

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel**  
**Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade**



**Tese**

**Filoxera-da-videira: biologia, resistência de genótipos, interação com o  
fungo *Dactylonectria macrodidyma* e controle químico**

**Simone Andzeiewski**

**Pelotas, 2021**

**Simone Andzeiewski**

**Filoxera-da-videira: biologia, resistência de genótipos, interação com o  
fungo *Dactylonectria macrodidyma* e controle químico**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Fitossanidade (área do conhecimento: Entomologia).

Orientador: Dr. Marcos Botton

Coorientador: Dr. Daniel Bernardi

Pelotas, 2021

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

A111f Andzeiewski, Simone

Filoxera-da-videira: biologia, resistência de genótipos, interação com o fungo *Dactylonectria macrodidyma* e controle químico / Simone Andzeiewski ; Marcos Botton, orientador ; Daniel Bernardi, coorientador. — Pelotas, 2021.

130 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2021.

1. *Daktulosphaira vitifoliae*. 2. Parâmetros biológicos. 3. Resistência de plantas. 4. Declínio e morte de plantas. 5. Controle químico. I. Botton, Marcos, orient. II. Bernardi, Daniel, coorient. III. Título.

CDD : 595.7

Simone Andzeiewski

Filoxera-da-vidreira: biologia, resistência de genótipos, interação com o fungo  
*Dactylonectria macrodidyma* e controle químico

Data da Defesa:

Banca examinadora:

---

Pesquisador Dr. Marcos Botton (Orientador)  
(Embrapa Uva e Vinho)

---

Professor Dr. Uemerson S. da Cunha  
(Universidade Federal de Pelotas- UFPel)

---

Professor Dr. Marcus André Kurtz Almança  
(Instituto Federal do Rio Grande do Sul - IFRS-Campus Bento Gonçalves)

---

Pesquisador Dr. Cristiano Arioli  
(Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina- Epagri)

---

Pesquisador Dr. Alexandre Menezes Netto  
(Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina- Epagri)

---

À minha família,  
Pelo apoio, incentivo e compreensão em todos os momentos.

DEDICO E OFEREÇO

## **Agradecimentos**

À Deus, por ter guiado meus passos na direção certa.

Ao Dr. Marcos Botton (Orientador), pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) – Centro Nacional de Pesquisa Uva e Vinho (CNPUV), pela orientação, paciência, amizade e principalmente pelas oportunidades oferecidas.

Ao Dr. Daniel Bernardi (Coorientador), professor do Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, pela coorientação, dedicação e amizade.

Aos professores Dr. Alci Enimar Loeck, Dr. Anderson Dionei Grützmacher, Dr. Mauro Silveira Garcia, Dr. Dori Edson Nava, Dr. Uemerson da Silva Cunha, Dr. Flávio Roberto Mello Garcia, Dr. Moisés João Zotti e Dr. Luís Avila do PPGFs da FAEM/UFPel, pelos ensinamentos e ao secretário do PPGFs, Marcelo Frio Martins por toda ajuda e atenção.

À Universidade Federal de Pelotas, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da FAEM/UFPel, pela oportunidade de realizar o curso de doutorado.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Uva e Vinho) de Bento Gonçalves, RS e ao Instituto Federal do Rio Grande do Sul, Campus de Bento Gonçalves pelo envolvimento e colaboração de funcionários de diversos setores e por permitir o uso das instalações durante a execução dos experimentos.

Aos pesquisadores Dr. Henrique Pessoa Dos Santos, Dr. Daniel Santos Grohs e Dr. Marcus André Kurtz Almança pelo profissionalismo exemplar e por todo o apoio no desenvolvimento dos trabalhos.

À laboratorista do Laboratório de Entomologia da Embrapa Uva e Vinho Vânia Maria A. Sganzerla pela amizade e carinho ao longo desses anos de convivência.

À minha colega e amiga Daiana da Costa Oliveira por toda a ajuda no desenvolvimento do trabalho e pelo companheirismo diário.

A todos os colegas do Laboratório de Entomologia da Embrapa Uva e Vinho em especial, Aline Nondillo, Aline Costa Padilha, Cleber Antônio Baronio, Lígia Caroline Bortoli, Marcelo Z. Nunes, Paloma Stupp, Ruben Machota Jr, Vitor Cezar Pacheco da Silva, Sabrina Lerin e Joatan Machado da Rosa com quem tive o prazer de conviver ao longo dessa jornada.

Aos funcionários da Embrapa Uva e Vinho e amigos Jânio Lazzarini e Fabrício Aramis Brum Barbosa.

À toda minha família, em especial aos meus pais Casemiro Andzeiewski e Lucia Bichewicz Andzeiewski pelo carinho e incentivos necessários para o cumprimento de mais esta etapa.

À minha segunda família da pousada Embrapa Uva e Vinho, Giovana, Giseli, Isadora, João Gilberto, Catherine, Cristina, Isis, Jucenil, Eduardo, Larissa, Marina, Thaina, Mateus Cassimiro, Leticia, Barbara, Fabrício, Marcia, Yohana, Tais Dalla Nora e Beatriz pelos momentos de descontração e amizade durante minha estadia em Bento Gonçalves.

A todos meus colegas do Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade em especial, a Adriane Fonseca Duarte, Alexandra Kruger, Deise Cagliari, Juliano Pazzini, Naymã Pinto Diaz e Tiago Scheunemann pela amizade e agradável convívio durante a realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de doutorado.

## Resumo

ANDZEIEWSKI, Simone. **Filoxera-da-videira: biologia, resistência de genótipos, interação com o fungo *Dactylonectria macrodidyma* e controle químico**. 2021. 130f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas.

A filoxera-da-videira *Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch, 1856) é a praga mais importante da viticultura mundial. O inseto se desenvolve tanto na parte aérea (forma galícola) quanto nas raízes (forma radícula) podendo provocar um declínio gradual e aumento da suscetibilidade a fungos de solo culminando com a morte das plantas. Uma das principais estratégias para o controle da praga é o emprego de porta-enxertos resistentes. Este trabalho teve como objetivos: a) avaliar a ocorrência de ovos de inverno da filoxera em mudas de 'Paulsen 1103' a campo; b) conhecer a biologia em raízes de cultivares e calcular a tabela de vida de fertilidade do inseto; c) avaliar a resistência de genótipos de *Vitis* spp. a filoxera utilizando o método de raízes extirpadas em laboratório; d) estudar a interação de *D. vitifoliae* com o fungo *Dactylonectria macrodidyma* e, e) avaliar o efeito de inseticidas químicos na supressão de populações da forma galícola e radícula da filoxera-da-videira. A presença de ovos de inverno da filoxera-da-videira foi registrada em 78% das plantas do porta-enxerto 'Paulsen 1103' amostradas. Nas plantas com a presença de ovos de inverno foi encontrada uma média de  $31 \pm 6,31$  ( $X \pm EP$ ) ovos/planta. A filoxera completa o ciclo biológico (ovo a adulto) em raízes lignificadas de 'BRS Lorena', 'Bordô' e 'Cabernet Sauvignon', com maior viabilidade do período (90,2%) em raízes de 'Cabernet Sauvignon'. As ninfas não completaram o desenvolvimento em raízes lignificadas de 'Paulsen 1103' e 'Magnólia'. Cultivares com origem ou com cruzamentos com *V. vinifera* apresentaram maior número de tuberosidades, enquanto que as de origem americana (*V. labrusca*, *V. berlandieri*, *V. rotundifolia*, *V. rupestris*, *V. riparia*) apresentaram nodosidades. Dentre as cultivares copa, a maior quantidade de insetos sobreviventes foi registrada em 'Cabernet Sauvignon'. Em contraste, os genótipos '548-15', 'Magnólia' e '1111-21' apresentaram reduzida infestação e sobrevivência de ninfas nas raízes, sendo considerados resistentes à praga. Raízes infestadas com a filoxera e inoculadas com o fungo *D. macrodydima* resultaram numa maior porcentagem de reisolamento do fungo. No ensaio de controle químico da fase galícola, uma aplicação do inseticida flupiradifurona (Sivanto®Prime 200 SL, 75mL p.c/100L<sup>-1</sup>) proporcionou uma redução de danos de 90% aos 28 DAA, enquanto que para o thiamethoxam (Actara 250 WG®, 40g p.c/100L<sup>-1</sup>), e sulfoxaflor (Closer®SC, 40mL p.c/100L<sup>-1</sup>) foram necessárias 3 e 2 aplicações para obter o mesmo nível de controle, respectivamente. Para a fase radícula, os inseticidas sulfoxaflor



(0,3mL/planta) e imidacloprido (Provado 200 SC, 0,7mL/planta) apresentaram os melhores resultados, com 96 e 89% de controle de ninfas + adultos respectivamente, seguidos pela flupiradifurona (0,8mL/planta) com 76%. Conclui-se que a presença de ovos de inverno no tronco de plantas de videira pode ser uma fonte de dispersão da praga. O melhor desempenho biológico do inseto é verificado em raízes de 'Cabernet Sauvignon' enquanto que os genótipos '548-15' (*V. labrusca* x *V. rotundifolia*), 'Magnólia' (*V. rotundifolia*) e '1111-21' (*V. labrusca* x *V. rotundifolia*) apresentam reduzida infestação da filoxera. Há interação entre a filoxera-da-videira e o fungo *D. macrodydima* em raízes de 'Cabernet Sauvignon' em laboratório. Os inseticidas flupiradifurona e sulfoxaflor são alternativas aos neonicotinoides para o controle químico da filoxera na cultura da videira.

**Palavras-chave:** *Daktulosphaira vitifoliae*; parâmetros biológicos; resistência de plantas; declínio e morte de plantas; controle químico.

## Abstract

ANDZEIEWSKI, Simone. **Grape phylloxera: biology, resistance to grape genotypes, interaction with the soil fungus *Dactylonectria macrodidyma* and chemical control.** 2021. 130p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas.

The grape phylloxera *Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch, 1856) is the main grape pest. The insect develops on leaves (forming galls) and roots (root galls). Permanent feeding on the roots results gradual decline and increased susceptibility to soil fungi culminating in the death of plants. One of the main strategies for pest control is the use of resistant rootstocks. The objectives of this work were: a) to evaluate the occurrence of “winter eggs” in ‘Paulsen 1103’ seedlings in the field; b) study the biology in roots of different cultivars and calculate the insect's fertility life table; c) to evaluate the resistance of genotypes of *Vitis* spp. phylloxera using the root excised method in the laboratory; d) to study the interaction of *D. vitifoliae* with the fungus *Dactylonectria macrodidyma*; e) to evaluate the effect of chemical insecticides on suppression of phylloxera populations on grapevine leaf and roots. The presence of phylloxera winter eggs was registered in 78% of the plants of the ‘Paulsen 1103’ rootstock sampled. In plants with the presence of winter eggs, an average of  $31 \pm 6.31$  ( $X \pm EP$ ) eggs / plant was found. The phylloxera completes the biological cycle (egg to adult) in lignified roots of 'BRS Lorena', 'Bordô' and 'Cabernet Sauvignon', with greater viability of the period (90,2%) in roots of 'Cabernet Sauvignon'. The nymphs did not complete their development in lignified roots of ‘Paulsen 1103’ and ‘Magnolia’. Cultivars of origin or crosses with *V. vinifera* showed a greater number of tuberosities, while those of American origin (*V. labrusca*, *V. berlandieri*, *V. rotundifolia*, *V. rupestris*, *V. riparia*) promoted nodosities. Among the cultivars, the largest number of surviving insects was recorded in ‘Cabernet Sauvignon’. In contrast, the genotypes ‘548-15’, ‘Magnolia’ and ‘1111-21’ showed reduced infestation and survival of nymphs in the roots, being considered resistant to the pest. Roots infested with phylloxera and inoculated with the fungus *D. macrodydima* resulted in a higher percentage of reisolation of the fungus. In the chemical control test of phylloxera in the leaves, an application of the insecticide flupiradifurone (Sivanto®Prime 200 SL, 75mL pc / 100L<sup>-1</sup>) provided reduced foliar damage 90% at 28 DAA, while for thiamethoxam (Actara 250 WG®, 40g pc / 100L<sup>-1</sup>), and sulfoxaflor (Closer®SC, 40mL pc / 100L<sup>-1</sup>) 3 and 2 applications were necessary to obtain the same level of control, respectively. For the root phylloxera, the insecticides sulfoxaflor (0,3mL / plant) and imidacloprid (Provado 200 SC, 0,7mL / plant) showed

the best results, with 96 and 89% control of nymphs + adults respectively, followed by flupiradifurone (0,8mL / plant) with 76%. In conclusion, the presence of winter eggs in the trunk of vine plants can be a source of dispersion of the pest for different producing regions of Brazil. The best biological performance of the insect is verified in 'Cabernet Sauvignon' roots. The genotypes '548-15' (*V. labrusca* x *V. rotundifolia*), 'Magnólia' (*V. rotundifolia*) and '1111-21' (*V. labrusca* x *V. rotundifolia*) have reduced pest infestation and can be used in selection new resistant rootstocks. There is an interaction between the grape phylloxera and the fungus *D. macrodydima* in roots of 'Cabernet Sauvignon' in the laboratory. The insecticides flupiradifurone and sulfoxaflor are alternatives to neonicotinoids for the chemical control of phylloxera in the grape culture.

**Key-words:** *Daktulosphaira vitifoliae*; biological parameters; plant resistance; decline and plant death; chemical control.

## Lista de Figuras

### Artigo 1

- Figura 1 Verificação da presença de ovos de inverno da filoxera-da-videira em troncos e ramos laterais do porta-enxerto 'Paulsen 1103' com o auxílio de um microscópio estereoscópio (5x) .....46
- Figura 2 Determinação do número de ínstarés mediante a presença de exúvias (setas vermelhas) liberadas pelos insetos com um auxílio de um microscópio estereoscópio (5x) .....47
- Figura 3 Ovo de inverno coletado em agosto/2020 com aparência mais escura (A); ovo de inverno coletado em setembro, próximo à eclosão da Fundatrix (B); Fundatrix e ninfa radícula (criada em laboratório) (C).....48
- Figura 4 Curva de sobrevivência de fêmeas adultas da filoxera-da-videira em três cultivares de videira, em câmara climatizada (a  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $70\pm 10\%$  de umidade relativa, no escuro) do tipo BOD.....49
- Figura 5 Ciclo biológico 'holocíclico' da filoxera-da-videira na região sul do Brasil.....50

### Artigo 2

- Figura 1 Localização das ninfas de *Daktulosphaira vitifoliae* na raiz de videira.....75
- Figura 2 Localização dos adultos de *Daktulosphaira vitifoliae* na raiz de videira...75
- Figura 3 Fecundidade total por fêmea de *Daktulosphaira vitifoliae* em diferentes raízes de videira.....76

### Artigo 3

- Figura 1 Plaqueamento de cinco fragmentos de tecido interno das raízes das videiras.....96
- Figura 2 Porcentagem de reisolamento de *Dactylonectria macrodydima* em raízes de 'Cabernet Sauvignon' em laboratório.....97

|          |  |    |
|----------|--|----|
| Figura 3 | Porcentagem de reisolamento de <i>Dactylonectria macrodydima</i> em raízes de ‘Cabernet Sauvignon’ em laboratório..... | 98 |
|----------|--|----|

#### **Artigo 4**

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| Figura 1 | Infestação de mudas de ‘Cabernet Sauvignon’ cultivadas em pé-franco em baldes em casa de vegetação com ovos de <i>Daktulosphaira vitifoliae</i> ..... | 120 |
|----------|---|-----|

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| Figura 2 | Demonstração do processo de filtragem para a captura de ovos, ninfas e adultos de <i>Daktulosphaira vitifoliae</i> ..... | 120 |
|----------|--|-----|

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| Figura 3 | Insetos de <i>Daktulosphaira vitifoliae</i> capturados em cada processo de filtragem correspondente..... | 121 |
|----------|--|-----|

## Lista de Tabelas

### Artigo 1

|          |  |    |
|----------|--|----|
| Tabela 1 | Duração (dias) e viabilidade (%) da fase de ninfa da filoxera-da-videira em raízes de cultivares de videira, mantidas em câmara climatizada (a $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ , $70\pm 10\%$ de umidade relativa, no escuro) do tipo BOD <sup>(1)</sup> ..... | 44 |
| Tabela 2 | Parâmetros biológicos da filoxera-da-videira em cultivares de videira em câmara climatizada (a $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ , $70\pm 10\%$ de umidade relativa, no escuro) do tipo BOD <sup>(1)</sup> .....   | 45 |
| Tabela 3 | Tabela de vida de fertilidade de filoxera-da-videira em cultivares de videira, em câmara climatizada (a $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ , $70\pm 10\%$ de umidade relativa, no escuro) do tipo BOD <sup>(1)</sup> .....  | 45 |

### Artigo 2

|          |  |    |
|----------|--|----|
| Tabela 1 | Genótipos de videira avaliados quanto a resistência à forma radicular de <i>Daktulosphaira vitifoliae</i> .....  | 72 |
| Tabela 2 | Número médio ( $\pm$ EP) de insetos sobreviventes (ninfas e adultos) de <i>Daktulosphaira vitifoliae</i> e sua localização em raízes de videira em diferentes períodos após a inoculação.....      | 73 |
| Tabela 3 | Número médio ( $\pm$ EP) e porcentagem (%) de insetos de <i>Daktulosphaira vitifoliae</i> que atingiram a fase adulta em diferentes raízes de videira e localização da posição de alimentação..... | 74 |

### Artigo 4

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| Tabela 1 | Inseticidas utilizados para controle da fase galícola (foliar) e radícula (via solo) de <i>Daktulosphaira vitifoliae</i> .....   | 119 |
| Tabela 2 | Número médio ( $X\pm$ EP) e porcentagem de redução de danos (%RD) de galhas <i>Daktulosphaira vitifoliae</i> em ponteiros do porta-enxerto 'Paulsen 1103' à campo..... | 119 |
| Tabela 3 | Número médio ( $X\pm$ EP) de ovos, ninfas e adultos de <i>Daktulosphaira vitifoliae</i> em raízes de 'Cabernet Sauvignon' cultivadas em pé-franco em                   |     |

baldes em casa de vegetação após 30 dias de aplicação de inseticidas.....122

## Sumário

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Introdução Geral.....</b>   | <b>17</b> |
| <b>Primeiro relato de ocorrência de reprodução sexual de <i>Daktulosphaira vitifoliae</i> (Fitch, 1854) (Hemiptera: Phylloxeridae) no sul do Brasil, biologia e tabela de vida de fertilidade em cultivares de videira.....</b>                                  | <b>24</b> |
| Introdução.....  | 27        |
| Material e Métodos .....   | 29        |
| Resultados.....  | 32        |
| Discussão .....  | 34        |
| Referências.....   | 38        |
| <b>Avaliação da resistência de genótipos de videira (<i>Vitis</i> spp.) à <i>Daktulosphaira vitifoliae</i> (Hemiptera: Phylloxeridae) no Brasil.....</b>   | <b>51</b> |
| Introdução.....  | 54        |
| Material e Métodos .....   | 56        |
| Resultados.....  | 59        |
| Discussão .....  | 60        |
| Referências.....   | 65        |
| <b>Adaptação de uma metodologia para avaliação da interação entre <i>Daktulosphaira vitifoliae</i> (Fitch, 1856) (Hemiptera: Phylloxeridae) e <i>Dactylonectria macrodidyma</i> (Halleen, Schroers &amp; Crous) L. Lombard &amp; Crous, em laboratório .....</b> | <b>77</b> |
| Introdução.....  | 80        |
| Material e Métodos .....   | 82        |
| Resultados.....  | 85        |
| Discussão .....  | 86        |
| Referências.....   | 89        |
| <b>Controle químico da fase radícula e galícula da filoxera (Hemiptera: Phylloxeridae) na cultura da videira.....</b>  | <b>99</b> |
| Introdução.....  | 101       |
| Material e Métodos .....   | 102       |
| Resultados e Discussão .....   | 106       |



|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| Referências.....                  | 113        |
| <b>Considerações Finais .....</b> | <b>123</b> |
| <b>Referências .....</b>          | <b>126</b> |

## Introdução Geral

A videira é uma das principais frutíferas produzidas no mundo, com aproximadamente 78 milhões de toneladas anuais. É também uma das frutas mais cultivadas: enquanto 57% das uvas são utilizadas para elaborar vinho, 36% é consumido como fruta de mesa e o restante como uva passa (OIV, 2019). No Brasil, em 2020, a área cultivada com videiras foi de 74.750 ha, e a produção ficou em torno de 1.396.010 toneladas (IBGE, 2020). A maior área de produção de uvas se encontra na região sul do país representando 73,26% da área cultivada. Na região, o Rio Grande do Sul é o principal estado produtor, acumulando 62,62% da área vitícola nacional (IBGE, 2020).

No estado do RS, a vitivinicultura possui grande importância econômica e social pelo número de empregos gerados diretamente com o cultivo e processamento; pela receita obtida com uvas finas de mesa cultivadas sob plástico; bem como pelo negócio do enoturismo que se encontra associado à cultura. Além disso, cabe ressaltar que a videira é cultivada por diferentes estratos de produtores englobando significativa parcela de agricultores de base familiar (PROTAS et al., 2002; MELLO; MACHADO, 2020), sendo fundamental para a fixação destes no campo.

Na região sul do Brasil, no estabelecimento de novos vinhedos, principalmente em áreas de replantio, os produtores têm enfrentado um conjunto de fatores bióticos e abióticos, os quais induzem ao declínio e à morte precoce das plantas, inviabilizando a produção vitícola de algumas propriedades (ALMANÇA et al., 2013; CAVALCANTI et al., 2013; MENEZES-NETTO et al., 2016; BOTTON et al., 2020). De acordo com Lazzarotto et al. (2016) o vinhedo deve ter uma vida útil (com alta produtividade) de no mínimo 15 anos para, além de recuperar o capital investido na instalação (estimado entre R\$ 40 e 50 mil), apresentar viabilidade econômica. Contudo, há relatos frequentes de produtores e técnicos (RS e SC) sobre a morte antecipada de plantas e o declínio dos parreirais antes dos 10 anos após o plantio, descapitalizando e agravando a situação econômica e financeira dos viticultores.

No detalhamento fitossanitário das causas associadas ao declínio precoce das plantas de videira tem sido observado um conjunto de fatores bióticos, incluindo insetos-praga de solo, como *Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Phylloxeridae) e *Eurhizococcus brasiliensis* (Wille, 1922) (Hemiptera: Margarodidae) (BOTTON et al., 2011), além de uma diversidade de fungos de solo, como *Fusarium oxysporum* (fusariose), *Ilyonectria* spp. (pé-preto) (anamorfo: *Cylindrocarpon*), *Verticillium* sp., *Graphium* sp., *Botryosphaeria* sp. (morte ou podridão-descendente), *Phaeoacremonium* sp. e *Phaeomoniella chlamydospora* (doença de Petri) promovendo podridões de madeira (raízes e tronco), que de forma isolada ou conjunta provocam a morte antecipada das plantas (GARRIDO; SÔNEGO, 1999; GARRIDO et al., 2004; ALMANÇA et al., 2013; MENEZES-NETTO et al., 2016; BOTTON et al., 2020).

O declínio de plantas de videiras jovens foi observado em Portugal no início da década de 90, causado por *Cylindrocarpon destructans* (Zinssm.) Scholten (REGO et al., 2000). Nos Estados Unidos, de amostras de plantas de videiras novas com sintomas de declínio, foram isolados diversos fungos, incluindo o *Cylindrocarpon obtusisporum* (SCHECK et al., 1998). No Brasil, em trabalho realizado por Garrido et al. (2004) com cultivares americanas, viníferas e híbridas, foi verificado em amostras de tronco e de raízes a ocorrência de fungos como *Cylindrocarpon* sp., *Phaeoacremonium* sp., *Verticillium* sp., *Botryosphaeria* sp., *Fusarium oxysporum* f.sp. herbemontis, *Graphium* sp. e *Cylindrocladium* sp. Em 2014, foi realizado o primeiro relato de *Ilyonectria macrodydima* associada à doença do pé-preto (anamorfo: *Cylindrocarpon*) da videira no Brasil, representando uma grande ameaça à viticultura brasileira (SANTOS et al., 2014).

Rusin et al. (2015) avaliaram a relação da presença de fungos e pérola-da-terra em plantas com sintomas externos de declínio/morte em vinhedos na Serra Gaúcha. Os autores observaram que, em média, 90% das plantas com sintomas externos de declínio/morte apresentavam, pelo menos, uma espécie de fungo causador de doença de tronco/raiz. Com relação à interação de fatores bióticos, a presença de pérola-da-terra, neste levantamento ocorreu em 27,4% das plantas. Na busca por fatores associados ao declínio e morte de plantas de videira, Botton & Walker (2009) verificaram em vinhedos de *V. labrusca* na região da Serra Gaúcha a presença conjunta da forma radicular da filoxera com os fungos de solo *Fusarium* spp. e

*Cylindrocarpon destructans*. Portanto, acredita-se que estes insetos possam atuar como coadjuvantes, abrindo portas de entrada nos tecidos radiculares para o ingresso de patógenos de solo. Este cenário reforça a importância de trabalhos de seleção de porta-enxertos resistentes considerando, além dos fatores isolados, a combinação de fungos de solo com outros agentes.

A filoxera *Daktulosphaira vitifoliae* é considerada uma das pragas mais importantes da videira, sendo encontrada na maioria das regiões vitícolas do mundo (POWELL et al., 2013). O inseto se alimenta inserindo o aparelho bucal no tecido foliar ou nas raízes (GRANNETT et al., 2001). O ciclo de vida e o modo de reprodução da filoxera permanecem pouco estudados em vários ambientes vitícolas do mundo (FORNECK; HUBER, 2009). Acredita-se que, assim como nos afídeos, a filoxera tenha um ciclo holocíclico, com fases alternadas de reprodução sexuada e assexuada (DAVIDSON; NOUGARET, 1921). Essas fases incluem a reprodução partenogenética nas raízes ou folhas e a possível ocorrência de uma reprodução sexuada que ligaria a fase assexuada que ocorre na raiz para a fase galícola. A reprodução holocíclica tem início na primavera com a eclosão da ninfa proveniente de um ovo de inverno (FORNECK et al., 2001). Essa ninfa, também chamada de 'fundatrix', representa a primeira geração partenogenética após o ciclo sexual e irá formar as primeiras galhas nas folhas (POWELL et al., 2013). Durante o verão, os primeiros ínstares podem continuar infestando folhas novas ou migrar para as raízes da videira ocasionando as nodosidades (tecido não lignificado) ou tuberosidades (tecido lignificado). Ao término do verão, ovos provenientes de fêmeas radícolas originam formas aladas que emergem do solo e migram para as partes lenhosas da planta iniciando a reprodução sexuada através da oviposição de ovos que darão origem a machos e fêmeas (ápteros). Após o acasalamento, as formas ápteras ovipositam os ovos de inverno (um por fêmea) que passam o inverno (meses de junho a setembro), na casca do caule da videira, finalizando assim o ciclo de vida do tipo holocíclico (GRANNETT et al., 2001). No entanto, em alguns países como Austrália, China e Nova Zelândia, um ciclo anolocíclico é observado onde predomina a reprodução assexuada (POWELL et al., 2013) em que ninfas de primeiro ínstar hibernam durante o inverno nas raízes e a reprodução sexuada é considerada um evento raro (GRANNETT et al., 2001; POWELL et al., 2013). Embora a reprodução sexuada seja rara, a forma alada e o primeiro ínstar da filoxera são os estágios mais ativos acima do solo (GRANNETT et al., 2001;

HERBERT et al., 2006). A dispersão do primeiro ínstar pode ser realizada pelo vento ou pelo homem. Ninfas de primeiro ínstar foram detectadas até 20 metros de videiras infestadas, contribuindo para uma taxa de dispersão dentro de um vinhedo entre 15 a 100 metros por ano (KING; BUCHANAN, 1986). No Brasil, a filoxera tem sido encontrada em praticamente todas as regiões produtoras de uva do país, mas é mais frequente na região sul (HICKEL, 1996, SORIA; DAL CONTE 2000). Entretanto, não foram conduzidos trabalhos para se conhecer o ciclo biológico do inseto nas condições brasileiras.

Ao atacar a parte aérea (fase galícola), a filoxera forma estruturas conhecidas como galhas que resultam na distorção foliar, necrose, desfolhamento precoce e a redução da fotossíntese (MCLEOD, 1990). Esta redução na fotossíntese pode ou não levar a uma diminuição na produção e qualidade dos frutos (YIN et al., 2019). Alguns estudos demonstraram que o peso dos cachos, bagas por cacho e os sólidos solúveis foram significativamente reduzidos quando a filoxera estava presente nas folhas (MCLEOD, 1990). Galhas raramente se formam em folhas de *V. vinifera*, contudo, trabalhos recentes têm mostrado uma frequência crescente em diversas regiões vitícolas do mundo (FORNECK et al., 2019) como Hungria (MOLNÁR et al., 2009), Áustria (KÖNNECKE et al. 2011), Uruguai (VIDART et al. 2013), Suíça (FAHRENTAPP et al., 2015) e Alemanha (FORNECK et al., 2017). No Brasil, a Embrapa Uva e Vinho lançou algumas cultivares híbridas que têm demonstrado alta susceptibilidade à forma galícola da filoxera, como a 'BRS Lorena' e a 'Moscato Embrapa' (BOTTON; WALKER, 2009). Embora existam lacunas sobre o efeito real da infestação nas folhas em vinhedos comerciais, é importante que seja avaliado a possibilidade de ocorrência de perdas econômicas a longo prazo para os viticultores (FORNECK et al., 2019).

Quando o ataque ocorre nas raízes de *V. vinifera*, o inseto provoca nodosidades nas radículas e tuberosidades em raízes mais velhas, o que impede a absorção de nutrientes e serve de porta de entrada para patógenos do solo (OMER; GRANETT, 2000; GRANETT et al., 2001; SKINKIS; WALTON; KAISER, 2009). Uma variedade de patógenos fúngicos foi registrada em estudos conduzidos na Califórnia e na Austrália, incluindo *Fusarium* spp., *Pythium ultimum*, *Cylindrocarpon* sp., *Cephalosporium* sp. e *Phaeoacremonium* sp. ocorrendo nas raízes de videira infestadas por filoxera (GRANETT et al., 1998; OMER; GRANETT, 2000; EDWARDS

et al., 2007). Um aumento no nível de danos nas raízes, somado à perda do vigor da videira foram registrados quando as infestações da filoxera coincidiram com a presença de fungos patogênicos no solo (OMER et al., 1995). Omer e Granett (2000) avaliaram a interação de *D. vitifoliae* com três fungos patogênicos (*Fusarium oxysporum*, *Phaeoacremonium inflatipes* e *Cylindrocarpon obtusisporum*) em condições de laboratório. Os autores observaram que a filoxera pode servir como vetor e transportar propágulos fúngicos das raízes infectadas para as saudáveis e que sua alimentação é um fator importante para infecções fúngicas e severidade da doença nas raízes. Trabalhos conduzidos por Omer et al. (1995) demonstraram que a presença conjunta de filoxera e fungos patogênicos causou uma redução de 24 a 29% na biomassa de plantas de videira. Contudo, no tratamento onde os fungos foram excluídos, a filoxera causou um declínio de 16% da biomassa. Idris & Arabi (2014) observaram a interação da filoxera com o fungo *Fusarium solani* SY7. Os autores verificaram que a taxa de propagação do fungo aumentou de 74% para 100% nas plantas infestadas com filoxera. Assim, é possível verificar que a filoxera causa danos independentemente da presença de patógenos, porém, quando se encontra associada a estes patógenos, os danos podem ser ampliados.

A constatação de que as raízes das espécies e híbridos de *Vitis* de origem americana eram resistentes à forma radícula da filoxera permitiu a criação de porta-enxertos resistentes à praga (GRANNET et al., 2001). A partir dessa descoberta, o uso de porta-enxertos se tornou obrigatório (KELLER et al., 2010) para o cultivo de *V. vinifera* nos países onde a praga está presente (VRSIC et al., 2016). As principais espécies de *Vitis* de origem americana empregadas são *V. rupestris*, *V. riparia* e *V. berlandieri* e a maioria dos porta-enxertos de videira existentes no mundo tem origem a partir do cruzamento com essas espécies (KELLER et al., 2010; KHAN et al., 2020). No entanto, há uma preocupação crescente sobre a sustentabilidade dessa abordagem de manejo, visto que poucas medidas alternativas de controle foram investigadas desde o surgimento dos porta-enxertos resistentes (YIN et al., 2019).

No Brasil, o porta-enxerto 'Paulsen 1103' (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*) se caracteriza por ser o mais tolerante ao fungo *Fusarium oxysporum* (GRIGOLETTI, 1993) e tornou-se o mais empregado na viticultura na região Sul (MELLO; MACHADO, 2017). Apesar deste avanço ocorrido na década de 1990, ao longo desses anos de cultivo os vinhedos têm apresentado um aumento crescente dos sintomas de declínio

e morte de plantas, resultando na inviabilização da viticultura em diversas propriedades do RS e SC. Portanto, o emprego do 'Paulsen 1103' não tem sido a solução para todos os problemas bióticos e abióticos ocorrentes nestas áreas. Com isso, existe uma demanda crescente por porta-enxertos resistentes, tolerantes ou mais adaptados aos estresses que ocorrem nas regiões tradicionais de produção vitícola no sul do Brasil, para se evitar maiores prejuízos e garantir a sustentabilidade destas propriedades rurais. Os programas de melhoramento da Embrapa Uva e Vinho, Universidade Federal do Paraná -UFPR e Epagri/Videira dispõem de um grupo de genótipos oriundos de cruzamentos entre *Vitis* spp. com a espécie *Vitis rotundifolia*, que é considerada resistente a alguns fatores bióticos isolados, tais como insetos, nematoides, fungos e bactérias de solo (SORIA & CAMARGO, 1993; BOTTON & COLLETA, 2010; WALKER et al., 2014).

Dentre as diversas formas para se avaliar a resistência de cultivares de videira à filoxera destaca-se o método que emprega raízes extirpadas. Segundo Grannet et al. (1987) e Makee et al. (2004), o bioensaio de laboratório é um dos métodos mais utilizados para avaliar a resistência de porta-enxertos à filoxera visto que utilizando pedaços de raízes de videira, é possível avaliar a capacidade de desenvolvimento da filoxera e, assim, conhecer o grau de resistência (GRANNET et al., 1987; MAKEE et al., 2004; PAVLOUSEK, 2012).

O controle químico da forma galícola da filoxera é uma das medidas mais empregadas principalmente em plantas matrizes de porta-enxertos, tendo sido recomendado a partir do aparecimento das primeiras galhas (BOTTON et al., 2003). Dentre os inseticidas mais empregados merecem destaque os neonicotinoides imidacloprido e o thiamethoxam. No entanto, o manejo da filoxera somente com um grupo químico aumenta o potencial de seleção de populações resistentes aos ingredientes ativos utilizados, por isso, novos grupos químicos, com capacidade de permitir a rotação de princípios ativos e ampliação do espectro de controle devem ser permanentemente avaliados. Além disso, o emprego de pulverizações foliares de neonicotinoides possuem restrições quanto aos impactos negativos sobre a população de polinizadores (TOSI et al., 2017). O controle químico da fase radícula não tem sido recomendado, sendo o uso de porta-enxertos resistentes a principal solução viável para o manejo da praga a longo prazo (GRANNET et al., 2001; BENHEIM et al., 2012). No entanto, países como a Austrália e Chile ainda cultivam a

videira de pé-franco (não enxertada), mantendo rigorosos protocolos de quarentena (BENHEIM et al., 2012) e dentre as medidas de controle, o controle químico é o mais empregado (HERBERT et al., 2008; YIN et al., 2019).

Os objetivos deste trabalho foram: a) observar a existência, presença e a localização de ovos de inverno de *D. vitifoliae* em mudas cultivadas a campo do porta-enxerto 'Paulsen 1103'; b) avaliar os parâmetros biológicos do inseto em raízes lignificadas das cultivares 'Bordô' (*Vitis labrusca*), 'Cabernet Sauvignon' (*Vitis vinifera*), 'BRS Lorena' (*Vitis vinifera* x Seyval [Seibel 5656-Rayon d'Or]), 'Magnólia' (*Vitis rotundifolia*) e 'Paulsen 1103' (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*); c) avaliar a resistência de genótipos de videira (*Vitis* spp.) utilizando o método de raízes extirpadas à filoxera-da-videira em laboratório; d) verificar a interação de *D. vitifoliae* com o fungo *D. macrodidyma*; e) avaliar o efeito de inseticidas químicos para o controle das fases galícola e radícula da filoxera.



**Artigo 1- Environmental Entomology**

Versão em português

**Primeiro relato de ocorrência de reprodução sexual de *Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch, 1854) (Hemiptera: Phylloxeridae) no sul do Brasil, biologia e tabela de vida de fertilidade em cultivares de videira**

Simone Andzeiewski, Daiana da Costa Oliveira, Daniel Bernardi e Marcos Botton

Federal University of Pelotas  
Pelotas, RS, Brazil  
Zip code 96010900  
E-mail: [simoneandzeiewski@yahoo.com.br](mailto:simoneandzeiewski@yahoo.com.br)

**Primeiro relato de ocorrência de reprodução sexual de *Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch, 1854) (Hemiptera: Phylloxeridae) no sul do Brasil, biologia e tabela de vida de fertilidade em cultivares de videira**

Simone Andzeiewski<sup>1</sup>, Daiana da Costa Oliveira<sup>1</sup>, Daniel Bernardi<sup>1</sup>, Marcos Botton<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil

<sup>2</sup> Laboratório de Entomologia, Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS, Brasil

\*Corresponding author; E-mail: [simoneandzeiewski@yahoo.com.br](mailto:simoneandzeiewski@yahoo.com.br)

**Resumo** - A filoxera-da-videira *Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch, 1856) é o inseto-praga de maior importância econômica na cultura da videira. Os danos são ocasionados nas folhas (formação de galhas) e nas raízes (formação de nodosidades e tuberosidades). Com a finalidade de ampliar as informações sobre a biologia do inseto no Brasil, o objetivo deste estudo foi avaliar a ocorrência de ovos de inverno em mudas de ‘Paulsen 1103’ (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*) durante a entressafra da cultura à campo. No laboratório, foi estudada a biologia e calculada a tabela de vida de fertilidade de *D. vitifoliae* em raízes lignificadas de cinco cultivares de uva: ‘Bordô’ (*Vitis labrusca*), ‘Cabernet Sauvignon’ (*Vitis vinifera*) ‘BRS Lorena’ (*Vitis vinifera* x Seyval [Seibell 5656-Rayon d’Or]) ‘Magnólia’ (*Vitis rotundifolia*) e ‘Paulsen 1103’. No campo, foi verificada a presença de ovos de inverno (média de  $31,0 \pm 6,31$  ovos por planta) em 78% das mudas de ‘Paulsen 1103’ no tronco das mudas. Em laboratório, foi verificado que a filoxera completa o ciclo biológico (ovo a adulto) em raízes de ‘BRS Lorena’, ‘Bordô’ e ‘Cabernet Sauvignon’; com maior viabilidade do período (90,2%) em raízes de ‘Cabernet Sauvignon’. As ninfas não completaram o desenvolvimento em raízes de ‘Paulsen 1103’ e ‘Magnólia’, com mortalidade de 100% no primeiro ínstar. Fêmeas adultas que se alimentaram em raízes de ‘Bordô’ apresentaram a menor fecundidade total ( $20,9 \pm 0,76$  ovos por fêmea), diferindo de insetos alimentados em raízes de ‘Cabernet Sauvignon’ ( $207,8 \pm 1,77$  ovos por fêmea). Com base na tabela de vida de fertilidade, raízes de ‘Cabernet Sauvignon’ proporcionaram a melhor taxa de reprodução ( $R_0=219 \pm 43,53$ ), taxa intrínseca de aumento ( $r_m = 0,197 \pm 0,003$  dias) e o tempo entre gerações ( $T = 21,5 \pm 0,10$  dias). Entretanto, insetos alimentados em raízes de ‘BRS Lorena’ e ‘Bordo’ apresentaram as menores taxas reprodutivas ( $R_0= 10,7 \pm 5,44$  e  $R_0=5,66 \pm 1,70$ , respectivamente), o que proporcionou uma redução significativa, superior a 95% na taxa de reprodução e na taxa intrínseca de aumento. A presença de ovos de inverno localizados no tronco do porta-enxerto ‘Paulsen 1103’ pode ser uma fonte de sobrevivência e dispersão do inseto. Raízes lignificadas do porta-enxerto ‘Paulsen 1103’ e

da cultivar ‘Magnólia’ não permitem o desenvolvimento de *D. vitifoliae* sendo ‘Cabernet Sauvignon’ a mais adequada ao desenvolvimento do inseto. Raízes da cultivar ‘BRS Lorena’ são mais adequadas ao desenvolvimento da filoxera-da-videira que a ‘Bordô’.

**Termos para indexação:** filoxera-da-videira, ovo de inverno, dispersão, parâmetros biológicos.

### Introdução

A filoxera-da-videira *Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Phylloxeridae) é um inseto sugador, nativo da América do Norte, que ganhou importância como praga econômica em meados do século XIX, através da sua introdução acidental na Europa (Grannet et al. 2001, Powell et al. 2013). A infestação nas plantas de videira ocorre tanto nas folhas quanto nas raízes, ocasionando a formação de galhas (fase galícola) e nodosidades/tuberosidades (fase radícola) (Forneck e Huber 2009). Os maiores prejuízos são observados quando o inseto se alimenta das raízes lignificadas onde, dependendo da cultivar/porta-enxerto, pode resultar no declínio e na morte das plantas da videira (Omer e Granett 1995, 2000).

O ciclo de vida e o modo de reprodução da filoxera-da-videira é variável conforme a região onde a videira é cultivada (Forneck e Huber 2009). Por ser um inseto similar aos afídeos, a filoxera apresenta um ciclo biológico holocíclico, com fases alternadas de reprodução sexuada e assexuada (Davidson e Nougaret 1921). Essas fases incluem reprodução partenogenética que ocorre nas raízes ou folhas e a reprodução sexuada que conecta a fase assexuada da raiz para a fase galícola na parte aérea. De uma forma geral, a reprodução holocíclica tem início na primavera com a eclosão das ninfas provenientes de um ovo de inverno (Forneck et al. 2001).

A ninfa, também chamada de ‘fundatrix’, representa a primeira geração partenogenética após o ciclo sexual e irá formar as primeiras galhas nas folhas (Powell et al. 2013). Durante o verão, os primeiros ínstaes podem continuar infestando folhas novas ou migrar para as raízes da videira ocasionando as nodosidades (tecido não lignificado) ou tuberosidades (tecido lignificado) (Grannet et al. 2001). Ao término do verão, alguns ovos provenientes de fêmeas radícolas originam formas aladas que emergem do solo e migram para as partes lenhosas da planta iniciando a reprodução sexuada através da oviposição de ovos que darão origem a machos e fêmeas (ápteros). Após o acasalamento, as formas ápteras ovipositam os ovos de inverno (um por fêmea) que passaram o inverno na casca do caule da videira, finalizando assim o ciclo de vida holocíclico (Grannet et al. 2001). No entanto, em alguns lugares como Califórnia, Austrália, China e Nova Zelândia, um ciclo anolocíclico é observado com a predominância da reprodução assexuada (Powell et al. 2013) em que ninfas de primeiro ínstar hibernam durante o inverno nas raízes e a reprodução sexuada é considerada um evento raro (Grannet et al. 2001, Powell et al. 2013).

No Brasil, a filoxera-da-videira tem sido encontrada em praticamente todas as regiões produtoras de uva do país, mas é mais frequente na região sul (Hickel, 1996, Soria e Dal Conte 2000). A convivência com o inseto, sem a repercussão negativa observada em outros países, tem sido atribuída ao cultivo intensivo de cultivares de videiras de origem americana (*Vitis labrusca*) como “Isabel”, “Bordô”, “Concord” e “Niágara” muitas vezes cultivadas como pé-franco, às quais toleram o ataque da praga nas raízes (Botton et al. 2003).

Por outro lado, é comum a presença da forma galícola nas folhas dos porta-enxertos e algumas cultivares híbridas que têm demonstrado alta susceptibilidade, como a ‘BRS Lorena’ e a ‘Moscato Embrapa’ (Botton e Walker 2009). Galhas raramente se formam em folhas de *V. vinifera*, contudo, trabalhos recentes têm mostrado uma frequência crescente em diversas regiões vitícolas do mundo (Könnecke et al. 2010, Vidart et al. 2013, Forneck et al. 2019).

Conhecer o comportamento do inseto nas condições brasileiras e a sua biologia é fundamental para estabelecer estratégias de manejo do inseto. Os objetivos deste trabalho foram avaliar a presença e localização de ovos de inverno de *D. vitifoliae* em mudas cultivadas a campo do porta-enxerto ‘Paulsen 1103’ (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*) e estudar os parâmetros biológicos do inseto em raízes lignificadas de diferentes cultivares de videira.

## Material e Métodos

**Avaliação da presença e localização de ovos de inverno em mudas do porta-enxerto ‘Paulsen 1103’.** O estudo foi conduzido na Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS, Brasil (Latitude 29°09’56” Sul, Longitude 51°32’3” Oeste). A coleta das estacas do porta-enxerto ‘Paulsen 1103’ (com aproximadamente com 28 cm de comprimento e 7 mm diâmetro) foi realizada durante o período de inverno (julho/2019- temperatura média do local de 12,3°C, INMET, 2021), quando as plantas estavam em dormência (sem a presença de folhas). Posteriormente, as estacas coletadas ( $n = 100$ ) foram armazenadas em câmara fria com temperatura entre  $2 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade do ar acima de 95% (Kuhn et al. 2007) por aproximadamente dois meses. Decorrido esse tempo, as estacas foram retiradas da câmara e hidratadas por 12 horas em água pura antes do plantio (setembro de 2019). No campo, as estacas foram plantadas no espaçamento  $20 \times 20$  cm entre plantas e fileiras, respectivamente. Decorrido 4 meses (em janeiro de 2020), aproximadamente 100 folhas de videira com a presença de galhas ocasionadas pela filoxera foram coletadas em uma área externa do local do estudo e distribuídas uniformemente sobre as mudas para aumentar a pressão de infestação do inseto. Após 6 meses (agosto e setembro de 2020 respectivamente), foram arrancadas sete mudas de forma aleatória em cada mês e levadas para o laboratório para a verificar a presença e localização dos ovos de

inverno de *D. vitifoliae* presentes no tronco e nos ramos laterais com o auxílio de um microscópio estereoscópio (5x) (Fig. 1).

**Biologia e tabela de vida de fertilidade da forma radícula de *D. vitifoliae* em cultivares de videira.** Insetos foram coletados em raízes infestadas da cultivar ‘Isabel’ pé-franco, com 12 anos de idade, em vinhedo localizado no município de Nova Roma do Sul, RS, Brasil (Latitude 28°58’9” Sul, Longitude 51°24’25” Oeste). Em laboratório (Temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , Umidade Relativa de  $70 \pm 10\%$ , no escuro), os insetos foram mantidos em raízes de videira (aproximadamente 3-7 mm de diâmetro x 10 cm de comprimento) de ‘Cabernet Sauvignon’ (*V. vinifera*). As plantas foram cultivadas em casa de vegetação em baldes plásticos (3L) contendo composto organo-mineral constituído por 2 partes de solo (corrigido a pH 5,6-5,8), 1 parte de substrato à base de turfa canadense e 0,5 de vermiculita (granulometria fina). O composto foi misturado e esterilizado a  $145^\circ\text{C}$  durante 45 minutos em autoclave. Ao longo do ciclo da cultura, foram realizadas adubações anuais (no período da primavera-verão) com nitrato de cálcio na dose de 5g/L.

Após o estabelecimento da colônia de *D. vitifoliae* em laboratório, foram avaliados os parâmetros biológicos do inseto quando alimentados em raízes lignificadas de ‘Bordô’ (*Vitis labrusca*), ‘Cabernet Sauvignon’ (*Vitis vinifera*), ‘BRS Lorena’ (*Vitis vinifera* x Seyval [Seibell 5656-Rayon d’Or]), ‘Magnólia’ (*Vitis rotundifolia*) e do porta-enxerto ‘Paulsen 1103’ (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*), com 15 meses de idade cultivadas em baldes (3L) em casa de vegetação, conforme descrito anteriormente. Para tanto, foi utilizada a metodologia proposta por Granett et al. (1983) e Kingston et al. (2007). Posteriormente, para cada cultivar de videira estudada, pedaços de raízes (aproximadamente 3-7 mm de diâmetro x 10 cm de comprimento) lignificadas (possível formação de tuberosidades) foram obtidas das plantas cultivadas em casa de vegetação. Em laboratório, as raízes foram lavadas com auxílio de uma escova macia e, em seguida, mergulhadas durante 5 minutos em solução aquosa contendo o fungicida Ridomil Gold

MZ<sup>®</sup> (Syngenta) na proporção de 2,3 g do produto comercial por litro de água para fazer a desinfecção e limpeza do material. Feito isso, os pedaços de raízes foram lavados três vezes em água destilada esterilizada. Após a limpeza e desinfecção, os pedaços das raízes foram colocados individualmente dentro de placas de Petri (10 cm de diâmetro) sobre papel-filtro. Para evitar a desidratação das raízes durante o período experimental, em uma das extremidades de cada raiz foi colocado algodão umedecido. Após o acondicionamento das raízes na placa, foi inoculado com o auxílio de um pincel de ponta fina, um ovo de *D. vitifoliae* por placa (com 24 horas de idade) proveniente da criação de manutenção. Após a inoculação, as placas foram seladas com filme plástico (Parafilm<sup>™</sup>) para evitar a fuga das ninfas após a eclosão e acondicionadas câmaras tipo BOD (temperatura constante  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , umidade relativa de  $70 \pm 10\%$ , mantidas no escuro (fotoperíodo 0:24 (L:E)).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 120 repetições (placas) por tratamento. Após a eclosão das ninfas, os parâmetros biológicos avaliados foram: o número de ínstars; duração (dias) e a viabilidade (%) de cada ínstar e duração e viabilidade do ciclo biológico (ovo a adulto). A determinação do número de ínstars foi avaliada diariamente mediante a presença de exúvias liberadas pelos insetos com um auxílio de um microscópio estereoscópico (5x) até a fase adulta (Fig. 2). Após o surgimento dos adultos (fêmeas), foi avaliado o período de pré-oviposição (dias), oviposição (dias), pós-oviposição (dias), fecundidade diária (número de ovos por fêmea por dia), fecundidade total (número de ovos por fêmea), longevidade (dias) e viabilidade embrionária (%). Para a determinação da viabilidade foram utilizados os ovos da segunda postura. Com base nos parâmetros biológicos de desenvolvimento de *D. vitifoliae* foi determinada a tabela de vida de fertilidade estimando o tempo de geração (T), a taxa líquida de reprodução ( $R_0$ ) e a taxa intrínseca de crescimento ( $r_m$ ).

**Análise estatística.** A duração e a viabilidade ninfal e do ciclo biológico (ovo a adulto), período de pré-oviposição, período de oviposição, período de pós-oviposição, fertilidade diária



e total foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e teste de homocedasticidade de Hartley e Bartlett. Posteriormente, as médias foram submetidas à análise de variância (ANOVA) por meio do teste F ( $P \leq 0,05$ ) utilizando o procedimento SAS<sup>®</sup> GLM (SAS Institute, 2000). Quando os dados foram significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). A longevidade (dias) de adultos de *D. vitifoliae* foi avaliada por curvas de sobrevivência usando o estimador Kaplan-Meier e posteriormente comparada por teste de log-rank com auxílio do software R<sup>®</sup> (R Development Core Team, 2000). Os parâmetros da tabela de vida de fertilidade foram estimados pelo método Jackknife usando o software Lifetable.SAS (Maia et al. 2000), e as médias foram comparadas pelo teste t bilateral ( $P \leq 0,05$ ) com o software SAS<sup>®</sup> (SAS Institute, 2000). As diferenças entre os tratamentos foram avaliadas a um nível de significância de  $\alpha = 0,05$  SAS<sup>®</sup> (SAS Institute, 2000).

## Resultados

Nas 14 mudas de 'Paulsen 1103' avaliadas, foi registrada a presença de ovos de inverno em 78% das plantas. Nas mudas que apresentaram posturas, foi encontrada uma média de  $31,0 \pm 6,31$  ovos de inverno/muda localizados ao longo do tronco das plantas (Fig. 3), no ritidoma (camada externa da casca), não sendo encontrado ovos nos ramos laterais.

Em relação aos parâmetros biológicos nas cultivares de videira, foi verificado que as ninfas da filoxera-da-videira não conseguiram se desenvolver e formar tuberosidades no porta-enxerto 'Paulsen 1103' e na cultivar 'Magnólia' (Tabela 1). Em contraste, ninfas que se alimentaram nas cultivares 'BRS Lorena', 'Bordô' e 'Cabernet Sauvignon' apresentaram quatro instares ninfais (Tabela 1). Em 'Cabernet Sauvignon', as ninfas apresentaram a menor duração (15,5 dias), diferindo significativamente ( $F= 15.10$ ; g.l.=2, 204;  $p < 0.0001$ ) das cultivares 'BRS

Lorena' (29,2 dias) e 'Bordô' (34,4 dias) (Tabela 1). Em relação à viabilidade ninfal, apenas 23,4% das ninfas alimentadas em raízes de 'Bordô' chegaram a fase adulta, diferindo significativamente ( $F= 23.12$ ; g.l.= 2, 211;  $p < 0.0001$ ) da cultivar 'BRS Lorena' (59,2%) e 'Cabernet Sauvignon' (90,2%) (Tabela 1). Durante a fase adulta, não foi verificada diferença significativa nos períodos de pré-oviposição ( $F= 52.12$ ; g.l.= 2, 210;  $p = 0.1124$ ) e reprodução ( $F= 45.11$ ; g.l.= 2, 216;  $p = 0.1123$ ) (Tabela 2). Entretanto, insetos alimentados em raízes de videira da cultivar 'Bordô' apresentaram maior período pós-reprodutivo ( $F= 44.22$ ; g.l.= 2, 196;  $p < 0.0001$ ) e a menor fecundidade diária ( $F= 8.12$ ; g.l.=2, 180;  $p < 0.0001$ ) e total ( $F= 4.12$ ; g.l.=2, 180;  $p < 0.0001$ ) em relação aos demais tratamentos (Tabela 2). Em contraste, ninfas alimentadas em raízes de videira de 'Cabernet Sauvignon' apresentaram as maiores taxas de fecundidade diária ( $9,5 \pm 2.31$  ovos por dia) e total ( $207,8 \pm 1.77$  ovos por fêmea) (Tabela 2). As análises das curvas de sobrevivência mostraram diferenças significativas na longevidade de fêmeas ( $\chi^2 = 21,1$  gl = 2,  $p < 0,0001$ ) conforme a cultivar em que os insetos se desenvolveram (Fig. 4). A cultivar 'Cabernet Sauvignon' diferiu significativamente da cultivar 'BRS Lorena', mas não diferiu da cultivar Bordô. Não houve diferença entre a 'Bordô' e a cultivar 'BRS Lorena'.

De acordo com a tabela de vida de fertilidade (Tabela 3), insetos alimentados em raízes de 'Cabernet Sauvignon' apresentaram o melhor desempenho biológico com menor tempo de desenvolvimento (T) entre as gerações. Em aproximadamente 21,4 dias (T) de desenvolvimento em raízes de 'Cabernet Sauvignon', espera-se que 219,3 fêmeas de *D. vitifoliae*, sejam produzidas de cada fêmea na fase reprodutiva (Tabela 3). Em contraste, uma redução significativa ( $P < 0,05$ ) de aproximadamente 95% e 97%, respectivamente, foi observada na capacidade reprodutiva dos insetos que se alimentaram em raízes de 'BRS Lorena' ( $R_0 = 10,7$ ) e 'Bordô' ( $R_0 = 5,66$ ) (Tabela 3). Além disso, os insetos mantidos em 'BRS Lorena' e 'Bordô'

foram afetados negativamente na taxa intrínseca de aumento ( $r_m$ ), com uma redução de 95% e 98% na capacidade de aumento da população da praga ao longo do tempo (Tabela 3).

### Discussão

Estudos sobre o ciclo biológico e o modo de reprodução da filoxera-da-videira foram fundamentais para compreender o comportamento do inseto desde o surgimento da praga (Forneck e Huber 2009). Em afídeos, estudos relacionados ao modo reprodutivo aumentaram a compreensão de sua história evolutiva e adaptativa e dos estímulos envolvidos na indução da reprodução sexual (Simon et al. 2002). Entretanto, para a filoxera-da-videira, os fatores indutores da reprodução holocíclica ainda são pouco conhecidos (Forneck e Huber 2009). Acredita-se que a diminuição da temperatura, dias mais curtos ou condições desfavoráveis da planta hospedeira podem ser indutores (Planchon, 1869). Clever (1959ab) acrescenta que altas densidades populacionais de filoxera também pode levar à indução do ciclo holocíclico. Este trabalho apresenta o primeiro relato da ocorrência dos ovos de inverno de *D. vitifoliae* a campo no sul do Brasil. Os ovos foram encontrados nos troncos da videira, em períodos de baixa temperatura (Temperatura média do inverno/2020 de 14,42 °C) (INMET, 2021) no período de entressafra da cultura, comprovando a existência da reprodução sexuada do inseto (Fig. 5).

Em outras regiões vitícolas do mundo, a reprodução sexuada da filoxera é considerada um fenômeno raro (Powell et al. 2013). Arancibia et al. (2018) propõem que a partenogênese é o principal modo reprodutivo da filoxera na Argentina, contudo, os autores salientam que a rara reprodução sexuada não deve ser descartada. Trabalhos com marcadores microssatélites, verificaram que na Califórnia (Lin et al. 2006), Austrália (Corrie et al. 2002), China (Sun et al. 2009) e Europa (Vorwerk e Forneck 2006), a reprodução assexuada é o principal senão o único modo de reprodução da espécie, com ninfas de primeiro ínstar hibernando nas raízes durante a passagem do inverno (Forneck et al. 2001). No entanto, estudos realizados por Islam et al.

(2013), Riaz et al. (2017) e Lund et al. (2017) salientam que a reprodução sexuada também pode ocorrer.

Segundo Forneck e Huber (2009) a única referência convincente para a ocorrência de ovos de inverno no campo foi fornecida por Grassi et al. (1912), em *V. berlandieri*. Fêmeas aladas foram amostradas no campo e a fase sexual estudada em laboratório, no entanto, nenhuma observação confirma a conclusão do ciclo sexual dentro do vinhedo (Davidson e Nougaret 1921, Forneck et al. 2001, Corrie et al. 2002). Estudos envolvendo o modo de reprodução do tipo holocíclico da filoxera-da-videira são difíceis em função do tamanho do inseto (Forneck et al. 2001). *In vitro*, Forneck et al. (2001) conseguiram que a filoxera chegasse até a fase sexual, contudo nenhum acasalamento foi observado, resultando em ovos não fecundados. De acordo com Grassi et al. (1912) os ovos de inverno são mais abundantes na região mediana do tronco da planta, entre a base e o início da parte aérea. Neste trabalho, todos os ovos foram encontrados ao longo do tronco das plantas, no ritidoma, estando ausente nos ramos laterais e gemas. Quando encontrado, o ovo está preso por um pedúnculo curvo geralmente à superfície interna da casca (Davidson e Nougaret 1921). Esse pedúnculo não foi observado neste trabalho, porém, próximo ao ovo de inverno, geralmente foi verificada a presença de um cadáver da filoxera (fêmea sexuada) que, logo após a postura, acaba morrendo. Forneck et al. (2001) observaram que antes da postura, as fêmeas sexuais tornam-se inativas e diminuem de tamanho e, após a postura, adquirem aspecto desidratado.

Uma melhor compreensão do modo de reprodução da filoxera é crucial para o desenvolvimento de estratégias de controle eficazes no manejo da praga. A reprodução sexuada apresenta vantagens pela recombinação de alelos. Em alguns países, mesmo que essa taxa dessa recombinação na filoxera seja baixa, ela pode interferir no manejo de pragas através da resistência de agrotóxicos e preferência por hospedeiros (Vorwerk e Forneck 2006). Lund et al.

(2017) acrescenta que a reprodução sexual entre diferentes populações associadas a hospedeiros resistentes contribui na seleção de novos genótipos de filoxera-da-videira.

No processo de produção de mudas, a técnica tradicionalmente empregada pelos viticultores e viveiristas brasileiros é a enxertia em porta-enxerto enraizado no campo, realizada com maior frequência na fase de repouso da planta (enxertia de lenho maduro) (Kuhn et al. 2007). Com a informação da presença dos ovos de inverno nas mudas, um novo local de dispersão da filoxera é evidenciado, e estratégias de manejo nessa fase devem ser estudadas.

Ao avaliar os parâmetros biológicos da espécie em laboratório, o porta-enxerto 'Paulsen 1103' e a cultivar 'Magnólia' mostraram-se resistentes, com mortalidade de 100% das ninfas de primeiro ínstar em raízes lignificadas. Segundo Grannet et al. (2001), porta-enxertos com parentesco *V. berlandieri* afetam negativamente a sobrevivência do inseto, sugerindo que uma toxina letal para imaturos pode estar envolvida. Raízes de espécies de origem americana conferem resistência ao desenvolvimento de tuberosidades, no entanto, muitas dessas espécies resistentes permitem o desenvolvimento de nodosidades em graus variados (Forneck et al. 2001). A espécie *V. rotundifolia* tem sido empregada mundialmente como fonte de resistência a problemas fitossanitários da videira, com destaque a fungos do solo como *Fusarium oxysporum* (Andrade et al. 1993), cochonilhas (Botton et al. 2004) e nematoides de solo (Walker et al. 1994). Botton e Colleta (2010) demonstraram reduzida infestação pela cochonilha *Eurhizococcus brasiliensis* em raízes de cultivares de *V. rotundifolia*, destacando-se a cultivar 'Magnólia' com maior grau de resistência à cochonilha (Botton et al. 2004).

Em contraste, as cultivares 'Bordô', 'Cabernet Sauvignon' e 'BRS Lorena' mostraram-se suscetíveis ao desenvolvimento da filoxera-da-videira em raízes lignificadas. Experimentos de laboratório com raízes extirpadas mostram que a filoxera apresenta ótimo desempenho de tabela de vida em raízes de *V. vinifera* e desempenho reduzido em não *V. vinifera* ou cultivares híbridas (Grannet et al. 2001).

O desenvolvimento mais acelerado do período ovo a adulto de *D. vitifoliae* em raízes de ‘Cabernet Sauvignon’, sem um decréscimo no desempenho, é consequência de uma fonte de nutrição de alta qualidade às ninfas (Edgar, 2006). Um menor tempo de desenvolvimento pode fornecer vantagens adaptativas aos indivíduos, diminuindo uma possível competição (intra ou interespecífica) com outros organismos na natureza (Dmitriew, 2011). As diferenças observadas em alguns parâmetros biológicos (duração e viabilidade do ciclo biológico ovo a adulto) quando os insetos se alimentaram em raízes das cultivares ‘BRS Lorena’ e ‘Bordô’ afetaram significativamente a fecundidade diária e total dos insetos. Esta menor adequação biológica da fase ninfal e adulta da espécie em ‘BRS Lorena’ e ‘Bordô’, afetou significativamente os parâmetros da tabela de vida de fertilidade. Fato não observado em insetos criados em ‘Cabernet Sauvignon’, que tendem a aumentar o número de descendentes mais rapidamente com o tempo (Granett et al. 2001), sendo considerado um alimento adequado para o desenvolvimento biológico da espécie ao longo das gerações (Parra, 2012).

Experimentos de laboratório utilizando raízes de videira são úteis para determinar a influência da cultivar hospedeira na capacidade de desenvolvimento da filoxera e, assim, determinar o grau de resistência (Granett et al. 1987, Makee et al. 2004, Pavlousek, 2012). Com o crescente aumento da presença de biótipos de filoxera (Forneck et al. 2016) torna-se necessário mais estudos com o intuito de selecionar novos porta-enxertos que apresentem maior grau de resistência à filoxera. Este trabalho é a primeira referência no Brasil tomando-se como base a estimativa da tabela de vida de fertilidade de *D. vitifoliae* em diferentes cultivares de uva do gênero *Vitis* e o primeiro relato da ocorrência de reprodução sexuada de *D. vitifoliae* mediante a formação da fase de ovo de inverno durante o período de entressafra da cultura da videira a campo. Novos estudos devem ser realizados com a finalidade de avaliar a resistência de diferentes porta-enxertos utilizados no Brasil, conhecer a viabilidade das ninfas advindas

dos ovos de inverno, bem como verificar a possibilidade de os ovos de inverno serem uma fonte de dispersão da praga através das mudas para diferentes regiões vitícolas.

### Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de doutorado à primeira autora.

### Referências

- Andrade, E. R., E. Schuck, and M. A. Dalbó. 1993.** Avaliação da resistência de *Vitis* spp. a *Fusarium oxysporum* f. sp. *herbemontis* em condições controladas. *Pesq. Agropec. Brasi.* 28: 1287-1290.
- Arancibia, C., S. Riaz, C. Agüero, B. Ramirez-corona, R. Alonso, F. Buscema, L. Martínez, and M. A. Walker. 2018.** Grape phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch) in Argentina: ecological associations to diversity, population structure and reproductive mode. *Aust. J. Grape Wine Res.* 24: 284–291.
- Botton, M., E. R. Hickel, and S. J. Soria. 2003.** Pragas, pp. 85-105. In T. V. M. FAJARDO (ed.), *Uva para processamento*, Embrapa Informação tecnológica, Brasília.
- Botton, M., E. R. Hickel, S. J., Soria, and E. Schuck. 2004.** Pérola-da-terra, 457-476. In Salvadori, J. R., C. J. Ávila, and M. T. B. Silva, *Pragas de solo no Brasil*. Embrapa, Passo Fundo, Brasil.
- Botton, M., M. A. Walker. 2009.** Grape phylloxera in Brazil. *Acta Horticulturae* 816: 39-40.
- Botton, M. and V. D. Colleta. 2010.** Avaliação da resistência de cultivares de *Vitis rotundifolia* à pérola-da-terra (Hemiptera: Margarodidae) na região sul do Brasil. *Acta Sci. Agron.* 32: 213-216.

- Clever, U.1959a.** Die Nymphosedetermination bei der Reblaus. Die Naturwissenschaften. 2: 1-1.
- Clever, U.1959b.** Beitrag zu einer Entwicklungsphysiologie des Reblausgenerationswechsels. Vitis. 2:8-22.
- Corrie A. M., R. H. Crozier, R. Van Heeswijck, and A. A. Hoffmann. 2002.** Clonal reproduction and population genetic structure of grape phylloxera, *Daktulosphaira vitifoliae*, in Australia. Heredity 88: 203-211.
- Davidson W, M. and R. L. Nougaret. 1921.** The Grape Phylloxera in California. Bulletin 903. United States Department of Agriculture, Washington, DC, USA.
- Dmitriew C, M. 2011.** The evolution of growth trajectories: what limits growth rate? Biol. Rev. 86: 97-116.
- Edgar B, A. 2006.** How flies get their size: genetics meets physiology. Nat. Rev. Genet. 7: 907-916.
- Forneck, A., M. A. Walker, R. Blaich, M. Yvon., and F. Leclant. 2001.** Interaction of phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch) with grape (*Vitis* spp.) in simple isolation chambers. Am. J. Enol. Vitic. 52: 28-34.
- Forneck, A., and L. Huber. 2009.** Sexual reproduction - a review of life cycles of grape phylloxera, *Daktulosphaira vitifoliae*. Entomol. Exp. Appl. 131: 1-10.
- Forneck, A., Powell, K. S., and M. A. Walker. 2016.** Scientific opinion: Improving the definition of grape phylloxera biotypes and standardizing biotype screening protocols. Am. J. Enol. Vitic. 67: 371-376.
- Forneck, A., R. Mammerler, J. Tello, M. Breuer, J. Müller, and, J. Fahrentropp. 2019.** First European leaf-feeding grape phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch) survey in Swiss and German commercial vineyards. Eur. J. Plant Pathol, 154: 1029–1039.



- Granett, J. Bisabri-Ershadi, B. and Carey, J.** Life tables of phylloxera on resistant and susceptible grape rootstocks, *Ent. Exp. Appl.*, 1983, 34, 13-19.
- Granett, J. M. A. Walker, L. Kocsis, and A. D. Omer. 2001.** Biology and Management of Grape Phylloxera. *Annu. Rev. Entomol.* 46: 387-412.
- Grassi, B., A. Foà, R. Grandiori, B. Bonfigli, and M. Topi. 1912.** Contributo alla Conoscenza delle Fillosserine ed in Particolare della Fillossera della Vite. Ministero della Agricoltura Industria Commerci, Rome, Italy.
- Hickel. E. R. 1996.** Pragas da videira e seu controle no Estado de Santa Catarina. Epagri, Videira.
- INMET, 2021.** Instituto Nacional de Meteorologia.  
<https://portal.inmet.gov.br/> (acessado em 16 de abril de 2021)
- Islam, M.S., T.L. Roush, M.A. Walker, J. Granett, and H. Lin. 2013.** Reproductive mode and fine-scale population genetic structure of grape phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae*) in a viticultural area in California. *BMC Genet.* 14: 123.
- Kingston, K. B., P. D. Cooper, and K. S. Powell. 2007.** Grape phylloxera external morphology observations under scanning electron microscopy. *Acta Hort.* 733: 107–114.
- Könnecke, T., C. Aigner, S. Specht, N. Lawo, and A. A. Forneck. 2010.** Stepwise assessment of *Daktulosphaira vitifoliae* infested grapevines in a Viennese vineyard site. *Acta Hort.* 904: 59–62.
- Kuhn, G. B., R. A. Regla, and A. Mazzarolo. 2007.** Produção de mudas de videira (*Vitis* spp.) por enxertia de mesa.  
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/541868/1/cir074.pdf>  
(Acessado em 25 de abril de 2021)

- Lin, H., M.A. Walker, R. Hu, and J. Granett. 2006.** New simple sequence repeat loci for the study of grape phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae*) genetics and host adaptation. *Am. J. Enol. Vitic.* 57: 33–40.
- Lund, K.T., S. Riaz, and M. A. Walker. 2017.** Population structure, diversity and reproductive mode of the grape phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae*) across its native range. *Plos One.* 12: 1-21.
- Maia A. H. N., A. J. B. Luiz, C. Campanhola. 2000.** Statistical inference on associated fertility life parameters using jackknife technique: computational aspects. *J. Econ. Entomol.* 93: 511-518.
- Makee, H., T. Charbaji, Z. Ayyoubi, and I. Idris. 2004.** Evaluating resistance of some rootstocks to grape phylloxera with in vitro and excised root testing systems. *In Vitro Cell. Dev. Bio-Plant.* 40: 225-229.
- Mello, L. M. R, and, C.A. Machado. 2017.** Cadastro Vitícola do Rio Grande do Sul-2013 a 2015. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves-RS, Brasil.
- Omer, A. D., J. Granett, J. A. De Benedictus, and M. A. Walker. 1995.** Effects of fungal root infections on the vigour of grapevines infested by root feeding grape phylloxera. *Vitis* 34: 165-170.
- Omer, A. D., and J. Granett. 2000.** Relationship between grape phylloxera and fungal infections in grapevine roots. *J. Plant. Dis. Prot.* 107: 285-294.
- Parra, J. R. P. 2012.** The evolution of artificial diets and the interactions in science and theory. In: A.R., Panizzi, and J.R.P., Parra (eds.), *Insect bioecology and nutrition for integrated pest management.* CRC press, Boca Raton, pp. 51-92.
- Planchon, J. V. 1868.** Nouvelles observations sur le puceran de la vigne (*Phylloxera vastatrix*). *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci.* 67: 588-584.

- Pavlousek, P. 2012.** Screening of rootstock hybrids with *Vitis cinerea* Arnold for phylloxera resistance. *Cent. Eur. J. Biol.* 7: 708–719.
- Powell, K. S., P. D. Cooper, and A. Forneck. 2013.** The biology, physiology and host–plant interactions of grape phylloxera *Daktulosphaira vitifoliae*. *Adv. Insect. Physiol.* 45: 159–218.
- R Development Core Team. 2013.** R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Riaz, S., K. T. Lund, J. Granett, and M. A. Walker. 2017.** Population diversity of grape phylloxera in California and evidence for sexual reproduction. *Am. J. Enol. Vitic.* 68: 218–227.
- SAS Institute. 2000.** Statistical analysis system: getting started with the SAS learning. SAS Institute, Cary, NC.
- Simon, J. C., C. Rispe, and P. Sunnucks. 2002.** Ecology and evolution of sex in aphids. *Trends Ecol. Evol.* 17: 34–39.
- Soria, S. J., and A. F. Dal Conte. 2000.** Bioecologia e controle das pragas da videira no Brasil. *Entomol. Vectores* 7: 73–102.
- Sun, Q. H., Y. C. Chen, H. B. Wang, D. Downie, and H. Zhai. 2009.** Origin and genetic diversity of grape phylloxera in China. *Acta Entomologica Sinica.* 52: 885–894.
- Vidart, M. V., M. V. Mujica, L. Bao, F. Duarte, C. M. Bentancourt, J. Francoand, and I. B. Scatoni. 2013.** Life history and assessment of grapevine phylloxera leaf galling incidence on *Vitis* species in Uruguay. *Springer Plus.* 2: 181.
- Vorwerk, S., and A. Forneck. 2006.** Reproductive mode of grape phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae*, Homptera: Phylloxeridae) in Europe: molecular evidence for predominantly asexual populations and a lack of gene flow between them. *Genome.* 49: 678–687.

**Walker, M. A., J. A. Wolpert, and E. Weber. 1994.** Field screening of grape rootstock selections for resistance to fanleaf degeneration. *Plant Dis.* 78: 134-136.

**Tabela 1.** Duração (dias) e viabilidade (%) da fase de ninfa da filoxera-da-videira em raízes de cultivares de videira, mantidas em câmara climatizada (a  $25\pm 1^\circ\text{C}$ ,  $70\pm 10\%$  de umidade relativa, no escuro) do tipo BOD <sup>(1)</sup>.

| Ínstar          | Cultivar                |                    |                      |                |            |
|-----------------|-------------------------|--------------------|----------------------|----------------|------------|
|                 | 'BRS Lorena'            | 'Bordô'            | 'Cabernet Sauvignon' | 'Paulsen 1103' | 'Magnólia' |
| Duração (Dias)  |                         |                    |                      |                |            |
| I               | $22.3 \pm 0.97^{(1)}$ b | $22.8 \pm 1.87$ b  | $10.7 \pm 0.41$ a    | *              | *          |
| II              | $2.8 \pm 0.13$ b        | $6.2 \pm 1.41$ c   | $1.7 \pm 0.06$ a     |                |            |
| III             | $2.1 \pm 0.08$ b        | $2.8 \pm 0.21$ b   | $1.5 \pm 0.06$ a     |                |            |
| IV              | $2.0 \pm 0.08$ b        | $2.6 \pm 0.27$ b   | $1.6 \pm 0.05$ a     |                |            |
| Total           | $29.2 \pm 0.22$ b       | $34.4 \pm 0.89$ c  | $15.5 \pm 0.12$ a    |                |            |
| Viabilidade (%) |                         |                    |                      |                |            |
| I               | $65.0 \pm 4.37$ b       | $31.7 \pm 4.26$ c  | $94.2 \pm 2.14$ a    | *              | *          |
| II              | $94.9 \pm 2.51$ ab      | $89.5 \pm 5.04$ b  | $97.3 \pm 1.47$ a    |                |            |
| III             | $95.9 \pm 2.30$ a       | $100.0 \pm 0.00$ a | $99.1 \pm 0.87$ a    |                |            |
| IV              | $100.0 \pm 0.00$ a      | $85.3 \pm 6.16$ b  | $100.0 \pm 0.00$ a   |                |            |
| Total           | $59.2 \pm 2.12$ b       | $23.4 \pm 1.76$ c  | $90.2 \pm 2.98$ a    |                |            |

<sup>(1)</sup> Média  $\pm$  EP seguida por letras iguais, nas linhas, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

\* Cultivar não utilizada para análise estatística pela ausência de desenvolvimento do inseto.

**Tabela 2.** Parâmetros biológicos da filoxera-da-videira em cultivares de videira, em câmara climatizada (a  $25\pm 1^\circ\text{C}$ ,  $70\pm 10\%$  de umidade relativa, no escuro) do tipo BOD<sup>(1)</sup>.

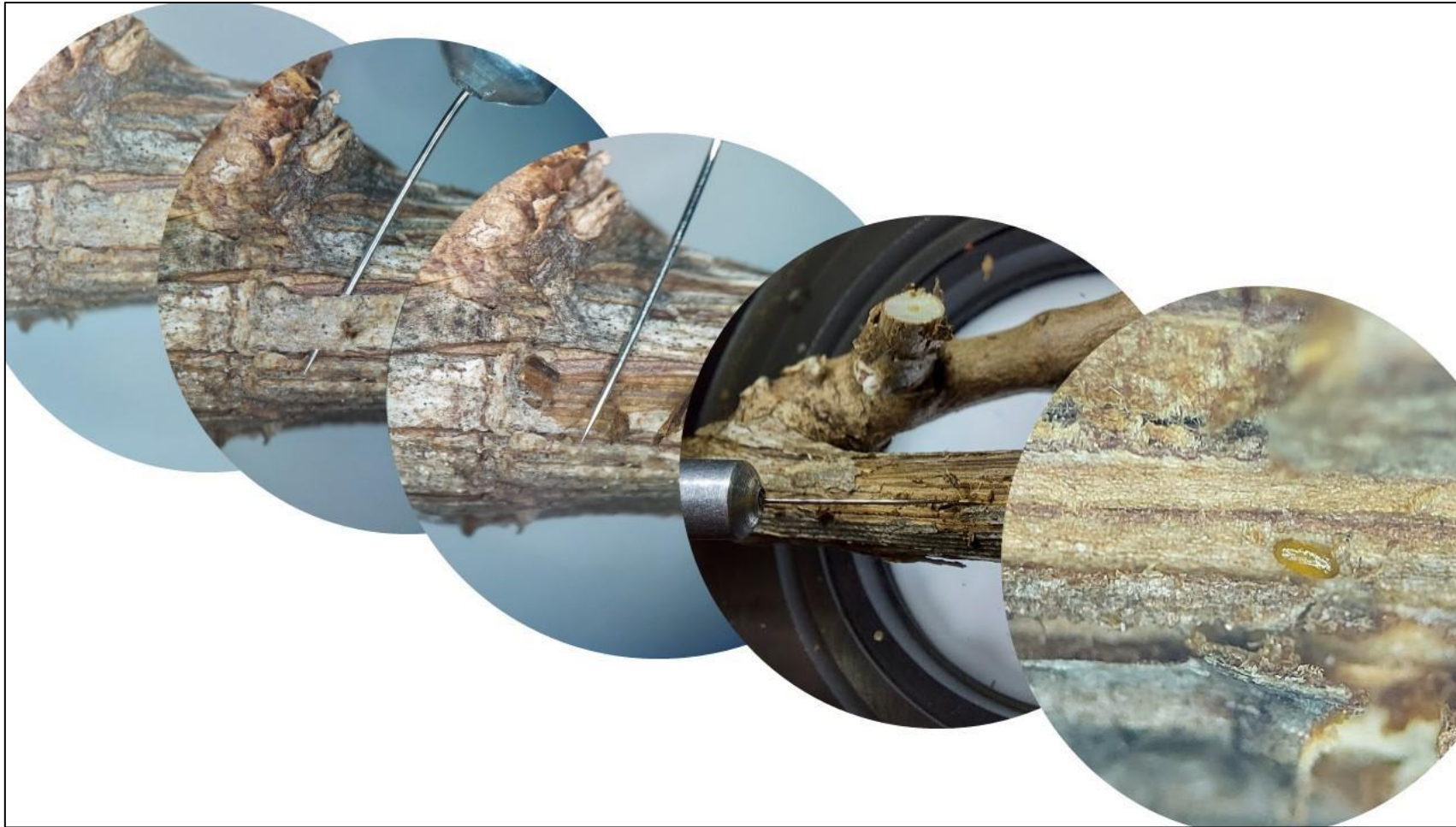
| Parâmetro                          | Cultivar               |                    |                      |
|------------------------------------|------------------------|--------------------|----------------------|
|                                    | 'BRS Lorena'           | 'Bordô'            | 'Cabernet Sauvignon' |
| Duração da fase de ovo (dias)      | $5.2 \pm 0.03^{(1)}$ a | $5.8 \pm 0.06$ a   | $5.1 \pm 0.01$ a     |
| Viabilidade da fase de ovo (%)     | $100.0 \pm 0.00$ a     | $100.0 \pm 0.00$ a | $100.0 \pm 0.00$ a   |
| Período pré-reprodutivo (dias)     | $5.9 \pm 0.45$ a       | $6.8 \pm 0.89$ a   | $6.0 \pm 0.75$ a     |
| Período reprodutivo (dias)         | $20.5 \pm 1.23$ a      | $20.3 \pm 1.96$ a  | $21.4 \pm 0.74$ a    |
| Período pós-reprodutivo (dias)     | $11.2 \pm 1.01$ b      | $13.4 \pm 1.34$ b  | $9.6 \pm 1.98$ a     |
| Fecundidade diária (ovos por dia)  | $1.8 \pm 0.14$ b       | $0.94 \pm 0.03$ c  | $9.51 \pm 2.31$ a    |
| Fecundidade total (ovos por fêmea) | $49.6 \pm 1.23$ b      | $20.9 \pm 0.76$ c  | $207.8 \pm 1.77$ a   |

<sup>(1)</sup>Média  $\pm$  EP seguida por letras iguais, nas linhas, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

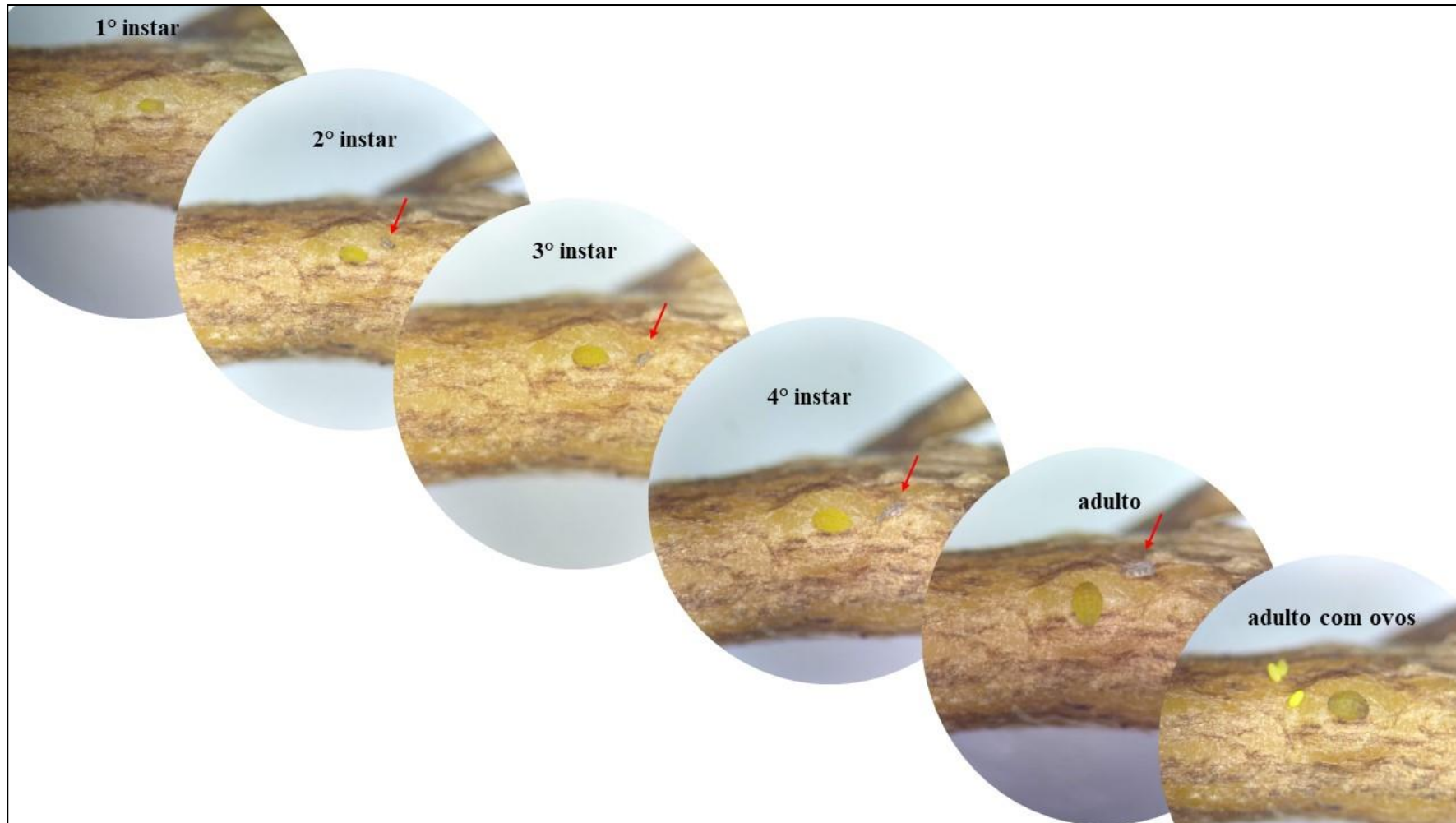
**Tabela 3.** Tabela de vida de fertilidade de filoxera-da-videira em cultivares de videira, em câmara climatizada (a  $25\pm 1^\circ\text{C}$ ,  $70\pm 10\%$  de umidade relativa, no escuro) do tipo BOD<sup>(1)</sup>.

| Cultivar             | T (dias)          | $R_o$ ( $\frac{\text{♀}}{\text{♀}}$ ) | $r_m$ ( $\frac{\text{♀}}{\text{♀}}$ ) |
|----------------------|-------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 'BRS Lorena'         | $35.1 \pm 0.09$ b | $10.70 \pm 5.44$ b                    | $0.010 \pm 0.001$ b                   |
| 'Bordô'              | $41.2 \pm 0.18$ c | $5.66 \pm 1.70$ c                     | $0.004 \pm 0.001$ b                   |
| 'Cabernet Sauvignon' | $21.5 \pm 0.10$ a | $219.34 \pm 43.53$ a                  | $0.197 \pm 0.003$ a                   |

<sup>(a)</sup>Valores representam a média  $\pm$  SE obtida pelo método Jackknife por meio do programa SAS. T = duração de cada geração;  $R_o$  = taxa líquida de reprodução; e  $r_m$  = razão infinitesimal de aumento. Para cada parâmetro avaliado, os valores seguidos da mesma letra na coluna não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ).



**Figura 1.** Verificação da presença de ovos de inverno da filoxera-da-videira em troncos e ramos laterais do porta-enxerto ‘Paulsen 1103’ com o auxílio de um microscópio estereoscópio (5x).

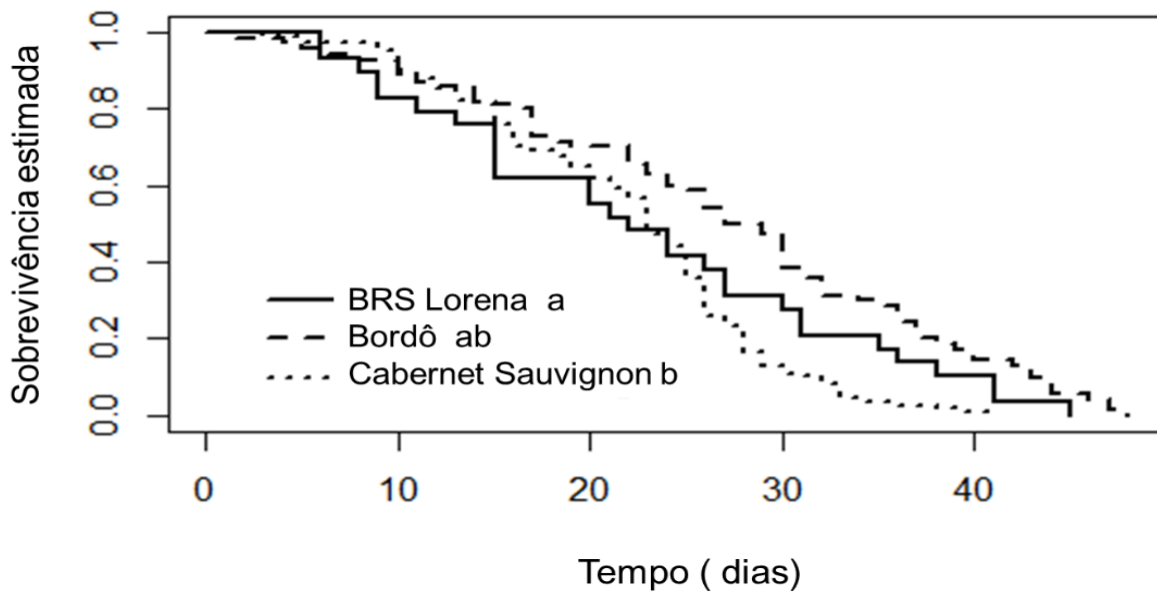


**Figura 2.** Determinação do número de ínstaes mediante a presença de exúvias (setas vermelhas) liberadas pelos insetos com um auxílio de um microscópio estereoscópico (5x).

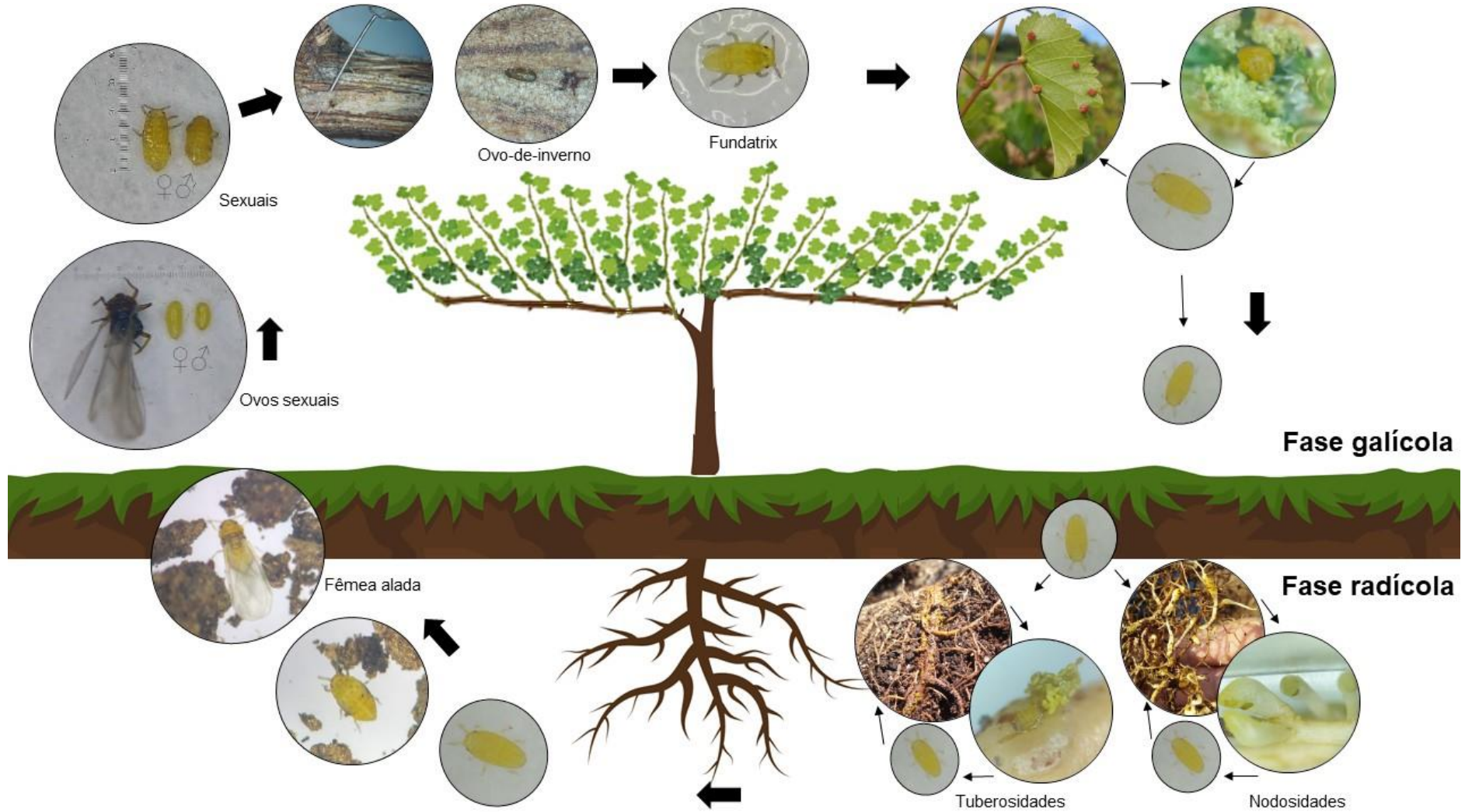




**Figura 3.** Ovo de inverno coletado em agosto/2020 com aparência mais escura (A); ovo de inverno coletado em setembro, próximo a eclosão da Fundatrix (B); Fundatrix e ninfa radícula (criada em laboratório) (C).



**Figura 4.** Curva de sobrevivência de fêmeas adultas da filoxera-da-videira em três cultivares de videira, em câmara climatizada (a  $25\pm 1^\circ\text{C}$ ,  $70\pm 10\%$  de umidade relativa, no escuro) do tipo BOD.



**Figura 5.** Ciclo biológico 'holocíclico' da filoxera-da-vidreira na região sul do Brasil.

**Artigo 2- Environmental Entomology**

Versão em português

**Avaliação da resistência de genótipos de videira (*Vitis* spp.) à  
*Daktulosphaira vitifoliae* (Hemiptera: Phylloxeridae) no Brasil**

Simone Andzeiewski, Daiana da Costa Oliveira, Daniel Bernardi e Marcos  
Botton

Simone Andzeiewski  
Federal University of Pelotas  
Pelotas, RS, Brazil  
Zip code 96010900  
E-mail: [simoneandzeiewski@yahoo.com.br](mailto:simoneandzeiewski@yahoo.com.br)

**Avaliação da resistência de genótipos de videira (*Vitis* spp.) à *Daktulosphaira vitifoliae*  
(Hemiptera: Phylloxeridae) no Brasil**

Simone Andzeiewski <sup>(1)</sup>, Daiana da Costa Oliveira <sup>(1)</sup>; Daniel Bernardi <sup>(1)</sup>, Marcos Botton <sup>(2)</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil

<sup>2</sup> Laboratório de Entomologia, Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS, Brasil

\*Corresponding author; E-mail: [simoneandzeiewski@yahoo.com.br](mailto:simoneandzeiewski@yahoo.com.br)

**Resumo** - A filoxera-da-videira *Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Phylloxeridae) é um inseto que ataca folhas e raízes de videiras (*Vitis* spp.). Uma das alternativas para o manejo da praga é o emprego de porta-enxertos resistentes. Neste trabalho, foram avaliadas as cultivares copa ‘Bordô’, ‘Isabel’, ‘BRS Lorena’, ‘Cabernet Sauvignon’, ‘Magnólia’, e ‘Chardonnay’, os porta-enxertos ‘Paulsen 1103’, ‘SO4’, ‘IAC 766’, ‘IAC 572’ e as seleções de porta-enxertos ‘1111-21’, ‘548-44’, ‘548-15’ e ‘IBCA-125’ quanto a resistência à forma radícula da filoxera. Em laboratório, pedaços de raízes de cada genótipo foram colocados aos pares sobre um papel-filtro, dentro de placas de Petri (10 cm de diâmetro) envolvendo as raízes em algodão umedecido para manter o material viável durante o período experimental. Cada pedaço de raiz foi infestado com dez ovos de filoxera (1-3 dias de idade) fechando as placas em seguida com Parafilm™ mantendo-se o conjunto na temperatura de  $25 \pm 1$  °C, umidade relativa de  $70 \pm 10\%$ , no escuro. O número de insetos sobreviventes (ovos, ninfas e adultos) por raiz foi avaliado aos 15, 20, 25, 30 e 35 dias após a infestação. O local de alimentação (raiz lignificada ou não lignificada) que o inseto estava presente foi registrado. Cultivares de origem ou com cruzamentos com *Vitis vinifera* resultaram em maior número de tuberosidades (‘Cabernet Sauvignon’, ‘BRS Lorena’ e ‘Chardonnay’), enquanto que as de origem americana (*V. labrusca*, *V. berlandieri*, *V. rotundifolia*, *V. rupestris*, *V. riparia*) promoveram nodosidades. Dentre as cultivares copa, a maior quantidade de insetos sobreviventes foi registrada em ‘Cabernet Sauvignon’ (superior a 58%), com 89,5% dos insetos localizados no tecido lignificado. A seleção ‘IBCA-125’ e os porta-enxertos ‘SO4’ e ‘IAC-766’ apresentaram as maiores taxas de insetos sobreviventes aos 15 dias após a infestação (70,8%, 49,7% e 45%, respectivamente). Com exceção da seleção ‘IBCA-125’, a maior parte dos insetos estavam localizados no tecido não lignificado das raízes dos porta-enxertos ‘SO4’ e ‘IAC-766’. Os resultados demonstram que cultivar ‘Magnólia’ (*V. rotundifolia*) e as seleções ‘548-15’ (*V. labrusca* x *V. rotundifolia*) e ‘1111-21’ (Seyval-Villard 18315 (híbrido *V. labrusca* x Magnólia



(*V. rotundifolia*) apresentam reduzida infestação e sobrevivência de ninfas de *D. vitifoliae* nas raízes apresentando potencial para serem empregadas como novos porta-enxertos resistentes ou fontes de resistência ao inseto.

**Palavras-chave:** filoxera-da-videira; porta-enxertos; *Vitis rotundifolia*; manejo integrado de pragas.

### Introdução

A filoxera-da-videira *Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Phylloxeridae) é um dos insetos-praga mais importantes da videira, sendo encontrado na maioria das regiões vitícolas do mundo (Powell et al. 2013). O inseto se alimenta inserindo o aparelho bucal no tecido das folhas ou das raízes da videira (Granett et al. 2001). Os sintomas nas folhas são conhecidos como galhas e ocorrem em folhas recém expandidas. Nas raízes provocam as tuberosidades, quando se alimentam em raízes lignificadas, e nodosidades quando ocorrem perto do ápice das raízes, nas radículas (Granett et al. 2001; Forneck e Huber, 2009). Tanto as nodosidades quanto as tuberosidades afetam significativamente o transporte e a absorção de nutrientes e água (Benheim et al. 2012). Economicamente, as tuberosidades são as mais prejudiciais por serem formadas no tecido radicular lignificado, expondo o sistema vascular ao ataque de patógenos fúngicos presentes no solo (Omer et al. 1995 ; Edwards et al. 2007). De acordo com Granett et al. (1987), vinhedos não enxertados tornam-se improdutivos dentro de 5 a 10 anos após o estabelecimento da praga.

A constatação de que as espécies e híbridos de *Vitis* de origem americana eram resistentes à forma radícula da filoxera permitiu a criação de porta-enxertos resistentes à praga (Granett et al. 2001). A partir dessa descoberta, o uso de porta-enxertos se tornou obrigatório (Keller et al. 2010) para o cultivo de *V. vinifera* nos países onde a praga está presente (Vrsic et

al. 2016). As espécies de *Vitis* de origem americana mais resistentes à praga são *V. rupestris*, *V. riparia* e *V. berlandieri* e a maioria dos porta-enxertos de videira existentes no mundo tem origem a partir do cruzamento com essas espécies (Grannet et al. 2001; Keller et al. 2010; Khan et al. 2020). No entanto, há uma preocupação crescente entre os técnicos e produtores visto que 90% dos genótipos de videira são enxertados sobre poucos porta-enxertos, resultando em reduzida diversidade genética, o que pode resultar na seleção de populações resistentes (Keller et al. 2010). Um exemplo clássico de quebra de resistência ocorreu no final da década de 1980, na Califórnia, com o porta-enxerto AXR #1, resultante da combinação de *V. vinifera* x *V. rupestris* (Grannet et al. 2001). Yin et al. (2019) acrescentam que há uma preocupação crescente sobre a sustentabilidade dessa abordagem de manejo, visto que poucas medidas alternativas de controle foram investigadas desde o surgimento dos porta-enxertos resistentes.

No Brasil, diversos porta-enxertos de videira são utilizados na viticultura, todos considerados resistentes à praga (Soria; Dal Conte, 2005). Na região sul do Brasil, o porta-enxerto 'Paulsen 1103' (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*) é um dos mais empregados devido a sua tolerância ao *Fusarium oxysporum* considerado uma das principais causas da morte de plantas na década de 90 (Grigoletti, 1993). Além disso, ainda é comum produtores utilizarem cultivares de origem americana (*Vitis labrusca*) de pé-franco, às quais hospedam o inseto nas raízes, contudo toleram os danos causados pela praga (Botton et al. 2003). No entanto, a partir da década de 90, o declínio e a morte de plantas de videira na região sul tem aumentado, resultando na inviabilização da viticultura em diversas propriedades do RS e SC. Uma das alternativas para minimizar o problema do declínio e morte de plantas de videira é o emprego de porta-enxertos resistentes aos estresses bióticos que ocorrem nas regiões tradicionais de produção vitícola no sul do Brasil, para se evitar maiores prejuízos e garantir a sustentabilidade destas propriedades rurais. Os programas de melhoramento da Embrapa Uva e Vinho, Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Epagri/Videira dispõem de um grupo de seleções de



potenciais porta-enxertos oriundos de cruzamentos entre *Vitis* spp. com a espécie *Vitis rotundifolia*, considerada fonte de resistência a alguns fatores bióticos isolados, tais como insetos, nematoides, fungos e bactérias de solo (Soria e Camargo, 1993; Botton e Colleta, 2010; Walker et al. 2014).

Com relação a filoxera-da-videira, existem várias metodologias para avaliar a resistência dos porta-enxertos ao inseto, dentre elas então as raízes extirpadas (De Benedictis e Granett, 1993; De Benedictis et al. 1996; Granett et al. 1983,1985, 1987; Kocsis et al. 2002; Makee et al. 2004; Pavlosek, 2012), a cultura de tecido (Forneck et al. 1996; Grzegorzczuk e Walker, 1998; Kellow et al. 2002), vasos estabelecidos em condição de estufa (Boubals, 1966a; Herbert et al. 2010; Pavlousek, 2012; Ramming, 2010), videiras cultivadas a campo (Boubals, 1966a; Trethowan e Powell, 2007) ou, idealmente, uma combinação destes (Powell et al. 2013). Segundo Grannet et al. (1987) e Makee et al. (2004), o uso de raízes extirpadas é um dos métodos mais utilizados para avaliar a resistência de porta-enxertos à filoxera. Com pedaços de raízes de videira, é possível avaliar a capacidade de desenvolvimento da filoxera e, assim, selecionar genótipos promissores para posterior avaliação em campo (Grannet et al. 1987; Makee et al. 2004; Pavlousek, 2012). Frente a isso, neste trabalho foi avaliada a resistência de cultivares de videira (*Vitis* spp.) utilizando o método de raízes extirpadas à filoxera-da-videira em laboratório.

### **Material e Métodos**

A avaliação da resistência de genótipos de videira à *D. vitifoliae* foi conduzida no laboratório de Entomologia da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS, Brasil (Latitude 29°09'56" S, Longitude 51°32'3" O) na temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , umidade relativa de  $70 \pm 10\%$ , no escuro, seguindo a metodologia proposta por Grannet et al. (1983) e Kocsis et al.

(2002). Foram conduzidos experimentos visando avaliar o desenvolvimento da forma radícula da filoxera sobre cultivares comerciais de videira, porta-enxertos comerciais e seleções promissoras oriundas dos programas de melhoramento da Embrapa Uva e Vinho, UFPR e Epagri/Videira (Tabela 1). As plantas foram previamente cultivadas em casa de vegetação em baldes plásticos (3L) contendo composto organo-mineral constituído por 2 partes de solo (corrigido à pH 5,6-5,8), 1 parte de substrato à base de turfa canadense e 0,5 de vermiculita (granulometria fina). O composto foi misturado e esterilizado a 145°C durante 45 minutos em autoclave. Ao longo do ciclo da cultura, foram realizadas adubações anuais (no período da primavera-verão) com nitrato de cálcio na dose de 5g/L, seguindo as recomendações para a cultura da videira. Insetos provenientes de um vinhedo comercial coletado em raízes da cultivar 'Isabel' cultivada em pé-franco, com 12 anos de idade, localizado no município de Nova Roma do Sul, RS, Brasil (Latitude 28°58'9" S, Longitude 51°24'25" O) foram utilizados nos experimentos. A campo, pedaços de raízes de "Isabel" foram coletados com o auxílio de uma tesoura, acondicionados em bandejas plásticas (5L) e transportados até o laboratório. No laboratório, ovos de filoxera foram retirados dessas raízes e transferidos para pedaços de raízes (aproximadamente 3-7 mm de diâmetro x 10 cm de comprimento) da cultivar 'Cabernet Sauvignon' (*V. vinifera*), para multiplicação, seguindo a metodologia proposta por Kingston et al. (2007).

Para cada cultivar de videira avaliada (Tabela 1), pedaços de raízes com aproximadamente 3-7 mm de diâmetro x 10 cm de comprimento foram obtidos das plantas (15 meses de idade) cultivadas em casa de vegetação. Em laboratório, as raízes foram lavadas com auxílio de uma escova macia e, em seguida, foi realizada a desinfecção mediante a imersão das raízes durante 5 minutos em solução aquosa contendo o fungicida Ridomil Gold MZ® (Syngenta, Brasil, São Paulo) na proporção de 2,3 g do produto comercial por litro de água. Posteriormente, os pedaços de raízes foram lavados três vezes em água destilada esterilizada.

Após a limpeza e desinfecção, os pedaços das raízes foram acondicionados em placas de Petri (10 cm de diâmetro) (dois pedaços por placa) sobre papel-filtro. Para evitar a desidratação das raízes durante o período experimental, em uma das extremidades de cada raiz foi colocado algodão umedecido. Foi respeitado um período de 10 dias para que as raízes lignificadas emitissem radículas. Após dez dias, foi realizada a infestação mediante a deposição de 10 ovos de filoxera (1 a 3 dias de idade) em cada pedaço de raiz, com o auxílio de um pincel de ponta fina, provenientes da criação de manutenção. Após a infestação, as placas foram seladas com filme plástico (Parafilm™) para evitar a fuga das ninfas após a eclosão e acondicionadas em câmaras tipo BOD (temperatura constante  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , umidade relativa de  $70 \pm 10\%$ , mantidas no escuro (fotoperíodo 0:24 (L:E)). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 40 repetições (raízes) por tratamento (genótipo). As avaliações foram realizadas, 15, 20, 25, 30 e 35 dias após a infestação dos ovos, mediante a avaliação do número de ovos, ninfas e adultos presentes em cada raiz. O inseto foi caracterizado como adulto a partir do momento que foi constatada a presença de ovos. Na primeira avaliação realizada aos 15 dias, foi registrada a localização dos insetos sobreviventes nas raízes caracterizando como ‘tecido lignificado’ e ‘tecido não lignificado’ (Fig.1). Somente para os insetos que chegaram à fase adulta, o local de alimentação passou a ser caracterizado como tuberosidade (raiz lignificada) e nodosidade (raiz não lignificada e callus) (Fig.2). A cada avaliação, os ovos eram contabilizados e retirados da placa.

**Análise estatística.** Os dados foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk (1965), e de homoscedasticidade pelo teste Hartley (1950) e Bartlett (1937). Posteriormente, as médias foram submetidas à análise de variância (ANOVA) por meio do teste F ( $P \leq 0,05$ ) utilizando o procedimento <sup>®</sup>SAS GLM (SAS Institute, 2000). Quando os dados foram significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

## Resultados

O número médio de insetos sobreviventes de filoxera (ninfas e adultos) nas raízes diferiu significativamente conforme a cultivar avaliada em todos os períodos de avaliação após a infestação (Tabela 2). As maiores infestações (ninfas e adultos sobreviventes) de filoxera foram observadas na cultivar ‘Cabernet Sauvignon’ e na seleção ‘IBCA-25’ diferindo dos demais tratamentos aos 15 ( $F=15,12$ ; g.l.=13, 492;  $p<0,0001$ ), 20 ( $F=22,14$ ; g.l.=13, 492;  $p<0,0001$ ), 25 ( $F=30,76$ ; g.l.=13,492;  $p<0,0001$ ), 30 ( $F=13,90$ ; g.l.=13,492;  $p<0,0001$ ) e 35 dias ( $F=8,11$ ; g.l.=13, 492;  $p<0,0001$ ) (Tabela 2). Em contraste, para todos os períodos avaliados, raízes de ‘Magnólia’ e das seleções ‘548-15’ e ‘1111-21’ proporcionaram a menor quantidade de ninfas e adultos sobreviventes com uma variação na infestação de 0 a 0,26 insetos por raiz avaliada (Tabela 2). Aos 35 dias, os porta-enxertos ‘Paulsen 1103’ e ‘IAC 572’ apresentaram o mesmo número de insetos sobreviventes dos tratamentos ‘Magnólia’, ‘548-15’ e ‘1111-21’ (Tabela 2).

Quanto à posição nas raízes onde as ninfas da filoxera se localizaram, cultivares oriundas de *V. vinifera* apresentaram o maior número de insetos presentes no tecido lignificado, ganhando destaque as cultivares ‘Cabernet Sauvignon’ (89,5%) e ‘BRS Lorena’ (86,7%). Cerca de 96,5% dos insetos vivos observados na seleção ‘IBCA-125’ estavam localizados na raiz lignificada. Para os poucos sobreviventes encontrados aos 15 dias de avaliação na seleção ‘548-15’, todos estavam no tecido lignificado (100%). Para os porta-enxertos comerciais, ‘Paulsen 1103’, ‘SO4’, ‘IAC-766’ e ‘IAC-572’, o local predominante foi no tecido não lignificado com valores variando de 66,1% (‘IAC-766’) a 92,6% (‘SO4’) (Tabela 2).

Raízes da cultivar ‘Cabernet Sauvignon’ proporcionaram estatisticamente ( $F=22,14$ ; g.l.=13, 486;  $p<0,0001$ ), a maior quantidade de insetos que atingiram a fase adulta (4,32 por raiz) com cerca de 87,93% localizados nas tuberosidades (Tabela 3). Em contraste, a menor quantidade de adultos foi observada nas raízes de ‘548-44’ (0,1), ‘Magnólia’ (0,025), ‘1111-

21' (0,03) e '548-15 (0), todos localizados nas nodosidades das raízes (Tabela 3). Nas cultivares copa, o número de insetos adultos foi de 2,77 ('Chardonnay') e 2,53 ('BRS Lorena') para genótipos com origem em *V. vinifera* e de 1,48 ('Bordô') e 1,28 ('Isabel') para *V. labrusca* (Tabela 3). Nas cultivares 'BRS Lorena' e 'Chardonnay' os adultos foram localizados predominantemente nas tuberosidades (80,81% e 55,86%, respectivamente) enquanto que para as *V. labruscas* ('Isabel' e 'Bordô') os mesmos estavam nas nodosidades (98% e 78,95%, respectivamente). Dentre os porta-enxertos comerciais, a maior porcentagem de adultos foi verificada em 'SO4' (23,16%) sem diferir de 'IAC-766' (17%), 'Paulsen 1103' (14,5%) e 'IAC-572' (13,44%), todos localizados nas nodosidades (Tabela 3).

Em relação à fecundidade total, houve diferença significativa entre as cultivares estudadas ( $F=33,08$ ; g.l.=13, 464;  $p<0,0001$ ). Raízes de 'Cabernet Sauvignon' apresentaram a maior quantidade de ovos por fêmea (62,8 ovos) (Figura 3). Por outro lado, as menores fecundidades totais foram observadas em raízes de '548-44' (20,4 ovos), 'IAC 572' (18,9 ovos) e 'Magnólia' (16 ovos) (Figura 3). Como nenhuma ninfa da filoxera chegou à fase adulta na seleção '548-15', não foi registrada a presença de ovos nas raízes (Figura 3). Não foi observada diferença significativa na quantidade de ovos presentes nos portas-enxertos comerciais 'Paulsen 1103' (45,5 ovos) e 'SO4' (44,7 ovos) (Figura 3).

### Discussão

As plantas, durante a sua escala evolutiva, desenvolveram mecanismos para resistir ao ataque de patógenos e artrópodes-praga (Hanley et al. 2007; Jansen et al. 2009). Esses mecanismos de defesa podem ser estruturais e bioquímicos, ambos pré e/ou pós-formados em função da detecção do patógeno/praga no hospedeiro (Dallagnon, 2018). Os mecanismos estruturais constituem-se em barreiras físicas à penetração e/ou colonização, enquanto que os

bioquímicos englobam substâncias capazes de inibir o desenvolvimento do indivíduo ou gerar condições adversas para a sua sobrevivência nos tecidos do hospedeiro (Schwan-Estrada et al. 2008). Para a filoxera-da-videira, o uso de porta-enxertos resistentes é a principal forma de manejo a longo prazo adotado em escala mundial onde o inseto encontra-se presente (Granett et al. 2001). Contudo, os mecanismos de resistência envolvidos ainda não são bem compreendidos (Keller et al. 2010).

De uma forma geral, a presença de tuberosidades nas raízes causadas pelo inseto são indicações da suscetibilidade dos genótipos em avaliações quanto à resistência dos porta-enxertos (Ramming et al. 2010). No entanto, a presença de nodosidades pode ser comum em alguns porta-enxertos (Granett et al. 2001). Além disso, Pavlosek (2012) relata que algumas videiras são tolerantes e conseguem suportar populações de filoxera se reproduzindo livremente nas suas raízes fibrosas (nodosidades). Em contraste, videiras resistentes exercem uma influência negativa na reprodução e desenvolvimento da filoxera nas raízes e não conduzem a um forte crescimento populacional, enquanto que as videiras com alto grau de resistência, a filoxera não consegue se estabelecer nos locais de alimentação na raiz, sem a formação de nodosidades ou tuberosidades (Viala e Ravaz, 1903). De acordo com Forneck et al. (2001) porta-enxertos que resistem à alimentação de nodosidades também inibem a formação de tuberosidades, tornando a falta de nodosidade o mais alto nível de resistência.

Entre as cultivares avaliadas neste trabalho, a maior taxa de tuberosidades ocasionada por insetos que chegaram à fase adulta foi observada em *V. vinifera*, ‘Cabernet Sauvignon’, ‘Chardonnay’ e o híbrido ‘BRS Lorena’ sendo caracterizadas como suscetíveis. Por outro lado, os porta-enxertos comerciais ‘SO4’, ‘IAC-766’, ‘Paulsen 1103’ e ‘IAC-572’ apresentaram apenas nodosidades, caracterizando-se como resistentes.

Trabalhos conduzidos por Ramming et al. (2010) em casa de vegetação avaliando a presença de nodosidades em diferentes porta-enxertos, consideraram o ‘Paulsen 1103’ como

muito resistente, pois não foram observadas nodosidades. O ‘Paulsen 1103’ é um porta-enxerto oriundo de *V. berlandieri* e *V. rupestris* e embora Viala e Ravaz (1903) afirmarem que *V. berlandieri* possua alto nível de resistência, Grzegorzcyk e Walker (1998) também observaram insetos se alimentando nas pontas das raízes em acessos vindo destes cruzamentos. Estudos vêm alertando para o aumento significativo de populações da filoxera em nodosidades em porta-enxertos (Ex. ‘Paulsen 1103’) que antes eram considerados resistentes ao inseto (De Benedictis et al. 1996; Grannet et al. 2007; Grannet e Walker, 2009), inclusive no Brasil.

As cultivares de *V. labrusca* ‘Isabel’ e ‘Bordô’ apresentaram o mesmo número de insetos que chegaram à fase adulta que os porta-enxertos (*V. berlandieri*, *V. riparia* e *V. rupestris*). No entanto, na cultivar ‘Bordô’ a filoxera conseguiu formar tuberosidades (21,05%) indicando uma suscetibilidade desse genótipo ao inseto. No Brasil, ainda é comum os produtores plantarem cultivares de origem americana como ‘Bordô’ (*V. labrusca*) sem o emprego de porta-enxertos. Em vinhedos de *V. labrusca* com declínio na região da Serra Gaúcha foi observado a presença conjunta da forma radicular da filoxera com os fungos de solo *Fusarium* spp. e *Cylindrocarpon destructans* o que pode resultar num declínio e morte precoce das plantas (Botton e Walker, 2009). O mesmo foi observado na seleção ‘IBCA-125’ que manteve altos índices de insetos sobreviventes em todo o período avaliado com 80% dos adultos presentes nas tuberosidades. A seleção ‘548-44’, apesar de apresentar altos índices de insetos (ninfas vivas) em todas as avaliações, apenas 1% destes chegaram a fase adulta. Neste trabalho, a cultivar ‘Magnólia’ e as seleções ‘1111-21’ e ‘548-15’ apresentaram as menores taxas de infestação da praga nas raízes, destacando-se a seleção ‘548-15’, que não permitiu o desenvolvimento de nodosidades nem tuberosidades, demonstrando alto grau de resistência. Dados semelhantes foram encontrados por Firoozabady e Olmo (1982) e Grzegorzcyk e Walker (1998), os quais concluíram que híbridos cruzados com *V. rotundifolia* apresentam níveis elevados de resistência.

De acordo com Kellow et al. (2004) em cultivares suscetíveis (*V. vinifera*), ao se alimentar da raiz, a filoxera perfura o córtex com o seu estilete e segue um caminho único para as células do parênquima. No entanto, ao se alimentar de híbridos resistentes como Schwarzmann (*V. rupestris* x *V. riparia*) e Teleki 5C (*V. riparia* x *V. berlandieri*), ocorre a formação de múltiplos traços de estiletes, sugerindo uma sondagem repetida (Kellow, 2000). Em porta-enxertos resistentes como por exemplo o Börner (*V. riparia* x *V. cinerea*), a sondagem do estilete resultou em uma resposta rápida semelhante ao hipersensível, com tecidos radiculares desenvolvendo coloração marrom e necrose, levando a morte do inseto ainda no primeiro estágio ninfal (El-Nady e Schroder, 2003). De acordo com Du et al. (2011), porta-enxertos resistentes como ‘SO4’ apresentam 7 a 8 camadas de células na periderme com protuberâncias periféricas e as células do parênquima pequenas e regularmente compactadas enquanto que cultivares suscetíveis, como a ‘Chardonnay’ (*V. vinifera*) a epiderme é composta por 3 a 5 camadas de periderme, sem protuberâncias periféricas e com as células do parênquima grandes e dispostas de forma irregular e frouxa. Essas características anatômicas dos porta-enxertos resistentes podem causar dificuldade na penetração do estilete da filoxera, enquanto que em *V. vinifera*, devido a uma menor quantidade de camadas de células, facilitam a penetração do estilete. A rigidez do tecido vegetal consiste em uma importante barreira morfológica capaz de alterar o desempenho alimentar de insetos sugadores (Silva et al. 2014). Essa dureza varia de acordo com a quantidade e a disposição dos constituintes da parede celular, tais como a lignina (Hu et al. 1993). Em estudos comparando propriedades físicas e químicas de vários porta-enxertos (Du et al. 2011; Qing et al. 2011), os níveis de produção de lignina, pectina e celulose diferiram entre os porta-enxertos e cultivares suscetíveis. Estes resultados sugerem que raízes que apresentam alto teor de componentes específicos da parede celular (lignina, celulose e pectina) conferem resistência à filoxera. O porta-enxerto ‘SO4’ apresenta 58,84% de pectina nas raízes, enquanto que a cultivar suscetível ‘Cabernet Sauvignon’



apresenta um valor 42 vezes menor, cerca de 33,84% (Du et al. 2011). Em afídeos, a pectina funciona como cimento intercelular que afeta a taxa de penetração do estilete em direção ao floema e, portanto, é um componente importante na interação entre plantas e insetos (Dreyer e Campbell, 1984).

Espécies como *V. riparia* e *V. rupestris* desenvolvem uma camada córnea ao redor dos locais de alimentação da filoxera, impedindo o desenvolvimento da tuberosidade e a sobrevivência da filoxera (Boubals, 1966b). Para alguns porta-enxertos com parentesco de *V. berlandieri*, a sobrevivência da filoxera é mais afetada, sugerindo a presença de toxinas letais para ninfas (Grannet et al. 2001). Contudo, Kocsis et al. (2002) alertam que porta-enxertos selvagens são propícios à seleção de cepas de filoxera agressivas capazes de danificar os estoques radiculares à base de *V. riparia*, como os híbridos Teleki.

A maioria dos porta-enxertos de videira existentes são desenvolvidos a partir de combinações das espécies *V. rupestris*, *V. riparia* e *V. berlandieri*, resultando em baixa variedade genética e contribuindo para o aparecimento de biótipos de filoxera mais agressivos (Grannet et al. 2001; Keller et al. 2010; Khan et al. 2020). Buscar novos porta-enxertos que não sejam baseados nessas combinações pode ser uma estratégia de manejo importante para a filoxera. Na Europa, estudos têm demonstrado resultados promissores com a espécie *Vitis cinerea* Arnold, onde o porta-enxerto Börner (*Vitis riparia* 183 GM x *Vitis Cinerea* Arnold) foi resistente ao inseto, não ocorrendo a formação de nodosidades e tuberosidades (Borner et al. 1943). No Brasil, as pesquisas têm sido direcionadas a porta-enxertos provenientes de cruzamentos com *V. rotundifolia* visto que essa espécie apresenta resistência a problemas fitossanitários da videira, com destaque a fungos do solo como *Fusarium oxysporum* (Andrade et al., 1993), cochonilhas de solo como *Eurhizococcus brasiliensis* (Wille, 1922) (Hemiptera: Margarodidae) (Botton e Colleta, 2010) e nematoides (Walker et al. 1994).

No presente estudo, os resultados demonstraram que os genótipos oriundos do cruzamento de *V. labrusca* x *V. rotundifolia* como ‘548-44’, ‘1111-21’ e ‘548-15’ apresentaram reduzida infestação e sobrevivência de ninfas de *D. vitifoliae* nas raízes, com destaque para o ‘548-15’. Embora os experimentos de laboratório usando raízes extirpadas de videira sejam relativamente rápidos e eficazes, eles não apresentam uma resposta da planta inteira, e a interação da planta hospedeira-praga pode ser modificada a campo (Korosi et al. 2011). Por essa razão, os genótipos promissores identificados neste trabalho devem ser avaliados em experimentos de campo em áreas com declínio e morte de plantas de videira onde a resistência à filoxera seja um componente importante para o manejo.

### Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de doutorado à primeira autora.

### Referências

- Andrade, E. R., E. Schuck, and M. A. Dalbó. 1993.** Avaliação da resistência de *Vitis* spp a *Fusarium oxysporum* f. sp. *herbemontis* em condições controladas. Pesq. Agropec. Brasi. 28: 1287-1290.
- Benheim, D., S. Rochfort, E. Robertson, I. D. Potter and K. S. Powell. 2012.** Grape phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae*) - a review of potential detection and alternative management options. Ann. appl. biol. 161: 91-115.
- Börner, C. 1943.** Die ersten Reblausimmunen Rebenkreuzungen. Angewandte Botanik 25:126-143.

- Botton, M., E. R. Hickel, and S. J. Soria. 2003.** Pragas. In: EDITOR TÉCNICO THOR VINÍCIUS MARTINS FAJARDO; Embrapa Uva e Vinho (Bento Gonçalves, RS). Uva para processamento: Fitossanidade. 21.ed. Brasília: Embrapa Informação tecnológica 131.
- Botton, M., E. R. Hickel, S. J., Soria, and E. Schuck. 2004.** Pérola-da-terra, 457-476. In Salvadori, J. R., C. J. Ávila, and M. T. B. Silva, Pragas de solo no Brasil. Embrapa, Passo Fundo, Brazil.
- Botton, M., and M. A. Walker. 2009.** Grape phylloxera in Brazil. *Acta Hortic.* 816: 39-40.
- Botton, M. and V. D. Colleta. 2010.** Avaliação da resistência de cultivares de *Vitis rotundifolia* à pérola-da-terra (Hemiptera: Margarodidae) na região sul do Brasil. *Acta Sci. Agron.* 32: 213-216.
- Boubals, D. 1966a.** Héredité de la résistance au phylloxéra radicole chez la vigne. *Ann. Amélior. Plantes* 16:327-347.
- Boubals, D. 1966b.** Etude de la distribution et des causes de la résistance au phylloxéra radicole chez les Vitacées. *Ann. Amélior. Plantes* 16:145-184.
- Dallagnol, L. J., and J. V. A. Filho. 2018.** Uma visão geral da Resistência genética da planta a microrganismos. Dallagnon, 2018). In: Dallagnol, L.J. (org). Resistência genética: de plantas a patógenos. Pelotas: UFPel 13-47
- De Benedictis, J. A., and J. Granett. 1993.** Laboratory evaluation of grape roots as hosts of California grape phylloxera biotypes, *Am. J. Enol. Vitic.* 44: 285-291.
- De Benedictis, J. A., J. Granett, and S. P. Taormino. 1996.** Differences in host utilization by California strains of grape phylloxera. *Am. J. Enol. Vitic.* 47: 373-379.
- Dreyer, D.L. and Campbell, B.C. (1984).** Association of the degree of methylation of intercellular pectin with plant resistance to aphids and with induction of aphid biotypes. *Cell. Mol. Life Sci.* 40:224–226.

- Du, Y. P., Z. S. Wang, and H. Zhai. 2011.** Grape root cell features related to phylloxera resistance and changes of anatomy and endogenous hormones during nodosity and tuberosity formation. *Aust. J. Grape Wine Res.* 17: 291-297.
- Edwards, J., S. Norng, J. Granett, and K. S. Powell. 2007.** Relationships between grape phylloxera abundance, fungal interactions and grapevine decline. *Acta Hort.* 733: 151–158.
- El-Nady, M. F., and M. B. Schröder. 2003.** Cytology of hypersensitivity reactions in rootstocks – Improvement of rootstock breeding. Proceedings of the Workshop on Rootstocks Performance in phylloxera infested vineyards. *Acta Hort.* 617: 17–23.
- Firoozabady, E., and H. P. Olmo. 1982.** Resistance to grape phylloxera in *Vitis vinifera* x *V. rotundifolia* grape hybrids. *Vitis* 21: 1-4.
- Forneck, A., M. Walker, and N. Merkt. 1996.** Aseptic dual culture of grape (*Vitis* spp.) and grape phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch). *Vitis* 35: 95-99.
- Forneck, A., M. A. Walker, R. Blaich, M. Yvon, and F. Leclant. 2001.** Interaction of phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch) with grape (*Vitis* spp.) in simple isolation chambers. *Am. J. Enol. Vitic.* 52: 28-34.
- Forneck, A., and L. Huber. 2009.** Sexual reproduction - a review of life cycles of grape phylloxera, *Daktulosphaira vitifoliae*. *Entomol. Exp. Appl.* 131: 1-10.
- Granett, J., B. Bisabri-Ershadi, and J. Carey. 1983.** Life tables of phylloxera on resistant and susceptible grape rootstocks, *Ent. Exp. Appl.* 34: 13-19.
- Granett, J., P. Timper, and L. A. Lider. 1985.** Grape phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae*) (Homoptera: Phylloxeridae) biotypes in California. *J. Econ. Entomol.* 78: 1463–1465.
- Granett, J., A. C. Goheen, L. A. Lider, and J.J. White. 1987.** Evaluation of Grape Rootstocks for resistance to Type A and Type B grape phylloxera, *Am. J. Enol. Vitic.* 38: 298-300.

- Granett, J., M. A. Walker, L. Kocsis, and A. D. Omer. 2001.** Biology and Management of Grape Phylloxera. *Annu. Rev. Entomol.* 46: 387-412.
- Granett, J., M. A. Walker, and M. A. Fossen. 2007.** Association between grape phylloxera and strongly resistant rootstocks in California: bioassays. *Acta Hort.* 733: 25-31.
- Granett, J., and M. A. Walker. 2009.** Nodosity Populations on Rootstocks Are not a Current Threat to Californian Vineyards bioassays. *Acta Hort.* 816: 23-28.
- Grigoletti Júnior, A. 1993.** Fusariose da videira: resistência de cultivares, sintomas e controle. Bento Gonçalves: Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho, Circular Técnica.
- <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/536179/fusariose-da-videira-resistencia-de-cultivares-sintomas-e-controle> (Accessed on 14 april 2021)
- Grzegorzcyk, W., and M. A. Walker. 1998.** Evaluating resistance to grape phylloxera in *Vitis* species with an in vitro dual culture assay, *Am. J. Enol. Vitic.* 49: 17-22.
- Hanley, M. E., Lamont, B.B., Faibarnks, M.M., Rafferty, M. 2007.** Plant structural traits and their role in anti-herbivore defense. *Perspect. in Plant Ecol. Evol. Syst.* 9: 157-178.
- Herbert, K., P. Umina, P. Mitrovski, K. Powell, K. Viduka, and A. Hoffmann. 2010.** Clone lineages of grape phylloxera differ in their performance on *Vitis vinifera*. *Bull. Entomol. Res.* 100: 671.
- Hu, Q., J. W. Zhao, and D. W. Cui. 1993.** Relationship between content of secondary catabolite lignin in soybean and soybean resistance to the soybean aphid. *Plant Protect.* 19: 8-9.
- Jansen, J. J. Allwood, J.W., Marsden-Edwards, E. et al. 2009.** Metabolomics analysis of the interaction between plants and herbivores. *Metabolomics* 5: 150-161.
- Keller, M. 2010.** The science of grapevines: anatomy and physiology, 1st edn, Elsevier Academic Press: Burlington, MA, USA.

- Kellow, A.V. 2000.** A study of the interaction between susceptible and resistant grapevines and phylloxera. **PhD Thesis**, The University of Adelaide, Adelaide, Australia.
- Kellow, A. V., G. McDonald, A. M. Corrie, and R. V. Heeswijck. 2002.** In vitro assessment of grapevine resistance to two populations of phylloxera from Australian vineyards. *Aust. J. Grape Wine Res.* 8:109-116.
- Kellow, A.V., Sedgley, M. and Van Heeswijck, R. 2004.** Interaction between *Vitis vinifera* and Grape Phylloxera PhD Diss. Changes in root tissue during nodosity formation. *Ann. Bot. London.* 93:581-590.
- Khan, M. M., M. T. Akram, R. W. K.Qadri, Rashid Al-Yahyai. 2020.** Role of Grapevine Rootstocks in Mitigating Environmental Stresses: A review. *J. Agric. Marine Sci.* 25: 1–12.
- Kingston, K. B., P. D. Cooper, and K. S. Powell. 2007.** Grape phylloxera external morphology observations under scanning electron microscopy. *Acta Hortic.* 733: 107–114.
- Kocsis, L., J. Granett, M. Walker. 2002.** Performance of Hungarian phylloxera strains on *Vitis riparia* rootstocks. *J. Appl. Entomol.* 126: 567-571.
- Korosi, G. A., K. S. Powell, P. R. Clingeleffer, B. Smith, R. R. Walker, and J. Wood. 2011.** New hybrid rootstock resistance screening for phylloxera under laboratory conditions. *Acta Hortic.* 904: 53-58.
- Makee, H., T. Charbaji, Z. Ayyoubi, and I. Idris. 2004.** Evaluating resistance of some rootstocks to grape phylloxera with in vitro and excised root testing systems. *In Vitro Cell. Dev. Bio-Plant.* 40: 225-229.
- Omer, A. D., J. Granett, J. A. De Benedictus, and M. A. Walker. 1995.** Effects of fungal root infections on the vigour of grapevines infested by root feeding grape phylloxera. *Vitis* 34: 165-170.

- Pavlousek, P. 2012.** Screening of rootstock hybrids with *Vitis cinerea* Arnold for phylloxera resistance. Cent. Eur. J. Biol. 7: 708–719.
- Powell, K. S., P. D. Cooper, and A. Forneck. 2013.** The biology, physiology and host–plant interactions of grape phylloxera *Daktulosphaira vitifoliae*. Adv. Insect. Physiol. 45: 159–218.
- Qing, Z., D. Yuanpeng, D. Yan, and Z. Heng, 2011.** Changes of secondary metabolites content and phenolics metabolism-associated enzymes in phylloxera infested nodosities. Acta Hortic. 904: 67–76.
- Ramming, D.W. 2010.** Greenhouse Screening of Grape Rootstock Population to Determine Inheritance of Resistance to Phylloxera, Am. J. Enol. Vitic. 61: 234-241.
- SAS Institute. 2000.** Statistical analysis system: getting started with the SAS learning. SAS Institute, Cary, NC.
- Schwan-estrada, K. R. F., J. R. Stangarlin, and S. F. Pascholati. 2008.** Mecanismos bioquímicos de defesa vegetal. In: PASCHOLATI, S.F.; LEITE, B.; STANGARLIN, J.R.; CIA, P. (Ed.). Interação Planta Patógeno – fisiologia, Bioquímica e Biologia Molecular. Piracicaba: FEALQ 227-248.
- Silva, J. P. G, F. Baldin, E.L.L., Canassa, V.F., Souza, E.S., Lourenção, A.L. 2014.** Assessing antixenosis of soybean entries against *Piezodorus guildinii* (Hemiptera: Pentatomidae). Arthropod. Plant Interact. 8: 349-359.
- Soria, S. de J., and U. A. Camargo. 1993.** Avaliação da tolerância de porta-enxertos à pérola-da-terra *Eurhizococcus brasiliensis*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 7., 1993, Bento Gonçalves e Garibaldi. Resumos... Bento Gonçalves: EMBRAPA-CNPV.
- Soria, S.de J., and A. F. Dal Conte. 2005.** Bioecologia e controle das pragas da videira no Brasil. Circular técnica.

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPUV/8141/1/cir063.pdf> (Accessed on 14 april 2021)

**Trethowan, C. J., and K. S. Powell. 2007.** Rootstock-phylloxera interactions under Australian field conditions. *Acta Hortic.*733: 115 –122.

**Viala, P., and L. Ravaz. 1903.** American Vines (Resistant Stock), Their Adaptation, Culture, Grafting and Propagation. 2d ed. Translated by R. Dubois and E.H. Twight. Freygang-Leary Press, San Francisco.

**Vrsic, S., B. Pulko, and L. Kocsis. 2016.** Effects of rootstock genotypes on compatibility, biomass, and the yield of Welschriesling. *Hortic. Sci.* 43: 92-99.

**Walker, M. A., J. A. Wolpert, and E. Weber. 1994.** Field screening of grape rootstock selections for resistance to fanleaf degeneration. *Plant. Dis.* 78: 134-136.

**Walker, M. A., K. Lund, C. Aguerro, S. Riaz, K. Fort, C. Heinitz, and N. Romero. 2014.** Breeding Grape Rootstocks for Resistance to Phylloxera and Nematodes – It’s Not Always Easy. *Acta Hortic.* 1045: 89-97.

**Yin, L., M. D. Clark, E. C. Burkness, and W. D. Hutchison. 2019.** Grape phylloxera (Hemiptera: Phylloxeridae), on cold-hardy hybrid wine grapes (*Vitis* spp.): A Review of pest biology, damage, and management practices. *J. Integr. Pest Manag.* 10.



**Tabela 1.** Genótipos de videira avaliados quanto a resistência à forma radicular de *Daktulosphaira vitifoliae*.

| <b>Genótipo</b>                               | <b>Espécie</b>   |
|---|--|
| <b>Cultivares copa</b>                        |  |
| Bordô   | <i>Vitis labrusca</i>  |
| Isabel  | <i>Vitis labrusca</i>  |
| BRS Lorena                                    | <i>Vitis vinifera</i> x Seyval   |
| Cabernet Sauvignon                            | <i>Vitis vinifera</i>  |
| Chardonnay                                    | <i>Vitis vinifera</i>  |
| Magnólia                                      | <i>Vitis rotundifolia</i>  |
| <b>Porta-enxertos comerciais</b>              |  |
| IAC 572 (Jales)                               | 101-14 MGT ( <i>Vitis riparia</i> x <i>Vitis rupestris</i> ) x <i>Vitis caribaea</i>     |
| IAC 766 (Campinas)                            | <i>Riparia</i> do Traviú x <i>Vitis caribaea</i>   |
| Paulsen 1103                                  | <i>Vitis berlandieri</i> x <i>Vitis rupestris</i>  |
| SO4   | <i>Vitis berlandieri</i> x <i>Vitis riparia</i>  |
| <b>Seleções de porta-enxertos promissores</b> |  |
| 1111-21                                       | Seyval-Villard 18315 (híbrido <i>V. labrusca</i> ) x Magnólia ( <i>V. rotundifolia</i> ) |
| 548-44  | Isabel ( <i>Vitis labrusca</i> ) x Magnólia ( <i>V. rotundifolia</i> )                   |
| 548-15  | Isabel ( <i>Vitis labrusca</i> ) x Magnólia ( <i>V. rotundifolia</i> )                   |
| IBCA-125                                      | Isabel ( <i>Vitis labrusca</i> ) x Carlos ( <i>V. rotundifolia</i> )                     |

**Tabela 2.** Número médio ( $\pm$  EP) de insetos sobreviventes (ninfas e adultos) de *Daktulosphaira vitifoliae* e sua localização em raízes de videira em diferentes períodos após a inoculação.

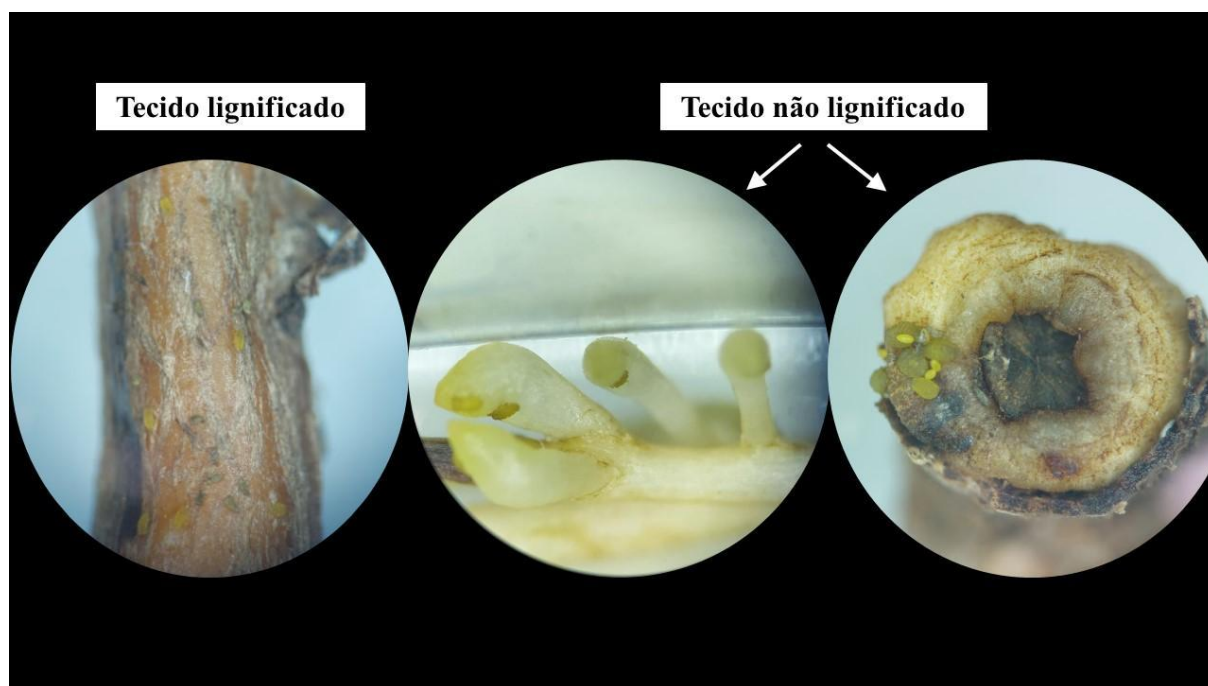
| Tratamento         | Dias após a inoculação <sup>a</sup> |                    |                    |                   |                    | Localização dos insetos (%) |                  |
|--------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------|------------------|
|                    | 15                                  | 20                 | 25                 | 30                | 35                 | Raiz não lignificada        | Raiz lignificada |
| BRS Lorena         | 5,20 $\pm$ 0,29 B                   | 4,92 $\pm$ 0,31 B  | 4,74 $\pm$ 0,31 B  | 4,33 $\pm$ 0,28 B | 3,92 $\pm$ 0,22 AB | 13,3                        | 86,7             |
| Bordô              | 4,2 $\pm$ 0,32 BC                   | 3,92 $\pm$ 0,29 BC | 3,30 $\pm$ 0,30 C  | 2,87 $\pm$ 0,27 C | 2,25 $\pm$ 0,25 C  | 38,7                        | 61,3             |
| Cabernet Sauvignon | 7,12 $\pm$ 0,26 A                   | 7,02 $\pm$ 0,27 A  | 6,77 $\pm$ 0,28 A  | 6,35 $\pm$ 0,30 A | 5,82 $\pm$ 0,26 A  | 10,5                        | 89,5             |
| Chardonnay         | 5,05 $\pm$ 0,25 B                   | 4,97 $\pm$ 0,25 B  | 4,50 $\pm$ 0,24 B  | 4,05 $\pm$ 0,24 B | 3,40 $\pm$ 0,22 B  | 40,5                        | 59,5             |
| IAC 572            | 3,71 $\pm$ 0,42 C                   | 2,81 $\pm$ 0,37 CD | 2,12 $\pm$ 0,35 DE | 2,00 $\pm$ 0,34 C | 0,84 $\pm$ 0,23 EF | 88,2                        | 11,8             |
| IAC 766            | 4,50 $\pm$ 0,36 B                   | 3,67 $\pm$ 0,32 C  | 2,65 $\pm$ 0,30 D  | 2,50 $\pm$ 0,30 C | 1,27 $\pm$ 0,20 D  | 66,1                        | 33,9             |
| IBCA-125           | 7,08 $\pm$ 0,82 A                   | 6,91 $\pm$ 0,81 A  | 6,41 $\pm$ 0,84 A  | 6,16 $\pm$ 0,85 A | 4,66 $\pm$ 1,01 A  | 3,5                         | 96,5             |
| Isabel             | 5,79 $\pm$ 0,29 B                   | 5,66 $\pm$ 0,29 B  | 4,97 $\pm$ 0,25 B  | 3,82 $\pm$ 0,19 B | 3,05 $\pm$ 0,26 B  | 30,5                        | 69,5             |
| Magnólia           | 0,22 $\pm$ 0,11 E                   | 0,12 $\pm$ 0,10 E  | 0,05 $\pm$ 0,03 F  | 0,02 $\pm$ 0,03 E | 0,00 $\pm$ 0,00 F  | 22,2                        | 77,8             |
| Paulsen 1103       | 2,92 $\pm$ 0,30 D                   | 2,32 $\pm$ 0,27 D  | 1,80 $\pm$ 0,26 E  | 1,40 $\pm$ 0,22 D | 0,65 $\pm$ 0,15 EF | 70,8                        | 29,2             |
| SO4                | 4,97 $\pm$ 0,39 B                   | 4,36 $\pm$ 0,39 B  | 3,23 $\pm$ 0,34 CD | 2,05 $\pm$ 0,29 C | 1,55 $\pm$ 0,25 D  | 92,6                        | 7,4              |
| 1111-21            | 0,26 $\pm$ 0,08 E                   | 0,10 $\pm$ 0,05 E  | 0,02 $\pm$ 0,02 F  | 0,02 $\pm$ 0,02 E | 0,02 $\pm$ 0,02 F  | 20,0                        | 80,0             |
| 548-15             | 0,12 $\pm$ 0,08 E                   | 0,00 $\pm$ 0,00 E  | 0,00 $\pm$ 0,00 F  | 0,00 $\pm$ 0,00 E | 0,00 $\pm$ 0,00 F  | 0,0                         | 100              |
| 548-44             | 3,70 $\pm$ 0,44 C                   | 2,94 $\pm$ 0,42 CD | 2,56 $\pm$ 0,44 D  | 2,21 $\pm$ 0,43 C | 1,02 $\pm$ 0,32 DE | 9,5                         | 90,5             |
| <i>F</i>           | 15,12                               | 22,14              | 30,76              | 13,90             | 8,11               |                             |                  |
| <i>g.l.</i>        | 13, 492                             | 13, 492            | 13, 492            | 13, 492           | 13, 492            |                             |                  |
| <i>P</i>           | <0,0001                             | <0,0001            | <0,0001            | <0,0001           | <0,0001            |                             |                  |

<sup>a</sup>Médias  $\pm$  EP seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P <0,05).

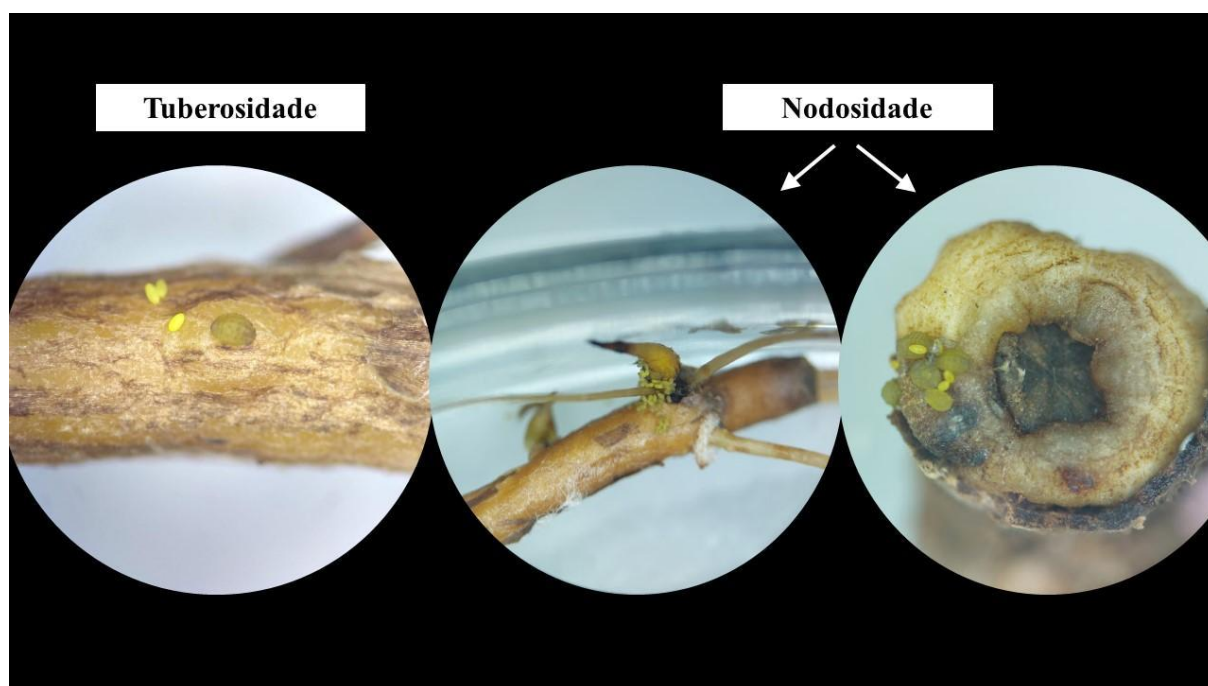
**Tabela 3.** Número médio ( $\pm$  EP) e porcentagem (%) de insetos de *Daktulosphaira vitifoliae* que atingiram a fase adulta em diferentes raízes de videira e localização da posição de alimentação.

| Tratamento         | X ( $\pm$ EP) <sup>a</sup> | Adultos % | Nodosidades % | Tuberosidades % |
|--------------------|----------------------------|-----------|---------------|-----------------|
| BRS Lorena         | 2,53 $\pm$ 0,23 B          | 25,38     | 19,19         | 80,81           |
| Bordô              | 1,42 $\pm$ 0,2 C           | 14,25     | 78,95         | 21,05           |
| Cabernet Sauvignon | 4,32 $\pm$ 0,44 A          | 43,50     | 12,07         | 87,93           |
| Chardonnay         | 2,77 $\pm$ 0,23 B          | 27,75     | 44,14         | 55,86           |
| IAC 572            | 1,34 $\pm$ 0,26 C          | 13,44     | 100           | 0               |
| IAC 766            | 1,7 $\pm$ 0,23 C           | 17        | 100           | 0               |
| IBCA-25            | 0,41 $\pm$ 0,22 D          | 4,17      | 20            | 80              |
| Isabel             | 1,28 $\pm$ 0,19 C          | 12,82     | 98            | 2               |
| Magnólia           | 0,025 $\pm$ 0,02 E         | 0,25      | 100           | 0               |
| Paulsen 1103       | 1,45 $\pm$ 0,24 C          | 14,5      | 100           | 0               |
| SO4                | 2,31 $\pm$ 0,27 BC         | 23,16     | 100           | 0               |
| 1111-21            | 0,05 $\pm$ 0,03 E          | 0,5       | 100           | 0               |
| 548-15             | 0 E                        | 0         | 0             | 0               |
| 548-44             | 0,1 $\pm$ 0,08 DE          | 1,08      | 100           | 0               |
| <i>F</i>           | 22,14                      |           |               |                 |
| <i>gl</i>          | 13,486                     |           |               |                 |
| <i>p</i>           | <0,0001                    |           |               |                 |

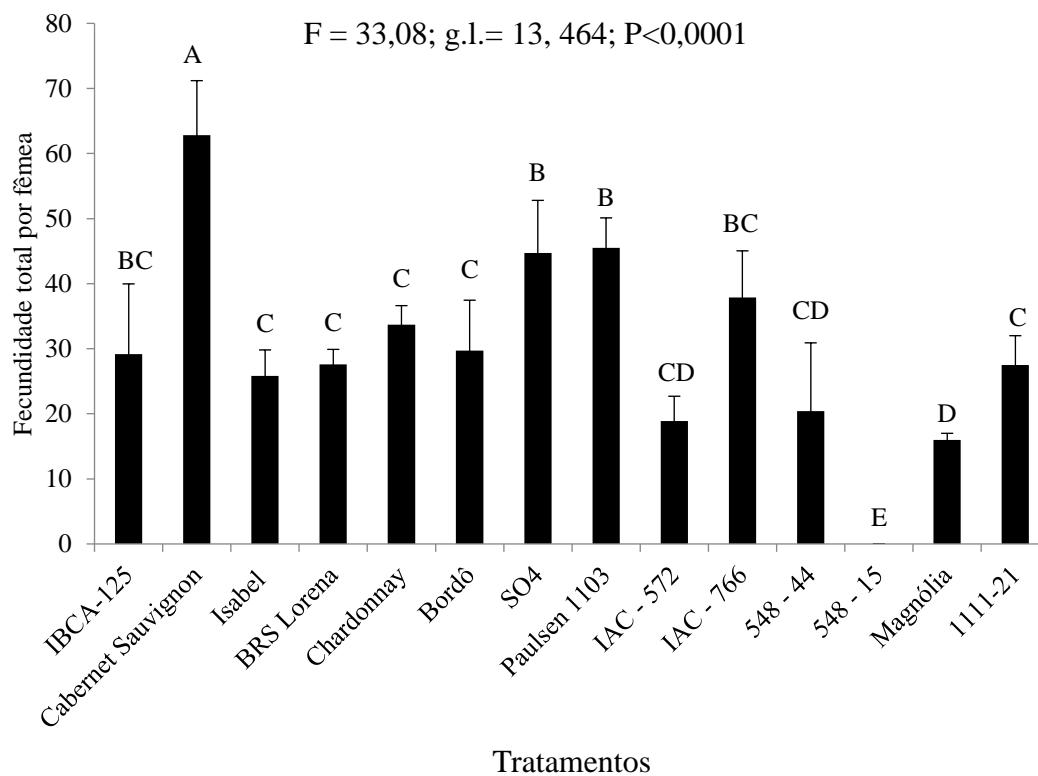
<sup>a</sup>Médias  $\pm$  EP seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P <0,05).



**Figura 1.** Localização das ninfas de *Daktulosphaira vitifoliae* na raiz de videira.



**Figura 2.** Localização dos adultos de *Daktulosphaira vitifoliae* na raiz de videira.



**Figura 3.** Fecundidade total por fêmea de *Daktulosphaira vitifoliae* em diferentes raízes de videira. Médias  $\pm$  EP seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P <0,05).

### **Artigo 3- Entomological Communications**

Versão em português

**Adaptação de uma metodologia para avaliação da interação entre  
*Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Phylloxeridae) e  
*Dactylonectria macrodidyma* (Halleen, Schroers & Crous) L. Lombard &  
Crous, em laboratório**

Simone Andzeiewski, Nicole Spiller, Aline Nondillo, Marcus André Kurtz  
Almança, Daniel Bernardi, Marcos Botton

**Adaptação de uma metodologia para avaliação da interação entre *Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Phylloxeridae) e *Dactylonectria macrodidyma* (Halleen, Schroers & Crous) L. Lombard & Crous, em laboratório**

Simone Andzeiewski <sup>1\*</sup>, Nicole Spiller <sup>2</sup>, Aline Nondillo <sup>2</sup>, Marcus André Kurtz

Almança <sup>2</sup>, Daniel Bernardi <sup>1</sup>, Marcos Botton <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil

<sup>2</sup> Laboratório de Fitopatologia, IFRS, Bento Gonçalves, RS, Brasil

<sup>3</sup> Laboratório de Entomologia, Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS, Brasil

\*Autor correspondente

**Resumo:** A filoxera-da-videira *Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch, 1856) é o inseto-praga mais importante da viticultura mundial. A presença nas raízes da forma radícula provoca nodosidades quando ocorre em tecido não lignificado e tuberosidades nas partes lignificadas. A alimentação permanente nas raízes pode culminar com o declínio das plantas devido ao aumento na suscetibilidade a fungos de solo, principalmente, ao gênero *Dactylonectria* spp. causador da doença chamada de pé-preto. O objetivo do estudo foi avaliar duas metodologias para verificar a interação de *D. vitifoliae* com o fungo *D. macrodidyma* em pedaços de raízes de ‘Cabernet Sauvignon’. Para cada metodologia testada, um experimento foi conduzido em condições de laboratório. O primeiro foi realizado utilizando pedaços de raízes (aproximadamente 3-7 mm de diâmetro x 10 cm de comprimento) de ‘Cabernet Sauvignon’ (*Vitis vinifera*) avaliando os tratamentos: (1) Raízes de videira sem infestação (testemunha); (2) Raízes de videira infestadas com *D. vitifoliae*; (3) Raízes de videira inoculadas com o fungo *D. macrodidyma*; (4) Raízes de videira infestadas com *D. vitifoliae* (10 ovos por raiz) e o fungo *D. macrodidyma*; (5) Raízes de videira com ferimento mecânico; (6) Raízes de videira com ferimento mecânico e o fungo *D. macrodidyma*. No segundo experimento os tratamentos avaliados foram (1) Raízes de videira sem infestação (testemunha); (2) Raízes de videira infestadas com *D. vitifoliae*; (3) Raízes de videira inoculadas com o fungo *D. macrodidyma*; (4) Raízes de videira infestadas com *D. vitifoliae* e o fungo *D. macrodidyma*, sendo que as raízes receberam uma quantidade de 20 ovos. Para inoculação do fungo foi feita uma suspensão com concentração de  $1,0 \times 10^6$  esporos/mL onde no primeiro experimento, 100  $\mu$ L foram pipetados sobre cada raiz e no segundo as raízes foram submersas na mesma suspensão por 30 minutos. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 10 repetições (raízes) por tratamento. Os resultados obtidos nas duas metodologias testadas demonstraram que raízes infestadas com filoxera e inoculadas com *D. macrodidyma*



obtiveram uma maior porcentagem de reisolamento do fungo. Não houve diferença significativa entre raízes com a presença da filoxera e de dano mecânico. Entretanto, houve diferença significativa nos tratamentos com a presença apenas do fungo ou na ausência dele. Conclui-se que há interação entre a filoxera-da-videira e o fungo *D. macrodydima* em raízes de ‘Cabernet Sauvignon’ em laboratório e que a metodologia com imersão das raízes no fungo por 30 minutos apresentou a maior taxa de reisolamento de *D. macrodydima* devendo ser utilizada nos próximos ensaios de interação.

**Palavras-chave:** filoxera-da-videira; fungos de solo; tuberosidades, pé-preto.

### Introdução

No estabelecimento de novos vinhedos principalmente na região sul do Brasil, os produtores enfrentam um conjunto de fatores bióticos e abióticos que induzem o declínio e a morte das plantas, o que inviabiliza a produção vitícola em algumas propriedades (Almança et al. 2013; Cavalcanti et al. 2013; Dalbó et al. 2015; Menezes-Netto et al. 2016; Botton et al. 2020). Em geral, os sintomas de declínio e morte de plantas já foram descritos na maioria das áreas de produção vitivinícola no mundo, tais como na Califórnia (Scheck et al. 1998), Itália (Sidoti et al. 2000), Portugal (Rego et al. 2000), França (Larignon & Dubos 2000), Argentina (Gatica et al. 2001), Austrália (Edwards et al. 2001), Grécia (Rumbos & Rumbou, 2001) e África do Sul (Halleen et al. 2003). No Brasil, este fato está sendo atribuído a possível associação de insetos-praga de solo como *Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Phylloxeridae) e *Eurhizococcus brasiliensis* (Wille, 1922) (Hemiptera: Margarodidae) (Botton et al. 2011), e fungos causadores de podridões de madeira (raízes e tronco) como *Fusarium oxysporum* (fusariose), *Ilyonectria* spp (pé-preto) (anamorfo: *Cylindrocarpon*), *Verticillium* sp., *Graphium* sp., *Phaeoacremonium* sp. e *Phaeomoniella chlamydospora* (doença de Petri)

e *Botryosphaeria* sp. (morte ou podridão-descendente) (Garrido & Sônego 1999; Garrido et al. 2004; Almança et al. 2013; Dalbó et al. 2015; Menezes-Netto et al. 2016; Botton et al. 2020).

O pé-preto é uma das principais doenças do lenho da videira (Santos et al. 2014), estando associado principalmente ao declínio de plantas de videira jovens (Halleen et al. 2006). O gênero *Cylindrocarpon* foi proposto em 1913, e *Cylindrocarpon destructans* (Zinssm.) Scholten foi a primeira espécie relatada do gênero atuando em videiras da França, em 1961 (Maluta & Larignon, 1991). Desde então, foi relatado em diversos locais do mundo como Portugal (Rego et al. 2000), Argentina (Gatica et al. 2001), Alemanha (Fischer & Kassemeyer 2003), África do Sul (Halleen et al. 2004), Canadá (Pettit et al. 2011) e Brasil (Garrido et al. 2004). No entanto, a taxonomia dos agentes causais do pé-preto foi submetida a uma extensa revisão taxonômica e *Cylindrocarpon* spp. foi reclassificado como *Ilyonectria* ou *Dactylonectria* com várias espécies novas definidas dentro de cada gênero, dentre elas a espécie *Dactylonectria macrodidyma* (Halleen, Schroers & Crous) L. Lombard & Crous, comb. nov. MycoBank MB810148 (Lombard et al. 2014). Trabalhos realizados na Nova Zelândia em áreas de videira com declínio identificaram *Ilyonectria liriodentri* e *Dactylonectria macrodidyma* como duas espécies dominantes no complexo de doenças de pé-preto (Pathrose, 2012; Pathrose et al. 2014; Outram et al. 2014). Alaniz et al. (2009) relataram que *D. macrodidyma* foi o mais virulento para as videiras do que *I. liriodentri*.

No Brasil, a morte de videiras jovens por doença do pé-preto começou a ser observada a partir de 1999, em municípios da Serra Gaúcha (Garrido et al. 2004). Plantas sintomáticas apresentam descoloração marrom-escura a preta nas bases do porta-enxerto, podridão radicular, descoloração escura dos tecidos vasculares, vigor reduzido, murcha repentina da folhagem, declínio e morte (Garrido et al. 2004). Os patógenos associados à

doença pé-preto são transmitidos pelo solo e infectam as raízes de videiras e podem permanecer no solo após a remoção de plantas hospedeiras infectadas (Probst et al. 2019).

Uma variedade de patógenos fúngicos (*Fusarium* spp., *Pythium ultimum*, *Cylindrocarpon* sp., *Cephalosporium* sp. e *Phaeoacremonium* sp.) foi registrada ocorrendo em raízes de videiras infestadas pela filoxera na Califórnia e Austrália (Granett et al. 1998; Omer & Granett, 2000; Edwards et al. 2007). Ao se alimentar da raiz, a filoxera ocasiona ferimentos no córtex resultando, conseqüentemente, numa porta de entrada para a invasão de patógenos fúngicos presentes no solo (Edwards et al. 2007; Omer & Granett 2000). Fato observado na Serra Gaúcha, em vinhedos cultivados com *V. labrusca*, em que foi verificada a presença conjunta da forma radicular da filoxera com os fungos de solo *Fusarium* spp. e *Cylindrocarpon destructans* (Botton & Walker 2009). Frente a isso, o objetivo deste trabalho foi estudar a interação de *D. vitifoliae* com o fungo *D. macrodidyma* em raízes extirpadas de ‘Cabernet Sauvignon’ utilizando duas metodologias.

### **Material e Métodos**

Os experimentos para se conhecer o efeito da interação entre *D. vitifoliae* e *D. macrodidyma* foram realizados no laboratório de Entomologia da Embrapa Uva e Vinho e no Laboratório de Fitopatologia do IFRS/Campus Bento Gonçalves. Primeiramente, estacas de ‘Cabernet Sauvignon’ (com aproximadamente com 28 cm de comprimento e 7 mm diâmetro) foram coletadas no campo durante o período de inverno (julho/2019- temperatura média do local de 12,3°C, INMET, 2021) quando as plantas estavam em dormência (sem a presença de folhas). Posteriormente, as estacas coletadas foram armazenadas em câmara fria com temperatura entre  $2 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade do ar acima de 95% (Kuhn et al. 2007) por aproximadamente dois meses. Decorrido esse tempo, as

estacas foram retiradas da câmara e hidratadas por 12 horas em água pura antes do plantio (setembro de 2019). Para o plantio foram utilizados vasos de 3L contendo composto organo-mineral constituído por 2 partes de solo (corrigido à pH 5,6-5,8), 1 parte de substrato à base de turfa canadense e 0,5 de vermiculita (granulometria fina). O composto foi misturado e esterilizado à 145°C durante 45 minutos em autoclave. Ao longo do ciclo da cultura, foram realizadas adubações anuais (no período da primavera-verão) com nitrato de cálcio na dose de 5g/L.

Após o período de desenvolvimento das mudas, as plantas foram arrancadas e transferidas para o Laboratório de Entomologia para obtenção de raízes com diâmetro adequado (aproximadamente 3-7 mm de diâmetro x 10 cm de comprimento). De acordo com a metodologia proposta por Omer & Grannet (2000) as raízes foram removidas das plantas e lavadas com uma escova macia em água corrente e em seguida foram submersas por um minuto em solução NaClO a 1% e enxaguadas duas vezes em água destilada. Após a limpeza e desinfecção, os pedaços das raízes foram colocados individualmente dentro de placas de Petri (10 cm de diâmetro) sobre papel-filtro. Para evitar a desidratação das raízes durante o período experimental, na extremidade de cada raiz foi colocado algodão umedecido.

Foram conduzidos dois experimentos, um para cada metodologia testada: O experimento 1 foi composto pelos tratamentos: (T1) Raízes de videira sem infestação (testemunha); (T2) Raízes de videira infestadas com *D. vitifoliae*; (T3) Raízes de videira inoculadas com o fungo *D. macrodidyma*; (T4) Raízes de videira infestadas com *D. vitifoliae* e inoculadas com fungo *D. macrodidyma*; (T5) Raízes de videira com ferimento mecânico; (T6) Raízes de videira com ferimento mecânico e o fungo *D. macrodidyma*. O ferimento mecânico foi realizado com o auxílio de uma agulha de seringa fina. Ao longo da raiz foram abertos orifícios com a seringa no intuito de simular uma entrada para o

fungo estudado. No segundo experimento os tratamentos avaliados foram: (T1) Raízes de videira sem infestação (testemunha); (T2) Raízes de videira infestadas com *D. vitifoliae*; (T3) Raízes de videira inoculadas com o fungo *D. macrodidyma*; (T4) Raízes de videira infestadas com *D. vitifoliae* e inoculadas com fungo *D. macrodidyma*. Para ambos os experimentos o delineamento experimental foi de 10 repetições por tratamento. Cada repetição foi composta por um pedaço de raiz.

Nos tratamentos com inoculação do fungo, foi utilizado um isolado *D. macrodidyma* (TD 1110) obtido da coleção do Instituto Federal do Rio Grande do Sul-Campus- Bento Gonçalves. Este fungo foi previamente cultivado em meio de cultura BDA (batata-dextrose-ágar) seguindo a metodologia proposta por Almança et al. (2013) para posterior utilização no experimento. Para a aplicação de *D. macrodidyma* foi preparada uma suspensão com concentração de  $1,0 \times 10^6$  esporos/mL. Desta suspensão, para o ensaio 1 foram aplicados 100  $\mu$ L/raiz utilizando pipetador manual, distribuindo em toda a superfície da raiz, de acordo com o tratamento correspondente. Para o ensaio 2, as raízes foram mergulhadas por 30 minutos na suspensão conforme Omer & Grannet (2000). As raízes sem inoculação do fungo foram mergulhadas somente em água esterilizada.

Para a infestação da filoxera nas raízes, foram colocados ovos com idade de 1 a 3 dias, obtidos de uma colônia de criação do laboratório. Para o experimento 1, logo após a inoculação do fungo, foram colocados 10 ovos/raiz, e no experimento 2, cada raiz recebeu 20 ovos, porém a inoculação do fungo foi realizada 30 dias após a infestação dos ovos de filoxera. Após a infestação, as placas foram seladas com filme plástico (Parafilm™) para evitar a fuga das ninfas após a eclosão e acondicionadas em câmaras tipo BOD (temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , umidade relativa de  $70 \pm 10\%$ , no escuro). Decorridas seis semanas, foi avaliado o percentual de reisolamento dos fungos seguindo a

metodologia de Almança et al. (2013). Para tal, as raízes foram desinfestadas sequencialmente em álcool 70% por 30 segundos, hipoclorito de sódio 2,5% por 2 minutos e novamente imersas por álcool 70% por 30 segundos. Posteriormente foram retirados cinco fragmentos de tecido interno de cada repetição (raiz) e dispostos em placas contendo meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA) (Fig.1). Após o crescimento dos fungos (30 dias), contabilizou-se o percentual de reisolamento do fitopatógeno inoculado. A identificação morfológica foi realizada com microscopia ótica, comparando as estruturas dos fungos isolados com o banco de dados de imagens do isolado depositado na coleção e caracterizado por sequenciamento genético.

### **Análise estatística**

Os resultados foram testados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk (1965) e teste de homocedasticidade de Hartley (1950) e Bartlett (1937). Posteriormente, as médias foram submetidas à análise de variância (ANOVA) por meio do teste F ( $P \leq 0,05$ ) utilizando o procedimento SAS<sup>®</sup> GLM (SAS Institute 2000). Quando os dados foram estatisticamente significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

## **Resultados**

Para o primeiro ensaio, os resultados de reisolamento dos fungos demonstram que houve diferença significativa entre os tratamentos ( $F= 8,11$ ; g.l. = 5, 94;  $P<0,0001$ ) (Fig. 2). Raízes de ‘Cabernet Sauvignon’ inoculadas com *D. macrodydima* não mostraram diferença significativa entre as raízes com a presença da filoxera e de dano mecânico ( $F= 8,11$ ; g.l. = 5, 94;  $P=0,2235$ ). Contudo, diferiram significativamente dos tratamentos com a presença apenas do fungo ou na ausência dele. Raízes de ‘Cabernet Sauvignon’ que não receberam a inoculação do fungo e que foram infestadas com filoxera ou que receberam

o ferimento mecânico, apresentaram uma pequena taxa de reisolamento de *D. macrodydima*.

No segundo ensaio, as infestações de filoxera em raízes de ‘Cabernet Sauvignon’ foram similares nos dois tratamentos (raízes de videira infestadas com *D. vitifoliae* e raízes de videira infestadas com *D. vitifoliae* e *D. macrodydima*) com a média de insetos variando de  $6,9 \pm 0,46$  a  $6,93 \pm 0,61$ . Os resultados de reisolamento dos fungos novamente demonstram diferença significativa entre os tratamentos ( $F=4,10$ ; g.l. =3, 76;  $p<0,0001$ ), corroborando com os resultados encontrados no primeiro experimento (Fig. 3). A maior porcentagem de reisolamento por *D. macrodydima* foi verificada no tratamento que recebeu a infestação de filoxera e a inoculação do fungo estudado. Contudo, não houve diferença significativa entre os tratamentos que receberam somente o inseto ou somente o fungo patogênico ( $F=4,10$ ; g.l. =3, 76;  $p=0,1210$ ). Além disso, uma pequena porcentagem do fungo novamente foi reisolada no tratamento testemunha.

## Discussão

Historicamente, os danos associados à filoxera-da-videira têm sido atribuídos exclusivamente à alimentação nas raízes pelos insetos (Edwards et al. 2007). Contudo, ao se alimentar da raiz, o filoxerídeo pode fornecer pontos de entrada para patógenos presentes no solo (Omer & Granett, 2000). Trabalhos conduzidos por Edwards et al. (2007) sugerem que o declínio e subsequente morte de videiras infestadas pela filoxera ocorre devido a uma combinação de danos ocasionados pelos insetos e podridões de raízes causadas por patógenos fúngicos do solo. Omer & Granett, (2000) avaliaram a interação da filoxera com três fungos patogênicos (*Fusarium oxysporum*, *Phaeoacremonium inflatipes* e *Cylindrocarpon obtusisporum*) em laboratório. Os autores observaram que a

filoxera pode servir como ‘vetor’ e transportar propágulos fúngicos das raízes infectadas para as saudáveis e que sua alimentação é um fator importante para infecções fúngicas e severidade da doença nas raízes. Além disso, a presença conjunta da filoxera e fungos pode causar uma redução de 24 a 29% na biomassa de plantas de videira (Omer et al. 1995). Idris & Arabi (2014) observaram a interação da filoxera com o fungo *Fusarium solani* SY7. Os autores verificaram que a taxa de incidência do fungo aumentou de 74% para 100% nas plantas infestadas com filoxera. A biomassa total das plantas diminuiu 29% na presença dos dois agentes, em comparação com 9% e 17% na presença do fungo ou da filoxera, respectivamente.

Huber et al. (2009) após observarem danos em algumas plantas de videira e outras não, investigaram a ocorrência de patógenos fúngicos no solo e suas interações com porta-enxertos tolerantes à filoxera em três vinhedos da Alemanha. Os autores verificaram que os danos aos porta-enxertos não são causados pela filoxera em si, mas por interações da filoxera com fungos fitopatogênicos e os responsáveis pelo aumento desses danos são as mudanças no manejo do solo, através da diminuição da supressividade natural. Lotter et al. (1999) observaram que a incidência de danos associados à filoxera foi mais baixa nos vinhedos manejados organicamente que os manejados convencionalmente.

No Brasil, trabalhos conduzidos com a cochonilha de solo *Eurhizococcus brasiliensis* (Hemiptera: Margarodidae) mostram que em 90% das plantas de videira com sintomas externos de declínio/morte na Serra Gaúcha, 27,4% apresentavam a cochonilha (Rusin et al. 2015). Zart et al. (2014) observaram sintomas foliares (necrose entre nervuras) de plantas sobre ‘Paulsen 1103’ cultivadas em áreas infestadas naturalmente com pérola-da-terra. Contudo, não observaram nenhum sintoma de clorose foliar e variações no metabolismo de carbono e na expressão de enzimas quando as plantas de



‘Paulsen 1103’ foram cultivadas em solo esterilizado e infestado com uma média de 32 cistos/planta por mais de 20 meses (Zart, 2012). Portanto, acredita-se que este inseto possa atuar como um coadjuvante, abrindo portas de entrada nos tecidos radiculares para o ingresso de patógenos de solo. No Brasil, a filoxera tem sido encontrada em praticamente todas as regiões produtoras do país (Hickel 1996; Soria & Dal Conte 2000). A convivência com o inseto, sem a repercussão negativa observada em outros países, tem sido atribuída ao cultivo intensivo de cultivares de videiras de origem americana (*Vitis labrusca*) ‘Isabel’, ‘Bordô’, ‘Concord’ e ‘Niágara’, as quais, hospedam a praga nas raízes, e em hipótese, toleram o ataque (Botton & Hickel; Soria, 2003). Contudo, estudos mostraram que vinhedos de *V. labrusca* com declínio também na Serra Gaúcha apresentavam a forma radicular da filoxera em conjunto com os fungos de solo *Fusarium* spp. e *Cylindrocarpon destructans* Walker & Botton, 2009). Probst et al. (2019) verificaram que *I. liriodendri* e *D. macrodidyma* são capazes de infectar videiras através de raízes lesionadas indicando que isso pode ocorrer tanto em viveiros quanto em vinhedos.

Nesse experimento de laboratório foi possível verificar uma interação da filoxera-da-videira e o fungo de solo *D. macrodydima* em raízes de ‘Cabernet Sauvignon’. Dentre as duas metodologias utilizadas, a maior taxa de reisolamento foi verificada quando as raízes foram imersas na suspensão fúngica por 30 minutos e esta metodologia deve ser empregada nos próximos ensaios de interação. Trabalhos realizados por Omer & Grannet (2000) verificaram uma taxa de reisolamento de *C. obtusisporum* superior a 55% quando as raízes foram mergulhadas no fungo. No entanto, novos trabalhos devem ser realizados e validados em situação de campo assim como conhecer a interação existente entre os genótipos resistentes ao inseto e aos patógenos de solo.

## Conclusão

1 - Há interação entre a filoxera-da-vidreira e o fungo *D. macrodydima* em raízes destacadas de ‘Cabernet Sauvignon’ em laboratório.

2. A metodologia com imersão das raízes na solução fúngica por 30 minutos apresentou a maior taxa de reisolamento e pode ser utilizada nos próximos ensaios de interação.

## Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de doutorado à primeira autora.

## Declaração de contribuição do autor

SA, AN, MAKA e MB planejaram e projetaram pesquisas. SA, NS, AN e MAKA realizaram experimentos. SA e DB conduziram análises de dados. SA, DB e MB escreveram o artigo. MB obteve o financiamento para o projeto. Todos os autores leram, aprovaram o manuscrito e contribuíram substancialmente para o trabalho.

**Conflito de interesses:** Os autores declaram não haver conflito de interesses.

## Referências

- Alaniz, S.; Armengol, J.; Leon, M.; Garcia-Gimenez, J.; AbadCompos, P. (2009) Analysis of genetic and virulence diversity of *Cylindrocarpon liriodendri* and *C. macrodidymum* associated with black foot disease of grapevine. *Mycological Research*, 113: 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2008.07.002>
- Almança, M. A. K.; Abreu, C. M. de.; ScopeL, F. B.; Benedetti, M.; Halleen, F.; Cavalcanti, F. R. (2013) *Evidências Morfológicas da Ocorrência de Phaeomoniella*

*chlamydospora em Videiras no Estado do Rio Grande do Sul*. Embrapa Uva e Vinho, Comunicado Técnico 134, 1-5.

Botton, M.; Hickel, E. R.; Soria, S. J. (2003) Pragas. In: Uva para processamento: Fitossanidade. Fajardo, V. M. (Eds) Brasília: *Embrapa Informação tecnológica*, 131.

Botton, M.; Walker, M.A. (2009) Grape phylloxera in Brazil. *Acta Horticulturae*, 816: 39-40. 10.17660/ActaHortic.2009.816.6

Botton, M.; Arioli, C. J.; Machotta Junior, R. Manejo de pragas. In: Garrido, L. da R.; Hoffmann, A.; Botton, M. (Ed.). Boas práticas agrícolas na viticultura: manejo de pragas e doenças. Brasília, DF: SEBRAE; Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho: IBRAVIN, p. 11-34. 2011.

Botton, M.; Nondillo, A.; Gomes; C. B.; Melo, W. B.; Garrido, L. da R. Almança, M. A. K. (2020). Fatores associados ao declínio e morte de plantas de videira identificados em áreas infestadas pela pérola-da-terra no Rio Grande do Sul. *Circular técnica* 153, 20.

Cavalcanti, F. R.; Almança, M. A. K.; Bueno, J. (2013) Declínio e morte de plantas de videira. Bento Gonçalves, Embrapa Uva e Vinho, *Documentos* 82, 40.

Dalbó, M. A.; Menezes-Netto, A.; Arioli, C. J.; Andrade, E. R. (2015) Avanços no controle do declínio da Videira. In: Encontro nacional sobre fruticultura de clima temperado, 14. 2015, Fraiburgo. Caçador: Epagri, p. 10-13.

Edwards, J.; Marchi, G.; Pascoe, I. G. (2001) Young Esca in Australia. *Phytopathologia Mediterranea*, 40: 303–310. 10.14601/Phytopathol\_Mediterr-1646

Edwards, J.; Norng, S.; Granett, J.; Powell, K. S. (2007) Relationships between grape phylloxera abundance, fungal interactions and grapevine decline. *Acta Horticulturae*, 733: 151–158. 10.17660/ActaHortic.2007.733.16

- Fischer, M. Kassemeyer, H. H. (2003) Fungi associated with Esca disease of grape in Germany. *Vitis*, 42: 109-116. 10.1023/A:1008638409410
- Garrido, L. R.; Sônego, O. R. (1999) Chave para identificação de agentes causadores de declínio da videira. EMBRAPA/CNPUV. *Circular Técnica* 26.
- Garrido, L. R., Sônego, O. R., Gomes, V. N. (2004) Fungos associados com o declínio e morte de videiras no Estado do Rio Grande do Sul. *Fitopatologia Brasileira*, 29: 322-324. 10.1590/S0100-41582004000300016
- Gatica, M., Dupont, J., Magnin, S., Césari, C. (2001) *Phaeoacremonium* species and *Phaeomoniella chlamydospora* in vines showing hoja de malvon and young vine decline symptoms in Argentina. *Phytopathologia Mediterranea*, 40: 317–324. DOI: <https://doi.org/10.14601/PhytopatholMediterr-1609>.
- Granett, J., Omer, A. D.; Pessereau, P.; Walker, M. A. (1998) Fungal infections of grapevine roots in phylloxera-infested vineyards. *Vitis*, 37: 39–42.
- Halleen, F.; Crous, P. W.; Petrini, O. (2003) Fungi associated with healthy grapevine cuttings in nurseries, with special reference to pathogens involved in the decline of young vines. *Australasian Plant Pathology*, 32:47–52. 10.1071/AP02062
- Halleen F.; Schroers, H-J.; Groenewald, J. Z.; Crous, P. W. (2004) Novel species of *Cylindrocarpon* (Neonectria) and *Campylocarpon* gen. nov. associated with black foot disease of grapevines (*Vitis* spp.). *Studies in Mycology*, 50: 431–455.
- Halleen F., Fourie P. H., Crous P. W. (2006) A review of black-foot disease of grapevine. *Phytopathologia Mediterranea*, 45: S55–S67.
- Hickel, E. R. (1996) Pragas da videira e seu controle no Estado de Santa Catarina. Epagri, Videira. 52.

- Huber, L., Hoffmann, M., Rühl, E. H., Kirchmair, M. (2009) Disease Suppressiveness of Vineyard Soils Infested with Grape Phylloxera. *Acta Hort.* 816: 41-52.  
10.17660/ActaHortic.2009.816.7
- Idris, I.; Arabi, M. I. E. (2014) The relationship between grape phylloxera and *Fusarium* root infection. *Advances in Horticultural Science*, 28: 14-19.  
<https://doi.org/10.13128/ahs-22750>
- INMET, (2021) Instituto Nacional de Meteorologia.  
<https://portal.inmet.gov.br/> (acessado em 16 de abril de 2021)
- Kuhn, G. B.; Regla, R. A.; Mazzarolo, A. (2007). Produção de mudas de videira (*Vitis* spp.) por enxertia de mesa.  
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/541868/1/cir074.pdf>  
(Acessado em 25 de abril de 2021)
- Larignon, P., Dubos, B. (2000) Preliminary studies on the biology of *Phaeoacremonium*. *Phytopathologia Mediterranea*, 39: 184–189. 0.14601/Phytopathol\_Mediterr-1554
- Lombard, L.; Van Der Merwe, N. A.; Groenewald, J. Z.; Crous, P. W. (2014). Lineages in Nectriaceae: Re-evaluating the genetic status of *Ilyonectria* and allied genera. *Phytopathologia Mediterranea*, 53, 515–532. 10.14601/Phytopathol\_Mediterr-14976
- Lotter, D. W.; Granett, J.; Omer, A. D. (1999) Differences in Grape Phylloxera related Grapevine Root Damage in Organically and Conventionally Managed Vineyards in California. *Hortscience* 34:1108–1111.  
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.34.6.1108>
- Maluta, D. R.; Larignon, P. (1991). Pied-noir: Mieux vaut prevenir. *Viticulture*, 11: 71–72.

- Menezes-Netto, A. C.; Souza, A. L. K.; Arioli, C. J.; Souza, E. L.; Hickel, E. R.; Andrade, E. R.; Schuck, E.; Araújo Filho, J.V.; Gardin, J. P. P; Dalbó, M. A.; Dambrós, R. N. (2016) Declínio e morte de videiras no estado de Santa Catarina: causas e alternativas de controle. Epagri. *Boletim Técnico*, 175, 81.
- Omer, A. D.; Granett, J.; De Benedictus, J. A.; Walker, M. A. (1995) Effects of fungal root infections on the vigour of grapevines infested by root feeding grape phylloxera, *Vitis*, 34: 165–170. <https://doi.org/10.5073/vitis.1995.34.165-170>
- Omer, A. D.; Granett, J. (2000) Relationship between grape phylloxera and fungal infections in grapevine roots. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 107: 285-294. <https://www.jstor.org/stable/43386996>
- Outram, M. A.; Jones, E. E.; Jaspers, M. V.; Ridgway, H. J. (2014). Development of a PCR-RFLP method to distinguish species within the *Ilyonectria macrodidyma* complex. *New Zealand Plant Protection*, 67: 151–156. <https://www.jstor.org/stable/43386996>
- Pathrose, B. (2012). Characterizing sub-species variation in New Zealand *Cylindrocarpon* species that cause black foot of grapevines. In Unpublished PhD thesis. New Zealand: Lincoln University.
- Pathrose, B.; Jones, E. E.; Jaspers, M. V.; Ridgway, H. J. (2014). High genotypic and virulence diversity in *Ilyonectria liriodendri* isolates associated with black foot disease in New Zealand vineyards. *Plant Pathology*, 63: 613–624. <https://doi.org/10.1111/ppa.12140>
- Petit, E.; Gubler, W. D. (2005) Characterization of *Cylindrocarpon* species, the cause of black foot disease of grapevine in California. *Plant Disease*, 89:1051–1059. <https://doi.org/10.1094/PD-89-1051>

- Petit, E.; Barriault, E.; Baumgartner, K.; Wilcox, W. F.; Rolshausen, P. E. (2011) *Cylindrocarpon* species associated with black foot of grapevine in Northeastern United States and Southeastern Canada. *American Journal of Enology and Viticulture*, 62: 177-183. 10.5344/ajev.2011.1011
- Probst, C.; Jones, E. E.; Ridgway, H. J.; Jaspers, M. V. (2012) *Cylindrocarpon* black foot in nurseries—Two factors that can increase infection. *Australasian Plant Pathology*, 41:157–161. 10.1007/s13313-011-0103-5
- Probst, C. M.; Ridgway, H. J.; Jaspers, M.V, Jones, E. E. (2019) Pathogenicity of *Ilyonectria liriodendri* and *Dactylonectria macrodidyma* propagules in grapevines. *European Journal of Plant Pathology*. 154: 405–421. <https://doi.org/10.1007/s10658-018-01664-0>
- Rego, C.; Oliveira, H.; Carvalho, A.; Phillips, A. (2000) Involvement of *Phaeoacremonium* spp. and *Cylindrocarpon destructans* with grapevine decline in Portugal. *Phytopathologia Mediterranea*, 39: 76-79. 10.14601/Phytopathol\_Mediterr-1546
- Rumbos, I.; Rumbou, A. (2001) Fungi associated with esca and young grapevine decline in Greece. *Phytopathologia Mediterranea* 40: S330–S335. 10.14601/Phytopathol\_Mediterr-1622
- Rusin, C. Oliveira, M.R.; de Deus, C.N.S.; Nondillo, A. Almança, M.A.K. (2015) Presença de fungos relacionados a doenças de tronco e de pérola-da-terra em plantas de videira com sintoma de declínio In: XIV Encontro Nacional sobre Fruticultura de Clima Temperado (ENFRUTE), 2015, Fraiburgo. Caçador: Epagri, 2: 108-108.
- Santos, R. F. D.; Blume, E.; Muniz, M.; Heckler, L.; Finger, G.; Maciel, C.; Harakawa, R.; Garrido, L. (2014) First report of *Ilyonectria macrodidyma* associated with

black foot disease of grapevine in Brazil. *Plant Disease*, 98: 156-156.

<https://doi.org/10.1094/PDIS-04-13-0424-PDN>

SAS Institute. (2000) Statistical analysis system: getting started with the SAS learning.

SAS Institute, Cary, NC, USA.

Scheck, H. J.; Vasquez, S. J.; Gubler, W. D.; Fogle, D. (1998) First report of black-foot

disease caused by *Cylindrocarpon obtusisporum* of grapevines in California. *Plant*

*Disease*. 82: 590. <https://doi.org/10.1094/PDIS.1998.82.4.448A>

Sidoti, A. Buonocore, E., Serges, T., Mugnai, L. (2000) Decline of young grapevines

associated with *Phaeoacremonium chlamyosporum* in Sicily (Italy).

*Phytopathologia Mediterranea*, 39: 87–91. [10.14601/Phytopathol\\_Mediterr-1533](https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-1533)

Soria, S. J.; Dal Conte. A. F. (2000) Bioecologia e controle das pragas da videira no

Brasil. *Entomologia y Vectores*, 7: 73-102.

Zart, M. (2012) Caracterização morfológica, fisiológica e bioquímica do ataque da

pérola-da-terra, *Eurhizococcus brasiliensis* (Wille, 1922) (Hemiptera:

Margarodidae), em videiras. 2012. Tese. Universidade Federal do Rio Grande do

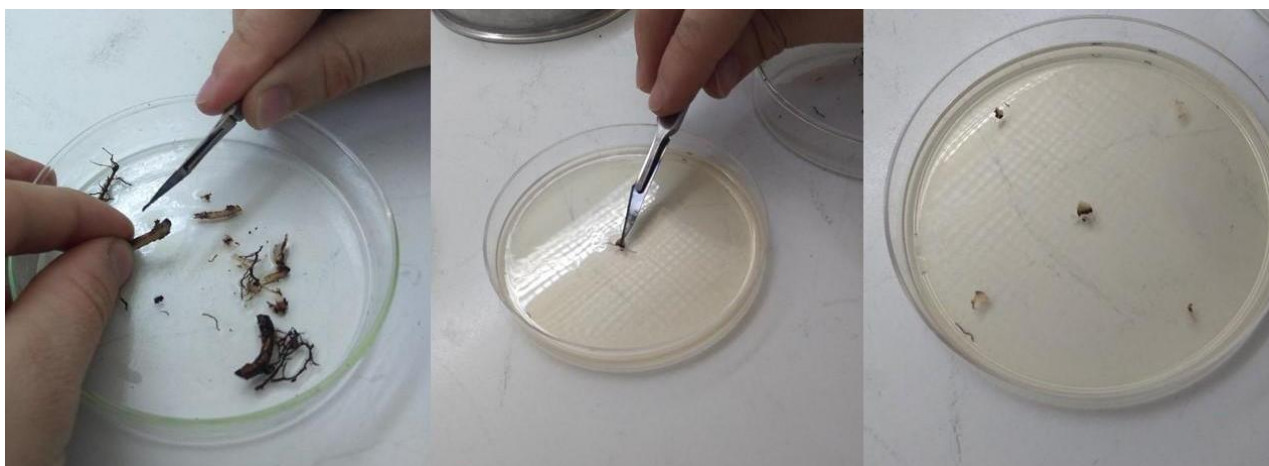
Sul, Porto Alegre, 117.

Zart, M.; Cesaro, A. D.; Santos, H. P. dos; Santos, P. V. D. de. (2014) Caracterização

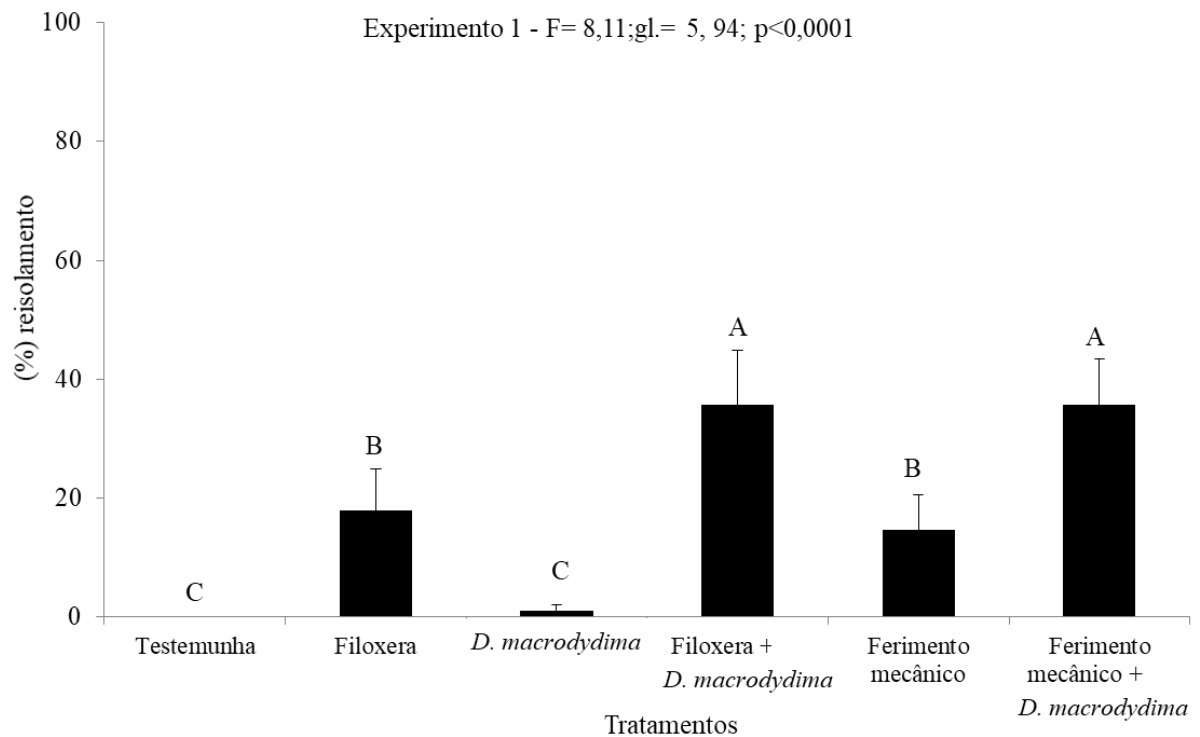
morfo-fisiológica de plantas de videira atacadas por pérola-da-terra. *Ciências*

*Agrárias*, 35: 1187-1200.

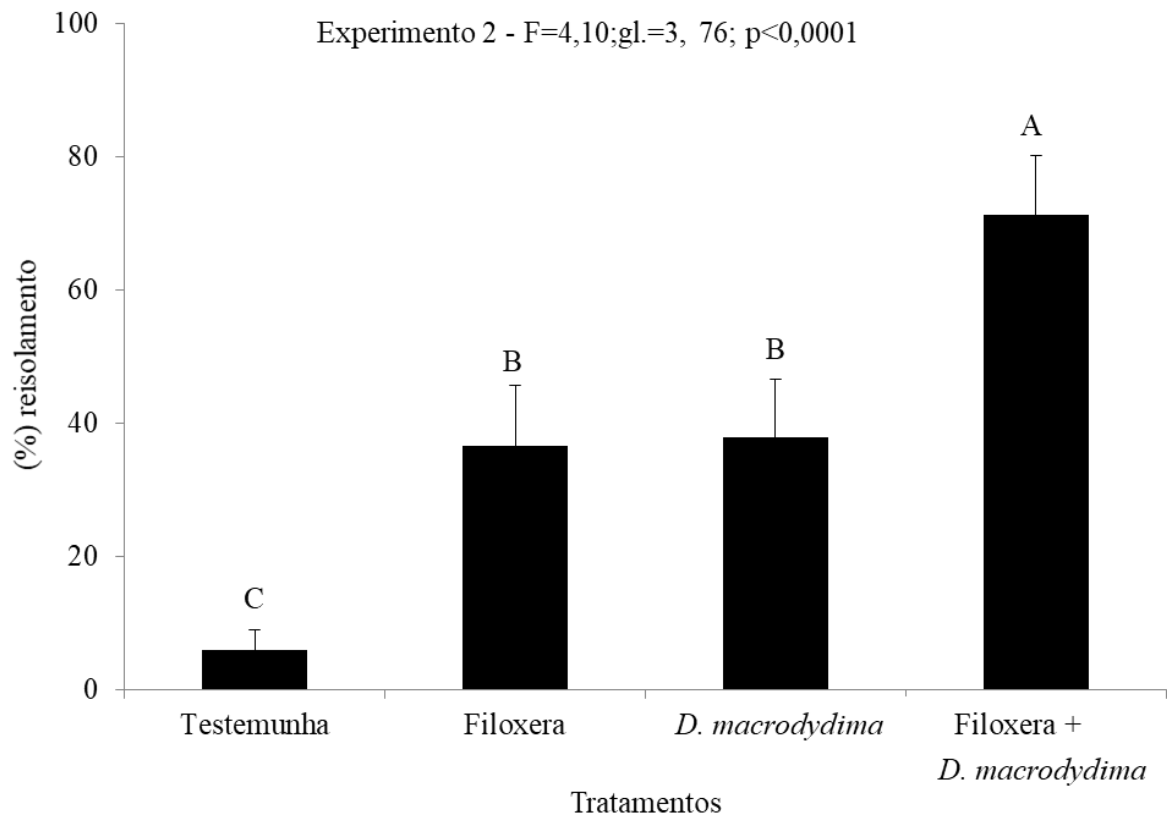




**Figura 1.** Plaqueamento de cinco fragmentos de tecido interno das raízes das videiras.



**Figura 2.** Porcentagem de reisolamento de *Dactylonectria macrodydima* em raízes de ‘Cabernet Sauvignon’ em laboratório. (Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade).



**Figura 3.** Porcentagem de reisolamento de *Dactylonectria macrodydima* em raízes de ‘Cabernet Sauvignon’ em laboratório. (Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade).

**Artigo 4- Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**

Versão em português

**Controle químico da fase radícula e galícola da filoxera  
(Hemiptera: Phylloxeridae) na cultura da videira**

Simone Andzeiewski, Daiana da Costa Oliveira, Daniel Bernardi e  
Marcos Botton

**Controle químico da fase radícula e galícola da filoxera (Hemiptera:  
Phylloxeridae) na cultura da videira**

Simone Andzeiewski <sup>(1)</sup>, Daiana da Costa Oliveira <sup>(1)</sup>, Daniel Bernardi <sup>(1)</sup> e Marcos Botton <sup>(2)</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Fitossanidade, Rua Tiradentes, 2515, Centro, CEP 96010900, Pelotas, RS, Brasil. E-mail: simoneandzeiewski@yahoo.com.br, daiana\_oliveirabio@hotmail.com, dbernardi2004@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Laboratório de Entomologia, Embrapa Uva e Vinho, Rua Livramento, 515, Centro, CEP 9570100, Bento Gonçalves, RS, Brasil. E-mail: marcos.botton@embrapa.br

Resumo - A filoxera *Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch, 1856) é o principal inseto-praga da viticultura mundial. O inseto se desenvolve tanto na parte aérea, formando galhas (forma galícola) quanto nas raízes onde origina nodosidades e tuberosidades (forma radícula). Neste trabalho foi avaliado o efeito de inseticidas químicos na supressão de populações da forma galícola e radícula da filoxera na cultura da videira. Para avaliar o efeito sobre a fase galícola, os inseticidas thiamethoxam (Actara 250 WG<sup>®</sup>, 40g p.c./100L<sup>-1</sup>), flupiradifurona (Sivanto<sup>®</sup>Prime 200 SL, 75mL p.c./100L<sup>-1</sup>) e sulfoxaflor (Closer<sup>®</sup>SC, 40mL p.c./100L<sup>-1</sup>) foram avaliados a campo, sob infestação natural, utilizando plantas do porta-enxerto 'Paulsen 1103' (*Vitis berlandieri* x *V. rupestris*). As aplicações foram realizadas num volume de calda de 460L/ha em novembro, a partir do aparecimento dos primeiros sintomas foliares (formação de galhas). As avaliações foram realizadas antes da aplicação dos inseticidas e aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA), contabilizando o número médio de galhas nas primeiras duas folhas em 20 ponteiros escolhidos ao acaso, dentro de cada repetição. O experimento para avaliar o efeito dos inseticidas sobre a fase radícula foi conduzido em casa de vegetação utilizando vasos contendo mudas enraizadas de 'Cabernet Sauvignon' (*Vitis vinifera*) infestados artificialmente com 200 ovos da filoxera por planta. Após 80 dias da infestação foi realizada a aplicação via "drench" dos inseticidas thiamethoxam (0,2g p.c./planta), flupiradifurona (0,8mL p.c./planta), sulfoxaflor (0,3mL/planta) e imidacloprido (Provado 200 SC, 0,7 mL/planta). A contagem do número de ovos, ninfas e adultos foi realizada 30 dias após a aplicação dos inseticidas em duas subamostras de três gramas de raiz/vaso. Para o controle da fase galícola, uma aplicação do inseticida flupiradifurona proporcionou uma redução de danos de 90% aos 28 DAA, enquanto que para o thiamethoxam, foram necessárias 3 aplicações em intervalos semanais para manter o mesmo nível de controle. O sulfoxaflor, necessitou de uma segunda aplicação aos 14 dias após a primeira, para proporcionar o mesmo nível de controle. Para a fase radícula, os inseticidas sulfoxaflor e imidacloprido apresentaram os melhores resultados, com 96 e 89% de controle sobre ninfas e adultos respectivamente, seguidos pela flupiradifurona, que apresentou 76% e thiamethoxam, com 48,41%. Conclui-se que os inseticidas flupiradifurona e sulfoxaflor

são alternativas aos neonicotinoides para o controle químico da filoxera na cultura da videira.

Termos para indexação: *Daktulosphaira vitifoliae*, Manejo, Galhas, Sulfoxaminas, Butenolidas.

## Introdução

A filoxera-da-videira, *Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch) (Hemiptera, Phylloxeridae), é um inseto sugador, que se alimenta de folhas e raízes de videiras (Grannet et al., 2001). Ao se alimentar das folhas (fase galícola), o inseto forma estruturas conhecidas como galhas resultando em distorção foliar, necrose, desfolhamento precoce e a redução da fotossíntese (McLeod, 1990), podendo reduzir a produção e a qualidade dos frutos (McLeod, 1990; Yin et al., 2019). A formação de galhas raramente ocorre em folhas de *V. vinifera*, contudo, trabalhos recentes têm mostrado uma frequência crescente de galhas em folhas dessas cultivares em diversas regiões vitícolas do mundo (Forneck et al., 2019), como Hungria (Molnár et al., 2009), Áustria (Könnecke et al., 2010), Uruguai (Vidart et al., 2013), Suíça (Fahrentrapp et al., 2015) e Alemanha (Forneck et al., 2017). No Brasil, algumas cultivares de híbridos comerciais como a ‘BRS Lorena’ e a ‘Moscato Embrapa’ têm demonstrado alta suscetibilidade à forma galícola, muitas vezes tornando necessário o controle químico (Botton & Walker, 2009).

Quando o ataque ocorre nas raízes de *V. vinifera*, o inseto provoca nodosidades nas radículas e tuberosidades em raízes mais velhas (Grannet et al., 2001). Tanto as nodosidades quanto as tuberosidades afetam significativamente o transporte e a absorção de nutrientes e água (Benheim et al., 2012). Os danos nos tecidos lignificados das raízes (tuberosidades) levam ao declínio das plantas de videira, através da diminuição da resistência da planta hospedeira, aumentando a suscetibilidade à infecção fúngica

secundária, principalmente, por feridas causadas nos pontos de inserção do estilete da filoxera (Omer et al., 1995; Edwards et al., 2007).

Para evitar maiores danos ao cultivo, o controle químico é comumente utilizado para o manejo da fase galícola da filoxera (Yin et al., 2019). No Brasil, esse controle tem sido recomendado com a utilização de inseticidas a base de neonicotinoides a partir do aparecimento das primeiras galhas, principalmente, quando a infestação ocorre nas folhas de plantas matrizes de porta-enxertos ou em novos plantios no campo para posterior enxertia (Botton et al., 2003). Para controle da filoxera radícula o uso de porta-enxertos resistentes é a principal solução viável a longo prazo (Grannet et al., 2001; Benheim et al., 2012). Porém, alguns países como a Austrália e o Chile ainda cultivam a videira de raiz própria (não enxertada), mantendo rigorosos protocolos de quarentena (Benheim et al., 2012), sendo a realização do controle químico com a utilização de neonicotinoides somente na forma emergencial (Herbert et al., 2008). Entretanto, o manejo da filoxera com a utilização constante do mesmo grupo químico aumenta o potencial de seleção de populações resistentes aos ingredientes ativos utilizados. Neste cenário, novos grupos químicos, com capacidade de permitir a rotação de princípios ativos e ampliação do espectro de manejo devem ser permanentemente avaliados. Neste trabalho foi avaliada a eficácia de produtos químicos pertencentes aos grupos químicos butenolidas e sulfoxaminas na supressão de populações de filoxera galícola e radícula na cultura da videira.

## **Material e Métodos**

### **Efeito de inseticidas sobre a fase galícola**

O experimento foi instalado em campo, utilizando plantas de cinco anos de idade do porta-enxerto 'Paulsen 1103' (*V. berlandieri* x *V. rupestris*) plantado no espaçamento

de 1,0 x 2,60m com histórico de infestação da fase galícola da filoxera localizado na Embrapa Uva e Vinho em Bento Gonçalves, RS, Brasil (Latitude 29°09'56" Sul, Longitude 51°32'3" Oeste). O delineamento experimental foi de blocos casualizados com seis repetições sendo que cada unidade experimental foi composta por parcelas de 4 plantas. Os inseticidas avaliados foram o thiamethoxam (Actara 250 WG<sup>®</sup>, 30g 100L<sup>-1</sup>), flupiradifurona (Sivanto<sup>®</sup> Prime 200 SL, 75mL 100L<sup>-1</sup>), e sulfoxaflor (Closer<sup>®</sup> SC, 40mL100L<sup>-1</sup>) (Tabela 1), mantendo-se um tratamento testemunha (sem controle). As aplicações foram realizadas em intervalos semanais com um pulverizador costal elétrico com capacidade de 18 litros. Para tanto, as plantas foram pulverizadas até o ponto de escorrimento, num volume de calda aproximado de 460 L/ha. As avaliações foram realizadas antes da aplicação dos tratamentos e aos 7, 14, 21 e 28 dias após a primeira aplicação (DAPA). O número total de galhas da filoxera presentes nas primeiras duas folhas em 20 ponteiros, escolhidos ao acaso, dentro de cada repetição, sem haver marcação prévia foi avaliado para registrar o efeito dos produtos sobre a praga. Após as aplicações, quando a porcentagem de redução de danos (% RD) nas folhas fosse igual ou inferior a 70%, uma nova aplicação era realizada.

### **Efeito de inseticidas sobre a fase radícula**

O experimento foi realizado utilizando mudas de pé-franco de 'Cabernet Sauvignon' (*Vitis vinifera*) cultivadas em vasos plásticos com capacidade de três litros e mantidas em casa de vegetação na Embrapa Uva e Vinho em Bento Gonçalves-RS. Inicialmente, estacas de 'Cabernet Sauvignon' (com aproximadamente com 28 cm de comprimento e 7 mm diâmetro) foram coletadas no campo durante o período de inverno (julho/2019- temperatura média do local de 12,3°C, INMET, 2021) quando as plantas estavam em dormência (sem a presença de folhas). Em seguida, as estacas coletadas



foram armazenadas em câmara fria com temperatura entre  $2 \pm 2^{\circ}\text{C}$  e umidade do ar acima de 95% (Kuhn et al., 2007), por aproximadamente dois meses. Decorrido esse tempo, as estacas foram retiradas da câmara e hidratadas por 12 horas em água pura antes do plantio (setembro de 2019). Para o plantio foram utilizados vasos de 3L contendo composto organo-mineral constituído por 2 partes de solo (corrigido a pH 5,6-5,8), 1 parte de substrato à base de turfa canadense e 0,5 de vermiculita (granulometria fina). O composto foi misturado e esterilizado a  $145^{\circ}\text{C}$ , durante 45 minutos, em autoclave. Em fevereiro de 2020, ovos de filoxera-da-videira provenientes da criação de manutenção foram transferidos com um pincel macio para placas de Petri revestidas com papel-filtro umedecido. Posteriormente, as raízes da videira de cada vaso foram expostas e o papel-filtro contendo os ovos foi colocado em contato com o sistema radicular seguindo a metodologia proposta por Herbert et al. (2008). Para cada vaso foram inoculados 200 ovos de filoxera. Após a infestação dos ovos foi respeitado um período de aproximadamente 80 dias para que houvesse a infestação e multiplicação dos insetos dentro dos vasos.

Em abril de 2020 foi realizada a aplicação dos inseticidas via “drench”. Os inseticidas avaliados foram thiamethoxam (Actara 250 WG<sup>®</sup>, 0,2 g p.c./planta), flupiradifurona (Sivanto<sup>®</sup>Prime 200 SL, 0,8 mL/planta), imidacloprido (Provado<sup>®</sup>200 SC 0,7mL/planta), e sulfoxaflor (Closer<sup>®</sup> SC, 0,3 mL/planta) (Tabela 1). Após a diluição em água, foi aplicado 500 mL de calda por vaso, mantendo-se um tratamento testemunha (sem controle). Foi realizado um delineamento inteiramente casualizado, com 12 repetições (vaso) por tratamento.

Após 30 dias da aplicação dos inseticidas foi feita a contagem do número de ovos, ninfas e adultos presentes nas raízes. Para isso, foi realizada a coleta de duas amostras de três gramas de raiz por vaso. Essas raízes foram colocadas em tubos do tipo Falcon de 50

mL pré-identificados e armazenados em um freezer (-15°C) com o intuito de provocar a morte dos insetos através do frio. Os tubos foram retirados do freezer e passaram por um processo de lavagem e filtração. Para lavagem, cada tubo contendo as raízes com filoxera recebeu a quantidade aproximada de 35 mL de água quente. Em seguida, esse tubo foi vedado e agitado com o objetivo de desprender o inseto das raízes. Esse processo foi realizado duas vezes. O líquido adquirido dessa agitação passou por três filtrações; a primeira em tecido 'voile' liso com o objetivo de capturar na malha os insetos maiores. Na segunda filtração, foi usado um tecido 'voile' dobrado que prendia as ninfas de primeiro ínstar e alguns ovos e a terceira passou por uma filtração mais lenta, através de papel-filtro que coletava todos os ovos que conseguiram passar pelo tecido "voile". Em seguida, foi realizada a contagem de todos os insetos advindos dos três processos de filtração com auxílio de um microscópio estereoscópico (5 vezes de aumento).

### **Análise estatística**

Modelos lineares generalizados da família exponencial de distribuições (Nelder & Wedderburn, 1972) foram utilizados para as análises das variáveis estudadas. A verificação do ajuste de qualidade foi realizada através do gráfico semi-regular com envelope de simulação (Hinde & Demétrio, 1998). Quando diferenças significativas foram detectadas entre os tratamentos, comparações múltiplas (teste de Tukey,  $P < 0,05$ ) foram realizadas usando a função `glht` no pacote `Multcomp`, com ajuste dos valores de  $p$ . Todas as análises foram realizadas utilizando o software estatístico "R" versão 2.15.1 (R Development Core Team, 2012). A porcentagem de redução de danos nos ponteiros (%RDP) foi calculada pela fórmula de Abbott (1925).

## Resultados e Discussão

Na pré-avaliação (monitoramento) realizada antes da aplicação dos inseticidas, não houve diferença significativa ( $F=0.31$ ;  $gl=3$ , 279;  $p=0.8186$ ) entre os tratamentos, indicando uniformidade na infestação da filoxera causando galhas na área experimental (Tabela 2). Na primeira avaliação, realizada sete DAPA (Dias após a primeira aplicação), as plantas tratadas com os inseticidas thiamethoxam, flupiradifurona e sulfoxaflor apresentaram diferença significativa ( $F=391,66$ ;  $gl=3$ , 279;  $p<0.0001$ ) em relação ao tratamento sem controle (testemunha) (Tabela 2). Nesta avaliação, os inseticidas flupiradifurona e sulfoxaflor apresentaram os melhores resultados de controle, diferindo significativamente do tratamento com o thiamethoxam. Com os resultados desta avaliação, foi realizada uma nova aplicação com thiamethoxam.

Na segunda avaliação, realizada aos 14 DAPA, plantas tratadas com o inseticida sulfoxaflor apresentaram um aumento no número médio de galhas por ponteiro, resultando numa %RD de 29,8%, diferindo significativamente ( $F=140,67$ ;  $gl=3$ , 279;  $p<0.0001$ ) dos tratamentos com thiamethoxam ( $9,63 \pm 1,05$  galhas) e flupiradifurona ( $7,36 \pm 0,98$  galhas) que proporcionaram um controle de 70,2% e 77,0% respectivamente (Tabela 2). Após essa avaliação, uma nova aplicação dos inseticidas sulfoxaflor e thiametoxam foi realizada. A flupiradifurona, por manter um controle próximo a 80%, foi mantida sem reaplicar para avaliar a eficácia no campo ao longo do tempo.

Aos 21 DAPA, a flupiradifurona diferiu significativamente ( $F=603,4$ ;  $gl=3$ , 279;  $p<0.0001$ ) dos tratamentos thiamethoxam e sulfoxaflor. Contudo, ainda comparando com a testemunha, que teve uma média de  $30,40 \pm 0,98$  galhas, o número médio de galhas foi inferior ( $3,33 \pm 0,58$ ), não necessitando de uma segunda aplicação. Aos 28 DAPA, todos os tratamentos apresentaram diferença significativa ( $F=474,82$ ;  $gl=3$ , 279;  $p<0.0001$ ) em

relação a testemunha (Tabela 2). O thiamethoxam, com um total de três aplicações, teve um acréscimo no número médio de galhas ( $3,02 \pm 0,58$  galhas), diferindo significativamente do tratamento flupiradifurona ( $0,68 \pm 0,12$ ). O tratamento sulfoxaflor ( $1,26 \pm 0,30$  galhas) não diferiu significativamente do tratamento thiamethoxam e flupiradifurona.

Para a fase radícula, aos 30 DAPA houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados tanto para a fase de ovo ( $F=4,12$ ;  $gl=4,168$ ;  $p<0.0001$ ), quanto para fase ninfa + adulto ( $F=8,11$ ;  $gl=4,168$ ;  $p<0.0001$ ) (Tabela 3). Para o número médio de ovos de filoxera presentes em três gramas de raiz por vaso, o inseticida thiametoxam apresentou a menor porcentagem controle (52,98%), diferindo significativamente ( $F=4,12$ ;  $gl=4,168$ ;  $p<0.0001$ ) dos demais tratamentos (Tabela 3). A flupiradifurona, apresentou uma eficácia de 94,29%, seguida pelo imidacloprido com 99,46% e o sulfoxaflor, que apresentou uma supressão de 99,76%, não havendo diferença significativa entre os três tratamentos (Tabela 3). Para a fase de ninfas e adultos, o thiametoxam apresentou uma redução de danos de 48,41%, diferindo dos demais tratamentos. A flupiradifurona apresentou uma %RD de 75,77, diferindo dos tratamentos imidacloprido e sulfoxaflor. Os melhores resultados foram observados no tratamento imidacloprido, com 89,10% e sulfoxaflor, que apresentou 95,98% de supressão de insetos nas raízes de ‘Cabernet Sauvignon’.

O controle da filoxera com inseticidas neonicotinoides foi verificado em experimentos de laboratório, casa de vegetação e campo (Herbert et al., 2008; Johnson et al., 2009). Em Arkansas- EUA, Johnson et al. (2009) relataram resultados positivos no controle da forma galícola no híbrido ‘Norton’ (*Vitis labrusca* x *Vitis vinifera*) com duas aplicações de acetamiprido. Em videiras na Jordânia, Al-Antary et al. (2008) avaliaram o efeito da aplicação foliar dos inseticidas Actara 25 WG (thiametoxam) e Confidor 200

SC (imidacloprido) no controle da filoxera radícula e verificaram que, mesmo não havendo diferença significativa, o número médio de ovos, ninfas e adultos na área tratada com inseticida imidacloprido foi menor do que no tratamento com thiametoxam. Além disso, o peso médio do cacho foi maior no tratamento com imidacloprido. Na Austrália, Herbert et al. (2008) avaliaram o efeito dos neonicotinoides thiamethoxam e imidacloprido na supressão na filoxera radícula em vasos mantidos em casa de vegetação. Os dois tratamentos reduziram de maneira significativa a abundância de insetos das raízes. No entanto, o imidacloprido teve o maior efeito, reduzindo o número de ninfas e estágios posteriores em mais de 90%. Adicionalmente, uma melhora do vigor da videira foi observada, demonstrando o potencial principalmente do imidacloprido na supressão de populações da filoxera no campo. Lyubenova (2015) avaliou o efeito do imidacloprido (Warrant 70 WG), gama-cialotrina (Nexide 015 SC) e thiametoxam (Actara 25 WG) no controle da forma foliar da filoxera na Bulgária. Os inseticidas imidacloprido e thiametoxam apresentaram a maior eficácia no controle.

No Brasil, para o controle da filoxera galícola, Botton et al. (2004) observaram que os neonicotinoides thiamethoxam e imidacloprido e o piretroide deltametrina apresentaram controle de 96,3, 94,4% e 75,6% respectivamente, reduzindo a presença de galhas da filoxera aos 21 DAA, em 'Paulsen 1103'. Para as raízes, Botton et al. (2013) avaliaram diferentes inseticidas para o controle da cochonilha da videira *Eurhizococcus brasiliensis* (Hemiptera: Margarodidae) no solo. Os autores verificaram uma eficiência superior a 95% para os tratamentos imidacloprido e thiamethoxam aplicados via "drench".

Entre o manejo da forma galícola e radícula, o controle químico da filoxera nas raízes é mais complexo. De acordo com Benheim et al. (2012) a filoxera nas folhas está mais exposta, oferecendo uma proteção reduzida contra predadores e pulverizações

foliares. Nas raízes, Grannet et al. (2001) destacam que as principais restrições à eficácia dos inseticidas seria o baixo deslocamento do produto químico no solo e o rápido potencial de crescimento populacional do inseto. Segundo De Klerk (1974), a filoxera-da-videira pode ser encontrada nas raízes a uma profundidade de até 1,2 m do perfil do solo. Nesse sentido, Júnior & Rigitano (2009) avaliaram o deslocamento do thiametoxam no solo e constataram que este neonicotinoide apresenta uma solubilidade considerada alta ( $4,1 \text{ g L}^{-1}$ ), tendo um deslocamento para camadas abaixo de 50 cm de profundidade. Em estufas, Gonzalez-Pradas et al. (2002) relataram que o imidacloprido penetra nos primeiros 40 cm do solo em dois anos após a primeira aplicação. Entretanto, restrições sobre o uso dos neonicotinoides têm aumentado nas últimas décadas principalmente pelos efeitos adversos sobre polinizadores benéficos, como *Apis mellifera* Linnaeus (Hymenoptera: Apidae) (Iwasa et al., 2004; Tosi et al., 2017), contaminações ambientais persistentes (Bonmatin et al., 2015) e indícios de populações de insetos resistentes (Longhurst et al., 2012).

Entre as opções de inseticidas não pertencentes ao grupo químico dos neonicotinoides para o manejo da filoxera destacam-se o espirotetramato (Movento) e a fenpropaprima (Danitol) (Sleezer et al., 2011; Benheim et al., 2012; Yin et al., 2019). O espirotetramato é derivado do ácido tetrônico e atua principalmente por ingestão inibindo a lipogênese que leva a uma diminuição dos reguladores de crescimento e da fertilidade (Bostanian et al., 2012). A fenpropaprima é a quarta geração dos piretroides e atua como modulador dos canais de sódio (Yin et al., 2019). Trabalhos têm mostrado bons resultados no controle da filoxera-da-videira com o uso de espirotetramato (via solo e via foliar) e fenpropaprima (via foliar) (Sleezer et al., 2011; Kocsis; Andor, 2014). O sulfoxaflor (Closer), do grupo químico das sulfoxaminas, apresentou resultados promissores no controle da forma galícola quando comparado com os neonicotinoide e o espirotetramato

(Bacci et al., 2018). O espirotetramato embora promissor no controle da praga, não está disponível no mercado brasileiro.

Neste trabalho, foi avaliada a eficácia do sulfoxaflor tanto para fase galícola quanto para fase radícula da filoxera. Foi observado que o inseticida apresentou um controle da fase radícula acima de 95,98% quando avaliado em baldes infestados em casa de vegetação. Para o controle da forma galícola, foram necessárias duas aplicações para alcançar uma redução na infestação de galhas acima dos 90%. O sulfoxaflor, mesmo pertencendo ao modo de ação dos neonicotinoides, interage com os receptores nicotínicos da acetilcolina de uma maneira diferente (Zhu et al., 2011; Watson et al., 2017). Desta forma, pode ser uma ferramenta valiosa para o manejo de insetos sugadores, conforme relatado para o manejo de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), resistente aos neonicotinoides (Longhurst et al., 2012), pois não permite a resistência cruzada com esses inseticidas (Babcock et al., 2010). Além disso, de acordo Marques et al. (2020) o sulfoxaflor apresenta alta probabilidade de lixiviação. Entretanto, ao ser analisado o valor 'Leaching index' LEACH ( $\text{Log}_{10}$ ) o sulfoxaflor ficou com valor abaixo (4,33) quando comparado a outros agrotóxicos do mesmo grupo de ação, como thiametoxam (8,74) e imidacloprido (9,04). Isto indica que ele apresenta menor potencial de lixiviação quando comparado a outros inseticidas com características semelhantes (Marques et al., 2020). Porém, estudos recentes alertam que o sulfoxaflor tem efeitos adversos em espécies polinizadores semelhantemente aos neonicotinoides (Zhu et al., 2017; Siviter et al., 2018, 2019).

Outro inseticida com grande potencial para o controle da filoxera é a flupiradifurona. Embora compartilhe o mesmo modo de ação dos neonicotinoides, a molécula é quimicamente diferente e atua como agonista dos receptores de acetilcolina contendo o farmacóforo de butenolídeo extraído das folhas e caules da planta medicinal

asiática *Stemona japonica* (Blume) Stemonaceae) (Pilli et al., 2010; Nauen et al., 2014). O produto foi desenvolvido para o uso foliar, solo e sementes, para uma ampla variedade de frutas e hortaliças e apresenta um bom desempenho contra um amplo espectro de pragas, principalmente sugadores (Jeschke et al., 2015). Em sistemas de produção de tomate na Flórida, tem sido observado que a flupiradifurona tem um alto potencial para suprimir a transmissão de vírus por *B. tabaci* MEAM1 (Smith et al., 2014ab). Como a flupiradifurona é uma molécula relativamente nova, menos espécies de pragas são resistentes a ela do que aos neonicotinoides tradicionais (Jeschke et al., 2015; Nauen et al., 2014; Prosser et al., 2016).

No Brasil, recentemente, foi autorizado o registro da flupiradifurona no controle da forma galícola (via foliar) da filoxera-da-videira (Agrofit, 2021). Neste trabalho foi observado que a flupiradifurona apresentou um bom desempenho no controle da filoxera foliar e um controle intermediário quando aplicada via solo. Segundo Jeschke et al. (2015), após a absorção na planta, flupiradifurona é translocada, de forma sistêmica pelo xilema, na direção do fluxo de transpiração, e é translaminarmente distribuído ao longo da folha (seção transversal da folha) tendo bom controle via ingestão para os insetos que estejam na parte inferior, mesmo quando aplicada apenas na superfície superior da folha. Além disso, Hesselbach & Scheiner (2018) estudaram o efeito de diferentes concentrações de flupiradifurona no paladar e nas habilidades cognitivas de abelhas forrageadoras. Frente a esse estudo, observaram que apenas a concentração mais alta do produto teve efeitos significativos nas abelhas. Se manejada de forma adequada (de acordo com as instruções do rótulo) a flupiradifurona pode ser considerada segura para as abelhas (Hesselbach & Scheiner, 2018). Adicionalmente, segundo Sarkar & Mukherjee (2021), a mobilidade da flupiradifurona é maior em solo franco-arenoso do que em solo argiloso, pois uma maior adsorção das moléculas de flupiradifurona ocorre em solo argiloso, diminuindo o



potencial de mobilidade do composto à lixiviação. Essa diferença em ambos os tipos de solo é atribuída à composição do percentual de argila e teor de carbono orgânico dos solos. Em solos argilosos corrigidos com adubos, resíduos de flupiradifurona estão abaixo do nível detectável em camadas de 10-15 cm de profundidade (Sarkar & Mukherjee, 2021). Nas áreas vitícolas tradicionais do sul do Brasil, em média, os cultivos dispõem de solos com alta proporção de argila (Argissolos, Latossolos e Cambissolos) e, conseqüentemente, apresentam restrições de drenagem (Potter et al., 2004; Streck et al., 2008). Esse fator pode contribuir de forma positiva no uso do sulfoxaflor para o controle da filoxera radícula.

Com base nos resultados desses experimentos, observou-se que os inseticidas flupiradifurona e sulfoxaflor são alternativas para o controle químico da filoxera na cultura da videira sendo alternativas aos neonicotinoides thiamethoxan e imidacloprido visando minimizar a evolução da resistência da praga a inseticidas. Para o manejo da parte aérea, uma aplicação de flupiradifurona foi eficaz no manejo da filoxera por 28 dias enquanto que para o sulfoxaflor foram necessárias duas aplicações para obter um controle acima dos 90%. Os dois produtos foram equivalentes a três aplicações do thiametoxam. Em contraste, o sulfoxaflor, nas doses avaliadas, apresentou eficácia para o manejo da forma radícula filoxera em níveis superiores a flupiradifurona.

### **Conclusões**

1. Os inseticidas flupiradifurona (Sivanto<sup>®</sup>Prime 200 SL 75mL 100L<sup>-1</sup>) e sulfoxaflor (Closer<sup>®</sup>SC 40mL 100L<sup>-1</sup>) são eficientes no controle da forma galícula da filoxera *Daktulosphaira vitifoliae* na cultura da videira.

2. Os inseticidas sulfoxaflor (Closer<sup>®</sup>SC 0,3 mL/planta) e Imidacloprido (Provado<sup>®</sup> 200 SC 0,7 mL/planta) controlam com eficiência a forma radícula da filoxera *Daktulosphaira vitifoliae* na cultura da videira.

### Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa. À assistente do Laboratório de Entomologia da Embrapa Uva e Vinho, Vânia Sganzerla pela ajuda nos experimentos.

### Referências

ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v.18, n.1, p.265-267, 1925. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>.

AGROFIT. Available at: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Accessed on: Apr. 10 2021.

AL-ANTARY, T.M.; NAZER, I.K.; QUDEIMAT, E.A. Population trends of grape phylloxera, *Daktulospharia (vites) vitifoliae* fitch. (Homoptera: Phylloxeridae) and effect of two insecticides on its different stages in Jordan. **Jordan Journal of Agricultural Sciences**, v. 4, n.4, p.343-349, 2008.

BABCOCK, J. M.; GERWICK, C. B.; HUANG, J. X.; LOSO, M. R.; NAKAMURA, G.; NOLTING, S. P.; ROGERS, R. B.; SPARKS, T. C.; THOMAS, J.; WATSON, G. B.; ZHU, Y. Biological characterization of sulfoxaflor, a novel insecticide. **Pest Management Science**, v. 67, n. 3, p. 328-334, 2010.

BACCI, L.; CONVERTINI, S.; ROSSARO, B. A review of sulfoxaflor, a derivative of biological acting substances as a class of insecticides with a broad range of action against many insect pests. **Journal of Entomological and Acarological Research**, v. 50, n. 3, p. 51-71, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4081/jear.2018.7836>.

BENHEIM, D; ROCHFORT, S.; ROBERTSON, E.; POTTER, I.D.; POWELL, K.S. Grape phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae*) - a review of potential detection and alternative management options. **Annals of Applied Biology**, v.161, p.91-115, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2012.00561.x.nc>

BONMATIN, J.M; GIORIO, C.; GIROLAMI, V.; GOULSON, D.; KREUTZWEISER, D.P.; KRUPKE, C.; LIESS, M.; LONG, E.; MARZARO, M.; MITCHELL, E.A.;

NOOME, D.A.; SIMON-DELISO, N.; TAPPARO, A. Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil. **Environmental Science and Pollution Research**, v.22, p.35- 67, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3332-7>.

BOSTANIAN N.J., WISE J.C., ISAACS R. Pesticides for Arthropod Control in Vineyards. In: Bostanian N., Vincent C., Isaacs R. (eds) **Arthropod Management in Vineyards**: Springer, Dordrecht, 2012. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-007-4032-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4032-7_4).

BOTTON, M.; HICKEL, E. R.; SORIA, S. J. Pragás. In: EDITOR TÉCNICO THOR VINÍCIUS MARTINS FAJARDO; Embrapa Uva e Vinho (Bento Gonçalves, RS). **Uva para processamento: Fitossanidade**. 21.ed. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2003. p. 131.

BOTTON, M; HICKEL, E. R.; SORIA, S. J.; SCHUCK, E. Pérola-da-terra. In: SALVADORI, J. R.; ÁVILA, C. J.; SILVA, M. T. B. (Org.). **Pragas de solo no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa., 2004. p. 457-476.

BOTTON, M; WALKER, M.A. Grape phylloxera in Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 816, p. 39-40, 2009. DOI: [10.17660/ActaHortic.2009.816.6](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.816.6).

BOTTON, M.; BERNARDI, D.; EFROM, C.F.; BARONIO, C.A. Eficiência de inseticidas no controle de *Eurhizococcus brasiliensis* (Hemiptera: Margarodidae) na cultura da videira. **BioAssay**, v.8, n.5, p.1-5, 2013.

DE KLERK, C.A. Biology of *phylloxera vitifoliae* (Fitch) (Homoptera: Phylloxeridae) in South Africa. **Phytophylactica**, v.6, p.109-118, 1974.

EDWARDS, J.; NORNG, S.; GRANETT, J.; POWELL, K.S. Relationships between grape phylloxera abundance, fungal interactions and grapevine decline. **Acta Horticulturae**, v. 733, p.151–158, 2007. DOI: [10.17660/ActaHortic.2007.733.16](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.733.16).

FAHRENTTRAPP, J; MÜLLER, L.; SCHUMACHER, P. Is there need for leaf-galling grape phylloxera control? Presence and distribution of *Daktulosphaira vitifoliae* in Swiss vineyards. **International Journal of Pest Management**, v.61, n.4, p.340-345, 2015. DOI: [10.1080/09670874.2015.1067734](https://doi.org/10.1080/09670874.2015.1067734).

FORNECK, A; VIENNA, L.S.; DOCKNER, V. PHYLLI – an international database for grape phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch). **Integrated Protection and Production in Viticulture**, v.128, p.45–51, 2017.

FORNECK, A.; MAMMERLER, R.; TELLO, J.; BREUER, M.; MÜLLER, J.; FAHRENTTRAPP, J. First European leaf-feeding grape phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch) survey in Swiss and German commercial vineyards. **European Journal of Plant Pathology**, v.154, p.1029-1039, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01723-0>.

GONZALEZ-PRADAS, E.; URENA-AMATE, M.D.; FLORES-CESPEDES, F.; FERNANDEZ-PEREZ, M.; GARRATT, J.; WILKINS, R.J. Leaching of imidacloprid

and procymidone in a greenhouse of southeast of Spain. **Soil Science Society of America Journal**, v.66, p.1821–1828, 2002. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2002.1821>.

GRANETT, J.; WALKER, M. A.; KOCSIS, L.; OMER, A. D. Biology and Management of Grape Phylloxera. **Annual Review of Entomology**, v. 46, p.387-412, 2001. DOI: 10.1146/annurev.ento.46.1.387.

HERBERT, K. S; POWELL, K. S; MCKAY, A; HARTLEY, D; HERDINA, OPHEL-KELLER, K; SCHIFFER, M; HOFFMANN, A. A. Developing and testing a diagnostic probe for grape phylloxera applicable to soil samples. **Journal of Economic Entomology**, v.101, p.1934–1943, 2008. DOI: 10.1603/0022-0493-101.6.1934.

HESELBACH, H; SCHEINER, R. Effects of the novel pesticide fupyradifurone (Sivanto) on honeybee taste and cognition. **Scientific Reports**, v.8, p.49-54, 2018. DOI: 10.1038/s41598-018-23200-0.

HINDE, J; DEMÉTRIO, C. G. Overdispersion: models and estimation. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 27, p.151-170, 1998. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-9473\(98\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0167-9473(98)00007-3).

INMET, 2021. Instituto Nacional de Meteorologia. <https://portal.inmet.gov.br/>  
Accessed on: Apr. 10 2021.

IWASA, T; MOTOYAMA, N; AMBROSE, J. T; ROE, M. R. Mechanism for the differential toxicity of neonicotinoid insecticides in the honey bee, *Apis mellifera*. **Crop Protect**, v.23, p.371–378, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2003.08.018>.

JESCHKE, P; NAUEN, R; GUTBROD, O, BECK, M. E, MATTHIESEN, S, HAAS, M. Flupyradifurone (Sivanto™) and its novel butenolide pharmacophore: structural considerations. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.121, p.31-38, 2015. DOI: 10.1016/j.pestbp.2014.10.011. Epub 2014 Oct 24.

JOHNSON, D. T., B. LEWIS, AND S. SLEEZER. Efficacy of insecticides against foliar form of grape phylloxera. **Arthropod Management Tests** 34: C14, 2009. DOI: <https://doi.org/10.4182/amt.2009.C14>.

JÚNIOR, R. P. S; RIGITANO, R. L. O. Comportamento Ambiental do Inseticida Thiamethoxam em um Latossolo Vermelho Distroférico de Dourados, MS. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 22p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 49), 2009.

KOCSIS, L.; ANDOR, R. Efficacy of pesticides on grape phylloxera populations in vitro and in situ. **Acta Horticulturae**, v.1045, p.333-36, 2014. DOI: 10.17660/ActaHortic.2014.1045.4.

KÖNNECKE, T; AIGNER, C; SPECHT, S; LAWOW, N; FORNECK, A. A. stepwise assessment of *Daktulosphaira vitifoliae* infested grapevines in a Viennese vineyard site. **Acta Horticulturae**, v. 904, p.59–62, 2011. DOI: 10.17660/ActaHortic.2011.904.8.

KUHN, G. B.; REGLA, R. A.; MAZZAROLO, A. (2007). Produção de mudas de videira (*Vitis* spp.) por enxertia de mesa.

LONGHURST, C; BABCOCK, J. M; DENHOLM, I; GORMAN, K; THOMAS, J. D; SPARKS, T. C. Cross-resistance relationships of the sulfoximine insecticide sulfoxaflor with neonicotinoids and other insecticides in the whiteflies *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum*. **Pest Management Science**, v.69, p.809–813, 2012. DOI: 10.1002/ps.3439. Epub 2012 Nov 30.

LYUBENOVA, T. Study the effect of some insecticides against the foliar form of phylloxera and their suitability for integrated control. **Journal of Mountain Agriculture on the Balkans**, v.18, n.4, p. 691-701 2015.

MARQUES, J. G. C; Montenegro, S. M. G. L; Lyra, M. R. C. C; Nascimento, R. M.; Silva, J. A. A. Análise do potencial de lixiviação do inseticida sulfoxaflor em solos. **Águas Subterrâneas**, v. 34, n. 3, p. 348-357, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14295/ras.v34i3.29921>.

McLEOD, M. J. **Damage assessment and biology of foliar grape phylloxera (Homoptera: Phylloxeridae) in Ohio**. 1990. 74p. PhD thesis. Ohio State University.

MOLNÁR, J. G; NEMETH, C. S; MÁTYÁS, J; JAHNKE, G. G. Assessment of leaf galling incidence on European grapevines in Badascony, Hungary. **Acta Horticulture** 816, p.97– 104, 2009. DOI:10.17660/ActaHortic.2009.816.14.

NAUEN, R; JESCHKE, P; VELTEN, R; BECK, M; EBBINGHAUS-KINTSCHER, U; THIELERT, W; WÖLFEL, K; HAAS, M; KUNZ, K; RAUPACH, G. Flupyradifurone: a brief profile of a new butenolide insecticide. **Pest management science**, v.71, p.850–862, 2014. DOI: 10.1002/ps.3932.

NELDER, J. A; WEDDERBURN, R. W. M. Generalized Linear Models. **Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)**, v.135, p.370-384, 1972.

OMER, A. D; GRANETT, J; DE BENEDICTUS, J. A; WALKER, M. A. Effects of fungal root infections on the vigour of grapevines infested by root feeding grape phylloxera, **Vitis**, v.34, p.165–170, 1995. DOI: <https://doi.org/10.5073/vitis.1995.34.165-170>.

PILLI, R. A; ROSSO, G. B; DE OLIVEIRA, F; DA CONCEICAO, M. The chemistry of *Stemona* alkaloids: An update. **Natural Product Reports**, v.27, p.1908–1937, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1039/C005018K>.

POTTER, R. O. et al. Solos do Estado de Santa Catarina. Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 46, 721p., 2004.

PROSSER, R. S; DE SOLLA, S. R; HOLMAN, E. A. M; OSBORNE, R.; ROBINSON, S. A; BARTLETT, A. J; MAISONNEUVE, F. J; GILLIS, P. L. Sensitivity of the early-life stages of freshwater mollusks to neonicotinoid and butenolide insecticides. **Environmental Pollution**, v.218, p.428– 435, 2016. DOI: 10.1016/j.envpol.2016.07.022.

R Development Core Team 2012. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Available at: <<https://http://www.r-project.org/>>

SARKAR, S; MUKHERJEE, I. Effect of Organic Amendment on Mobility Behavior of Flupyradifurone in Two Different Indian Soils. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00128-021-03209-4>.

SIVITER, H; BROWN, M. J. F; LEADBEATER, E. Sulfoxaflor exposure reduces bumblebee reproductive success. **Nature**, v.561, p.109–112, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0430-6>.

SIVITER, H; HORNER, J; BROWN, M. J. F; LEADBEATER, E. Sulfoxaflor exposure reduces egg laying in bumblebees *Bombus terrestris*. **Journal of Applied Ecology**, v.57, p.160–169, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13519>.

SLEEZER S., JOHNSON D.T., LEWIS B., GOGGIN F., ROTHROCK C., SAVIN M. Foliar grape phylloxera, *Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch) seasonal biology, predictive model, and management in the Ozarks region of the United States. **Acta Horticulturae**, v.904, p.151–156, 2011. DOI: [10.17660/ActaHortic.2011.904.19](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.904.19).

SMITH H, A; GIURCANU, M. C. New insecticides for management of tomato yellow leaf curl, a virus vectored by the silverleaf whitefly, *Bemisia tabaci*, **Journal of Insect Science**, v.14, p.183-189, 2014a. DOI: [10.1093/jisesa/ieu045](https://doi.org/10.1093/jisesa/ieu045).

SMITH, H. A; NAGLE C. A. Combining novel modes of action for early-season management of *Bemisia tabaci* Hemiptera: Aleyrodidae) and tomato yellow leaf curl virus in tomato. **Florida Entomology**, v.97, p.1750–1765, 2014b. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.097.0451>.

STRECK, E. V; KÄMPF, N; DALMOLIN, R. S. D; KLAMT, E; NASCIMENTO, P. C. do; SCHNEIDER, P; GIASSON, E; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed., Rev. Ampliada. Porto Alegre, RS: EMATER, 2008, 222p.

TOSI, S; NIEH, J. C; SGOLASTRA, F; CABBRI, R; MEDRZYCKI, P. Neonicotinoid pesticides and nutritional stress synergistically reduce survival in honeybees. **Proceedings of the Royal Society**, B 284, 20171711, 2017. DOI: [10.1098/rspb.2017.1711](https://doi.org/10.1098/rspb.2017.1711).

VIDART, M. V; MUJICA, M. V; BAO, L; DUARTE, F; BENTANCOURT, C. M; FRANCO, J; SCATONI, I. B. Life history and assessment of grapevine phylloxera leaf galling incidence on *Vitis* species in Uruguay. **Springer Plus**, 2, 181, 2013. DOI: [10.1186/2193-1801-2-181](https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-181).

WATSON, G. B; OLSON, M. B; BEAVERS, K. W; LOSO, M. R; SPARKS, T. C. Characterization of a nicotinic acetylcholine receptor binding site for sulfoxaflor, a new sulfoximine insecticide for the control of sap-feeding insect pests. **Pesticide**

**Biochemistry and Physiology**, v. 143, p. 90-94, 2017. DOI: 10.1016/j.pestbp.2017.09.003.

YIN, L; CLARK, M. D; BURKNESS, E. C.; HUTCHISON, W. D. Grape phylloxera (Hemiptera: Phylloxeridae), on cold-hardy hybrid wine grapes (*Vitis* spp.): A Review of pest biology, damage, and management practices. **Journal of Integrated Pest Management**, v.10, n.16, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/jipm/pmz011>.

ZHU, Y; LOSO, M. R, WATSON, G. B; SPARKS, T. C; ROGERS, R. B; HUANG, J. X; GERWICK, B. C; BABCOCK, J. M; KELLEY, D; HEGDE, V. B; NUGENT, B. M; RENGA, J. M; DENHOLM, I; GORMAN, K; DEBOER, G. J; HASLER, J; MEADE, T; THOMAS, J. D. Discovery and characterization of sulfoxaflor, a novel insecticide targeting sap-feeding pests. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.59, p.2950–2957, 2011. DOI: 10.1021/jf102765x.

ZHU, Y.C.; YAO, J.; ADAMCZYK, J.; LUTTRELL, R. Synergistic toxicity and physiological impact of imidacloprid alone and binary mixtures with seven representative pesticides on honey bee (*Apis mellifera*). **PLoS ONE** v.12, n.5: e0176837, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176837>.

**Tabela 1.** Inseticidas utilizados para controle da fase galícol (foliar) e radícol (via solo) de *Daktulosphaira vitifoliae*.

| Ingrediente ativo<br>(i.a.)   | Nome comercial | Concentração <sup>a</sup><br>[Formulação] | Dose foliar <sup>b</sup> |      | Dose solo <sup>c</sup> |      | Grupo químico       |
|-------------------------------|----------------|---|--------------------------|------|------------------------|------|---------------------|
|                               |                |   | i.a.                     | p.c. | i.a.                   | p.c. |                     |
| Thiametoxam <sup>i</sup>      | Actara         | 250 [WG]                                  | 7,50                     | 30   | 0,05                   | 0,2  | Neonicotinoide [4A] |
| Flupiradifurona <sup>ii</sup> | Sivanto Prime  | 200 [SL]                                  | 15                       | 75   | 0,16                   | 0,8  | Butenolidas [4D]    |
| Sulfoxaflor <sup>iii</sup>    | Closer         | 240 [SC]                                  | 9,6                      | 40   | 0,07                   | 0,3  | Sulfoxaminas [4C]   |
| Imidacloprido <sup>iv</sup>   | Provado        | 200 [SL]                                  | -                        | -    | 0,14                   | 0,7  | Neonicotinoide [4A] |

<sup>i</sup>Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, São Paulo, SP, Brazil; <sup>ii,iv</sup>Bayer S.A, São Paulo, SP, Brasil; <sup>iii</sup>Dow AgroSciences Industrial Ltda, Barueri, SP, Brasil;

<sup>a</sup>Concentração em g i.a./kg ou mL [WG= granulo dispersível, SL= concentrado solúvel, SC= suspensão concentrada];

<sup>b</sup>Dose em g i.a./kg ou mL para 100L;

<sup>c</sup>Dose em g i.a./kg ou mL para 1 planta

**Tabela 2.** Número médio ( $X \pm EP$ ) e porcentagem de redução de danos (%RD) de galhas de *Daktulosphaira vitifoliae* em ponteiros do porta-enxerto 'Paulsen 1103' à campo.

| Ingrediente ativo | Aplicações | Pré-avaliação |            |                  | 14DAPA     |         | 21DAPA     |      | 28DAPA     |      |
|-------------------|------------|---------------|------------|------------------|------------|---------|------------|------|------------|------|
|                   | n°         | $X \pm EP^1$  | $X \pm EP$ | %RD <sup>2</sup> | $X \pm EP$ | %R<br>D | $X \pm EP$ | %RD  | $X \pm EP$ | %RD  |
| Thiametoxam       | 3          | 21,7±1,5A     | 10,9±1,0B  | 67,5             | 9,6±1,1C   | 70,2    | 0,7±0,2C   | 97,7 | 3,0±0,6B   | 88,9 |
| Flupiradifurona   | 1          | 23,0±1,6A     | 1,3±0,3C   | 96,1             | 7,4±1,0C   | 77,0    | 3,3±0,6B   | 89,1 | 0,7±0,1C   | 97,4 |
| Sulfoxaflor       | 2          | 22,2±1,6A     | 1,7±0,4C   | 94,4             | 22,6±0,9B  | 29,8    | 0,5±0,1C   | 98,3 | 1,3±0,3BC  | 95,2 |
| Testemunha        | -          | 23,7±1,4A     | 33,5±1,1A  | -                | 32,2±1,0A  | -       | 30,4±1,0A  | -    | 27,1±0,9A  | -    |
| <i>F</i>          |            | 0,31          | 391,66     |                  | 140,67     |         | 603,4      |      | 474,82     |      |
| <i>g.l.</i>       |            | 3,279         | 3,279      |                  | 3,279      |         | 3,279      |      | 3,279      |      |
| <i>P</i>          |            | 0,8186        | <0,0001    |                  | <0,0001    |         | <0,0001    |      | <0,0001    |      |

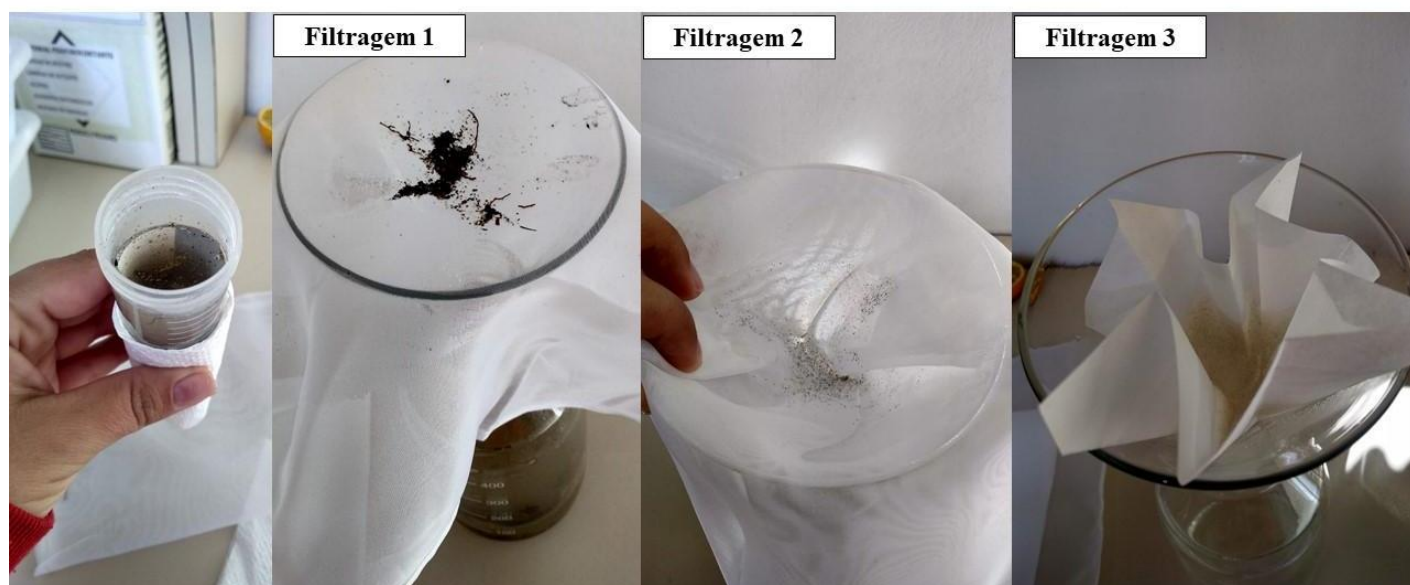
<sup>1</sup> Número médio  $\pm$  EP. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

<sup>2</sup>Porcentagem de redução de danos (%RD) pela fórmula de Abbott (1925).

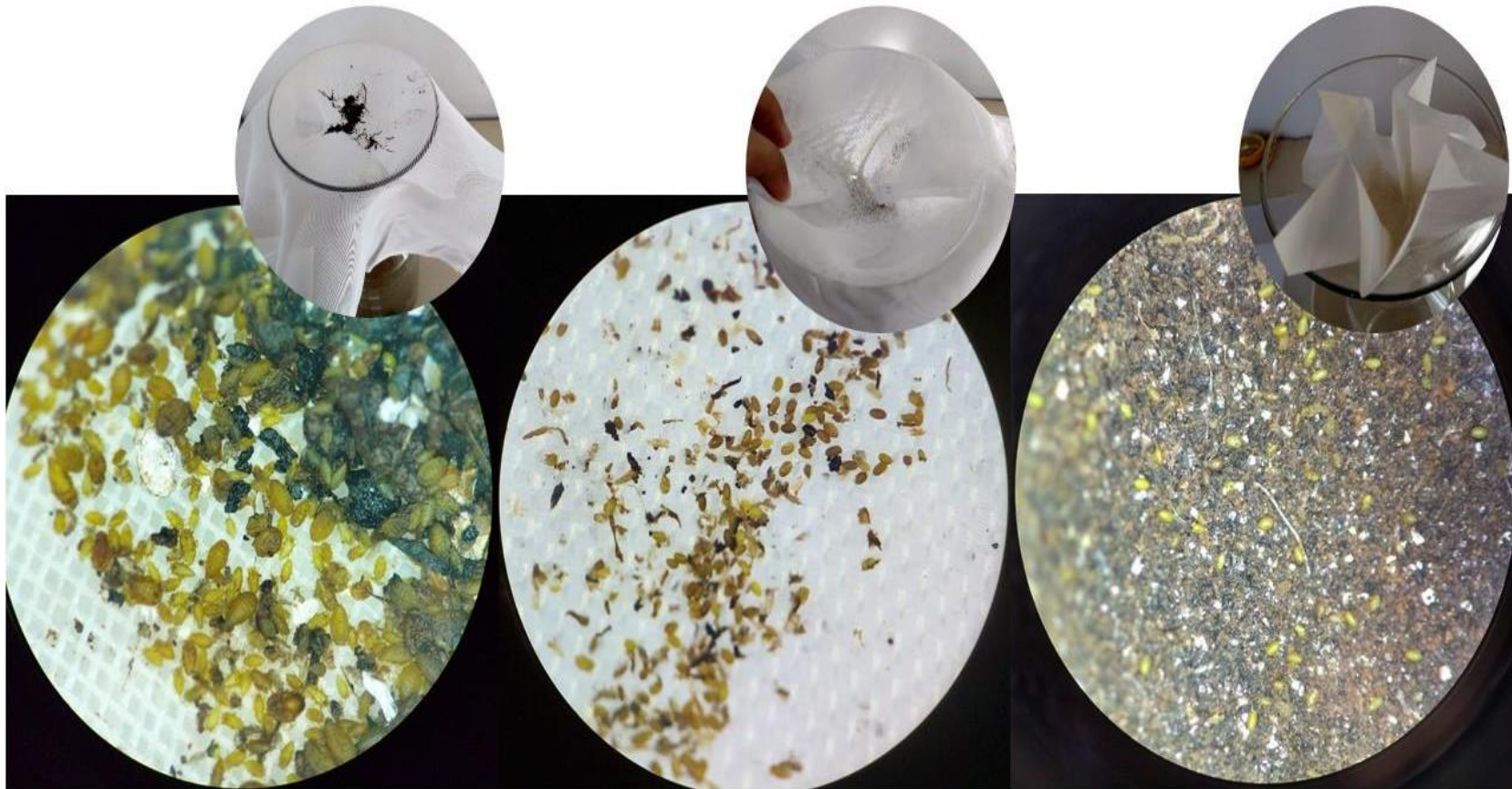




**Figura 1.** Infestação de mudas de ‘Cabernet Sauvignon’ cultivadas em pé-franco em baldes em casa de vegetação com ovos de *Daktulosphaira vitifoliae*.



**Figura 2.** Demonstração do processo de filtragem para a captura de ovos, ninfas e adultos de *Daktulosphaira vitifoliae*.



**Figura 3.** Insetos de *Daktulosphaira vitifoliae* capturados em cada processo de filtragem correspondente.

**Tabela 3.** Número médio ( $X \pm EP$ ) de ovos, ninfas e adultos de *Daktulosphaira vitifoliae* em raízes de ‘Cabernet Sauvignon’ cultivadas em pé-franco em baldes em casa de vegetação após 30 dias de aplicação de inseticidas.

| Ingrediente ativo | Aplicações | Ovos          |                  | Ninfas e adultos |       |
|-------------------|------------|---------------|------------------|------------------|-------|
|                   | n°         | $X \pm EP^1$  | %RD <sup>2</sup> | $X \pm EP$       | %RD   |
| Thiametoxam       | 1          | 72,08±23,49B  | 52,98            | 250,83±62,17B    | 48,41 |
| Flupiradifurona   | 1          | 8,75±2,93C    | 94,29            | 117,83±42,80C    | 75,77 |
| Sulfoxaflor       | 1          | 0,37±0,23C    | 99,76            | 19,54±11,90D     | 95,98 |
| Imidacloprido     | 1          | 0,83±0,44C    | 99,46            | 53±19,12D        | 89,10 |
| Testemunha        | -          | 153,29±28,17A | -                | 486,25±69,45A    | -     |
| <i>F</i>          |            | 4,12          |                  | 8,11             |       |
| <i>g.l.</i>       |            | 4,168         |                  | 4,168            |       |
| <i>P</i>          |            | <0,0001       |                  | <0,0001          |       |

<sup>1</sup> Número médio  $\pm$  EP. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

<sup>2</sup> Porcentagem de redução de danos (%RD) pela fórmula de Abbott (1925).

## Considerações Finais

No Brasil, este é o primeiro trabalho que apresenta informações sobre a biologia e o comportamento da filoxera em diferentes cultivares e porta-enxertos de videira. Além disso, constatou a presença e localização dos ovos de inverno no tronco de plantas de videira podendo ser mais uma fonte de dispersão da praga para diferentes regiões produtoras. Essa informação permite desenvolver medidas de controle para esta fase. Além disso, a observação dos ovos de inverno no sul do Brasil confirma a existência da reprodução sexuada, contribuindo para o aumento da diversidade genética da praga e conseqüentemente o surgimento de biótipos agressivos de filoxera.

Dentre os porta-enxertos mais plantados na região sul do Brasil destaca-se o 'Paulsen 1103' (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*) devido a sua tolerância ao *Fusarium oxysporum*. No entanto, há relatos frequentes de produtores e técnicos (RS e SC) sobre a morte antecipada de plantas e o declínio dos parreirais antes dos 10 anos após o plantio, descapitalizando e agravando a situação econômica e financeira dos viticultores. Observações de campo registraram que o 'Paulsen 1103' tem apresentado uma alta presença de nodosidades nas raízes havendo a necessidade de se conhecer o efeito da presença dessas nodosidades causadas pelo inseto no vigor e longevidade das plantas. Neste trabalho, foi evidenciado que um dos principais fungos associados ao declínio e morte de plantas de videira (*D. macrodidyma*) pode entrar pelos ferimentos ocasionados pela filoxera através das tuberosidades (tecido lignificado) em 'Cabernet Sauvignon'. No 'Paulsen 1103' a filoxera não é capaz de formar tuberosidades e não há nenhum relato que comprove que as nodosidades permitem a entrada desses fungos na planta. Em hipótese, esse aumento populacional de filoxeras nas nodosidades das raízes do 'Paulsen 1103' pode estar contribuindo para um aumento no estresse fisiológico da planta e assim diminuindo a resistência da planta hospedeira. Mais estudos nessa linha devem ser conduzidos.

A busca por porta-enxertos resistentes aos fatores abióticos e bióticos é uma alternativa para se evitar maiores prejuízos e garantir a sustentabilidade das propriedades rurais. Dentre as espécies estudadas pelos programas de melhoramento da Embrapa Uva e Vinho, Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Epagri/Videira a espécie *Vitis rotundifolia* foi identificada como a mais promissora por ser considerada resistente à alguns fatores bióticos isolados, tais como insetos, nematoides, fungos e bactérias de solo. No Brasil, essa espécie também foi identificada como resistente à cochonilha de solo, o que amplia o interesse pelo uso dessa fonte de resistência. Neste trabalho, para a filoxera-da-videira a espécie *Vitis rotundifolia* apresentou efeitos negativos na infestação e sobrevivência dos insetos em raízes extirpadas sendo assim, um material promissor para o desenvolvimento de porta-enxertos resistentes.

O manejo da filoxera galícola no Brasil tem sido realizado somente com um grupo químico, o que aumenta o potencial de seleção de populações resistentes aos ingredientes ativos utilizados. Neste cenário, novos grupos químicos, com capacidade de permitir a rotação de princípios ativos e ampliação do espectro de controle devem ser permanentemente avaliados. A flupiradifurona e o sulfoxaflor, mesmo pertencendo ao grupo químico dos neonicotinoides, agem de maneira diferente e dessa forma podem ser usados para o manejo da filoxera na cultura da videira em programas de rotação com o inseticida thiamethoxam e assim evitar ou retardar a evolução da resistência da praga a inseticidas.

Como sequência a esse projeto, é importante conhecer a viabilidade da Fundatrix advinda do ovo de inverno e buscar medidas alternativas para o controle desses ovos nas estacas. Como medidas de controle alternativo, o uso de tratamento térmico com água quente ou imersão dessas estacas em hipoclorito de sódio podem ser promissores. Outro fator importante que deve ser avaliado é o aumento populacional de filoxera em plantas de 'Paulsen 1103' que inicialmente possuíam um alto grau de resistência, inclusive a nodosidades. Adicionalmente, torna-se necessária a compreensão da interação entre altas populações de filoxera em nodosidades no 'Paulsen 1103' em conjunto com fungos patogênicos do solo. Outro enfoque que deve ser abordado é o crescente aumento populacional de galhas nas folhas de cultivares copa viníferas e híbridos que antes eram consideradas resistentes a infestação

galícola, pois não há informações suficientes se essas galhas nas folhas podem afetar diretamente a produção dos vinhedos a longo prazo.



## Referências

- ALMANÇA, M. A. K.; ABREU, C. M. de.; SCOPEL, F. B.; BENEDETTI, M.; HALLEEN, F.; CAVALCANTI, F. R. **Evidências Morfológicas da Ocorrência de *Phaeomoniella chlamydospora* em Videiras no Estado do Rio Grande do Sul**. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, 5p. 2013. (Comunicado Técnico 134)
- BENHEIM, D; ROCHFORT, S.; ROBERTSON, E.; POTTER, I. D.; POWELL, K.S. Grape phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae*) - a review of potential detection and alternative management options. **Annals of Applied Biology**, v. 161, p.91-115, 2012.
- BOTTON, M.; HICKEL, E. R.; SORIA, S. J. Pragas. In: **Uva para processamento**. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2003. 131p.
- BOTTON, M.; WALKER, M. A. Grape phylloxera in Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 816, p. 39-40, 2009.
- BOTTON, M.; COLLETA, V. D. Avaliação da resistência de cultivares de *Vitis rotundifolia* à pérola-da-terra (Hemiptera: Margarodidae) na região sul do Brasil. **Acta Scientiarum**, v. 32, n.2, p.213-216, 2010.
- BOTTON, M.; ARIOLI, C. J.; MACHOTTA JUNIOR, R. Manejo de pragas. In: **Boas práticas agrícolas na viticultura: manejo de pragas e doenças**. Brasília: Sebrae, 2011. p. 11-34.
- BOTTON, M.; NONDILLO, A.; GOMES, C. B.; MELO, W. B.; GARRIDO, L. da R ALMANÇA, M. A. K. **Fatores associados ao declínio e morte de plantas de videira identificados em áreas infestadas pela pérola-da-terra no Rio Grande do Sul**. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, 20p. 2020. (Circular técnica 153).
- CAVALCANTI, F. R.; ALMANÇA, M. A. K.; BUENO, J. **Declínio e morte de plantas de videira**. Bento Gonçalves, Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, 40p. 2013. (Documentos 82).
- DAVIDSON, W. M.; R. L. NOUGARET. **The Grape Phylloxera in California**. Bulletin 903. United States Department of Agriculture, Washington, DC, USA, 1921.
- EDWARDS, J.; NORNG, S.; GRANETT, J.; POWELL, K. S. Relationships between grape phylloxera abundance, fungal interactions and grapevine decline. **Acta Horticulturae**, v. 733, p.151–158, 2007.

FAHRENTTRAPP, J.; MÜLLER, L.; SCHUMACHER, P. Is there need for leaf-galling grape phylloxera control? Presence and distribution of *Daktulosphaira vitifoliae* in Swiss vineyards. **International Journal of Pest Management**, v.61, n.4, p.340-345, 2015.

FORNECK, A.; WALKER, M. A.; BLAICH, R.; YVON, M.; LECLANT, F. Interaction of phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch) with grape (*Vitis* spp.) in simple isolation chambers. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.52, p.28-34, 2001.

FORNECK, A.; L. HUBER. Sexual reproduction - a review of life cycles of grape phylloxera, *Daktulosphaira vitifoliae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.131, p.1-10, 2009.

FORNECK, A.; VIENNA, L. S.; DOCKNER, V. PHYLLI – an international database for grape phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch). **Integrated Protection and Production in Viticulture**, v.128, p.45–51, 2017.

FORNECK, A.; MAMMERLER, R., TELLO, J.; BREUER, M.; MULLER, J.; FAHRENTTRAPP, J. First European leaf-feeding grape phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch) survey in Swiss and German commercial vineyards. **European Journal of Plant Pathology**, v.154, p.1029–1039, 2019.

GARRIDO, L. R.; SÔNEGO, O. R. **Chave para identificação de agentes causadores de declínio da videira**. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, 20p. 1999. (Circular Técnica 26).

GARRIDO, L. R.; SÔNEGO, O. R.; GOMES, V. N. Fungos associados com o declínio e morte de videiras no Estado do Rio Grande do Sul. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 322-324, 2004.

GRANETT, J.; TIMPER, P. Demography of grape phylloxera, *Daktulosphaira vitifoliae* (Homoptera: Phylloxeridae), at different temperatures. **Journal of Economic Entomology**, v.80, p.327–329, 1987.

GRANETT, J.; OMER, A. D.; PESSEREAU, P.; WALKER, M. A. Fungal infections of grapevine roots in phylloxera-infested vineyards. **Vitis**, v.37, p.39–42, 1998.

GRANETT, J.; WALKER, M. A.; KOCSIS, L.; OMER, A. D. Biology and Management of Grape Phylloxera. **Annual Review of Entomology**, v. 46, p. 387-412, 2001.

GRIGOLETTI JÚNIOR, A. **Fusariose da videira: resistência de cultivares, sintomas e controle**. Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho, Bento Gonçalves, 19p. 1993 (Circular Técnica 18).

HERBERT, K. S.; HOFFMAN, A. A.; POWELL, K. S. Changes in grape phylloxera abundance in ungrafted vineyards. **Journal of Economic Entomology**, v.99, n.5, p. 1774- 1783, 2006.



HERBERT, K. S.; HOFFMANN, A. A.; POWEEL, K. S. Assaying the potential benefits of thiamethoxam and imidacloprid for phylloxera suppression and improvements to grapevine vigour. **Crop Protection**, v. 27, p.1229– 1236, 2008.

HICKEL, E. R. **Pragas da videira e seu controle no Estado de Santa Catarina**. Epagri-Videira, Florianópolis, 52p. 1996 (Boletim Técnico 77).

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 10 nov. de 2020.

IDRIS, I.; ARABI, M. I. E. The relationship between grape phylloxera and Fusarium root infection. **Advances in Horticultural Science**, v. 28, p.14-19, 2014.

KELLER, M. **The science of grapevines: anatomy and physiology**. 1ed. Burlington: Elsevier Academic Press, 2010.

KHAN, M. M.; AKRAM, M. T.; QADRI, R. W. K.; RASHID AL-YAHYAI. Role of Grapevine Rootstocks in Mitigating Environmental Stresses: A review. **Journal of Agricultural and Marine Sciences**, v. 25, p. 1–12, 2020.

KING, P. D.; BUCHANAN, G. A. The dispersal of phylloxera crawlers and spread of phylloxera infestations in New Zealand and Australian vineyards. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 37, n.1, p.26-33, 1986.

KÖNNECKE, T.; AIGNER, C.; SPECHT, S.; LAWOW, N.; FORNECK, A. A. stepwise assessment of *Daktulosphaira vitifoliae* infested grapevines in a Viennese vineyard site. **Acta Horticulturae**, v. 904, p.59–62, 2011.

LAZZAROTTO, J. J.; TAFFAREL, J. C.; MONTEIRO, R. **Caracterização e Análise de Aspectos Sociais, Tecnológicos e Econômico financeiros da Viticultura Gaúcha e Catarinense**. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, 49p. 2016. (Documentos 97).

MAKEE, H.; CHARBAJI, T.; AYYOUBI, Z.; IDRIS, I. Evaluating resistance of some rootstocks to grape phylloxera with in vitro and excised root testing systems. **In Vitro Cellular & Developmental Biology**, v. 40, p.225-229, 2004.

MCLEOD, M. **Damage assessment and biology of foliar grape phylloxera (Homoptera: Phylloxeridae) in Ohio**. 1990. PhD- The Ohio State University, Columbus.

MELLO, L. M. R; MACHADO, C. A. **Cadastro Vitícola do Rio Grande do Sul-2013 a 2015**. Bento Gonçalves, Embrapa Uva e Vinho, 2017, 85p.

MELLO, L. M. R. MACHADO, C. A. E. **Vitivinicultura brasileira: panorama 2019**. Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, 21p. 2020 (Comunicado técnico 214).

MENEZES-NETTO, A. C.; SOUZA, A.L. K.; ARIOLI, C. J. SOUZA, E. L.; HICKEL, E. R.; ANDRADE, E. R.; SCHUCK, E.; ARAÚJO FILHO, J. V.; GARDIN, J. P. P.; DALBÓ, M. A.; DAMBRÓS, R. N. **Declínio e morte de videiras no estado de Santa Catarina: causas e alternativas de controle**. Epagri, Florianópolis, 81p. 2016. (Boletim Técnico 175).

MOLNÁR, J. G.; NEMETH, C. S.; MÁYER, J.; JAHNKE, G. G. Assessment of leaf galling incidence on European grapevines in Badacsony, Hungary. **Acta Horticulture** 816, p.97– 104, 2009.

OIV. Statistical Report on World Vitiviniculture, 2019.

OMER, A. D.; GRANETT, J.; DE BENEDICTUS, J. A.; WALKER, M. A. Effects of fungal root infections on the vigour of grapevines infested by root feeding grape phylloxera. **Vitis**, v.34, p.165–170, 1995.

OMER, A. D.; GRANETT, J. Relationship between grape phylloxera and fungal infections in grapevine roots. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v.107, n.3, p.285-294, 2000.

PAVLOUSĚK, P. Screening of rootstock hybrids with *Vitis cinerea* Arnold for phylloxera resistance. **Central European Journal of Biology**, v.7, p.708–719, 2012.

POWELL, K. S.; COOPER, P. D.; FORNECK, A. The biology, physiology and host–plant interactions of grape phylloxera *Daktulosphaira vitifoliae*. **Advances in Insect Physiology**, v.45, p.159–218, 2013.

PROTAS, J. F. D. S.; CAMARGO, U. A.; MELO, L. M. R. D. A vitivinicultura brasileira: realidade e perspectivas. **Anais do Simpósio mineiro de viticultura e enologia**, p. 17-32, 2002.

REGO, C.; OLIVEIRA, H.; CARVALHO, A.; PHILLIPS, A. Involvement of *Phaeoacremonium* spp. and *Cylindrocarpon destructans* with grapevine decline in Portugal. **Phytopathologia Mediterranea**, v.39; p. 76-79, 2000.

RUSIN, C. OLIVEIRA, M.R.; DEUS, C.N.S.; NONDILLO, A.; ALMANÇA, M.A.K. Presença de fungos relacionados a doenças de tronco e de pérola-da-terra em plantas de videira com sintoma de declínio. **Anais do XIV Encontro Nacional sobre Fruticultura de Clima Temperado (ENFRUTE)**. v.2, p.108-108, 2015.

SANTOS, R. F. D.; BLUME, E.; MUNIZ, M.; HECKLER, L.; FINGER, G.; MACIEL, C.; HARAKAWA, R.; GARRIDO, L. First report of *Ilyonectria macrodidyma* associated with black foot disease of grapevine in Brazil. **Plant Disease**, v. 98, n. 1, p. 156-156, 2014.

SCHECK, H. J.; VASQUEZ, S. J.; GUBLER, W. D.; FOGLE, D. First report of black-foot disease caused by *Cylindrocarpon obtusisporum* of grapevines in California. **Plant Disease**. v. 82, n. 5, p. 590, 1998.

SKINKIS, P.; WALTON, V.; KAISER, C. Grape phylloxera: Biology and Management in the Pacific Northwest. **Oregon State Extension Publication**, 2009.

SORIA, S. de J.; CAMARGO, U. A. Avaliação da tolerância de porta-enxertos à pérola-da-terra *Eurhizococcus brasiliensis*. **Anais do Congresso brasileiro de viticultura e enologia**, p.31, 1993.

SORIA, S. J.; A. F. DAL CONTE. Bioecologia e controle das pragas da videira no Brasil. **Entomologia y Vectores**, v. 7, p.73-102, 2000.

TOSI, S; NIEH, J. C; SGOLASTRA, F; CABBRI, R; MEDRZYCKI, P. Neonicotinoid pesticides and nutritional stress synergistically reduce survival in honeybees. **Proceedings of the Royal Society**, B 284, 20171711, 2017.

VIDART, M. V; MUJICA, M. V; BAO, L; DUARTE, F; BENTANCOURT, C. M; FRANCO, J; SCATONI, I. B. Life history and assessment of grapevine phylloxera leaf galling incidence on *Vitis* species in Uruguay. **Springer Plus**, v.2, p.181, 2013.

VRSIC S, PULKO B, KOCSIS L. Effects of rootstock genotypes on compatibility, biomass, and the yield of Welschriesling. **Horticulture Science**, v. 43, p.92-99, 2016.

WALKER, M. A.; LUND, L. AGUERO, C.; RIAZ, K. F.; HEINITZ, C.; ROMERO, N. Breeding Grape Rootstocks for Resistance to Phylloxera and Nematodes – It's Not Always Easy. **Acta horticulturae**, p.89-98, 2014.

YIN, L; CLARK, M. D; BURKNESS, E. C.; HUTCHISON, W. D. Grape phylloxera (Hemiptera: Phylloxeridae), on cold-hardy hybrid wine grapes (*Vitis* spp.): A Review of pest biology, damage, and management practices. **Journal of Integrated Pest Management**, v.10, n.16, 2019.