

Caracterização morfo-fisiológica de plantas de videira atacadas por pérola-da-terra

Morpho-physiological characterization of grapevine attacked by ground-pearl

Marcelo Zart¹; Anderson De César²;
Henrique Pessoa dos Santos^{3*}; Paulo Vitor Dutra de Souza⁴

Resumo

A pérola-da-terra, *Eurhizococcus brasiliensis* (Hemiptera: Margarodidae), é uma importante praga da viticultura brasileira, relacionada a sintomas de declínio e morte de plantas. Apesar destas evidências, não há informações técnicas sobre a interação inseto-planta e como os sintomas se estabelecem. Este trabalho teve por objetivo expor os mecanismos fisiológicos relacionados à sintomatologia do ataque de pérola-da-terra. Foram utilizadas mudas de ‘Cabernet Sauvignon’ enxertadas sobre Paulsen 1103 e plantas adultas de ‘Isabel’ de pé franco em área comercial, avaliando-se os contrastes de desenvolvimento vegetativo, nutrição e metabolismo foliar de plantas saudias e infestadas pelo inseto. Foi observada redução significativa no desenvolvimento vegetativo das mudas de dois anos infestadas pela praga. Contudo, não foram observados sintomas foliares nas mesmas. Em plantas adultas atacadas foram avaliadas folhas, tecidos de ramos, raízes e frutos. Os maiores efeitos foram observados nas folhas necróticas, que apresentaram redução de potássio (-26%), de boro (-21%), de clorofila total (-43%) e de taxa fotossintética (-45%), em comparação às plantas saudias. Entretanto, nas folhas necróticas observou-se acúmulo expressivo de amido (+316%). Esses resultados evidenciam que a pérola-da-terra promove os sintomas na videira de modo sistêmico pelo bloqueio no transporte de fotoassimilados das folhas para os demais tecidos da planta.

Palavras-chave: *Eurhizococcus brasiliensis*, *Vitis* sp., interação inseto-planta, fotossíntese, carboidratos

Abstract

The ground pearl *Eurhizococcus brasiliensis* (Hemiptera: Margarodidae), is an important pest of Brazilian viticulture, related to symptoms of decline and death of plants. Despite this evidence, there is no technical information on insect-plant interactions and how the symptoms are established. Therefore, this study aimed to expose the physiological mechanisms related to the symptoms of the ground pearl attack. Seedlings of ‘Cabernet Sauvignon’ and adult plants of a commercial vineyard of ‘Isabel’, were evaluated in vegetative development of commercial area, nutrition and metabolism of leaves by the contrast of healthy and infested plants by the insect. In attacked plants it was possible to verify a

¹ Engº Agrº, Dr. em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, RS. E-mail: marcelo_zart@yahoo.com.br

² Tecº Vit. Enol., M.e em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, RS. E-mail: adecesaro@gmail.com

³ Pesquisador A, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA, CNPQ, Bento Gonçalves, RS. E-mail: henrique.p.santos@embrapa.br

⁴ Prof. Associado, Deptº de Horticultura e Silvicultura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós Graduação em Fitotecnia, bolsista CNPq, Porto Alegre, RS. E-mail: pvdsouza@ufrgs.br

* Autor para correspondência

significant reduction of vegetative growth. However, foliar symptoms were not expressed in two years old seedlings. In adult plants attacked, leaves, tissues of branches, roots and fruits were evaluated. The largest effects were observed in necrotic leaves, which showed a reduction of potassium (-26%), boron (-21%), total chlorophyll (-43%) and photosynthetic rate (-45%), in comparison to healthy plants. However, these same necrotic leaves showed a significant accumulation of starch (+316%). Therefore, these results suggest that ground pearl promotes the symptoms on the vine in a systemic way by blocking the transport of assimilates from leaves to other plant tissues.

Key words: *Eurhizococcus brasiliensis*, *Vitis* sp., insect-plant interaction, photosynthesis, carbohydrates

Introdução

A pérola-da-terra, *Eurhizococcus brasiliensis* (WILLE, 1922) (Hemiptera: Margarodidae), é uma praga de vinhedos comerciais no Brasil (BOTTON et al., 2004), sendo citada como um dos principais agentes causadores do declínio da videira (GARRIDO; SÔNEGO, 1999; DALBÓ; PERUZZO; SCHUCK, 2007). Trata-se de uma cochonilha nativa da região Neotropical e que apresenta hábito subterrâneo, alimentando-se da seiva das raízes de seus hospedeiros que ultrapassam 70 espécies (FOLDI, 2005). A exploração dos tecidos da planta por este inseto é facilitada, pois apresenta aparelho bucal do tipo sugador labial e que tem por funções perfurar os tecidos das raízes e succionar a seiva dos vasos condutores (DE CÉSARO, 2008).

Videiras atacadas por pérola-da-terra apresentam como sintomas a queda do vigor durante o início da brotação e a ocorrência de cloroses entre nervuras e necroses nas bordas das folhas (BOTTON et al., 2004). Essa sintomatologia proporciona um definhamento progressivo e contínuo ao longo das safras, resultando na queda de produção e morte precoce das plantas (SORIA; GALLOTTI, 1986). Os processos fisiológicos e bioquímicos envolvidos na manifestação destes sintomas em plantas atacadas pela praga ainda não estão elucidados. Por hipótese, trabalhos inferem que estes sintomas ocorrem pela sucção da seiva e/ou pela ação de enzimas ou toxinas oriundas da praga durante o processo de alimentação do inseto e que podem se translocar no sentido raiz-folha (SORIA; GALLOTTI, 1986; GARRIDO; SÔNEGO, 1999). A sintomatologia atribuída ao ataque da praga também é semelhante à deficiência de magnésio (clorose) e potássio (necrose) em

videira (BOTTON et al., 2004; GIOVANINNI; MANFROI, 2009), porém não foram feitos estudos nutricionais comparativos entre plantas sintomáticas e sadias para comprovar essa relação.

Os pulgões (Hemiptera: Aphididae) se destacam entre os insetos sugadores fitófagos como os mais caracterizados até o momento, tanto nos aspectos anatômicos como fisiológicos (MILES, 1999). Devido às semelhanças entre os afídeos e os margarodídeos, ambas as famílias pertencentes à subordem Sternorrhyncha (LIMA, 1942), os estudos referentes aos pulgões servem como referência para estudos com pérola. Neste sentido, o conhecimento das propriedades da saliva de afídeos tem possibilitado a caracterização de vários sintomas nos hospedeiros, como a manipulação sobre os níveis de aminoácidos na seiva do floema (SANDSTRÖM; TELANG; MORAN, 2000) e mudanças qualitativas nos níveis de carboidratos dos tecidos atacados (HOLMES et al., 1991). Estas alterações podem promover mudanças sistêmicas na distribuição e no acúmulo de reservas, como também, na expressão diferenciada de genes fotossintéticos em folhas, com base na teoria do “sugar sensing” (SMEEKENS, 2000).

Este trabalho foi realizado em videiras atacadas e não atacadas por pérola-da-terra, visando avaliar a ação da praga sobre o desenvolvimento vegetativo, a nutrição e a função foliar.

Material e Métodos

O experimento foi realizado entre os meses de agosto de 2006 e março de 2008, com dois ensaios distintos, sendo o primeiro com enfoque em análise

de mudas e, o segundo, com análises de plantas adultas em produção.

Avaliação de mudas de videiras infestadas por pérola-da-terra: foram utilizadas mudas de ‘Cabernet Sauvignon’ (*Vitis vinifera* L.) enxertadas sobre porta-enxerto ‘Paulsen 1103’ (*V. berlandieri* P. x *V. rupestris* S.), plantadas em dois canteiros de alvenaria (11,4m x 0,8m, por 0,9m de altura), localizados em Bento Gonçalves, RS (29°09’40”S, 51°32’01”O e 624m de altitude). O plantio ocorreu em setembro/2006, sendo distribuídas 30 mudas em cada canteiro com espaçamento de 0,3m x 0,3m. Previamente ao plantio, os canteiros foram homogeneizados com o mesmo perfil de solo, analisados e corrigidos quanto a composição química, conforme recomendações para a videira (CQFS-RS/SC, 2004).

Os canteiros foram separados em canteiro com pérola (CP) e canteiro sem pérola (SP), os quais constituíram os tratamentos para avaliação de contrastes. Foi adotado delineamento experimental em parcelas subdivididas, considerando-se como parcela amostral uma planta, num total de 10 plantas sorteadas de cada canteiro. No canteiro CP foram liberados cistos e ovos de pérola-da-terra entre os meses de novembro/2006 e abril/2007, período do ano que ocorre a maior eclosão de ninfas da praga no campo (SORIA; GALLOTTI, 1986). No canteiro SP foi realizada, antes do plantio, uma desinfestação do solo em agosto de 2006 com Bromex® (brometo de metila), na densidade de 1,73g.cm⁻³ do produto comercial, com o canteiro coberto por lona plástica preta (100 µm de espessura) durante 72h para garantir o efeito esterilizante do produto. Também no canteiro SP foram realizadas duas aplicações de inseticida Actara 10GR® (thiametoxan) nos meses de dezembro/2006 e fevereiro/2007, na dose de 150g.m⁻² (BOTTON et al., 2004).

Após 12 meses (ciclo 2007/2008), estas mudas foram submetidas à avaliação de crescimento e desenvolvimento vegetativo dos ramos e folhas. Para tanto foram contados o número de brotações e

folhas de ramos principais e secundários das plantas. Para avaliação do crescimento, em janeiro/2008 as plantas foram coletadas e fracionadas em folhas e ramos (brotações principais e secundárias) para medição das massas fresca e seca, com balança digital (0,01g, Mettler® Delta Range, modelo PC-4400), e nos ramos comprimento e diâmetro com paquímetro digital (Digimes). O material fresco foi seco em estufa de circulação forçada de ar (60°C) até atingir massa constante para determinação da massa seca. A área foliar foi determinada com o medidor Li-Cor®, modelo LI-3100.

Avaliação de videiras adultas infestadas por pérola-da-terra: para esta avaliação foi selecionado em outubro de 2006 um vinhedo comercial, localizado em Pinto Bandeira, RS (29°04’40”S, 51°27’45”O e 235m de altitude), com alta incidência de pérola-da-terra. Foram utilizadas videiras ‘Isabel’ (*Vitis labrusca* L) em pé franco, com 10 anos de idade, conduzidas no sistema de latada no espaçamento 2 x 3m e podada com 3 varas (5 gemas) e 10 esporões (2 gemas).

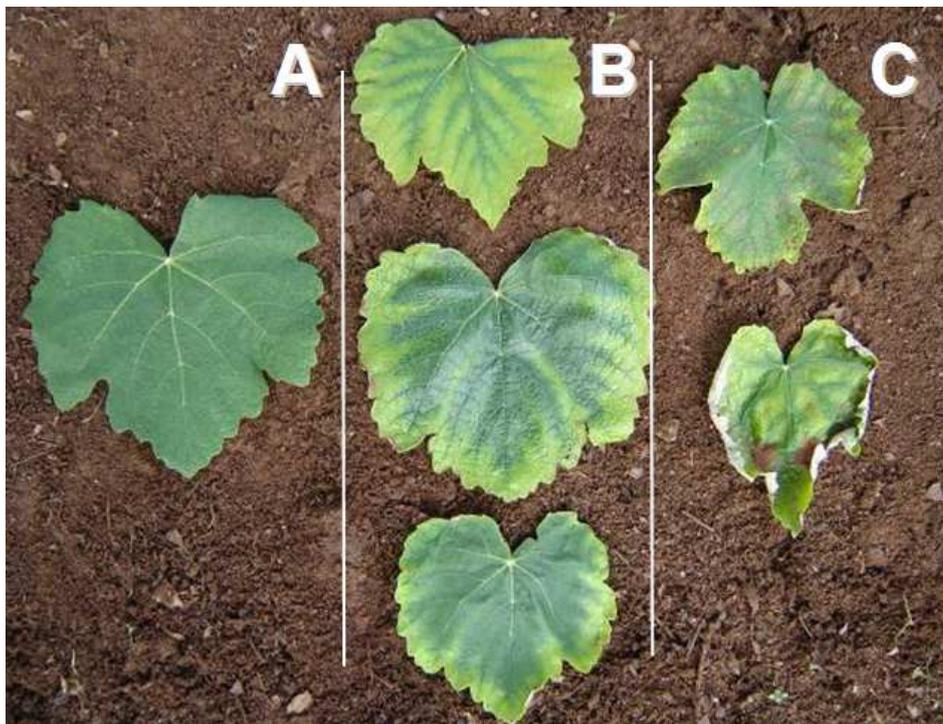
As plantas foram separadas em dois grupos, com dez plantas cada, conforme a presença ou ausência de sintomas foliares, que são característicos do ataque da pérola (SORIA; GALLOTTI, 1986). Cada grupo (tratamento) continha cinco parcelas, com duas plantas cada parcela. Além desta separação pelos sintomas foliares, todas as plantas selecionadas tiveram o sistema radicial verificado pela remoção do perfil superior de solo (30cm de profundidade x 60cm de diâmetro), confirmando ou não a presença da praga nas raízes. Nas plantas sem a presença da pérola foram realizadas duas aplicações do inseticida Actara 10GR®, conforme citado anteriormente, em dezembro/2006 e fevereiro/2007, para prevenir futuras infestações.

Ao longo do ciclo vegetativo 2006/2007, em intervalos de 15 dias, foi realizado um monitoramento visual da evolução dos sintomas nas plantas infestadas. Com a formação/evolução dos sintomas nas folhas, os quais se estabilizaram

no mês de janeiro/2007, foram definidos quatro grupos para as análises: 1) folha assintomática de planta não infestada; 2) folha assintomática de

planta infestada; 3) folha com clorose de planta infestada; e 4) folha com necrose de planta infestada (Figura 1).

Figura 1. Folhas de videira ‘Isabel’ (*Vitis labrusca*) de plantas saudias e infestadas por pérola-da-terra (*Eurhizococcus brasiliensis*). A, corresponde as folhas assintomáticas de plantas saudias (grupo 1) ou infestadas (grupo 2); B, folhas cloróticas de plantas infestadas (grupo 3), e C, folhas necróticas de plantas infestadas (grupo 4).



Fonte: Elaboração dos autores.

Para a realização das análises nutricionais, bioquímicas e fisiológicas das plantas infestadas e não infestadas por pérola, em janeiro/2007 foram coletadas amostras de folhas (conforme cada grupo sintomatológico), ramos e raízes das mesmas. Metade das amostras coletadas foi congelada diretamente em nitrogênio líquido (-196°C) ainda no campo, para análises de clorofilas, proteínas e aminoácidos totais. A outra metade foi armazenada em ambiente refrigerado para análises nutricionais, morfológicas e de reservas. Na coleta das folhas foram amostradas 60 folhas por grupo sintomatológico (12 folhas por parcela), utilizando-se o limbo foliar para as análises. Todas as folhas coletadas caracterizam-se como folhas adultas

totalmente expandidas e situadas na região basal dos ramos produtivos, opostas aos cachos. Para ramos foram coletadas duas amostras por unidade experimental, as quais apresentaram quatro gemas e três entrenós cada. Além das análises químicas e fisiológicas essas amostras de ramos foram também submetidas à mensuração de massa (fresca e seca), comprimento e diâmetro de entrenós, conforme citado anteriormente. Na amostragem de raízes foram consideradas três porções de raízes secundárias, coletadas em trincheiras escavadas próximo ao tronco de cada planta. No laboratório as raízes foram lavadas e foram medidos 20g de tecido livre de solo, por parcela, para proceder as análises.

Na fase de maturação dos cachos (março/2007) foram colhidos, ao acaso, seis cachos por parcela para análises de maturação, rendimento e nutrientes. Nesta mesma data, também foram realizadas amostragens de ramos e raízes, conforme procedimentos efetuados em janeiro, porém não havia número suficiente para amostragem de folhas.

Para a análise de clorofilas, proteínas e aminoácidos os tecidos congelados foram maceradas a frio com nitrogênio líquido em almofariz e, para cada análise, foram medidas as quantidades necessárias em balança analítica. Para pigmentos de clorofila α , β e total foi medido 300mg do macerado de cada amostra em tubos falcon de 15ml para extração das clorofilas com acetona 80% e quantificação por absorvância (645 e 663nm), conforme adaptado por Passos (1996), sendo os valores expressos em mg.g^{-1} de clorofila por massa fresca de amostra.

A análise de proteínas totais foi realizada separando-se em tubos falcon de 15ml três subamostras de 100mg para cada parcela. As amostras foram preparadas por extrações de pigmentos (com etanol 80%) e outras moléculas não-protéicas (com clorofórmio:metanol, 2:1) dos tecidos avaliados, com a leitura realizada pelo método de bradford adaptado por Passos (1996). De cada amostra foram pipetados 50 μL , em triplicatas, em microplaca (96 poços) de fundo plano, calculando-se o percentual de proteína por tecido vegetal através análise de regressão entre as concentrações conhecidas (0-40 μL ,) do padrão BSA (soro albumina bovina) e a leitura de absorvância em 630nm (Bio-Tek Instruments, INC Modelo ELx 800). Antes da leitura foram adicionados em cada poço 250 μL do corante “Coomassie brilliant blue” – BG-250, e a placa incubada por 25min. a 25°C para ocorrer a reação.

Para determinação do teor total de aminoácidos foi medido 500mg de cada amostra e novamente macerada a frio com etanol 80%, utilizando o método da ninhidrina adaptado por Passos (1996). De cada

alíquota foram pipetadas 10 μL , em triplicatas, acrescidos de 90 μL de etanol 50%. Para cálculo de concentração do percentual de aminoácidos totais por tecido vegetal efetuou-se análise de regressão entre a absorvância e concentrações conhecidas (0-20 μL) do padrão leucina (0,5mg. ml^{-1}), com quantidades decrescentes de etanol 50% (100-80 μL), totalizando para cada poço 100 μL . As amostras e a curva de calibração foram pipetadas em microplaca (96 poços), acrescidos de 100 μL do reagente ninhidrina para cada poço e a placa contendo as soluções incubada em banho-maria 70°C por 40min, para realização de leitura de absorvância em 630nm.

As extrações de amido foram realizadas pelo método enzimático descrito por Amaral et al. (2007), com alíquotas medidas em triplicatas de 100mg para cada amostra. Foi determinada a concentração de glicose utilizando-se 10 μL de amostra acrescidos de 10 μL de água destilada e 150 μL de GOD POD (Glicose PAP Liquiform). Cada mistura foi depositada em microplaca (96 poços), incubada a 30°C por 15 min e submetida à leitura da absorvância (490nm). A concentração de glicose obtida em cada amostra foi multiplicada por 0,9 para obtenção da concentração de amido.

As análises de nutrientes dos tecidos foram realizadas conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). Para análise dos nutrientes em bagas a amostra foi preparada com as bagas trituradas em liquidificador com água (1:1), partindo-se de alíquotas de 2ml da solução para análise dos nutrientes.

Para análise das trocas gasosas em folhas foram selecionadas cinco folhas pertencentes a cada grupo sintomatológico (grupos 1, 2, 3 e 4), o que totalizou 20 folhas. Foram consideradas apenas folhas adultas, expostas à luz solar e na posição do ramo próxima aos cachos. Foi avaliada a taxa fotossintética e a condutância estomática, em radiação fotossinteticamente saturante (800 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-2}$), com um analisador de gás por infravermelho

portátil (IRGA), marca Li-Cor, modelo LI-6400, durante o período do dia que compreendeu das 13h às 16h.

As análises morfológicas foram realizadas com o material ainda fresco. Foi avaliado a área foliar, o diâmetro e comprimento das porções dos ramos e as massas fresca e seca, conforme citado anteriormente. Os cachos coletados foram pesados e, de cada parcela amostral (seis cachos), foi medido o diâmetro equatorial e a massa de 50 bagas para análise de rendimentos de produção. Com estes cachos também foi medido o índice de maturação das bagas, pelo teor dos sólidos solúveis (SS), pH e acidez titulável (AT) do mosto. O teor de SS do mosto das uvas foi determinado em refratômetro digital e o resultado expresso em °Brix. A determinação do pH foi realizada com as soluções tampão pH 3,0 e 4,0, com 20ml de mosto pipetado. A determinação da AT do mosto foi realizada em titulador potenciométrico com solução padronizada de NaOH 0,1N, com os resultados expressos em meq.L⁻¹.

A análise estatística foi realizada com o software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008), sendo os resultados de cada variável submetidos à análise de variância e as médias comparadas usando o teste t ($p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$) para dados de raízes, ramos e frutos (contraste entre plantas saudáveis e plantas infestadas). Para análises de folhas as médias foram comparadas pelo uso de três contrastes ortogonais conforme os quatro grupos sintomatológicos descritos anteriormente (grupo 1 x grupos 2, 3 e 4; grupo 2 x grupos 3 e 4; grupo 3 x grupo 4).

Resultados e Discussão

Avaliação de mudas de videiras infestadas por pérola-da-terra: nas avaliações de mudas após o primeiro ano de infestação (ciclo 2006/2007), apesar de ter sido observada a presença do inseto nas raízes de plantas infestadas, não foram observadas diferenças significativas de crescimento entre as plantas dos canteiros com e sem pérola.

Esse resultado pode estar relacionado ao lento estabelecimento da população de pérola em plantas de videira, conforme salientado por Hickel (2008), não atingindo neste período inicial um número suficientemente capaz de promover sintomas. Além disso, a não ocorrência de sintomas de ataque no primeiro ciclo de crescimento das videiras pode estar relacionada também com o ciclo anual do inseto (SORIA; GALLOTTI, 1986), o que não promoveu sucessão de gerações de indivíduos nas videiras avaliadas durante este período.

Na avaliação do segundo ano de infestação das mudas (ciclo 2007/2008) verificou-se ausência de efeito da pérola-da-terra sobre o número de feminelas e de folhas por planta (Tabela 1). Porém observou-se uma redução significativa das brotações do ano, do comprimento total e das massas fresca e seca, comparando-se com plantas sem pérola. Além disso, ocorreram diferenças significativas de crescimento nas plantas infestadas, tanto nas massas (seca e fresca) como nas áreas foliares das brotações principais e secundárias. Esta resposta indica que o ataque de pérola retarda a evolução fenológica das plantas.

Mesmo ocorrendo decréscimo no vigor vegetativo nas mudas de videira infestadas por pérola, não foram observados sintomas foliares de clorose e necrose das mesmas, como é observado em videiras atacadas de áreas comerciais (SORIA; GALLOTTI, 1986; BOTTON et al., 2004; HICKEL, 2008). Esta ausência de sintomas foliares pode estar associada ao menor número de insetos por planta nestes canteiros (média de 11) neste período de dois ciclos, em relação aos trabalhos que mostram maiores infestações a campo (BOTTON; COLETTA, 2010). Devido a esta menor proporção de inseto por planta e menor tempo de ataque em relação à plantas adultas de áreas infestadas, por analogia aos estudos com afídios (MILES, 1999) pode-se supor que a quantidade de toxinas da pérola não foi capaz de induzir a ocorrência dos sintomas de clorose, típicos do ataque.

Tabela 1. Variáveis de crescimento de ramos e folhas de videiras ‘Cabernet Sauvignon’ (*Vitis vinifera*) com dois anos de cultivo em canteiros com a presença ou ausência de pérola-da-terra (*Eurhizococcus brasiliensis*). Bento Gonçalves, RS, Janeiro/2008.

| Variável | Sem Pérola | Com Pérola | CV (%) |
|--|------------|--------------------|--------|
| RAMOS / planta | | | |
| Ramos principais (n°) | 4,6 | 1,4 * | 37,5 |
| Ramos laterais (feminelas) (n°) | 27,8 | 24,5 ^{ns} | 40,6 |
| Comprimento total de brotações (cm) | 193,9 | 121,9 * | 33,1 |
| Massa fresca total de ramos (g) | 51,7 | 11,4 * | 33,2 |
| Massa seca total de ramos (g) | 24,1 | 7,0 * | 31,1 |
| FOLHAS / planta | | | |
| Total de folhas em ramos principais (n°) | 40,6 | 56,2 ^{ns} | 34,4 |
| Total de folhas em feminelas (n°) | 69,1 | 61,4 ^{ns} | 26,9 |
| Área foliar média em ramos principais (cm ²) | 52,6 | 23,1 * | 16,0 |
| Área foliar média em feminelas (cm ²) | 17,9 | 8,1 * | 20,7 |
| Massa fresca total de folhas (g) | 46,2 | 24,4 * | 33,3 |
| Massa seca total de folhas (g) | 18,2 | 12,0 * | 25,2 |

(*) Diferença significativa entre médias nas linhas pelo teste t ($P \leq 0,01$)

(^{ns}) Sem diferença significativa.

Fonte: Elaboração dos autores.

Avaliação de videiras adultas infestadas por pérola-da-terra: nas avaliações de videiras em área comercial e com histórico de infestação, destaca-se que as plantas atacadas também apresentaram uma redução significativa no vigor de crescimento da parte aérea, quando comparado com as plantas não atacadas na mesma área (Tabela 2). Amostras dos ramos do ano manifestaram reduções significativas no comprimento de entrenós (-35%), no diâmetro de entrenós (-30%) e nas massas fresca (-65%) e seca (-68%). Esse mesmo impacto foi percebido nas dimensões foliares, principalmente no contraste de área, massa fresca e massa seca de folhas sintomáticas (cloróticas e necróticas) em relação às folhas de plantas sadias. Mesmo as folhas assintomáticas

das plantas com pérola (grupo 2) manifestaram reduções significativas de crescimento (-23,7% em área e -14,5% em massa fresca), em relação às folhas sadias de plantas sem pérola. Isto evidencia que o efeito sobre o crescimento antecede o efeito sobre a pigmentação foliar.

Apesar destes efeitos observados sobre o crescimento de ramos e folhas, as plantas adultas atacadas por pérola não manifestaram impactos elevados sobre os componentes de rendimento e qualidade (Tabela 3). A única variável que manifestou diferença significativa foi o diâmetro médio de bagas, o qual foi reduzido (-3,6%) nas plantas atacadas por pérola.

Tabela 2. Avaliação do crescimento de ramos e folhas de videiras ‘Isabel’ (*Vitis labrusca*) cultivadas em área comercial com a presença ou ausência de pérola-da-terra (*Eurhizococcus brasiliensis*). Os dados dos ramos se referem as determinações em amostras contendo quatro nós e três entrenós. As folhas das plantas sem pérola (SP) estão representadas pelo grupo 1 (sadias), enquanto as folhas das plantas com pérola (CP), são representadas pelos grupos 2 (sem sintomas), 3 (cloróticas) e 4 (necróticas). Pinto Bandeira, RS, Janeiro/2007.

| Variável | Sem Pérola | Com Pérola | CV(%) | | |
|---|------------|-------------------|---------------------|-------|------|
| RAMOS / amostra | | | | | |
| Comprimento médio de entrenós (mm) | 81,7 | 52,7 * | 13,9 | | |
| Diâmetro médio de entrenós (mm) | 7,8 | 5,5 * | 9,1 | | |
| Massa fresca média (g) | 17,1 | 6,0 * | 20,0 | | |
| Massa seca média (g) | 9,9 | 3,2 * | 23,4 | | |
| FOLHAS / GRUPOS | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Área média por folha (cm ²) | 249,3 **** | 190,1 *** | 130,5 ^{ns} | 120,4 | 13,8 |
| Massa fresca por folha (g) | 5,5 **** | 4,7 *** | 3,2 ^{ns} | 3,0 | 16,5 |
| Massa seca por folha (g) | 1,6 **** | 1,2 ^{ns} | 0,9 ^{ns} | 0,8 | 24,7 |

(*) Diferença significativa entre médias pelo teste t ($P \leq 0,01$)

(**) Diferença significativa ($P \leq 0,01$) dos grupos foliares 3 e 4 pelo teste de contraste ortogonal (3-4).

(***) Diferença significativa ($P \leq 0,01$) dos grupos foliares 2, 3 e 4 pelo teste de contraste ortogonal [2-(3+4)].

(****) Diferença significativa ($P \leq 0,01$) dos grupos foliares 1, 2, 3 e 4 pelo teste de contraste ortogonal [1-(2+3+4)].

(^{ns}) Sem diferença significativa.

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 3. Produção e características físicas e químicas da uva ‘Isabel’ (*Vitis labrusca*), em plantas cultivadas em área comercial com a presença ou ausência de pérola-da-terra (*Eurhizococcus brasiliensis*). Pinto Bandeira, RS, Março/2007.

| Variável | Sem Pérola | Com Pérola | CV (%) |
|--|------------|---------------------|--------|
| Produção média por planta (Kg) | 6,4 | 6,3 ^{ns} | 51,0 |
| Massa média por cacho (g) | 132,6 | 126,3 ^{ns} | 26,8 |
| Massa média por baga (g) | 3,1 | 3,0 ^{ns} | 7,0 |
| Diâmetro médio por baga (mm) | 16,4 | 15,8 * | 2,2 |
| pH do mosto | 3,4 | 3,4 ^{ns} | 2,3 |
| Acidez Total Titulável do mosto (meq.L ⁻¹) | 50,8 | 51,6 ^{ns} | 12,9 |
| Sólidos Solúveis Totais do mosto (°Brix) | 21,3 | 20,9 ^{ns} | 4,0 |

(*) Diferença significativa entre médias nas linhas pelo teste t ($P \leq 0,05$).

(^{ns}) Sem diferença significativa.

Fonte: Elaboração dos autores.

Na análise nutricional destaca-se que no contraste das folhas dos diferentes grupos sintomáticos não foram observadas variações significativas nos teores de nitrogênio, cálcio, magnésio e manganês (Tabela 4). Entretanto, potássio e boro foram significativamente inferiores nos grupos foliares de plantas infestadas (grupos 2, 3 e 4), em relação às folhas assintomáticas de plantas sadias (grupo 1). Em contrapartida, os valores de fósforo, zinco e manganês, apresentaram a tendência de incremento de concentração com o aumento dos sintomas foliares. Comparando-se estas concentrações

nutricionais obtidas em folhas com os valores considerados normais para a cultura da videira, verifica-se que os teores de 18% para boro e 0,55% para potássio apresentam-se como limitantes. Para videira, quando os valores de potássio e boro foliar forem inferiores à 0,6% e 20mg.kg⁻¹, respectivamente, estes valores encontra-se na faixa de deficiência para videira de acordo com CQFS-RS/SC (2004), podendo manifestar sintomas de encarquilhamento e de clorose nas bordas e nos espaços internervuras das folhas (DAMI et al., 2005; GIOVANINNI; MANFROI, 2009).

Tabela 4. Nutrientes em folhas de videiras ‘Isabel’ (*Vitis labrusca*) cultivadas em área comercial com e sem pérola-da-terra (*Eurhizococcus brasiliensis*). As folhas das plantas sem pérola estão representadas pelo grupo 1 (sadias), enquanto as folhas das plantas com pérola, são representadas pelos grupos 2 (sem sintomas), 3 (cloróticas) e 4 (necróticas). Pinto Bandeira, RS, Janeiro/2007.

| Nutrientes.Grupo ⁻¹ | Sem Pérola | | Com Pérola | | CV(%) |
|---------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Nitrogênio (%) | 2,09 ^{ns} | 2,11 ^{ns} | 2,12 ^{ns} | 2,19 | 7,3 |
| Fósforo (%) | 0,16 ^{ns} | 0,16 ^{ns} | 0,18 [*] | 0,23 | 10,7 |
| Potássio (%) | 0,76 ^{***} | 0,55 ^{ns} | 0,53 ^{ns} | 0,56 | 17,4 |
| Cálcio (%) | 2,51 ^{ns} | 2,42 ^{ns} | 2,42 ^{ns} | 2,25 | 15,8 |
| Magnésio (%) | 0,24 ^{ns} | 0,26 ^{ns} | 0,30 ^{ns} | 0,24 | 11,9 |
| Zinco (mg.Kg ⁻¹) | 24,90 ^{ns} | 22,21 ^{**} | 31,63 ^{ns} | 36,91 | 22,9 |
| Manganês (mg.Kg ⁻¹) | 173,44 ^{ns} | 181,75 ^{ns} | 239,74 ^{ns} | 246,92 | 26,2 |
| Boro (mg.Kg ⁻¹) | 22,55 ^{***} | 18,73 ^{ns} | 18,80 ^{ns} | 17,68 | 12,8 |

(*) Diferença significativa ($P \leq 0,01$) dos grupos foliares 3 e 4 pelo teste de contraste ortogonal (3-4).

(**) Diferença significativa ($P \leq 0,01$) dos grupos foliares 2, 3 e 4 pelo teste de contraste ortogonal [2-(3+4)].

(***) Diferença significativa ($P \leq 0,01$) dos grupos foliares 1, 2, 3 e 4 pelo teste de contraste ortogonal [1-(2+3+4)].

(^{ns}) Sem diferença significativa.

Fonte: Elaboração dos autores.

Na análise nutricional de ramos e raízes, nesta mesma época de amostragem das folhas (janeiro/2007), apenas o boro apresentou redução significativa e relacionada à presença de pérola (Tabela 5). Na comparação com as folhas de plantas atacadas (18,7%), o boro foi mais limitante em ambos os tecidos, sendo mais restritivo em ramos (10,9%) do que nas raízes (17%). Apesar destes contrastes durante a fase de mudança de cor (janeiro), observa-se que no final do ciclo não houve diferenças significativas de nutrientes nos ramos e raízes entre plantas atacadas e não atacadas (Tabela 5).

As diferenças de boro e potássio observadas não podem ser explicadas pela disponibilidade destes nutrientes no solo, pois as condições nutricionais em que ambos os grupos de plantas estavam distribuídas na área foram as mesmas. Na análise química do solo, o potássio apresentou-se em excesso (215,5mg.

dm⁻³), enquanto o boro foi deficiente (0,25mg.dm⁻³), conforme os limites definidos para o cultivo da videira (CQFS-RS/SC, 2004). Este resultado explica o baixo percentual de boro em folhas, ramos e raízes, inclusive nas plantas controle. Além disso, pelo fato deste nutriente ser mais limitante, foi possível perceber que as plantas atacadas por pérola foram mais restritivas na capacidade de absorção e translocação do boro, possivelmente pela menor superfície radicular ativa ou por bloqueios de vasos xilemáticos nas raízes e ramos. A absorção do boro depende de uma superfície radicular ativa, bem como do fluxo deste micronutriente para a parte aérea por fluxo de massa no xilema (KOCHIAN, 1991). De acordo com Herrera-Rodríguez et al. (2010), apesar de 80-90% do boro estar localizado na parede celular, sua deficiência pode promover uma ampla gama de efeitos metabólicos, tais como redução de crescimento, de pigmentos e de fotossíntese.

Tabela 5. Nutrientes em raízes e ramos de videira 'Isabel' (*Vitis labrusca*) cultivadas em área comercial com e sem pérola-da-terra (*Eurhizococcus brasiliensis*). Coletas em duas épocas distintas do ciclo (Janeiro e Março), Pinto Bandeira, RS. 2007.

| Datas. Nutrientes ¹ | Raiz | | | Ramo | | | Fruto | | |
|-----------------------------------|---------------|--------------------|-----------|---------------|--------------------|-----------|---------------|-------------------|-----------|
| | Sem Pérola | Com Pérola | CV (%) | Sem Pérola | Com Pérola | CV (%) | Sem Pérola | Com Pérola | CV (%) |
| JANEIRO | | | | | | | | | |
| Nitrogênio (%) | 1,7 | 1,3 ^{ns} | 26,0 | 0,4 | 0,4 ^{ns} | 17,0 | - | - | - |
| Fósforo (%) | 0,2 | 0,2 ^{ns} | 25,0 | 0,1 | 0,1 ^{ns} | 7,1 | - | - | - |
| Potássio (%) | 0,5 | 0,5 ^{ns} | 43,3 | 0,4 | 0,3 ^{ns} | 14,7 | - | - | - |
| Cálcio (%) | 0,9 | 0,8 ^{ns} | 11,5 | 0,6 | 0,5 ^{ns} | 5,6 | - | - | - |
| Magnésio (%) | 0,2 | 0,2 ^{ns} | 22,3 | 0,1 | 0,1 ^{ns} | 4,9 | - | - | - |
| Zinco (mg.Kg ⁻¹) | 20,9 | 24,8 ^{ns} | 54,7 | 11,2 | 12,1 ^{ns} | 19,8 | - | - | - |
| Manganês (mg.Kg ⁻¹) | 29,0 | 33,8 ^{ns} | 38,2 | 35,8 | 39,6 ^{ns} | 9,6 | - | - | - |
| Boro (mg.Kg ⁻¹) | 20,7 | 17,0 [*] | 6,7 | 24,9 | 10,9 [*] | 28,7 | - | - | - |
| MARÇO | | | | | | | | | |
| Nitrogênio (%) | 1,3 | 1,3 ^{ns} | 11,4 | 0,8 | 0,8 ^{ns} | 12,8 | 0,3 | 0,5 ^{ns} | 30,8 |
| Fósforo (%) | 0,2 | 0,2 ^{ns} | 10,1 | 0,1 | 0,1 ^{ns} | 5,8 | 0,1 | 0,1 ^{ns} | 28,6 |
| Potássio (%) | 0,8 | 0,8 ^{ns} | 16,8 | 0,3 | 0,3 ^{ns} | 9,1 | 0,8 | 0,8 ^{ns} | 25,5 |
| Cálcio (%) | 1,1 | 1,1 ^{ns} | 8,8 | 0,6 | 0,5 ^{ns} | 9,9 | 0,1 | 0,1 ^{ns} | 35,1 |
| Magnésio (%) | 0,2 | 0,2 ^{ns} | 6,7 | 0,1 | 0,1 ^{ns} | 12,8 | 0,1 | 0,1 ^{ns} | 27,2 |
| Zinco (mg.Kg ⁻¹) | 24,7 | 19,9 ^{ns} | 36,1 | 20,4 | 24,0 ^{ns} | 19,5 | 1,1 | 1,3 ^{**} | 11,0 |
| Manganês (mg.Kg ⁻¹) | 45,3 | 40,4 ^{ns} | 22,2 | 41,7 | 42,5 ^{ns} | 17,9 | 1,5 | 1,8 ^{ns} | 28,8 |
| Boro (mg.Kg ⁻¹) | 22,4 | 22,8 ^{ns} | 5,2 | 9,8 | 8,5 ^{ns} | 9,8 | 3,1 | 4,4 ^{ns} | 33,3 |

(*) Diferença significativa entre médias pelo teste t ($P \leq 0,01$).

(**) Diferença significativa entre médias pelo teste t ($P \leq 0,05$).

(^{ns}) Sem diferença significativa.

Fonte: Elaboração dos autores.

No contraste dos grupos foliares, pode-se perceber que nas plantas atacadas houve redução drástica no teor de clorofila α (-35%), β (-58%) e total, bem como na atividade fotossintética (-45%) das folhas cloróticas e necróticas, em comparação às folhas saudias de plantas não atacadas (Tabela 6). As variações de fotossíntese não foram acompanhadas por variações de condutância estomática (Tabela 6), o que corrobora uma limitação fotoquímica ou bioquímica na assimilação do CO₂ em detrimento do fluxo estomático (LAWLOR, 2001). Estas

mesmas folhas apresentaram uma leve redução de aminoácidos e acúmulo de proteínas totais com o aumento dos sintomas (Tabela 6), o que caracteriza um processo de senescência (BUCHANAN; GRUISSSEN; JONES, 2000). Contudo, estas mesmas folhas manifestaram um expressivo acúmulo de amido com a evolução dos sintomas de ataque da pérola (Tabela 6). Diante este fato, fica evidente que as restrições de pigmentos e atividade fotossintética foliar de plantas atacadas podem estar relacionadas com a inibição pelo produto final (carboidratos).

Tabela 6. Teores de clorofilas α , β e total, taxa de fotossintética líquida ($\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), condutância estomática ($\text{mol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) e concentração de aminoácidos totais, proteínas totais e amido em folhas de videiras ‘Isabel’ (*Vitis labrusca*) cultivadas em área comercial com e sem pérola-da-terra (*Eurhizococcus brasiliensis*). As folhas das plantas sem pérola estão representadas pelo grupo 1 (sadias), enquanto as folhas das plantas com pérola, são representadas pelos grupos 2 (sem sintomas), 3 (cloróticas) e 4 (necróticas). Pinto Bandeira, RS, Janeiro/2007.

| Variável.Grupo ¹ | Sem Pérola | | Com Pérola | | CV(%) |
|--|------------|---------|------------|------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Clorofila α ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) | 26,5 *** | 26,8 ** | 23,9 * | 17,3 | 10,2 |
| Clorofila β ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) | 15,9 *** | 13,4 ** | 10,3 ns | 6,7 | 19,8 |
| Clorofila Total ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) | 42,4 *** | 40,1 ** | 34,2 * | 24,0 | 12,9 |
| Fotossíntese líquida | 13,3 *** | 11,1 ** | 7,8 ns | 7,3 | 18,7 |
| Condutância estomática | 0,36 ns | 0,33 ns | 0,24 ns | 0,28 | 31,6 |
| Aminoácidos totais (%) | 0,35 *** | 0,34 ** | 0,31 ns | 0,31 | 4,3 |
| Proteínas totais (%) | 0,10 ns | 0,09 ** | 0,10 * | 0,13 | 12,4 |
| Amido (%) | 0,42 *** | 0,71 ** | 1,51 ns | 1,73 | 45,0 |

(*) Diferença significativa ($P\leq 0,01$) dos grupos foliares 3 e 4 pelo teste de contraste ortogonal (3-4).

(**) Diferença significativa ($P\leq 0,01$) dos grupos foliares 2, 3 e 4 pelo teste de contraste ortogonal [2-(3+4)].

(***) Diferença significativa ($P\leq 0,01$) dos grupos foliares 1, 2, 3 e 4 pelo teste de contraste ortogonal [1-(2+3+4)].

(ns) Sem diferença significativa.

Fonte: Elaboração dos autores.

Com base em alguns resultados e evidências da literatura, a pérola pode estar causando esse acúmulo de carboidratos de modo direto ou indireto. De modo indireto, destaca-se o efeito da pérola sobre a absorção diferencial de boro (Tabela 4). Han et al. (2008), observaram que plantas de citrus em condições de deficiência de boro manifestaram restrições significativas de fotossíntese e de pigmentos, em conjunto com expressivo acúmulo de açúcares solúveis e amido foliar. Esse acúmulo de açúcares nas folhas promove inibição na transcrição e tradução de enzimas que são específicas para a síntese e fluxo de carboidratos das folhas, sendo os próprios açúcares as moléculas sinalizadoras deste retro-bloqueio (SMEEKENS, 2000).

O acúmulo de amido nas folhas ocorre para reduzir a concentração de açúcares redutores nas células e, ao mesmo tempo, representa um desequilíbrio entre a fonte (fotossíntese) e o dreno (fluxo de sacarose para outros órgãos da planta) de carboidratos na folha (BUCKERIDGE et al., 2004). Como as folhas sintomáticas reduziram a fotossíntese, o desequilíbrio representado pelo amido só pode estar relacionado à uma restrição

de demanda de carbono pelos órgãos dreno ou pelo bloqueio do carregamento do floema nas folhas. De acordo com Han et al. (2008), a deficiência de boro restringe o crescimento e a capacidade produtiva das plantas, reduzindo a força de dreno de carboidratos das folhas e forçando o acúmulo de amido, principalmente nas folhas expandidas mais novas. Entretanto, apesar das evidências, o boro não pode ser considerado o único mecanismo da evolução sintomatológica das folhas, pois as plantas com pérola não manifestaram reduções significativas de produção (Tabela 3), que corresponde um dos maiores drenos de carboidratos das folhas na videira (MULLINS; BOPUQUET; WILLIAMS, 1992). Além disso, apesar da pérola atacar as raízes, destaca-se que os efeitos metabólicos foram localizados principalmente nas folhas, pois as raízes, ramos e frutos não manifestaram nenhum contraste significativo de amido, aminoácidos e proteínas (Tabela 7). Outro ponto que merece destaque é que os sintomas foliares observados nas videiras com pérola (Figura 1) não se manifestam em folhas novas, mas sim em folhas do terço inferior do ramo (mais velhas), o que não está relacionado

com a sintomatologia da deficiência de boro em plantas (KOCHIAN, 1991; HAN et al., 2008; HERRERA-RODRÍGUEZ et al., 2010). Portanto, a evolução da sintomatologia foliar causada de modo sistêmico e direto pelo ataque radicular da pérola não pode ser descartado. Como modo direto, em analogia aos trabalhos com afídeos (MILES, 1999), destaca-se a possibilidade de alguma toxina de origem salivar do inseto estar se distribuindo e atuando de modo sistêmico na planta, bloqueando o fluxo de carbono das folhas para outros tecidos. De acordo com Madhusudhan e Miles (1998),

os componentes protéicos da saliva de afídeos, regurgitados para o floema, podem se distribuir de maneira acrópeta ou basípeta por toda a planta, ocasionando sintomas em locais distintos dos sítios de ataque do inseto. Portanto, mesmo alcançando conclusões práticas, maiores estudos fisiológicos nesta linha de identificação dos possíveis processos de interferência no metabolismo de carboidratos em folhas de videira atacadas por pérola se fazem necessários para o avanço do conhecimento nesta interação inseto-planta que causa grandes prejuízos para a vitivinicultura brasileira.

Tabela 7. Concentração de aminoácidos totais, proteínas totais e amido em raízes, ramos e frutos de videiras ‘Isabel’ (*Vitis labrusca*) não infestadas (índice 1) e infestadas (índices 2, 3 e 4) por pérola-da-terra (*Eurhizococcus brasiliensis*). Coletas em duas épocas distintas do ciclo (Janeiro e Março), Pinto Bandeira, RS. 2007.

| Datas/ Variável | Raiz | | | Ramo | | | Fruto | | |
|-----------------|------------|--------------------|--------|------------|--------------------|--------|------------|--------------------|--------|
| | Sem Pérola | Com Pérola | CV (%) | Sem Pérola | Com Pérola | CV (%) | Sem Pérola | Com Pérola | CV (%) |
| JANEIRO | | | | | | | | | |
| Aminoácidos (%) | 0,39 | 0,37 ^{ns} | 5,3 | 0,42 | 0,42 ^{ns} | 5,5 | - | - | - |
| Proteínas (%) | 0,19 | 0,20 ^{ns} | 11,9 | 0,13 | 0,14 ^{ns} | 7,8 | - | - | - |
| Amido (%) | 1,57 | 1,78 ^{ns} | 36,0 | 1,78 | 1,82 ^{ns} | 15,2 | - | - | - |
| MARÇO | | | | | | | | | |
| Aminoácidos (%) | 0,45 | 0,42 ^{ns} | 7,0 | 0,59 | 0,55 ^{ns} | 10,8 | 0,47 | 0,45 ^{ns} | 6,8 |
| Proteínas (%) | 0,24 | 0,24 ^{ns} | 10,4 | 0,20 | 0,22 ^{ns} | 14,2 | 0,09 | 0,10 ^{ns} | 17,1 |
| Amido (%) | 1,92 | 2,05 ^{ns} | 4,6 | 2,04 | 1,59 ^{ns} | 10,8 | - | - | - |

(*) Diferença significativa entre médias pelo teste t ($P \leq 0,05$).

(^{ns}) Sem diferença significativa.

Fonte: Elaboração dos autores.

Conclusões

Plantas jovens de videira (até 12 meses) não manifestam os sintomas foliares de ataque de pérola-da-terra, observados em plantas em produção.

Apesar das raízes serem atacadas, em plantas adultas as folhas são os principais órgãos que manifestam os sintomas de ataque de pérola-da-terra, ocorrendo reduções de expansão, de pigmentos e de fotossíntese.

Os sintomas foliares foram relacionados com a redução da concentração de boro e potássio e o acúmulo expressivo de amido, caracterizando uma

restrição no fluxo de carboidratos para outros órgãos e tecidos da planta.

Referências

AMARAL, L. I. V. do; GASPAR, M.; COSTA, P. M. F.; AIDAR, M. P. M.; BUCKERIDGE, M. S. Novo método enzimático rápido e sensível de extração e dosagem de amido em materiais vegetais. *Hoehnea*, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 425-431, 2007.

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*, Maringá, v. 32, n. 2, p. 213-216, 2010.

- BOTTON, M.; HICKEL, E. R.; SORIA, S. J.; SCHUCK, E. Pérola-da-terra. In: SALVADORI, J. R.; ÁVILA, C. J.; SILVA, M. T. B. da. (Ed.). *Pragas de solo no Brasil*. Passo Fundo: Embrapa Trigo; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz Alta: Fundacep, 2004. p. 457-476.
- BUCHANAN, B. B.; GRUISSSEN, W.; JONES, R. L. *Biochemistry and molecular biology of plants*. Maryland: Courier Companies. 2000. 1367 p.
- BUCKERIDGE, M. S.; SANTOS, H. P.; TINÉ, M. A. S.; AIDAR, M. P. M. Mobilização de reservas. In: FERREIRA, A. G.; BORGUETTI, F. (Ed.). *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artmed, 2004, p. 163-188.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS-RS/SC. *Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 10. ed. Porto Alegre: SBCS – Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400 p.
- DALBÓ, M. A.; PERUZZO, E. L.; SCHUCK, E. Alternativas de manejo para o controle de declínio da videira. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v. 20, n. 1, p. 58-61, 2007.
- DAMI, I.; BORDELON, B.; FERREE, D. C.; BROWN, M.; ELLIS, M. A.; WILLIAMS, R. N.; DOOHAN, D. *Midwest grape production guide*. Ohio State University Extension: Bulletin 919-05. 2005. Disponível em: <<http://ohioline.osu.edu/b919/pdf/b919.pdf>>. Acesso em: 1 maio 2012.
- DE CÉSARO, A. *Caracterizações histológica e fisiológica do ataque de pérola-da-terra (Eurhizococcus brasiliensis Wille 1922) (Hemiptera: Margarodidae) em videiras*. 2008. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- FOLDI, I. Ground pearls: a generic revision of the Margarodidae *sensu stricto* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea). *Annales de la Société entomologique de France*, Paris, v. 41, n. 1, p. 81-125, 2005.
- GARRIDO, L. da R.; SÔNEGO, O. R. *Chave para identificação de agentes causadores de declínio da videira*. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1999. 20 p. (Circular técnica, 26).
- GIOVANINNI, E.; MANFROI, V. *Viticultura e enologia*. Bento Gonçalves: IFRS. 2009. 344 p.
- HAN, S.; CHEN, L. S.; JIANG, H. X.; SMITH, B. R.; YANG, L. T.; XIE, C. Y. Boron deficiency decreases growth and photosynthesis, and increases starch and hexoses in leaves of citrus seedlings. *Journal of Plant Physiology*, Leipzig, v. 165, n. 13, p. 1331-1341, 2008.
- HERRERA-RODRIGUEZ, M. B.; GONZALEZ-FONTES, A.; REXACH, L.; CAMACHO-CRISTOBAL, J. J.; MALDONADO, J. M.; NAVARRO-GOCHICAO, M. T. Role of boron in vascular plants and response mechanism to boron stresses. *Plant Stress*, Kagawa, v. 4, n. 2, p. 115-122, 2010.
- HICKEL, E. R. *Pragas das fruteiras de clima temperado no Brasil: guia para o manejo integrado de pragas*. Florianópolis: Epagri, 2008. 170 p.
- HOLMES, R. S.; BURTON, R. L.; BURD, J. D.; OWNBY, J. D. Effect of greenbug (Homoptera: Aphididae) feeding on carbohydrates levels in wheat. *Journal of Economic Entomology*, Lanham, v. 84, p. 897-901, 1991.
- KOCHIAN, L. V. Mechanisms of micronutrient uptake and translocation in plants. In: MORDVEDT, J. J.; COX, F. R.; SHUMAN, L. M.; WELCH, R. M. (Ed.). *Micronutrients in Agriculture*. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p. 229-296.
- LAWLOR, D. W. *Photosynthesis*. Oxford: Bios Scientific Publishers. 2001. 352 p.
- LIMA, A. da C. *Insetos do Brasil: 3º tomo: homopteros*. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1942. 327 p. (Escola Nacional de Agronomia. Série didática, 4).
- MADHUSUDHAN, V. V.; MILES, P. W. Mobility of salivary components as a possible reason for differences in the responses of alfalfa to the spotted alfalfa aphid and pea aphid. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Amsterdam, v. 86, n. 1, p. 25-39, 1998.
- MILES, P. W. Aphid saliva. *Biological Review*, Oxford, v. 74, n. 1, p. 41-85, 1999.
- MULLINS, M. G.; BOPUQUET, A.; WILLIAMS, L. E. *Biology of grapevine*. New York: Cambridge University, 1992. 239 p.
- PASSOS, L. P. *Métodos analíticos e laboratoriais em fisiologia vegetal*. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, 1996. 223 p.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2008. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 1 jan. 2008.
- SANDSTRÖM, J.; TELANG, A.; MORAN, N. A. Nutritional enhancement of host plants by aphids – a comparison of three aphid species on grasses. *Journal of Insect Physiology*, Oxford, v. 46, n. 1, p. 33-40, 2000.
- SMEEKENS, S. Sugar-induced signal transduction in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, Palo Alto, v. 51, n. 1, p. 49-81, 2000.

SORIA, S. J.; GALLOTTI, B. J. *O margarodes da videira Eurhizococcus brasiliensis (Homoptera: Margarodidae):* biologia, ecologia e controle no Sul do Brasil. Bento Gonçalves: Embrapa CNPUV, 1986. 22 p. (Circular técnica, 13).

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BIASSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 174 p. (Boletim técnico, 5).