 Epidemiologia

O agente causal da doença é um parasita obrigatório e o ciclo completo da ferrugem ocorre apenas na Ásia. A ferrugem da videira se caracteriza por ser heteroécia e macrocíclica, ou seja, desenvolve o seu ciclo completo em cinco fases, das quais três fases ocorrem na videira e duas fases em uma planta hospedeira alternativa. As fases, espermogonial (fase 0) e aecial (fase I) ocorrem na planta arbustiva *Meliosma myriantha*, e as fases uredinial (fase II), telial (fase III) e basidial (fase IV) ocorrem na videira (LEU, 1988).

No Brasil, apenas as fases urediniais e telial do fungo *P. euvitis* foram observadas no campo, com a formação de esporos denominados urediniósporos e teliósporos, respectivamente. Os urediniósporos constituem o inóculo primário e secundário da doença e são disseminados pelo vento, podendo atingir grandes distâncias. Presume-se que o patógeno sobreviva de uma safra para outra colonizando folhas verdes de videira, e que essa sobrevivência seja grandemente facilitada nas regiões de clima mais ameno, em que as geadas fortes no inverno são esporádicas. Nas regiões em que ocorre desfolha completa das plantas, no inverno, como no caso da Serra Gaúcha e Planalto Catarinense, a sobrevivência do patógeno é prejudicada e isso reduz ou impede a manutenção da viabilidade do inóculo inicial da doença para novas epidemias (TESSMANN et al., 2004).

Cultivares originadas de *Vitis labrusca*, *V. vinifera* e *V. aestivalis*, e de outras espécies originadas em regiões de clima temperado, são susceptíveis à ferrugem, enquanto cultivares originadas em regiões tropicais, como: *V. tiliifolia*, *V. simpsonii* e *V. coriacea*, são resistentes. No Brasil, tem-se verificado em condições de campo, que cultivares originadas de *V. labrusca*, *V. vinifera* e *V. rotundifolia* são susceptíveis à doença (SÔNEGO; GARRIDO; GAVA, 2005).

Em estudos realizados com 15 genótipos diferentes de videira, se observou que os genótipos mais resistentes foram as cultivares porta-enxertos IAC 313, IAC

572 e IAC 766, em que a eficiência da infecção foi baixa, com pústulas menores e menor produção de urediniósporos, além de reação de hipersensibilidade no tecido em torno das pústulas. As cultivares copa 'Niágara Rosada' e 'Bordô' foram as que apresentaram menor resistência entre todos os genótipos avaliados (ANGELOTTI et al., 2008).

2.3.4.1 Determinação de componentes monocíclicos

O conhecimento das condições que favorecem o desenvolvimento do patógeno e das variáveis climáticas ótimas para infecção e desenvolvimento da doença é fundamental para o estabelecimento de estratégias de controle. Muitos fatores afetam o ciclo da doença, incluindo fatores ambientais (temperatura, molhamento foliar e luz), fatores relacionados ao hospedeiro (idade da planta, estágio de desenvolvimento da planta) e fatores relacionados ao patógeno (idade dos urediniósporos, densidade dos esporos, idade da lesão) (ANGELOTTI, 2006).

Fatores ambientais como temperatura e umidade do ar (umidade relativa, período de molhamento foliar, precipitação) são aqueles que mais influenciam a ocorrência e o desenvolvimento das doenças (AGRIOS, 2005; SENTELHAS et al., 2001; HUBER; GILLESPIE, 1992). Em fungos, por exemplo, esses dois fatores podem influenciar os processos de infecção, esporulação e colonização (HUBER; GILLESPIE, 1992).

As ferrugens podem se desenvolver em uma ampla faixa de temperatura. A amplitude de temperatura na qual ocorre a infecção por *Uromyces appendiculatus* é de 9 a 27°C (BASSANEZI et al., 1997). No entanto, a faixa de temperatura entre 15 e 25°C mostra-se ideal para a germinação de urediniósporos de *Phakopsora pachyrhizi*, embora também ocorra a germinação na temperatura de 8 a 30°C (ALVES, 2007). Tomerlin et al. (1983), por meio de ensaios em condições controladas com plantas de trigo e *Puccinia recondita f. sp. tritici*, mostraram que a temperatura influencia a produção de esporos, o período infeccioso e o período latente. Temperaturas entre 21 e 29°C resultam em períodos latentes e infecciosos mais curtos quando comparada com temperaturas mais baixas.

Naruzawa et al. (2006) constatou que, quanto à condição de luminosidade, a presença de luz apresenta efeito inibitório na germinação de urediniósporos de *P. euvtis*, enquanto que a ausência de luz propicia os maiores valores de germinação.

Em relação ao efeito da temperatura na germinação, a maior germinação de urediniósporos se deu a 25°C. Os resultados foram semelhantes aos obtidos por Leu (1988), no qual as temperaturas mínima, ótima e máxima para a germinação de urediniósporos foram de 8, 24 e 32°C respectivamente.

A duração do molhamento foliar também é essencial no processo de infecção das ferrugens e o tempo de molhamento é variável de um patossistema para o outro (MARCHETTI; MELCHING; BROMFIELD, 1976; SEGATO et al., 2006; COSTA et al., 2007). O fungo *Phakopsora pachyrhizi* necessita de pelo menos 6 horas de molhamento para que ocorra infecção. Nas temperaturas de 15 e 17,5°C o mínimo de molhamento necessário para infecção é 10 e 8 horas, respectivamente (MARCHETTI; MELCHING; BROMFIELD, 1976).

2.3.4.2 Sobrevivência

Phakopsora euvitis é um parasita biotrófico, ou seja, se alimenta de células vivas, e é totalmente dependente do hospedeiro vivo para sua sobrevivência. No Brasil, devido à ausência do hospedeiro alternativo (*Meliosma myriantha*), a sobrevivência do patógeno só ocorre em folhas videira (*Vitis* spp.).

Urediniósporos de *P. euvitis* são muito sensíveis as condições ambientais após a sua remoção das folhas, a exposição à radiação solar é extremamente prejudicial aos esporos. Experimentos mostraram que a exposição de urediniósporos por um período de 4 horas foi o suficiente para reduzir a viabilidade dos esporos para próximo de zero. Entretanto, alguns esporos podem permanecer viáveis por um período de até dois dias em condições de alta nebulosidade, embora eles demonstrem uma morfologia anormal após a germinação (DALY; NGUYEN, 2008).

A sobrevivência de urediniósporos de *P. euvitis* em folhas de videira destacadas da planta e mantidas na superfície do solo é drasticamente reduzida durante o tempo. Estudos mostraram uma redução de 94,5% na germinação dos urediniósporos após a manutenção de folhas por sete dias na superfície do solo (NARUZAWA et al., 2006).

2.3.5 Preservação de urediniósporos

Espécies de *Phakopsora* são fungos biotróficos e, como tal, apresentam dificuldades metodológicas para a manutenção e preservação de inóculo, sendo necessária uma planta hospedeira. Este procedimento mostra-se laborioso, demorado e demanda espaço físico, além de ser passível de contaminação. O estudo de métodos de conservação de urediniósporos que eliminem a necessidade de manter o patógeno em um hospedeiro vivo é desejável para facilitar e viabilizar a realização de trabalhos com *P. euvitis*.

Experimentos utilizando urediniósporos de *P. euvitis* com germinação inicial de 87%, mostraram uma considerável queda de viabilidade quando armazenados. Após 15 dias de armazenamento nas temperaturas de -20, 5 e 23±2°C a germinação foi de 55, 58 e 60%, respectivamente, e para esporos armazenados a 30±2°C a germinação foi de 5,6%. Após 45 dias de armazenamento, a germinação dos urediniósporos mantidos nas temperaturas de -20, 5, 23 ± 2°C correspondeu a 19, 19,7 e 57%, respectivamente. E após 60 dias de armazenamento, a porcentagem de germinação dos urediniósporos mantidos em todas as temperaturas foi inferior a 10% (ANGELOTTI, 2006).

Scapin (2009) verificou que durante a preservação de urediniósporos de *P. euvitis* removidos das folhas e armazenados por 120 dias sob as temperaturas de -20 e 23±2°C, ocorreu uma redução de 95 e 84% de germinação, respectivamente.

Na preservação de *Puccinia melanocephala*, agente etiológico da ferrugem da cana-de-açúcar, a temperatura de -20 e -80°C foi o fator preponderante para manter a viabilidade dos esporos. A desidratação em sílica gel seguido pelo armazenamento à -20 e -80°C mantiveram os esporos viáveis mesmo após 1 ano de armazenamento. Os esporos armazenados à temperatura ambiente e à 5°C não permaneceram viáveis por mais que 60 dias, independente da desidratação. A desidratação foi importante para os esporos armazenados à -20°C, mas não para aqueles à -80°C (GARCIA et al., 2007).

Em urediniósporos de *Hemileia vastatrix*, agente causal da ferrugem do cafeeiro, foram analisados o efeito da temperatura de 25 ± 5, -20 e -80°C na preservação da viabilidade de urediniósporos no período de um ano. Enquanto os esporos armazenados a 25 ± 5°C perderam a sua viabilidade em 45 dias, os esporos armazenados a -20°C se mantiveram viáveis por 120 dias. Esporos

armazenados a -80°C conservaram em torno de 52% da sua viabilidade no período de um ano (DEEPAK; HANUMANTHA; SREENATH, 2012).

Para os urediniósporos de *Phakopsora pachyrhizi*, agente causal de ferrugem asiática da soja, a desidratação em sílica gel seguido pelo armazenamento à -80°C mantiveram os esporos viáveis mesmo após 240 dias de armazenamento. Os esporos armazenados à temperatura ambiente, 5 e -20°C não permaneceram viáveis por mais que 30 dias, quando não submetidos a desidratação. A desidratação foi fundamental para prolongar o período de armazenamento (FURTADO et al., 2008).

Para urediniósporos de *Puccinia psidii* armazenados sob nitrogênio líquido (-196°C), deep-freezer (-80°C), geladeira (5°C) a viabilidade e infectividade foi mantida por até 150 dias, o que não foi possível no armazenamento a 25°C (SALUSTIANO; POZZA, 2008).

Referências

AGRIOS, G. Plant disease epidemics. In: _____. **Plant pathology**. 5th ed. London: Elsevier, 2005. p. 266-291.

ALVES, S.A.M. **Quantificação de parâmetros da pré-penetração e monocíclicos relacionados ao patossistema *Phakopsora pachyrhizi* - soja**. 2007. 64 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

AMORIM, L.; KUNIYUKI, H. Doenças da videira (*Vitis* spp.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2, p. 639-651.

ANGELOTTI, F. **Epidemiologia da ferrugem (*Phakopsora euvitis*) da videira (*Vitis* spp)**. 2006. 65 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

ANGELOTTI, A.; SCAPIN, C.R.; TESSMANN, D.J.; VIDA, J.B.; VIEIRA, R.A.; SOUTO, E.R. Resistência de genótipos de videira à ferrugem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 9, p. 1129-1134, 2008.

BASSANEZI, R.B.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; GODOY, C.V. Análise comparativa entre a ferrugem e a mancha angular do feijoeiro: efeito da temperatura nos parâmetros monocíclicos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 432-436, 1997.

CAMARGO, U.A.; TONIETTO, J.; HOFFMANN, A. Progressos na viticultura brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. esp., n. 1, p. 144-149, 2011.

CHALFOUN, S.M.; ABRAHÃO, E. Doenças da videira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 121, p. 56-62, 1984.

COSTA, A.C.T.; CARVALHO, A.O.; SOARES, D.J.; CARMO, M.G.F.; PIMENTEL, C. Condições de ambiente favoráveis à germinação e à infecção de *Puccinia substriata* var. *penicillariae* em diferentes cultivares de milho pérola. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 5, p. 400-407, 2007.

COSTA, H.; VENTURA, J.A. Ocorrência da ferrugem da videira no Estado do Espírito Santo. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 42, p. S190, 2009. Suplemento.

DALY, A.M.; HENNESSY, C. **Grapevine leaf rust**: assessment of cultivars for resistance or immunity and fungicides useful for control (Project1B) and molecular characterisation, host range and biological studies (Project 1C). Disponível em: <<http://www.gwrdc.com.au/wp-content/uploads/2012/09/NT-02-01b.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2014.

DALY, A.M.; NGUYEN, L.T. **Grapevine Leaf Rust Research Project**: final report to Grape and Wine Research and Development Corporation. (Project, NT02/01D). Disponível em: <http://www.nt.gov.au/d/Content/File/p/Plant_Pest/GWRDC_Final%20Report_2008.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2015.

DEEPAK, K.; HANUMANTHA, B.T.; SREENATH, H.L. Viability of coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*) urediniospores stored at different temperatures. **Journal of Biotechnology & Biomateria**, Los Angeles, v. 2, n. 5, p. 1-3, 2012.

EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION. **Phakopsora euvitidis**: grapevine rust. Disponível em: <http://www.eppo.int/QUARANTINE/Alert_List/fungi/PHLLAM.htm?utm_source=www.eppo.org&utm_medium=int_redirect>. Acesso em: 05 jan. 2015.

FAO. **FAOSTAT**. Disponível em: <<http://http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>>. Acesso em: 06 jan. 2015.

FRENCH, R.C. Volatile chemical germination stimulators of rust and other fungal spores. **Mycologia**, Lawrence, v. 84, n. 3, p. 277-288, 1992.

FURTADO, G.Q.; ALVES, S.A.M.; CZERMAINSKI, A.B.C.; MASSOLA JR., N.S. Preservation of *Phakopsora pachyrhizi* uredospores. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 156, n. 1, p. 62-64, 2008.

GARCIA, E.O.; CASAGRANDE, M.V.; RAGO, A.M.; MASSOLA JR., N.S. Preservação de urediniósporos de *Puccinia melanocephala*, agente causal de ferrugem em cana-de-açúcar. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 2, p. 152-156, 2007.

GAVA, R.; SÔNEGO, O.R.; GARRIDO, L.R. Ocorrência da ferrugem da videira no Rio Grande do Sul e Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 10., 2003, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. p. 201.

HALFELD-VIEIRA, B.A.; NECHET, K.L.; BARBOSA, R.N.I. Ocorrência da ferrugem da videira em Roraima. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 35, n. 4, p. 332, 2009.

HIRATSUKA, N. *Phakopsora* of Japan. **The Botanical Magazine**, Tokyo, v. 49, n. 4, p. 853-860, 1935.

HUBER, L.; GILLESPIE, T.J. Modeling leaf wetness in relation to plant disease epidemiology. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 30, n. 1, p. 553-577, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola - pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2014. 123 p.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Base de dados**: área e produção dos principais produtos da agropecuária. Disponível em: <http://ciagri.iea.sp.gov.br/νια1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1>. Acesso em: 14 jan. 2015.

LEU, L.S. Rust. In: PEARSON, R.C. GOHEEN, A.C. (Ed.). **Compendium of grape diseases**. St. Paul: APS, 1988. p. 28-30.

MACAGNAN, D.; FERREIRA, F.A.; ROMEIRO, R.D. Ocorrência de ferrugem causada por *Phakopsora euvitis* no Estado do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 38., 2005, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2005. p. 135.

MARCHETTI, M.A.; MELCHING, J.S.; BROMFIELD, K.R. The effects of temperature and dew period on germination and infection by uredospores of *Phakopsora pachyrhizi*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 66, n. 4, p. 464-463, 1976.

MARTIN, T.D. **Aspectos epidemiológicos da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar**. 2010. 65 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

NARUZAWA, E.S.; CELOTO, M.I.B.; PAPA, M.F.S.; TOMQUELSKI, G.V.; BOLIANI, A.C. Estudos epidemiológicos e controle químico de *Phakopsora euvitis*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 41-45, 2006.

INGLEZ DE SOUZA, J.S. **Uvas para o Brasil**. Piracicaba: FEALQ, 1996. 791 p.

ONO, Y. Taxonomy of the *Phakopsora ampelopsidis* species complex on vitaceous hosts in Asia including a new species, *P. euvitis*. **Mycologia**, Lawrence, v. 92, n. 1, p. 154-173, 2000.

PAPA, M.F.S.; CELOTO, M.Y.B.; TOMQUELSKI, G.V.; NARUZAWA, E.S.; BOLIANI, A.C. Ocorrência da ferrugem da videira em São Paulo e Mato Grosso do Sul e controle químico em dois sistemas de condução. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 320, 2003.

SALUSTIANO, M.E.; POZZA, E.A.; FERRAZ FILHO, A.C.; CASTRO, H.A. Viability of *Puccinia psidii* urediniospores stored in different environments. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 33, n. 4, p. 313-316, 2008.

SCAPIN, C.L. **Viabilidade de urediniósporos de *Phakopsora euvitis* Ono e controle da ferrugem da videira com fosfito**. 2009. 46 p. Tese (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. **Atualização em produção em cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP, 2006. 415 p.

SENTELHAS, P.C.; FARIA, T.R.; CHAVES, M.O.; HOOGENBOMM, G. Evaluation of WGEN and SIMMETEO weather generations for the Brazilian tropics and subtropics, using crop simulation models. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 357-376, 2001.

SÔNEGO, O.R.; GARRIDO, L.R.; GAVA, R. **Ferrugem-da-videira no Brasil**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. 4 p.

SÔNEGO, O.R.; GARRIDO, L.R. **Doenças fúngicas da videira e seu controle**. Disponível em: < <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/viticultura/doevid.html> > Acesso em: 09 dez. 2014.

TAVARES, S.C.; ROSA, R.C.; MENEZES, M. Ocorrência da ferrugem da videira no estado de Pernambuco. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 135, 2005.

TESSMANN, D.J., VIDA, J.B. A ferrugem da videira no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, p. S23-S25, 2005.

TESSMANN, D.J.; VIDA, J.B.; LOPES, D.B. Uva: novo problema. **Cultivar Hortaliças Frutas**, Pelotas, v. 4, n. 22, p. 22-25, 2003.

TESSMANN, D.J.; VIDA, J.B.; MAZIA, J.O. Ferrugem da videira. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 7., 2004, Fraiburgo. **Anais...** Caçador: EPAGRI, 2004. p. 153-156.

TESSMANN, D.J.; DIANESE, J.C.; GENTA, W.; VIDA, J.B.; MAY-DE-MIO, L.L. Grape rust (*Phakopsora euvitis*): first record for Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 232, 2003.

THEODORO, G.F.; MORGAN, C.L.; ANDRADE, E.R.; SANTOS, L.T.; DIANESE, J.C. Ferrugem da videira (*Phakopsora euvitidis*) no Estado de Santa Catarina. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE MICOLOGIA, 5., 2005, Brasília. **Anais...** Brasília: Associação Latino-Americana de Micologia, 2005. p. 298.

TOMERLIN, J.R.; EVERSMEYER, M.G.; KRAMER, C.L.; BROWDER L.E. Temperature and host effects on latent and infectious period and on urediniospore production of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 73, n. 3, p. 414-419, 1983.

WEINERT M.P.; SHIVAS, R.G.; PITKETHLEY, R.N.; DALY, A.M. First record of grapevine leaf rust in the Northern Territory, Australia. **Australasian Plant Pathology**, Melbourne, v. 32, n. 2, p. 117–118, 2003.

XAVIER, A.A.; DARIVA, J.M.; RIBEIRO, R.C.F.; MIZOBUTSI, E.H. Ocorrência da ferrugem da videira em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 317-319, 2012.

3 VIABILIDADE DE UREDINIÓSPOROS EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO

Resumo

A ferrugem da videira é causada pelo fungo *Phakopsora euvitidis*. Por ser um patógeno biotrófico, a manutenção e preservação de inóculo é realizada em plantas hospedeiras. Este procedimento mostra-se laborioso, demorado e demanda espaço físico, além de ser passível de contaminação. Com o objetivo de desenvolver uma metodologia de preservação de urediniósporos, foram avaliados o efeito da temperatura e desidratação na manutenção da viabilidade e infectividade de urediniósporos de *P. euvitidis* ao longo de 150 dias. Parte dos urediniósporos coletados foram desidratados em sílica gel e parte não sofreu desidratação. Os urediniósporos, desidratados e não desidratados, foram depositados em microtubos de plástico e armazenados em diferentes temperaturas: 25 ± 3 °C (ambiente), 5, -20 e -80 °C. A germinação *in vitro* e a severidade da ferrugem em folhas de 'Niágara Rosada' inoculadas foram avaliadas antes do armazenamento e após 15, 30, 60, 90, 120 e 150 dias. Os resultados obtidos mostraram que os urediniósporos armazenados no ambiente (25°C), não conseguiram manter a viabilidade por um período superior a 15 dias. A combinação da desidratação dos urediniósporos armazenados com a temperatura de -80 °C foi o que melhor manteve a viabilidade dos esporos ao longo de 150 dias. Os esporos que germinaram *in vitro*, em todas as condições de armazenamento, causaram doença em mudas de videira. Após o período de 150 dias de armazenamento, somente os esporos desidratados mantidos a -20 e -80°C causaram sintomas de ferrugem em folhas de videira. Observou-se uma alta correlação positiva ($r=0,95$) entre a severidade da ferrugem da videira e a porcentagem de germinação dos urediniósporos.

Palavras-chave: *Phakopsora euvitidis*; Uva; Ferrugem da videira; Preservação de esporos

Abstract

Grapevine rust is caused by the fungus *Phakopsora euvitidis*. There are methodological difficulties in the maintenance and preservation of inoculum, requiring a host plant. Therefore, labour, time and greenhouse space are required. In order to develop a uredospores preservation methodology, the effect of temperature and dehydration in maintaining the viability and infectivity of uredospores *P. euvitidis* over 150 days were evaluated. Part of the collected uredospores has been dehydrated on silica gel and part has not undergone dehydration. The uredospores, dehydrated and non-dehydrated, were deposited in microtubes and stored at different temperatures: 25 ± 3 °C (room temperature), 5, -20 and -80 °C. Germination *in vitro* and severity of rust in 'Niágara Rosada' inoculated leaves were evaluated before storage and after 15, 30, 60, 90, 120 and 150 days. The results showed uredospores stored at room temperature (25°C), did not keep the viability for more than 15 days. The combination of dehydrated uredospores kept at -80 °C, maintained the highest viability over 150 days. The spores which germinated *in vitro*, in all storage conditions, caused disease in grapevine plants. After 150 days of storage, only the dehydrated spores kept at -20

and -80 °C caused rust in grapevine leaves. A high positive correlation was observed ($r = 0.95$) between the grapevine rust severity and the uredospores germination.

Keywords: *Phakopsora euvitidis*; Grape; Grapevine rust; Spore preservation

3.1 Introdução

A ferrugem da videira, causada por *Phakopsora euvitidis*, foi relatada pela primeira vez no Brasil no ano de 2001, no norte do estado do Paraná (TESSMANN; VIDA; MAZIA, 2004). A doença, também, foi constatada em outros estados produtores de uva do país, como São Paulo, Rio Grande do Sul e Pernambuco (PAPA et al., 2003; GAVA; SÔNEGO; GARRIDO, 2003; TAVARES; ROSA; MENEZES, 2005). Os sintomas da doença caracterizam-se pela formação de pústulas amarelas, pequenas, na face inferior das folhas e na área correspondente da face superior ocorre necrose do tecido. A doença ocorre preferencialmente em folhas maduras e os primeiros sintomas são observados na fase fenológica do início da frutificação. A ferrugem pode causar desfolha antecipada das plantas, o que prejudica a maturação dos frutos e o acúmulo de reservas das plantas (TESSMANN; VIDA; MAZIA, 2004).

No Brasil, a ferrugem da videira apresenta em seu ciclo apenas as fases uredinial e telial. Acredita-se que, nesse caso, urediniósporos constituam-se no inóculo primário e secundário da doença e a sobrevivência do patógeno ocorra em folhas de videira (VIDA; TESSMANN, 2005).

Por serem fungos biotróficos, espécies de *Phakopsora* apresentam particularidades que tornam complexas a conservação de isolados. Estudos relacionados aos procedimentos para preservação dos esporos de ferrugens são importantes, tanto na investigação de processos fisiológicos relacionados ao desenvolvimento do fungo quanto em experimentos para o desenvolvimento de variedades resistentes à doença (FURTADO, 2008). A conservação de fungos da ordem Uredinales é realizada, geralmente no próprio hospedeiro vivo. Contudo, a utilização desta técnica apresenta vários inconvenientes, entre eles: ser muito laboriosa, necessitar de mão-de-obra, espaço físico para preservação das plantas e condições climáticas favoráveis para a manutenção das plantas hospedeiras com o patógeno o ano inteiro (RYAN; ELISSON, 2003). Existe, também, o risco de contaminações com outros isolados e até mutações do patógeno devido às várias

inoculações. Além disto, devido ao fato da ferrugem da videira ser uma doença de final de ciclo, a obtenção do inóculo em regiões que se realiza apenas uma safra por ano torna-se restrita a determinadas épocas, o que dificulta a obtenção de urediniósporos em quantidade suficiente no decorrer do ano. Portanto, o estudo de métodos de conservação de urediniósporos que eliminem a necessidade de manter o patógeno em um hospedeiro vivo é desejável para viabilizar a realização de trabalhos com *Phakopsora euvitis*.

Estudos relacionados a preservação de *Puccinia melanocephala* e *Phakopsora pachyrhizi*, mostraram que a associação de baixas temperaturas com a desidratação, prolongou consideravelmente o período de conservação de urediniósporos, preservando a viabilidade dos esporos por até um ano (GARCIA et al., 2007; FURTADO et al., 2008). Entretanto, este tipo de metodologia de conservação ainda não foi avaliada para a preservação de urediniósporos de *P. euvitis*.

Portanto, o objetivo deste trabalho, foi avaliar o efeito de diferentes temperaturas e do processo de desidratação na conservação de urediniósporos de *P. euvitis*.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Obtenção, manutenção e extração de inóculo

Mudas de videiras 'Niágara Rosada' (*Vitis labrusca*) enxertadas sobre 'IAC 766-Campinas', mantidas em vasos em casa de vegetação, foram utilizadas na manutenção do inóculo de *Phakopsora euvitis*, obtido a partir de urediniósporos coletados de folhas de videira da cultivar Niágara Rosada, com infecção natural, no município de Jales, SP.

A inoculação dessas mudas foi realizada pela aspersão de uma suspensão de urediniósporos, na concentração de 10^5 esporos mL^{-1} de água destilada com Tween 20 (0,01%), na face abaxial das folhas, até o ponto de escorrimento. Logo após a inoculação, as mudas foram mantidas em câmara úmida por 24 horas no escuro. Para a multiplicação do inóculo, as mudas foram mantidas em câmara de crescimento, com fotoperíodo de 12 horas e temperatura de 25°C.

Os urediniósporos utilizados para realização dos experimentos foram obtidos a partir das sucessivas multiplicações em mudas de 'Niágara Rosada' descritas anteriormente. Para a extração dos urediniósporos foi utilizada uma bomba de vácuo (MARCONI - Modelo MA 57) com um coletor de vidro acoplado.

3.2.2 Viabilidade de urediniósporos em diferentes condições de armazenamento

Para avaliar a viabilidade de urediniósporos de *Phakopsora euvitis*, coletou-se os esporos em folhas de mudas de videiras 'Niágara Rosada' (*Vitis labrusca*) mantidas em casas de vegetação. Parte dos urediniósporos coletado foi desidratado e parte não sofreu desidratação. Para a desidratação, os urediniósporos foram espalhados em placas de Petri colocadas abertas no interior de dessecador contendo sílica gel, por 24 horas. Os urediniósporos não desidratados permaneceram em placas de Petri em ambiente de laboratório, pelo mesmo período. Após esta etapa, 50 mg de urediniósporos desidratados e não desidratados foram depositados em microtubos de plástico, com capacidade de 0,5 mL, os quais foram mantidos em diferentes temperaturas: 25°C±3 (ambiente), 5°C(BOD), -20°C(freezer) e -80°C (deep freezer). Para cada tratamento (esporos não desidratados e desidratados em cada temperatura) foram utilizados 36 microtubos.

Avaliou-se a viabilidade dos urediniósporos, por testes de germinação *in vitro*, antes do armazenamento (controle) e 15, 30, 60, 90, 120 e 150 dias após o armazenamento. A reversão da dormência induzida pelo armazenamento foi realizada submetendo os esporos a um choque térmico de 40°C por 5 minutos em aparelho termociclador (Peltier Thermal Cycle/ PTC-200), seguido de hidratação por 24 horas (BROMFIELD, 1964). Para a hidratação, os urediniósporos foram transferidos para placas de Petri, as quais foram acondicionadas em bandejas de plástico contendo uma lâmina de água. Para criar uma câmara úmida, a bandeja foi fechada com saco plástico transparente.

Para os testes de germinação *in vitro*, foram utilizadas suspensões com 10⁵ urediniósporos mL⁻¹ de água destilada com Tween 20 (0,05%). Uma alíquota de 0,5 mL foi espalhada com auxílio de alça de Drygalsky em placas de Petri de 9 cm de diâmetro contendo meio de cultura ágar-água (2%). As placas foram mantidas em câmara climatizada (BOD) com temperatura de 20°C, no escuro. Para cada

tratamento foram utilizadas seis placas de Petri, sendo cada placa uma repetição. Após 6 horas de incubação o processo de germinação foi interrompido com a adição de quatro volumes de 30 μ L de lactoglicerol na superfície do meio de cultura. A porcentagem de urediniósporos germinados foi avaliada em 100 esporos, por repetição, tomados ao acaso e observados em microscópio óptico com aumento de 100 vezes. O urediniósporo foi considerado germinado quando o tubo germinativo apresentou o comprimento igual ou maior que o diâmetro do esporo.

Para cada temperatura e período de armazenamento, urediniósporos não desidratados e desidratados foram inoculados em mudas de videiras 'Niágara Rosada' enxertadas sobre 'IAC 766-Campinas' mantidas em vasos, em casa de vegetação. Três videiras (três vasos) por tratamento, contendo folhas totalmente expandidas, foram inoculadas com suspensão de urediniósporos pulverizada na face abaxial das folhas. A suspensão de urediniósporos utilizada nesse experimento foi a mesma utilizada no teste de germinação *in vitro*. Nas primeiras 24 horas, as plantas permaneceram em câmara úmida, pelo recobrimento dos vasos com sacos plásticos transparentes e umedecidos, e foram mantidas no escuro a 25°C. Após esse período, as plantas foram retiradas da câmara úmida e permaneceram com fotoperíodo ajustado para 12 horas luz em temperatura ambiente. As avaliações da severidade da doença (porcentagem de área lesionada das folhas) foram realizadas 14 dias após as inoculações, em cinco folhas por planta, com auxílio de escala diagramática (ANGELOTTI, 2008).

3.3 Resultados

No teste *in vitro*, a germinação inicial de urediniósporos não desidratados e desidratados, antes do armazenamento, foi de 73 e 72,8%, respectivamente. Quanto à severidade de ferrugem, em folhas de 'Niágara Rosada' inoculadas antes do armazenamento dos esporos, a porcentagem de área lesionada foi de 36,3 e 44,8%, para urediniósporos não desidratados e desidratados, respectivamente.

Após o armazenamento, os urediniósporos não desidratados tiveram sua viabilidade rapidamente reduzida em um curto período de tempo. O armazenamento em BOD (5°C) foi o que manteve os urediniósporos não desidratados viáveis por um período maior de tempo, de até 90 dias, entretanto, com uma redução de 63% da

germinação inicial e de 62,4% da severidade inicial da doença das folhas inoculadas (Figura 1).

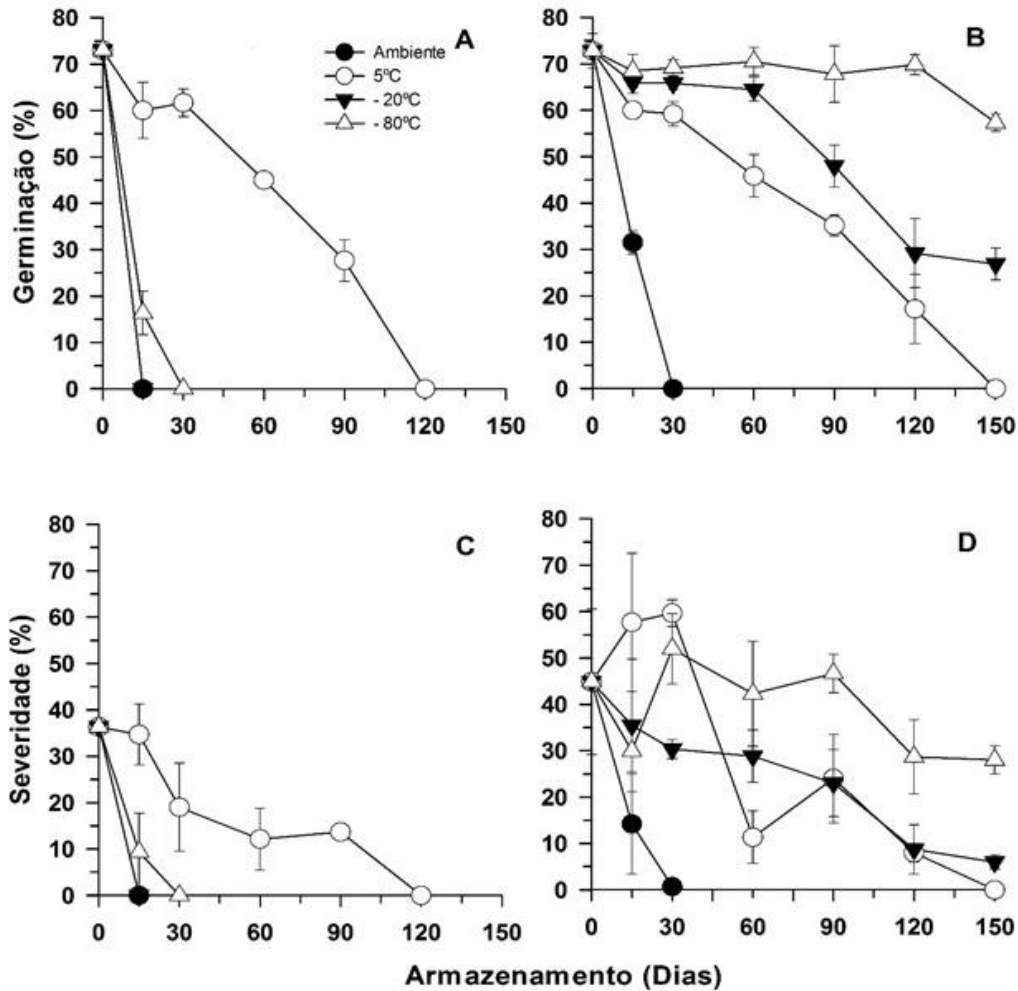


Figura 1 – Germinação *in vitro* (A e B) e severidade de ferrugem (% de área lesionada) em folhas de 'Niágara Rosada' inoculadas (C e D), utilizando urediniósporos não desidratados (A e C) e desidratados (B e D) de *Phakopsora euvtis*, em diferentes temperaturas de armazenamento (ambiente, 5, -20 e -80°C) e período de armazenamento em dias

Os urediniósporos desidratados apresentaram um período de armazenamento superior aos esporos não desidratados, em todas as temperaturas avaliadas. Os urediniósporos mantidos a -20 e -80°C germinaram até o final do experimento (150 dias), entretanto os urediniósporos mantidos em deep freezer (-80°C) mantiveram a porcentagem de germinação em 60%, enquanto que os esporos mantidos em freezer (-20°C) reduziram sua germinação para 30%. A desidratação também prolongou o período de armazenamento dos urediniósporos conservados a 5°C, com um aumento de 30 dias de armazenamento quando comparados com os esporos que não foram desidratados.

Quanto à severidade de ferrugem, avaliadas em folhas de 'Niágara Rosada' inoculadas, observou-se que, nos tratamentos onde os urediniósporos foram armazenados a 5°C, esporos desidratados e não desidratados, tiveram, respectivamente, uma redução de 46,5 e 62,5% da severidade inicial com 90 dias de armazenamento. Após o período de 120 dias de armazenamento, no entanto, somente os urediniósporos desidratados inoculados causaram sintomas de ferrugem em folhas de videira.

Os esporos desidratados e armazenados a -20 e -80°C permaneceram viáveis ao longo dos 150 dias do experimento, contudo, apresentaram uma redução de 63 e 21% da germinação inicial e 86 e 37% da severidade inicial, respectivamente.

A severidade da ferrugem em folhas de videira 'Niágara Rosada' apresentou uma alta correlação positiva ($r=0,95$) com a porcentagem de germinação *in vitro* de urediniósporos de *P. euvitis*, independentemente do tratamento avaliado (Figura 2). A severidade da doença em função da porcentagem de germinação de urediniósporos armazenados se ajustou ao modelo polinomial, descrito pela equação $S = 0,0044x^2 + 0,2257x + 0,2395$ ($R^2=0,91$), em que, S é a severidade da ferrugem em folhas de videira 'Niágara Rosada' e x a porcentagem de germinação dos esporos.

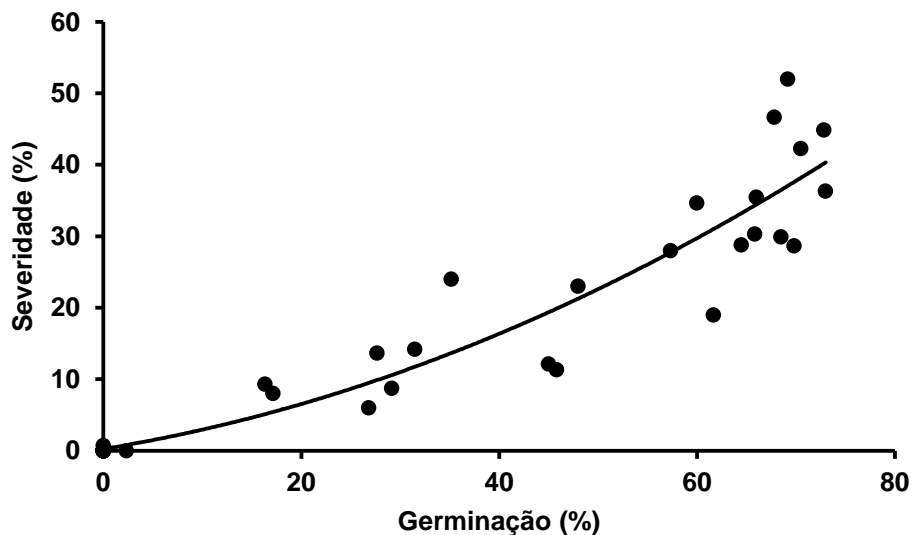


Figura 2 – Severidade de ferrugem (% de área lesionada) em folhas de 'Niágara Rosada' inoculadas em função da germinação *in vitro* (%) de urediniósporos de *Phakopsora euvitis*

3.4 Discussão

A germinação de urediniósporos *in vitro*, assim como a severidade da ferrugem em plantas inoculadas com esporos desidratados e não desidratados, antes do armazenamento apresentaram resultados similares. Portanto, a desidratação não interferiu na germinação dos urediniósporos e na severidade da doença. Resultados semelhantes foram observados antes da preservação de *Puccinia melanocephala*, agente causal de ferrugem em cana-de-açúcar (GARCIA et al., 2007).

Durante o armazenamento, os esporos preservados em temperatura ambiente, permaneceram viáveis somente por 15 dias, com uma baixa porcentagem de germinação de esporos e baixa severidade de doença.

Os urediniósporos armazenados refrigerados que não foram submetidos à desidratação, tiveram a sua viabilidade drasticamente reduzida e permaneceram viáveis no máximo por 90 dias, a 5 °C. Para temperaturas inferiores de armazenamento, o efeito foi mais acentuado, permanecendo os esporos viáveis no máximo por 15 dias. O efeito prejudicial de baixas temperaturas na conservação de urediniósporos não desidratados também foi observado por Angelotti (2006). O autor verificou que os urediniósporos de *P. euvitis* armazenados a -20 °C apresentaram uma redução de 78% da viabilidade após 45 dias de armazenamento, quando comparada com a germinação inicial.

A combinação da desidratação dos urediniósporos com baixas temperaturas foi fundamental para manter a viabilidade dos esporos durante todo período do experimento. Após 150 dias de armazenamento, somente os esporos desidratados preservados a -20°C e -80°C mantiveram-se viáveis e quando inoculados causaram sintomas de ferrugem em folhas de videira 'Niágara Rosada'. Contudo, os esporos desidratados preservados a -20 °C apresentaram uma drástica redução em sua germinação e na severidade da doença, após 60 dias de armazenamento. Os esporos desidratados preservados a -80 °C foram os que melhor mantiveram a viabilidade ao longo dos 150 dias de experimento. Os resultados obtidos corroboram com Furtado et al. (2008), que trabalhando com urediniósporos de *Phakopsora pachyrhizi*, agente causal de ferrugem asiática da soja, observaram que a desidratação em sílica gel seguido pelo armazenamento à -80 °C manteve os esporos viáveis mesmo após 231 dias de armazenamento.

Os esporos que germinaram *in vitro*, em todas as condições de armazenamento, causaram doença em mudas de videira, com uma alta correlação positiva entre a severidade da ferrugem da videira em função da porcentagem de germinação dos urediniósporos armazenados. Estes resultados evidenciaram uma estreita relação entre a severidade da doença e a porcentagem de germinação de urediniósporos. Entretanto, este tipo de correlação, não é comum em ferrugens (TESSMANN; DIANESE, 2002). Salustiano et al. (2008), avaliaram a viabilidade de urediniósporos de *Puccinia psidii* em diferentes condições de armazenamento, pela germinação e severidade de ferrugem em suspensão de urediniósporos inoculados em *Eucalyptus grandis*. A porcentagem de germinação foi decrescente com o aumento do período de armazenamento, enquanto que a severidade não apresentou o mesmo padrão. Os autores não observaram correlação entre essas duas variáveis, inferindo que não há influência direta da germinação na severidade da doença. Resultados semelhantes foram obtidos por outros autores (GARCIA et al., 2007; FURTADO et al., 2008; BELEDELLI et al., 2012).

3.5 Conclusões

A desidratação dos esporos e o armazenamento em baixa temperatura (-80 °C) mostra-se eficiente na manutenção da viabilidade de urediniósporos de *Phakopsora euvitis*.

Pode-se correlacionar positivamente a severidade de ferrugem em folhas de videira 'Niágara Rosada' com a porcentagem de germinação *in vitro* de urediniósporos de *Phakopsora euvitis*.

Referências

ANGELOTTI, F. **Epidemiologia da ferrugem (*Phakopsora euvitis*) da videira (*Vitis spp.*)**. 2006. 65 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

ANGELOTTI, F.; SCARPIN, C.R.; TESSMANN, D.J.; VIDA, J.B.; OLIVEIRA, R.R.; CANTERI, M.G. Diagrammatic scale for assessment of grapevine rust. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 439-443, 2008.

BELEDELLI, D.; CASSETARI NETO, D.; CASSETARI, L.S.; MACHADO, A.Q. Viabilidade de urediniósporos de *Phakopsora pachyrhizi* Sidow na ausência do hospedeiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 4, p. 604-612, 2012.

BROMFIELD, K.R. Cold-induced dormancy and its reversal in uredospores of *Puccinia graminis* var. *tritici*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 54, p. 68-74, 1964.

FURTADO, G.Q.; ALVES, S.A.M.; CZERMANSKI, A.B.C.; MASSOLA JR., N.S. Preservation of *Phakopsora pachyrhizi* uredospores. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 156, n. 1, p. 62-64, 2008.

GARCIA, E.O.; CASAGRANDE, M.V.; RAGO, A.M.; MASSOLA JR., N.S. Preservação de urediniósporos de *Puccinia melanocephala*, agente causal de ferrugem em cana-de-açúcar. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 2, p. 152-156, 2007.

GAVA, R.; SÔNEGO, O.R.; GARRIDO, L.R. Ocorrência da ferrugem da videira no Rio Grande do Sul e Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 10., 2003, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. p. 201.

PAPA, M.F.S.; CELOTO, M.Y.B.; TOMQUELSKI, G.V.; NARUZAWA, E.S.; BOLIANI, A.C. Ocorrência da ferrugem da videira em São Paulo e Mato Grosso do Sul e controle químico em dois sistemas de condução. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, p. S320, 2003. Suplemento.

RYAN, M.J.; ELLISON, C.A. Development of a cryopreservation protocol for the microcyclic rust-fungus *Puccinia spegazzinii*. **CryoLetters**, London, v. 24, n. 1, p. 43-48, 2003.

SALUSTIANO, M.E.; POZZA, E.A.; FERRAZ, A.C.; CASTRO, A.C. Viability of *Puccinia psidii* urediniospores stored in different environments. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 33, n. 4, p. 313-316, 2008.

TAVARES, S.C.; ROSA, R.C.; MENEZES, M. Ocorrência da ferrugem da videira no estado de Pernambuco. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 135, 2005. Suplemento.

TESSMANN, D.J.; DIANESE, J.C. Hentriacontane: a leaf hydrocarbon from *Syzygium jambos* with stimulatory effects on the germination of urediniospores of *Puccinia psidii*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 5, p. 538-542, 2002.

TESSMANN, D.J., VIDA, J.B. A ferrugem da videira no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, p. S23-S25, 2005.

TESSMANN, D. J.; VIDA, J. B.; MAZIA, J. O. Ferrugem da videira. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 7., 2004, Fraiburgo. **Anais...** Caçador: EPAGRI, 2004. p. 153-156.

4 DETERMINAÇÃO DE COMPONENTES MONOCÍCLICOS DA FERRUGEM DA VIDEIRA

Resumo

A ferrugem da videira, causada pelo fungo *Phakopsora euvitis*, é uma das principais doenças foliares da videira no Brasil. Devido a sua recente introdução, existem poucas informações relacionadas a influência dos fatores ambientais no desenvolvimento da doença. A determinação de condições ambientais favoráveis na germinação de urediniósporos e na patogenicidade do fungo em folhas de videira, são fundamentais para auxiliar na compreensão da epidemiologia do patossistema. Com o objetivo de determinar as condições ambientais favoráveis para a doença, foram avaliados o efeito da temperatura e do período de molhamento na germinação de urediniósporos e na patogenicidade em mudas de 'Niágara Rosada' inoculadas. Três alíquotas de 70 µl de suspensões de 10^4 urediniósporos mL^{-1} foram colocadas em placas de poliestireno que, por sua vez, foram dispostas dentro de gerbox contendo papel filtro e 30 mL de água. Os gerbox tampados foram mantidos em câmara de crescimento a 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 35 °C durante 6, 12, 24 e 36 horas. Calculou-se a porcentagem de germinação por meio da observação de 100 urediniósporos por alíquota. Nos testes *in vivo*, suspensões de 10^5 urediniósporos mL^{-1} foram inoculadas em mudas de 'Niágara Rosada' e mantidas em câmaras de crescimento a 15, 20, 25, 30 e 35 °C com períodos de molhamento de 6, 12, 18 e 24 horas. Foram avaliados o período de latência e a severidade da doença. Os resultados obtidos mostraram uma ampla faixa de temperatura para germinação de urediniósporos, entre 10 e 30 °C, com um ótimo em 20 °C e um máximo em 30 °C. A melhor condição para a germinação de urediniósporos ocorreu entre 15 e 25 °C e com período de molhamento superior a 12 horas. A expressão de sintomas em plantas inoculadas foi maior nas temperaturas de 25 e 30 °C. O período de molhamento mínimo estimado pelo modelo monomolecular foi de 7 horas para as plantas mantidas a 15 °C e 5 horas para as plantas mantidas a 20, 25 e 30 °C. Para períodos acima de 6 horas de molhamento, a maior severidade da doença ocorreu na temperatura de 30 °C. Não ocorreu sintomas em plantas inoculadas e mantidas a 35 °C em nenhum dos períodos de molhamento testados. O período de latência da ferrugem foi de sete dias para plantas inoculadas e mantidas a 25 e 30 °C, estendendo-se para 13 dias quando as plantas foram mantidas a 15 °C.

Palavras-chave: Monociclo; Ferrugem da videira; *Phakopsora euvitis*

Abstract

Grapevine rust, caused by *Phakopsora euvitis*, is one of the main foliar diseases on grapevine in Brazil. Information about the influence of environmental factors on the development of the disease is limited. The determination of favorable environmental conditions on uredospores germination and fungal pathogenicity on grapevine leaves are important to understand the pathosystem epidemiology. In order to determine the favorable conditions for disease development, the effect of temperature and wetness period on uredospores germination and pathogenicity in 'Niágara Rosada' inoculated plants were evaluated. Three 70 µl aliquots of 10^4 uredospores mL^{-1} suspensions were placed onto plastic Petri dishes, which were kept inside a gerbox containing a filter paper and 30 mL of water. The gerbox were

covered and incubated in BODs at 5, 10, 15, 20, 25, 30 and 35 °C for 6, 12, 24 and 36 hours. Germination percentage was calculated through observation of 100 uredospore per aliquot. In the *in vivo* tests, suspensions containing 10^5 uredospores mL^{-1} were inoculated on 'Niágara Rosada' plants and kept in growth chambers at 15, 20, 25, 30 and 35 °C for 6, 12, 18 and 24 hours. Disease severity and the latent period were assessed. The results showed the temperature range for uredospore germination varied from 10 to 30 °C, with an optimal at 20 °C and a maximum of 30 °C. The best condition for uredospores germination occurred between 20 and 25 °C and wetness period longer than 12 hours. The expression of symptoms on inoculated plants was higher at 25 and 30 °C. The minimum wetness period estimated by the monomolecular model was 7 hours for plants kept at 15 °C and 5 hours for plants kept at 20, 25 and 30 °C. For wetness periods up to 6 hours, the highest disease severity occurred at 30 °C. There were no symptoms on inoculated plants maintained at 35 °C in any of the tested wetness periods. The rust latency period was seven days for inoculated plants kept at 25 and 30 °C extending for 13 days when the plants were kept at 15°C.

Keywords: Monocycle; Grapevine rust; *Phakopsora euvitis*

4.1 Introdução

A cultura da videira apresenta uma série de problemas fitossanitários devido a sua alta suscetibilidade a diversas doenças, as quais individualmente ou em conjunto podem causar grandes perdas de produção (AMORIM; KUNIYUKI, 2005). A ferrugem da videira, causada pelo fungo *Phakopsora euvitis*, provoca lesões em folhas que podem reduzir a área fotossintética e, dependendo da intensidade da doença, levar a sua queda prematura, o que compromete o amadurecimento dos frutos e o acúmulo de reservas para a safra seguinte (TESSMANN; VIDA; MAZIA, 2004).

O primeiro relato da ferrugem em videira no Brasil ocorreu em Jandaia do Sul, Noroeste do estado do Paraná em 2001 (TESSMANN et al., 2003). A doença foi relatada, também, nos estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Pernambuco (PAPA et al., 2003; GAVA; SÔNEGO; GARRIDO, 2003; TAVARES; ROSA; MENEZES, 2005). Devido a sua introdução relativamente recente, há uma limitação nas informações dessa doença, para o seu desenvolvimento, nas condições climáticas e para os cultivares utilizados no Brasil.

O estudo dos componentes monocíclicos da ferrugem da videira, em condições controladas, tem como importância o entendimento da influência de fatores climáticos no progresso da doença no campo. A avaliação da influência da temperatura, umidade e luz no processo de infecção e colonização de patógenos

foliares, em câmara de crescimento permite o isolamento dos efeitos ambientais específicos, fornecendo dados que explicam o desenvolvimento da epidemia no campo (ROTEM, 1988).

Por essas razões, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da temperatura e da duração do molhamento foliar na germinação *in vitro* de urediniósporos de *Phakopsora euvitis* e no desenvolvimento da doença em *Vitis labrusca* cv. Niágara Rosada.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Efeito da temperatura e da duração do molhamento na germinação de urediniósporos de *Phakopsora euvitis in vitro*

Os urediniósporos utilizados nos experimentos foram coletados de folhas de mudas de videiras 'Niágara Rosada' (*Vitis labrusca*) mantidas em casa de vegetação. A partir dos urediniósporos coletados, foram feitas suspensões de urediniósporos, adicionando-se 10 mL de água destilada. A concentração final da suspensão foi ajustada para 10^4 urediniósporos mL⁻¹, com auxílio de câmara de Neubauer. Três alíquotas de 70 µL da suspensão foram depositadas equidistantes entre si em placas de poliestireno, de 9 cm de diâmetro. Cada placa fechada foi colocada em uma caixa plástica gerbox (11 x 11 x 3,5 cm) contendo uma folha de papel filtro e 30 mL de água destilada. As caixas plásticas, contendo as placas, foram mantidas em câmara de crescimento (Incubadora B.O.D/Fotoperíodo, modelo AC 71) ajustadas nas temperaturas de 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 35 °C, no escuro. O processo de germinação dos urediniósporos foi interrompido, para cada temperatura, a 6, 12, 24 e 36 horas de molhamento, adicionando-se uma gota de lactoglicerol para cada gota de suspensão com os esporos. A contagem de esporos germinados foi feita em microscópio óptico, com aumento de 100 vezes.

Avaliou-se, em cada gota, a germinação dos esporos, em 100 esporos observados aleatoriamente. Considerou-se germinado o urediniósporo que apresentou tubo germinativo de tamanho igual ou superior ao seu diâmetro. Foram utilizadas quatro placas de Petri (repetições) contendo três gotas cada uma, por combinação temperatura e período de molhamento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. O experimento foi realizado duas vezes.

4.2.2 Efeito da temperatura e da duração do molhamento no desenvolvimento de *Phakopsora euvitis* em inoculação *in vivo*

Mudas de videira 'Niágara Rosada', em vasos, foram mantidas em condições controladas de temperatura, de 15, 20, 25, 30 e 35 °C. Foram inoculadas, em cada planta, cinco folhas, com mais de 20 dias de idade, em sua face abaxial, por aspersão de suspensão de urediniósporos na concentração de 10^5 esporos mL⁻¹ de água destilada contendo Tween 20 a 0,01%, até o ponto de escorrimento. Após a inoculação, as plantas foram separadas e colocadas em câmara úmida por períodos de 6, 12, 18 e 24 h. Durante a câmara úmida, as plantas permaneceram no escuro e após a retirada da câmara úmida, permaneceram nas diferentes temperaturas, sob fotoperíodo de 12 h ($600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Plantas aspergidas com água destilada serviram como testemunha. Para câmara úmida, os vasos umedecidos foram vedados com saco plástico (100 litros), e retirados após cada período de molhamento foliar. Plantas aspergidas com água destilada serviram como testemunha. Foram utilizadas quatro repetições (plantas) para cada combinação de temperatura e período de molhamento.

Foram avaliados os períodos de incubação e de latência, em dias, e a severidade da doença, pela porcentagem de área foliar lesionada, com o auxílio de escala diagramática (ANGELOTTI, 2008). Foram avaliadas as cinco folhas de cada planta (repetição), a partir do aparecimento dos primeiros sintomas até 19 dias após a inoculação. O período de incubação foi obtido pelo número de dias em que mais de 50% das folhas expressaram sintomas e o período de latência, pelo número de dias em que mais de 50% das lesões tornaram-se esporulantes.

4.2.3 Análise de dados

O efeito da temperatura na germinação de urediniósporos foi analisado por meio de regressões não lineares, utilizando o modelo beta generalizado (BASSANEZI et al., 1998) descrito pela equação: $Y = Y_{ot} * \left(\frac{(T - T_{min})}{(T_{ot} - T_{min})} \right)^{Amp} * \left(\frac{(T_{max} - T)}{(T_{max} - T_{ot})} \right)^{Amp}$, em que Y corresponde a germinação, Y_{ot} corresponde a germinação na temperatura ótima (Y máximo), T corresponde à temperatura, T_{min} corresponde à temperatura mínima,

Tot corresponde à temperatura ótima, Tmax corresponde à temperatura máxima e Amp representa a amplitude da curva em sua faixa assintótica.

O efeito do período de molhamento na germinação de urediniósporos e na severidade da doença, foi analisado por meio de regressões não lineares, utilizando o modelo monomolecular descrito pela equação $Y=Yot*(1-\exp(-r*(M-b3)))$, em que Y corresponde a germinação, Yot corresponde a germinação máxima, r é a taxa de germinação em função do período de molhamento, M é a duração do período de molhamento e b3 é o molhamento mínimo.

Para a formação da superfície resposta, foi feita a análise conjunta do efeito das variáveis ambientais (temperatura e molhamento) na germinação de urediniósporos utilizando-se o modelo beta-monomolecular, obtido pela multiplicação dos modelos beta generalizado e monomolecular passando pela origem, $Z=Zot*(((T-Tmin)/(Tot-Tmin))^{Amp*(Tot-Tmin)/(Tmax-Tot)}*((Tmax-T)/(Tmax-Tot))^{Amp*(1-\exp(-r*(M-b3)))}$, em que Z corresponde a germinação e Zot a germinação máxima. Os dados foram analisados com o auxílio do software estatístico R versão 3.1.2.

4.3 Resultados

4.3.1 Efeito da temperatura e da duração do molhamento na germinação de urediniósporos de *Phakopsora euvitis*

A germinação de urediniósporos de *Phakopsora euvitis* não foi observada a 35 °C (Figura 3). A temperatura máxima, estimada pela função beta generalizada, independentemente do período de molhamento, foi de 30 °C (Tabela 1). Os valores de temperatura ótima estimados pelo modelo foram próximos a 20 °C. Os maiores valores de temperatura ótima foram obtidos com 6 horas de molhamento (21,7 °C) e os menores com 36 horas de molhamento (18,4 °C).

A amplitude do intervalo de temperatura ótima (Amp), estimada para a germinação de urediniósporos, reduziu com o aumento do período de molhamento. Valores próximos de zero indicam valor máximo em uma ampla faixa de temperatura ao redor da ótima para a germinação de urediniósporos.

Tabela 1 - Coeficientes de determinação (R^2), parâmetros e erros (entre parênteses) da função beta generalizada, $Y=Yot*((T-Tmin)/(Tot-Tmin))^{Amp*(Tot-Tmin)/(Tmax-Tot)}*((Tmax-T)/(Tmax-Tot))^{Amp}$ onde Y é germinação, T é a temperatura, Yot é o valor máximo para a germinação, Tmin, Tot e Tmax são, respectivamente, as temperaturas mínima, ótima e máxima estimada pelo modelo. Amp representa a amplitude da curva em sua faixa assintótica, ajustada à germinação de urediniósporos de *P. euvitis*

Molhamento (horas)	Parâmetros					R^2
	Yot	Tmin	Amp	Tmax	Tot	
6	0,592(0,014)	3,075(2,331)	1,069(0,263)	30,687(0,393)	21,734(0,302)	0,97
12	0,653(0,023)	6,006(3,481)	0,729(0,293)	30,157(0,226)	20,878(0,452)	0,95
24	0,679(0,029)	9,388(1,043)	0,481(0,244)	30,084(0,182)	18,939(0,977)	0,92
36	0,654(0,023)	6,324(8,303)	0,424(0,339)	30,265(0,611)	18,397(1,686)	0,94

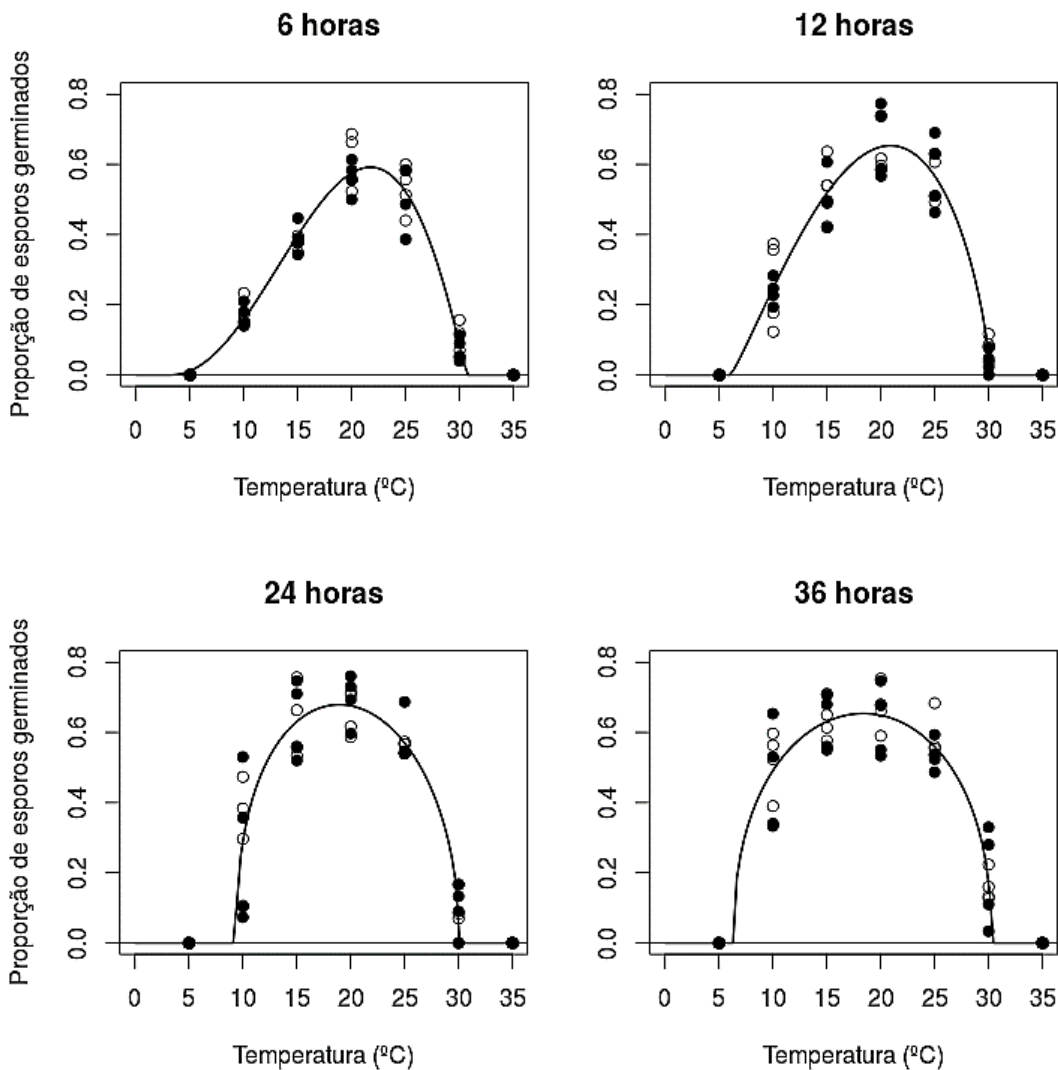


Figura 3 - Curvas ajustadas para a proporção de urediniósporos de *Phakopsora euvitis* germinados em função da temperatura para cada período de molhamento avaliado. Símbolos brancos representam as repetições do primeiro experimento e símbolos pretos representam as repetições do segundo experimento

A taxa de germinação de urediniósporos (r) foi maior para as temperaturas de 20 e 25 °C (Tabela 2). Para essas temperaturas, a germinação dos esporos estabilizou-se com 12 horas de molhamento (Figura 4). A germinação máxima ocorreu nas temperaturas entre 15 a 25 °C. Entretanto, para a menor temperatura a taxa de germinação foi menor do que a 20 °C. Para a temperatura de 15 °C, a germinação estabilizou com 24 horas de molhamento. Portanto, para uma menor temperatura, maior foi o tempo de molhamento necessário para obter a máxima germinação dos esporos.

Para temperaturas baixas, como a temperatura avaliada de 10 °C, foi possível observar a importância de períodos de molhamentos prolongados na germinação dos esporos. Neste caso, a germinação passou de 17%, com 6 horas de molhamento, para 50% com 36 horas de molhamento. A baixa taxa de germinação de urediniósporos (r) indica que a presença de água livre por longos períodos de tempo compensa o efeito prejudicial de baixas temperaturas na germinação de urediniósporos.

A porcentagem de germinação foi baixa na temperatura de 30 °C, com média inferior a 10% de germinação até 24 horas de molhamento. As temperaturas de 5 °C e 35 °C mostraram-se desfavoráveis a *Phakopsora euvitidis*, não ocorrendo germinação dos esporos em todos os molhamentos testados.

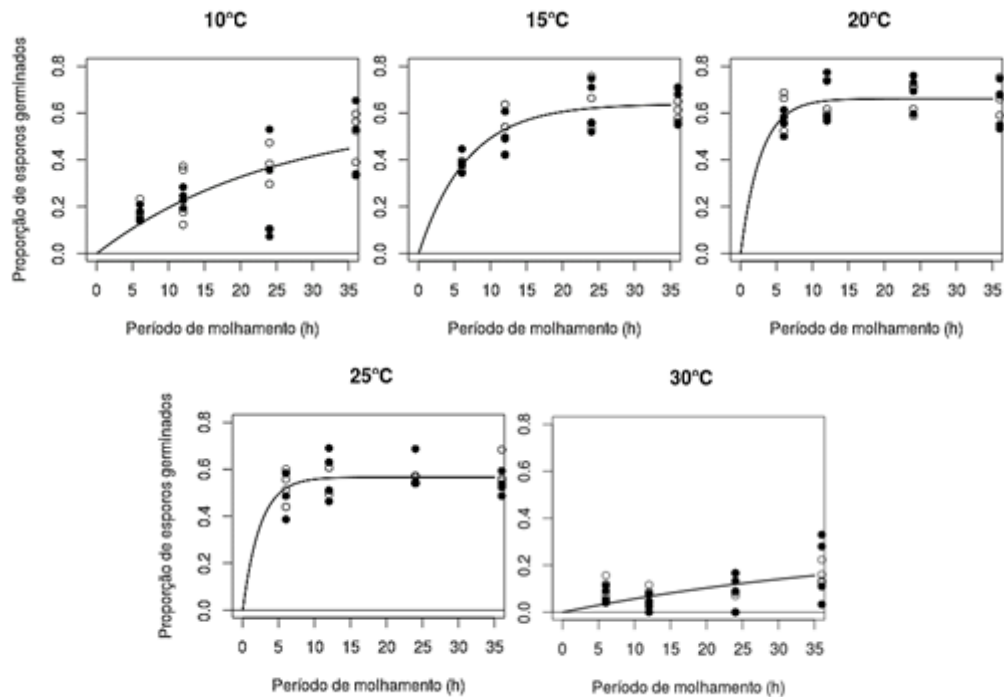


Figura 4 - Curvas ajustadas para a proporção de urediniósporos de *Phakopsora euvitis* germinados em função do período de molhamento para cada temperatura. Símbolos brancos representam as repetições do primeiro experimento e símbolos pretos representam as repetições do segundo experimento

Com os dados de germinação de esporos em função do período de molhamento e temperatura, obtidos nos dois ensaios realizados, o ajuste pelo modelo monomolecular [$Y=Y_{ot}*(1-\exp(-r*(M-b_3)))$] foi modificado, pois os valores de molhamento mínimo para germinar, pelo modelo, foram inferiores a zero. Assim, partindo da premissa de que sem molhamento não há germinação, consideramos $b_3=0$, ou seja, [$y=Y_{ot}*(1-\exp(-r*M))$], modelo denominado monomolecular passando pela origem, o que forçou a curva passar pelo ponto zero. Entretanto, com esse ajuste, os valores calculados para o coeficiente de determinação (R^2) foram baixos para a maioria dos tratamentos analisados (Tabela 2).

Tabela 2 - Coeficientes de determinação (R^2), parâmetros e erros (entre parênteses) da função monomolecular passando pela origem, $Y=Yot*(1-\exp(-r*M))$ em que y é germinação, Yot corresponde a germinação máxima, r é a taxa de germinação em função do período de molhamento e M é a duração do período de molhamento, ajustada à germinação de urediniósporos de *P. euvitis*.

Temperatura (°C)	Parâmetros		
	Yot	r	R^2
10	0,592(0,177)	0,040(0,021)	0,45
15	0,639(0,021)	0,148(0,017)	0,69
20	0,661(0,016)	0,360(0,067)	0,17
25	0,566(0,014)	0,415(0,097)	0,09
30	0,294(0,315)	0,022(0,032)	0,21

Pela superfície resposta pode-se observar que a melhor condição para a germinação de urediniósporos de *Phakospora euvitis* ocorreu quando a temperatura esteve entre 15 e 25 °C e o período de molhamento superior foi a 12 horas (Figura 5).

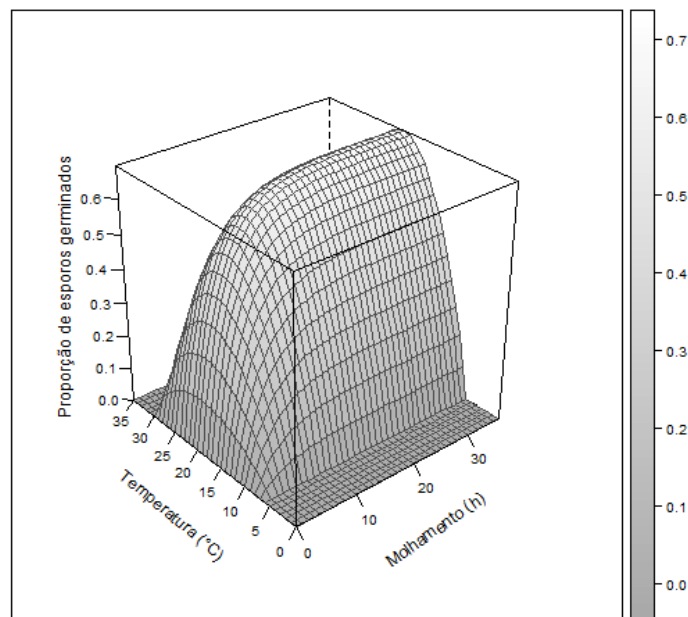


Figura 5 - Superfície de resposta da proporção de esporos germinados de *Phakospora euvitis*, em função da temperatura e do período de molhamento, descrita pela equação $Y=0,689*((T-6,135)/(20,315-6,135))^{0,642(0,642-6,135)/(30,276-20,315)}*((30,276-T)/(30,276-20,315))^{0,642}*(1-\exp(-0,236*M))$, em que Y é germinação, T é a temperatura (°C) e M é a duração do período de molhamento(h)

4.3.2 Efeito da temperatura e da duração do molhamento no desenvolvimento de *Phakospora euvitis* em inoculação *in vivo*

Para a severidade de ferrugem em plantas de 'Niágara Rosada' inoculadas com suspensão de urediniósporos, diferentemente do observado para a germinação

dos esporos de *P. euvtis in vitro*, não houve ajuste dos dados pelo modelo beta generalizado (Figura 6). Pode-se observar pelos resultados que a severidade foi crescente com o aumento da temperatura. Para períodos acima de 6 horas de molhamento, a maior severidade da doença ocorreu na temperatura de 30 °C. Contudo, com 35 °C não foi observado sintomas da doença nas plantas inoculadas (Figura 6).

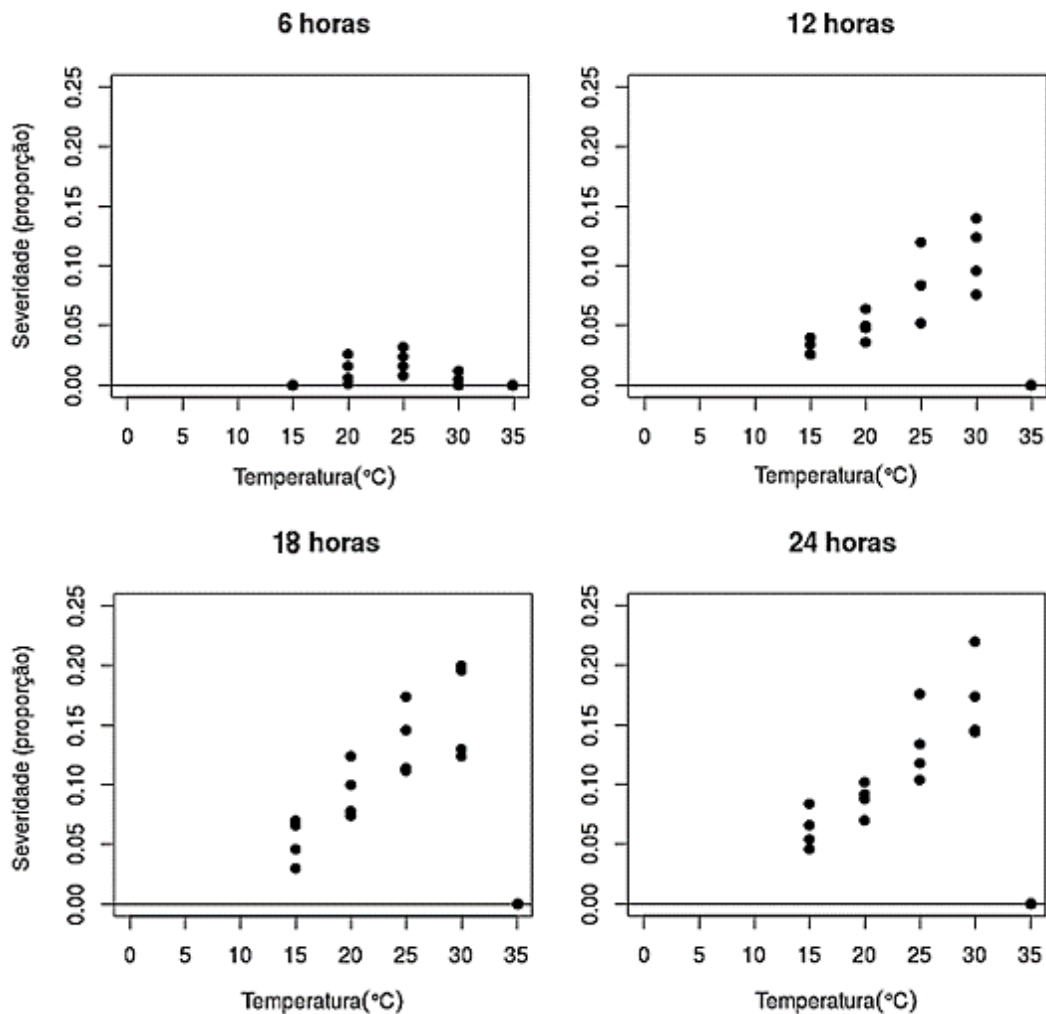


Figura 6 - Proporção de severidade de ferrugem em folhas de 'Niágara Rosada' em função da temperatura para cada período de molhamento

Os dados de severidade de ferrugem em função do período de molhamento foram ajustados ao modelo monomolecular em todas as temperaturas avaliadas (Tabela 3, Figura 7).

Tabela 3 - Coeficientes de determinação (R^2), parâmetros e erros (entre parênteses) da função monomolecular $Y=Yot*(1-\exp(-r*(M-b3)))$ onde y é severidade, Yot corresponde a severidade máxima, r é a taxa da severidade em função do período de molhamento, $b3$ é o período de molhamento mínimo e M é a duração do período de molhamento, ajustada à germinação de urediniosporos de *P. euvtis*

Temperatura (°C)	Parâmetros			
	Yot	r	b3	R^2
15	0,070(0,027)	0,136(0,197)	7,610(4,641)	0,82
20	0,107(0,024)	0,110(0,062)	5,054(0,995)	0,81
25	0,151(0,027)	0,134(0,071)	5,012(0,935)	0,79
30	0,187(0,026)	0,150(0,060)	5,867(0,557)	0,86

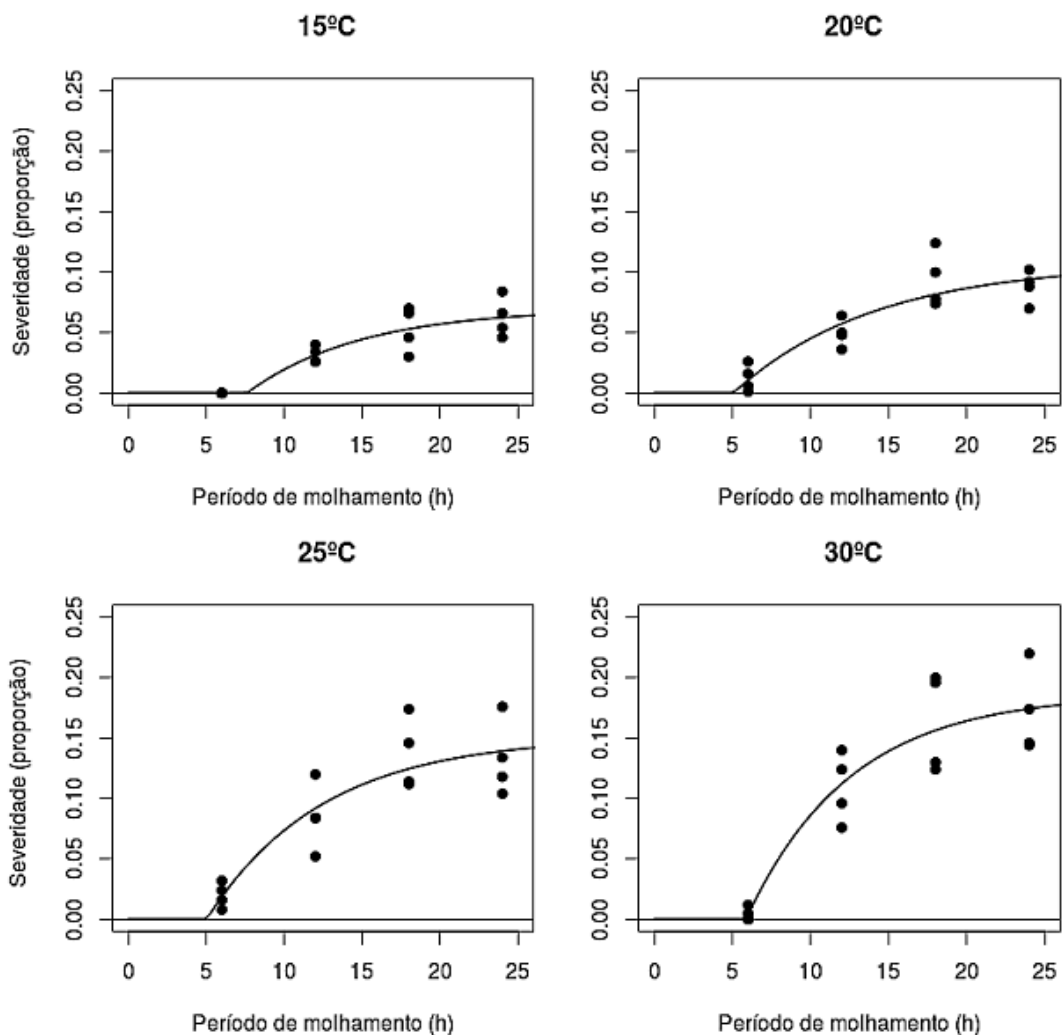


Figura 7 - Curvas ajustadas para a proporção de severidade de ferrugem em folhas de 'Niágara rosada' em função do período de molhamento para cada temperatura

O período de molhamento mínimo estimado pelo modelo monomolecular foi de 7 horas para as plantas mantidas a 15 °C e 5 horas para as demais temperaturas (Tabela 3). A temperatura influenciou o período de latência das plantas inoculadas.

Ocorreu uma redução do período de latência com o aumento da temperatura. No experimento realizado foi verificado que o período de incubação e o período de latência coincidiram, pois, assim que as lesões tornavam-se visíveis nas folhas, já havia presença de esporulação. Nas temperaturas de 25 e 30 °C os primeiros sintomas foram observados sete dias após a inoculação, enquanto que nas temperaturas de 15 e 20 °C o período de latência foi de 13 e 9 dias, respectivamente (Figura 8). A relação entre o período latente e a temperatura foi descrita pela equação $Y = 178,89x^{-0,977}$ ($R^2 = 0,92$), em que Y = período latente em dias e x = temperatura.

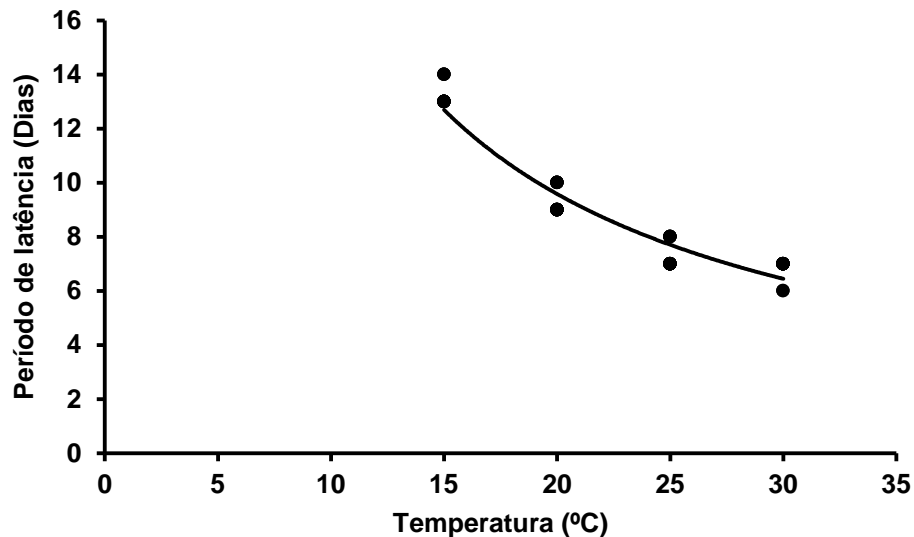


Figura 8 - Efeito da temperatura no período latente da ferrugem *P. euvitidis*, em mudas de videira 'Niágara Rosada' submetidas a diferentes temperaturas

Na temperatura de 30 °C ocorreu necrose acentuada no limbo foliar, o que dificultou a avaliação da severidade (Figura 9).

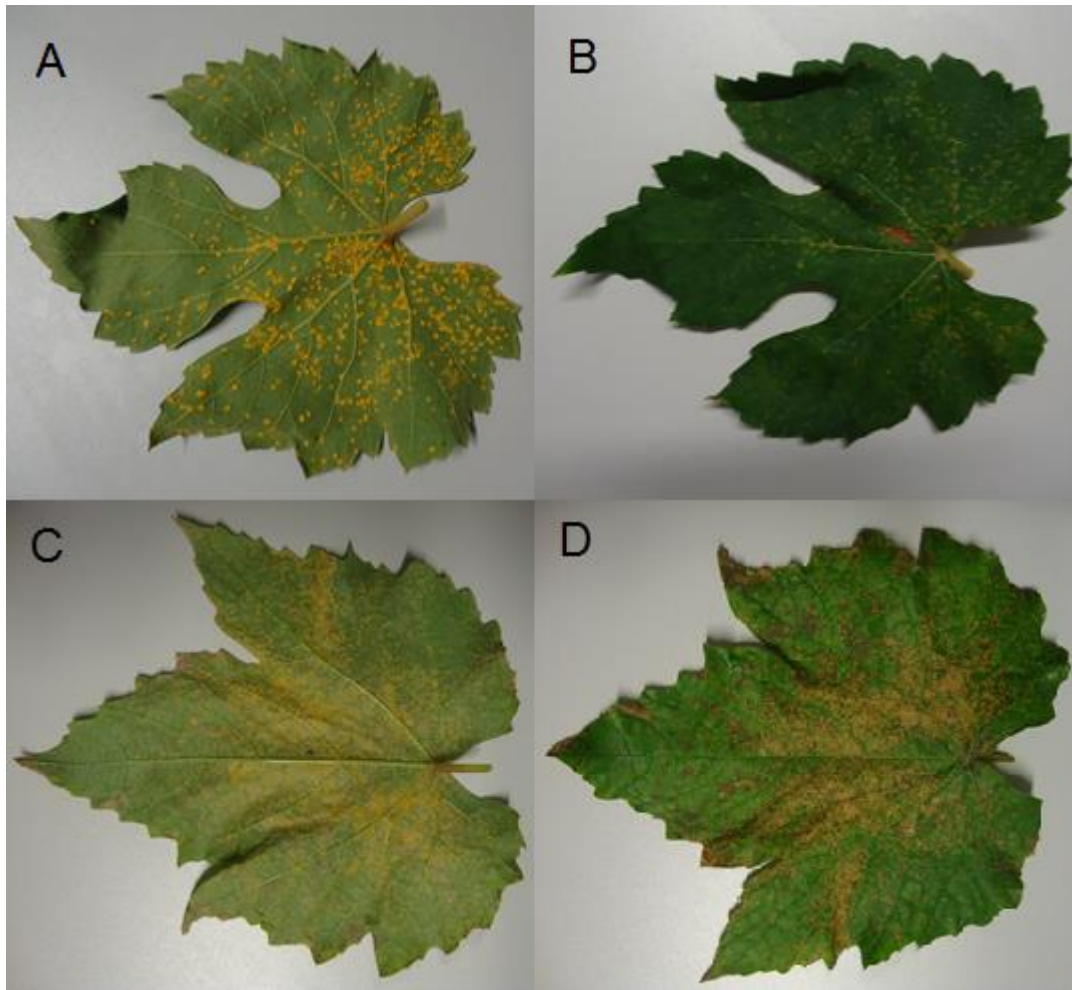


Figura 9 – Severidade de folhas de ferrugem armazenadas a 20°C (A e B) e 30°C(C e D). A esporulação ocorre na face abaxial das folhas (A e C) e na face adaxial ocorre necrose do tecido (B e D)

4.4 Discussão

O estudo das condições que favorecem o desenvolvimento do patógeno e das variáveis climáticas ótimas para infecção e desenvolvimento da doença tem como objetivo, entre outros, a compreensão da epidemiologia de doenças; a elaboração de sistemas de previsão de epidemias; e dessa forma, estabelecer medidas efetivas no controle de doenças (LEITE; AMORIM, 2002).

A ferrugem da videira vem sendo pouco estudada no Brasil (ANGELOTTI, 2006; NURUZAWA et al., 2006). Dados relacionados a componentes monocíclicos que contribuam para a compreensão da epidemiologia da doença ainda são escassos.

Pelos resultados obtidos neste trabalho pode-se observar que determinadas condições climáticas interferem na germinação de urediniósporos de *Phakopsora euvitis* e no aparecimento de sintomas de ferrugem na cultivar Niágara Rosada.

A ampla faixa de temperatura para a germinação de esporos e desenvolvimento da doença mostrou que o patógeno possui uma boa adaptabilidade para as condições climáticas tropicais e subtropicais. Estes dados explicam a grande distribuição da ferrugem da videira e sua presença nas principais regiões vitícolas brasileiras, como pode ser observada pelos diversos relatos realizados desde a sua introdução no país (PAPA et al., 2003; GAVA; SÔNEGO; GARRIDO, 2003; TAVARES; ROSA; MENEZES, 2005; MACAGNAN; FERREIRA; ROMEIRO, 2005; THEODORO et al., 2005; COSTA; VENTURA, 2009; HALFELD-VIEIRA; NECHET; BARBOSA, 2009; XAVIER et al., 2010).

A faixa de germinação de urediniósporos é bastante variável entre as ferrugens. Para urediniósporos de *Puccinia kuehnii*, agente causal da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar, os esporos germinam na temperatura de 10 a 25 °C não ocorrendo germinação a partir de 30 °C (MARTIN, 2010). Kochman (1979) observou que para *Phakopsora pachyrhizi*, agente causal da ferrugem asiática da soja, os urediniósporos germinam em uma ampla faixa de temperatura (11 a 42,5 °C), embora, os esporos que foram expostos a temperaturas na faixa de 28,5 a 42,5 °C tiveram sua germinação significativamente reduzida.

Nas temperaturas de 5 e 35 °C, urediniósporos de *Phakopsora euvitis* não germinaram. Entre as temperaturas de 10 e 15 °C ocorreu um aumento considerável da porcentagem de germinação com o aumento do período de molhamento. Esta constatação evidencia que a ocorrência de períodos de molhamento foliar prolongados favorecem a infecção, entre outros fatores porque permite um tempo maior na germinação de esporos. Deste modo, o aumento do período de molhamento acabou compensando o efeito da baixa temperatura. O efeito prejudicial de baixas temperaturas na germinação de urediniósporos de *P. euvitis* também foi observado por Naruzawa et al. (2006), os esporos mantidos a 10 e 20°C germinaram 29 e 66%, respectivamente.

Na germinação de urediniósporos de *Phakopsora euvitis* ocorreu a formação de um único tubo germinativo. A emissão de um único tubo germinativo também foi observada para *Phakopsora pachyrhizi* (GOELLNER et al., 2010). Em *Hemilea*

vastatrix, agente causal da ferrugem do cafeeiro), urediniósporos podem emitir dois ou três tubos germinativos simultaneamente (KUSHALAPPA; ESKES, 1989).

A temperatura e o molhamento também se mostraram fatores importantes no desenvolvimento da ferrugem em videira 'Niágara Rosada'. Em todos os molhamentos testados ocorreu o aparecimento de sintomas. As plantas inoculadas e mantidas a 30 °C foram as que apresentaram os maiores níveis de severidade.

O período latente foi decrescente com o aumento da temperatura, ocorrendo uma grande variação entre 15 °C (13 dias) e 30 °C (7 dias). Resultados semelhantes na avaliação do período latente de *P. euvitis* foram observados por Angelotti et al. (2014). A autora relata que para as temperaturas de 20 e 25 °C, o período latente foi de 7 dias, sendo o desenvolvimento mais lento na temperatura de 15 °C, com período latente de 13 dias. Para *Phakopsora pachyrhizi* o período latente foi de 30 a 12 dias, para as temperaturas de 10 e 28 °C, respectivamente (ALVES; FURTADO; BERGAMIM, 2006).

Em doenças policíclicas, como é o caso da ferrugem da videira (TESSMANN; VIDA; MAZIA, 2004), a duração do período de latência determina o número de gerações do patógeno no ciclo de cultivo do hospedeiro, isto é, quantos ciclos secundários ocorrerão. Quanto mais ciclos secundários o patógeno completar em um ciclo do hospedeiro, maior a quantidade de inóculo produzida e maior a intensidade da doença (KRANZ, 2002). Portanto, em temperaturas entre 25° e 30 °C o período de latência da ferrugem da videira será menor, e mais rápido será seu ciclo na cultura e, conseqüentemente, maior a intensidade da epidemia. Para enfatizar a importância do período latente para ferrugens, Parlevliet (1979), considerou o período de latência em material vegetal como um importante critério para seleção de resistência a ferrugens.

Em uma análise conjunta dos dados *in vitro* e *in vivo*, verificou-se que *Phakopsora euvitis* germinou *in vitro* de 10 a 30°C, e os maiores valores de germinação foram encontrados aos 20 °C, porém quando analisado os dados obtidos na avaliação *in vivo*, os maiores valores de severidade foram encontrados na temperatura de 30 °C. Portanto, não se obteve uma correlação dos valores *in vivo* e *in vitro* dos experimentos. A falta de correlação possivelmente foi devido à utilização da escala diagramática na avaliação da severidade da doença. Nas plantas mantidas a 30 °C ocorreu uma necrose mais acentuada no limbo foliar, o que dificultou a avaliação visual e conseqüentemente superestimou os valores de

severidade. Resultados diferentes foram alcançados por Angelotti (2006) que não verificou o aparecimento de sintomas em plantas de 'Niágara Rosada' inoculadas a 30 °C e mantidas a 20 °C. Entretanto, a autora observou que as plantas inoculadas a 20 °C e mantidas a 30 °C manifestaram sintomas.

4.5 Conclusões

Urediniósporos de *Phakopsora euvitidis* germinam em uma ampla faixa de temperatura (10 a 30 °C), sendo a temperatura ótima próxima a 20 °C.

Os maiores níveis de doença são observados em videira 'Niágara Rosada' na temperatura de 30 °C e períodos de molhamento foliar acima de 18 horas.

O período de latência da ferrugem da videira reduz com o aumento da temperatura.

Referências

ALVES, S.A.M.; FURTADO, G.Q.; BERGAMIM FILHO, A. Influência das condições climáticas sobre a ferrugem da soja. In: ZAMBOLIM, L. **Ferrugem asiática da soja**. Viçosa: UFV, 2006. cap. 3, p. 15-32.

AMORIM, L.; KUNIYUKI, H. Doenças da videira (*Vitis* spp.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2, p. 639-651.

ANGELOTTI, F. **Epidemiologia da ferrugem (*Phakopsora euvitidis*) da videira (*Vitis* spp.)**. 2006. 65 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

ANGELOTTI, F.; SCAPIN, C.R.; TESSMANN, D.J.; VIDA, J.B.; CANTERI, M.G. The effect of temperature, leaf wetness and light on development of grapevine rust. **Australasian Plant Pathology**, Melbourne, v. 43, n. 1, p. 9-13, 2014.

ANGELOTTI, F.; SCARPIN, C.R.; TESSMANN, D.J.; VIDA, J.B.; OLIVEIRA, R.R.; CANTERI, M.G. Diagrammatic scale for assessment of grapevine rust. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 439-443, 2008.

BASSANEZI, R.B.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; HAU, B. Effects of bean line pattern mosaic virus on the monocyclic components of rust and angular leaf spot of *Phaseolus bean* at different temperatures. **Plant Pathology**, Edinburgh, v. 47, n. 3, p. 289-298, 1998.

COSTA, H.; VENTURA, J.A. Ocorrência da ferrugem da videira no Estado do Espírito Santo. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 42, p. S190, 2009. Suplemento.

GAVA, R.; SÔNEGO, O.R.; GARRIDO, L.R. Ocorrência da ferrugem da videira no Rio Grande do Sul e Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 10., 2003, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. p. 201.

GOELLNER, K.; LOEHRER, M.; LANGENBACH, C.; CONRATH, U.; KOCH, E.; SCHAFFRATH, U. *Phakopsora pachyrhizi*, the causal agent of Asian soybean rust. **Molecular Plant Pathology**, Hoboken, v. 11, n. 2, p. 169-177, 2010.

HALFELD-VIEIRA, B.A.; NECHET, K.L.; BARBOSA, R.N.I. Ocorrência da ferrugem da videira em Roraima. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 35, n. 4, p. 332, 2009.

KOCHMAN, J.K. The effect of temperature on development of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*). **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 30, n. 2, p. 635-652, 1979.

KRANZ, J. The infection cycle or chain. In: _____. **Comparative epidemiology of plant diseases**. Berlin: Springer, 2002. p. 49-92.

KUSHALAPPA, A.C.; ESKES A.B. Advances in coffee rust research. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 27, n. 1, p. 503-531, 1989.

LEITE, R. M.V.B.C.; AMORIM, L. Influência da temperatura e do molhamento foliar no monociclo da mancha de alternaria em girassol. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 193-200, 2002.

MACAGNAN, D.; FERREIRA, F.A.; ROMEIRO, R.D. Ocorrência de ferrugem causada por *Phakopsora euvitis* no Estado do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 38., 2005, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2005. p. 135.

MARTIN, T.D. **Aspectos epidemiológicos da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar**. 2010. 65 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

NARUZAWA, E.S.; CELOTO, M.I.B.; PAPA, M.F.S.; TOMQUELSKI, G.V.; BOLIANI, A.C. Estudos epidemiológicos e controle químico de *Phakopsora euvitis*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 41-45, 2006.

PAPA, M.F.; CELOTO, M.Y.B.; TOMQUELSKI, G.V.; NARUZAWA, E.S.; BOLIANI, A.C. Ocorrência da ferrugem da videira em São Paulo e Mato Grosso do Sul e controle químico em dois sistemas de condução. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, p. S320, 2003. Suplemento.

PARLEVLIT, J.E. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 17, p. 203-222, 1979.

ROTEM, J. Techniques of controlled-condition experiments. In: KRANZ, J.; ROTEM, J. **Experimental techniques in plant disease epidemiology**. Berlin: Springer-Verlag, 1988. p. 19-32.

TAVARES, S.C.; ROSA, R.C.; MENEZES, M. Ocorrência da ferrugem da videira no estado de Pernambuco. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 135, 2005. Suplemento.

TESSMANN, D.J.; VIDA, J.B.; MAZIA, J.O. Ferrugem da videira. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 7., Fraiburgo. **Anais...** Caçador: EPAGRI, 2004. p. 153-156.

TESSMANN, D.J.; DIANESE, J.C.; GENTA, W.; VIDA, J.B.; MAY-DE-MIO, L.L. Grape rust (*Phakopsora euvitidis*): first record for Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 232, 2003.

THEODORO, G.F.; MORGAN, C.L.; ANDRADE, E.R.; SANTOS, L.T.; DIANESE, J.C. Ferrugem da videira (*Phakopsora euvitidis*) no Estado de Santa Catarina. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE MICOLOGIA, 5., 2005, Brasília. **Anais...** Brasília: Associação Latino-Americana de Micologia, 2005. p. 298.

XAVIER, A.A.; DARIVA, J.M.; RIBEIRO, R.C.F.; MIZOBUTSI, E.H. Ocorrência da ferrugem da videira em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 317-319, 2012.