

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

**Danos causados por Groundnut ringspot virus (GRSV) e Physalis rugose
mosaic virus (PhyRMV), em infecções simples e mista, em plantas de
Physalis peruviana L.**

Heron Delgado Kraide

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

**Piracicaba
2021**

Heron Delgado Kraide
Engenheiro agrônomo

Danos causados por Groundnut ringspot virus (GRSV) e Physalis rugose mosaic virus (PhyRMV), em infecções simples e mista, em plantas de *Physalis peruviana* L.
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **JORGE ALBERTO MARQUES REZENDE**

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

Piracicaba
2021

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

Kraide, Heron Delgado

Danos causados por *Groundnut ringspot virus* (GRSV) e *Physalis rugose mosaic virus* (PhyRMV), em infecções simples e mista, em plantas de *Physalis peruviana* L / Heron Delgado Kraide. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2021.

41 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Tospovirus 2. Sobemovirus 3. *Physalis peruviana* L. I. Título

Aos meus pais, Afonso e Chennorik, a
minha eterna namorada Tainá, família e
amigos, por sempre me apoiarem e estarem
ao meu lado,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À “Gloriosa” Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz” – ESALQ/USP e ao Departamento de Fitopatologia e Nematologia pelo apoio, infraestrutura, ensinamentos e oportunidades.

Ao Prof. Dr. Jorge Alberto Marques Rezende pela orientação, confiança, ensinamentos, apoio e sobre tudo pela oportunidade de crescimento acadêmico e grande contribuição para minha formação como pesquisador.

A todos os professores que tive o prazer de conhecer e ter aulas, em especial aos professores do Departamento de Fitopatologia e Nematologia da ESALQ/USP pelos conhecimentos e ensinamentos transmitidos.

A todos os funcionários do Departamento de Fitopatologia e Nematologia da ESALQ/USP, em especial ao Sr. Pedro, pelo apoio durante os experimentos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos desde o início deste trabalho.

Aos meus amigos do Laboratório de Virologia Vegetal, Arnaldo E. Fariña, Camila Ferro, David A. M. Spadotti, Eike Yudi, Felipe de O. Franco e Gabriel M. Favara e do Laboratório de fitoplasma Jackson Ferreira e Túlio Veríssimo.

A todos meus amigos que sempre estiveram comigo, pelo apoio, ensinamentos, ajuda sempre que necessária e pelos bons momentos vividos e compartilhados.

Por fim, agradeço a toda minha família, pelo apoio, confiança e incentivo que me ajudaram a chegar até aqui. Em especial agradeço aos meus pais Chennorik Kallajian Delgado Kraide e Afonso Celso Canto Kraide, e minha amada Tainá Aparecida Martin, pelo apoio, amor, carinho e compreensão.

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1. A cultura da fisális.....	11
2.2. Groundnut ringspot virus.....	12
2.3. Physalis rugose mosaic virus.....	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
3.1. Material Vegetal	17
3.2. Isolados virais	17
3.3. Transmissão mecânica dos virus	17
3.4. Detecção do GRSV e do PhyRMV por RT-PCR.....	18
3.5. Análise de dano causado por GRSV e PhyRMV, em infecções simples e mista, em plantas de fisális	19
3.6. Transmissão vertical do GRSV e do PhyRMV	19
3.7. Transmissão do GRSV e do PhyRMV através de solo contaminado.....	20
4. RESULTADOS	21
4.1. Análise de Danos	21
4.1.1. Sintomatologia.....	21
4.1.2. Altura das plantas	22
4.1.3. Pesos fresco e seco	22
4.1.4. Produção	23
4.2. Transmissão vertical do PhyRMV e GRSV	24
4.3. Transmissão do PhyRMV através de solo.....	25
5. DISCUSSÃO	27
6. CONCLUSÕES	31
REFERÊNCIAS	32

RESUMO

Danos causados por Groundnut ringspot virus (GRSV) e Physalis rugose mosaic virus (PhyRMV), em infecções simples e mista, em plantas de *Physalis peruviana* L.

A fisális (*Physalis peruviana* L.), pertencente à família Solanaceae, originária da região Andina da América do Sul é uma planta exótica cujo cultivo tem ampliado no Brasil. Como outras solanáceas, as plantas de *P. peruviana* estão sujeitas a uma série de doenças que podem ser causadas por fungos, bactérias, vírus etc. Algumas viroses emergentes estão afetando a cultura e causando preocupação aos produtores. Até o momento cinco vírus foram relatados infectando naturalmente plantas de *P. peruviana* no Brasil, dois do gênero *orthospovirus*, o tomato chlorotic spot virus (TCSV) e o groundnut ringspot virus (GRSV), transmitidos de maneira persistente propagativa por espécies de tripes (*Frankliniella occidentalis*, *F. schultzei* e *Thrips tabaci*), dois do gênero *potyvirus*, o potato virus Y (PVY) e o pepper yellow mosaic virus (PepYMV), transmitidos por afídeos de maneira não-persistente, e o *sobemovirus* physalis rugose mosaic virus (PhyRMV), cujo vetor ainda é desconhecido. Apesar dos relatos recentes, pouco se sabe sobre os danos causados por esses patógenos e estratégias de manejo das doenças no campo. Por isso, o presente trabalho teve como principal objetivo avaliar os danos causados por GRSV e PhyRMV em plantas de *P. peruviana*, em infecções simples e mista. Adicionalmente avaliaram-se as transmissões dos dois vírus por sementes dessa solanácea e a partir do solo. Plantas infectadas com o GRSV e o PhyRMV apresentaram reduções significativas na altura, pesos fresco e seco e produção de frutos, quando comparadas com as plantas sadias. No caso da produção, os pesos médios dos frutos colhidos de plantas infectadas com o GRSV e o PhyRMV foram 54,4% e 90,8% inferiores aos das plantas sadias, respectivamente. A infecção das plantas com os dois vírus teve efeito sinérgico resultando em ausência de produção. Nenhum dos vírus foi transmitido por sementes. Somente o PhyRMV foi transmitido através de solo.

Palavras-chave: Tospovirus, Sobemovirus, Solanaceae

ABSTRACT

Evaluation of the damage caused by Groundnut ringspot virus (GRSV) and Physalis rugose mosaic virus (PhyRMV), in single and mixed infections, in plants of *Physalis peruviana* L.

Physalis peruviana L., belonging to the Solanaceae family, originating from the Andean region of South America, is an exotic plant whose cultivation has expanded in Brazil. Like other nightshades, *P. peruviana* plants are subject to several diseases that can be caused by fungi, bacteria, viruses, etc. Some emerging viruses are affecting the crop and causing concern to farmers. To date, five viruses have been reported to infect *P. peruviana* plants in Brazil naturally, two of the orthospovirus genus, the tomato chlorotic spot virus (TCSV) and the groundnut ringspot virus (GRSV), transmitted in a persistent propagative manner by thrips (*Frankliniella occidentalis*, *F. schultzei* and *Thrips tabaci*), two of the potyvirus genus, Potato virus Y (PVY) and pepper yellow mosaic virus (PepYMV), transmitted by aphids in a non-persistent manner, and the sobemovirus physalis rugose mosaic virus (PhyRMV), whose vector is still unknown. Despite recent reports, little is known about the damage caused by these pathogens and disease management strategies in the field. Therefore, the present work had as main objective to evaluate the damages caused by GRSV and PhyRMV in *P. peruviana* plants, in single and mixed infections. Additionally, transmissions of the two viruses by seeds of this nightshade and from the soil were evaluated. Plants infected with GRSV and PhyRMV showed significant reductions in height, fresh and dry weight, and fruit yield compared to healthy plants. In the case of yield, the average weights of fruits harvested from plants infected with GRSV and PhyRMV were 54.4% and 90.8% lower than those of healthy plants, respectively. Infection of plants with the two viruses had a synergistic effect resulting in no production. None of the viruses were transmitted by seeds. Only PhyRMV was transmitted through the ground.

Keywords: Tospovirus, Sobemovirus, Solanaceae

1. INTRODUÇÃO

A *Physalis peruviana* L., popularmente conhecida como fisális, pertencente à família *Solanaceae*, é uma planta exótica, originária da região Andina do Peru, na América do Sul, que tem sido cada vez mais cultivada no Brasil (FISCHER; ALMANZA MERCHÁN, 1993; PALOMINO et al., 2011; STEHMANN et al., 2014). A Colômbia é a maior produtora e exportadora de frutos de fisális e, apesar do Brasil estar expandindo o cultivo dessa planta, ainda é um grande importador de frutos colombianos (PALOMINO et al., 2011).

É uma planta herbácea perene, com hábito de crescimento indeterminado, porém em cultivos comerciais, principalmente em locais onde o inverno é muito rigoroso, é cultivada como anual, em função das temperaturas extremamente baixas que paralisam o desenvolvimento das plantas (FISCHER; LUDDERS, 2002). A planta de fisális se caracteriza pela presença de folhas oblongas em forma de coração, filotaxia alterna, flores pentâmeras, hermafroditas (autofecundação), solitárias e pedunculadas (LAGOS et al., 2008). Pode alcançar até 2 metros de altura, produz pequenos frutos alaranjados de aspecto singular do tipo baga carnosa, em forma de globo, com alto valor agregado. Os frutos são conhecidos mundialmente por serem saborosos e nutritivos. Contém alto teor de vitaminas, além de flavonoides, alcaloides, fitoesteróis, carotenoides e compostos bioativos considerados funcionais (CHAVES et al., 2005; CHAVES et al., 2006; DALL'AGNOL, 2007; PATRO, 2010). A morfologia de frutificação é peculiar, caracterizada pela presença de um cálice frutífero inflado que se expande e envolve todo o fruto (D'ARCY, 1991). Todas as partes da planta são passíveis de comercialização, desde a raiz até o fruto. As folhas, os colmos e as raízes são utilizadas pelas empresas farmacêuticas, as frutas são consumidas *in natura* ou processadas em geleias, doces nobres e sucos, e até os cálices, em forma de balão, que recobrem os frutos, são aproveitados e utilizados em artesanatos (SCHNEID, 2008).

A cultura da fisális está sujeita a uma série de doenças fúngicas, bacterianas e viróticas, que podem provocar prejuízos aos produtores, tanto pela queda da produtividade, como pelo aumento do custo de produção (sementes certificadas, aplicação de agrotóxicos, entre outros). Dentre as doenças que podem afetar a cultura, as causadas por vírus vêm ganhando importância, uma vez que estão aumentando as constatações de diferentes viroses em fisális no país e por serem de difícil controle. Normalmente requerem um manejo complexo e eficiente, exceto quando há variedades ou híbridos com resistência ao patógeno em questão, o que na maioria dos casos não parece haver disponibilidade. Vários vírus já foram relatados infectando *P. peruviana* pelo mundo (DA GRAÇA et al. 1985; PRAKASH et al. 1988; THOMAS; HASSAN

2002; SALAMON; PALKOVICS 2005; TRENADO et al. 2007; GÁMEZ-JIMÉNEZ et al. 2009; PEREA et al. 2010; AGUIRRE-RÁQUIRA et al. 2014; GUTIÉRREZ et al. 2015; KISTEN et al. 2016). No Brasil, até o momento foram relatados cinco vírus infectando naturalmente plantas dessa solanácea; dois do gênero *Orthospovirus*, o tomato chlorotic spot virus (TCSV), detectado causando nanismo, mosaico, necrose e distorção foliar em plantas infectadas no Estado do Rio Grande do Sul (EIRAS et al., 2012) e o groundnut ringspot virus (GRSV) relatado causando manchas cloróticas e anéis concêntricos em folhas de *P. peruviana* no Estado de São Paulo (FARIÑA et al., 2018), dois do gênero *Potyvirus*, o potato virus Y (PVY) e o pepper yellow mosaic virus (PepYMV), causando sintomas de mosaico e distorção foliar em plantas nos Estado de Minas Gerais e no interior de São Paulo (REZENDE, JAM – Dados não publicados) e o *Sobemovirus* physalis rugose mosaic virus (PhyRMV) que foi relatado em altas incidências nos Estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo, onde se concentra a produção comercial no país (FARIÑA et al., 2019).

Entre os vírus que foram encontrados infectando plantas de fisális, o GRSV e o PhyRMV têm chamado a atenção pela severidade dos sintomas nas plantas infectadas, tanto em condições de campo como em casa de vegetação. Esses dois vírus ainda não foram relatados infectando plantas de fisális em mistura, ou seja, simultaneamente, mas devido suas características de transmissão e estabilidade apresentam grandes chances de ocorrerem em conjuntamente. Há carência de informações sobre a epidemiologia desses vírus na cultura da fisális. Estudos que busquem esclarecer e/ou obter essas informações serão importantes para elaboração de medidas de manejo para o controle da disseminação dessas doenças nos campos de cultivo de *P. peruviana* L. Diante desse fato, somado a inexistência de estudos sobre danos causados por fitovirose em plantas de fisális esse trabalho teve como objetivo avaliar o dano causado pelas infecções simples e mista do GRSV e do PhyRMV no desenvolvimento e produção de plantas de fisális e a transmissão por semente e através de solo contaminado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura da fisális

O cultivo da fisális se encontra em expansão no Brasil, pois a procura e a valorização da fruta têm animado e atraído novos produtores. É cultivada principalmente por pequenos e médios produtores, que priorizam culturas com maior valor agregado, compensando as pequenas áreas cultivadas. A produção de pequenas frutas, como a fisális, amora-preta, framboesa etc., está se tornando uma alternativa rentável e promissora para esses tipos de produtores (FERNANDES, 2002; HOFFMANN, 2003). A fisális tem se destacado entre as pequenas frutas devido a rusticidade e boa capacidade adaptativa (RUFATO et al., 2008).

O cultivo da fisális é simples, mas quando cultivada para fins comerciais, algumas técnicas como tutoramento, condução, podas, adubação e controle de pragas e doenças são necessárias. A planta tolera diversos climas e tipos de solo, mas o excesso de calor ou frio, seca ou umidade, podem prejudicar o crescimento e desenvolvimento da planta, interferindo na produtividade e qualidade dos frutos. A temperatura ideal para o cultivo da fisális varia entre 13 e 18°C, temperaturas acima de 30°C prejudicam o florescimento e conseqüentemente a produção (SALAZAR et al., 2008a; FISCHER et al., 2014). A umidade e o regime hidrológico ideal para o cultivo da fisális variam entre 70 e 80% de UR, para evitar a deterioração da fruta e 1.000 a 2.000 mm de chuva, com distribuição uniforme ao longo do ano. Precipitações superiores a essa faixa estimulam o crescimento excessivo da planta e aumentam a incidência de doenças (FISCHER, 2000; RUFATO et al., 2008). A altitude para o desenvolvimento ótimo da planta varia entre 1800 e 2800 m (FISCHER; ANGULO, 1999; MAZORRA et al., 2002). O tipo de solo ideal é o areno-argiloso, bem drenado, com textura mais granulada, preferencialmente com altos teores de matéria orgânica e pH entre 5,5 e 6,8 (FISCHER et al., 2005). Zoneamento de risco climático para o cultivo de fisális demonstrou que apenas 10% do sudeste brasileiro é apto, e que as regiões mais aptas são: o centro sul do Estado de Minas Gerais, o oeste dos Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, as regiões sul e leste do Estado de São Paulo e a região Sul do Brasil (APARECIDO et al., 2019).

O período produtivo da planta pode durar até 8 meses, onde flores e frutos são produzidos simultaneamente nos ramos, alcançando uma produção por planta de até 2 ou 3 kg por safra (LIGARRETO et al., 2005; LIMA et al., 2012). As flores da fisális são autógamias, porém há flores protogínicas, uma característica que pode ser considerada como uma estratégia

para priorizar a polinização cruzada (abelhas) e garantir variabilidade genética (LAGOS et al., 2008).

A Colômbia é a maior produtora de fisális e exporta praticamente 50% de tudo que produz. Os outros 50% restantes geralmente não atingem o tamanho padrão para a exportação e acabam sendo utilizados como produtos desidratados e afins (CASTRO et al., 2008). No Brasil, a fisális é mais popular nas regiões Norte e Nordeste e vêm ganhando importância nas demais regiões do país. Os frutos podem ser encontrados em mercados locais no Brasil, porém grande parte dos frutos consumidos aqui são provenientes de importação da Colômbia, uma vez que a produção brasileira está em emergência (RODRIGUES et al., 2009).

A fruta da fisális é considerada climatérica, ela tem a capacidade de amadurecer na planta ou fora dela, ou seja, pode ser colhida ainda imatura, o que resulta na possibilidade de um intervalo maior entre a colheita, o transporte e a exposição do produto ao consumidor final, o que minimiza as perdas e aumenta a vida útil pós-colheita. Após a colheita da fruta há um aumento da taxa respiratória, devido a produção auto catalítica de etileno, o que permite o amadurecimento após a colheita do fruto ainda imaturo (CHITARRA, 2005; RUFATO et al., 2008).

O ponto ideal de colheita dos frutos da fisális se dá quando o cálice apresenta coloração amarelo-esverdeado até amarelo-amarronzado. O conhecimento do ponto ideal de colheita é fundamental para aumentar a vida útil do fruto e dar maior retorno econômico aos produtores, pois essa é a fase em que os frutos apresentam maior diâmetro, peso e acúmulo de sólidos solúveis totais (RUFATO et al., 2008; RODRIGUES, 2012).

Na medicina popular, a fisális fortalece o sistema imunológico, purifica o sangue, alivia dores de garganta e ajuda a diminuir as taxas de colesterol. Na região Amazônica, Nordeste e outras utilizam-se as raízes, folhas e frutos no combate a doenças da pele, bexiga, rins, fígado, diabetes, reumatismos e tem sido estudada também para diminuição da rejeição de órgãos transplantados, atuando no sistema de defesa do organismo humano (MATOS, 2000).

2.2. Groundnut ringspot virus

O groundnut ringspot virus (GRSV) pertence à família *Tospoviridae* e ao gênero *Orthospovirus*. Apresenta partículas isométricas de aproximadamente 100 nm em diâmetro, com envelope lipoproteico. A partícula viral possui três moléculas de RNA, com polaridades negativa ou ambisenso, denominados de acordo com o seu tamanho de L = large (~8.9 kb), M

= medium (~4.8 kb) e S = small (~2.9 kb). O RNA L é de polaridade negativa e codifica a proteína RdRp (RNA polimerase dependente de RNA). O RNA M é ambisenso e codifica a proteína não estrutural NSm (proteína de movimento responsável pelo transporte célula-a-célula) na orientação senso positivo e os precursores das glicoproteínas Gn e Gc no sentido negativo. O RNA S também é ambisenso e sintetiza a proteína NSs (supressora do silenciamento gênico) na orientação senso positivo e na orientação senso negativo sintetiza a proteína N (que forma o nucleocapsídeo viral e que está envolvida na regulação da transcrição/replicação) (DE AVILA et al., 1992, TAKEDA et al., 2002, SNIPPE et al., 2007).

Os tospovirus podem ser transmitidos mecanicamente em condições experimentais, porém na natureza são transmitidos por diferentes espécies de tripses (*Frankliniella schultzei*, *F. occidentalis* e *Thrips tabaci*) de maneira persistente, circulativa propagativa (POZZER et al. 1996). *F. schultzei* é a espécie de maior importância para o entendimento da epidemiologia e disseminação do GRSV no Brasil e nos EUA (NAGATA et al., 2004; WEBSTER et al., 2015). Após a aquisição do vírus, que ocorre a partir da alimentação do inseto na fase larval, por cerca de 15 minutos em uma planta infectada com o vírus, as partículas deste circulam pelo aparelho digestivo e hemolinfa do inseto antes de atingirem as glândulas salivares. Além da circulação, o vírus também se replica no interior do inseto. Depois de um período de latência do vírus no vetor, que varia de 3 (em regiões com altas temperaturas) a 10 dias (regiões de clima temperado) o inseto se torna virulífero e capaz de transmitir o vírus. A transmissão pode ocorrer durante a fase de 2º instar ou adulta, dependendo do período de latência. O inseto adulto transmitirá o vírus por toda a vida, porém não há transmissão para a progênie. A fase adulta, alada, é a que representa maior importância nas epidemias, uma vez que possui maior mobilidade (CALISHER, 1996; PETERS, 2008).

O GRSV foi identificado pela primeira vez em 1993 na África do Sul, infectando naturalmente a cultura do amendoim (DE AVILA et al., 1993), posteriormente foi encontrado em plantas de soja, em 2002, no mesmo país (PIETERSEN e MORRIS, 2002). No Brasil, a partir de 2002 foi encontrado infectando as culturas do tomate (BOARI et al., 2002), pimentão e pepino (SPADOTTI et al., 2014), amendoim (CAMELO-GARCÍA et al., 2014) e melancia (LEÃO et al., 2014). Em 2007, na Argentina, foi encontrado infectando amendoim (DE BREUIL et al., 2007); na Flórida, em 2010, foi relatado infectando tomateiros (WEBSTER et al., 2010), e recentemente, no Brasil, foi relatado infectando *Physalis peruviana* (FARIÑA et al., 2018), Jiló (CRUCIOL et al., 2019) no estado de São Paulo e em chicória no Distrito Federal (JORGE et al., 2021). Os sintomas das doenças causadas por esse tospovirus incluem aparecimento de manchas e deformações em folhas e frutos e lesões circulares necróticas nos

frutos. Pode ocorrer necrose de brotos terminais, que pode causar a paralização do desenvolvimento da planta. A severidade dos sintomas nos frutos causa grande depreciação do produto e até inviabiliza a comercialização (FARIÑA et al., 2018). Não há evidência de transmissão por semente (PAPPU et al., 2009).

O controle GRSV, como na maioria das viroses, é complexo e requer um manejo integrado, rápido e eficiente, iniciado com a implementação de estratégias de controle antes da implementação da cultura e que se estende durante todo o ciclo vegetativo até a colheita. Existem diversas estratégias de controle disponíveis, como obtenção de mudas sadias certificadas, uso de variedades resistentes, quando disponíveis, controle químico do vetor, eliminação de hospedeiras alternativas, barreiras físicas e outras táticas que podem reduzir a disseminação do vírus. O gene Sw-5, que confere resistência a tospovirus, oriundo de uma espécie de tomateiro selvagem (*Solanum peruvianum*) (STEVENS et al., 1991; BOITEUX; GIORDANO, 1993), é utilizado em várias cultivares e híbridos de tomateiro, mas elas nem sempre são totalmente eficazes, a utilização integrada dessa e outras diversas estratégias e táticas de manejo parece ser a alternativa mais eficiente (PEREIRA-CARVALHO et al., 2014). Até o momento não existe variedades de fisális resistentes.

2.3. Physalis rugose mosaic virus

Este vírus pertence ao gênero *Sobemovirus*, família *Solemoviridae*. As partículas do PhyRMV são isométricas, e o genoma é composto por uma fita simples de RNA, senso positivo, com 4100 a 5700 nucleotídeos e cinco fases abertas de leitura. O gênero abrange 19 espécies reconhecidas pelo Comitê Internacional de Taxonomia de Vírus (International Committee on Taxonomy of Viruses - ICTV) (MEDEIROS et al., 2015).

O sobemovirus PhyRMV, encontrado recentemente em altas incidências nos Estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo causa sintomas de mosaico, amarelecimento, enrugamento da folha, e nanismo (FARIÑA et al. 2019). O vírus afeta o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da planta, reduz significativamente a área foliar, reduz também o acúmulo de matéria seca e a produtividade, além de reduzir a germinação e o vigor das sementes produzidas (GORAYEB et al., 2020). Pode ser transmitido mecanicamente, mas não é transmitido por semente (SAVI et al., 2021).

Os vírus desse gênero são facilmente transmitidos mecanicamente, por insetos e em alguns casos via sementes (LING et al., 2013). Existem vários relatos de insetos vetores de sobemovirus. A grande maioria deles é transmitida por espécies de coleópteros fitófagos

(SERJEANT, 1967; KOUDAMILORO et al., 2015). No Brasil, há relatos de sobemovirus transmitidos por *Diabrotica speciosa* e *Ceratoma arcuata* (SILVEIRA et al., 1983; MEYER et al., 1992). *Halticus citri*, conhecido por pulga de jardim, a traça *Liriomyza langei*, a cigarrinha da beterraba *Circulifer tenellus* e o pulgão *Myzus persicae* já foram descritos como vetores do sobbane mosaic virus. Há ainda relatos de mirídeos (Heteróptera), besouros coccinelídeos, mariposa (*Diaphaulaca áulica*) e tripes (*Thrips tabaci*) como vetores de diferentes sobemovirus. Alguns sobemovirus são transmitidos por sementes, principalmente por contaminação externa (Sõmera et al., 2015). No caso do subterranean clover mottle virus, demonstrou-se experimentalmente a transmissão mecânica pelo pastejo e pisoteio do gado em plantas de trevo infectadas, pela roçada para a produção de feno e pelas rodas dos veículos (MCKIRDY et al., 1998). Estudos demonstraram que o sobemovirus rice yellow mottle virus (RYMV) por exemplo, foi transmitido por contato quando plantas saudáveis estavam ao lado de planta infectada sob a força do vento em cultivo irrigado (SARRA et al., 2003). A transmissão por resíduos no solo foi relatada para o southern bean mosaic virus (SBMV) e artemisia virus A (TEAKLE; MORRIS, 1981; RAMEL et al., 2013).

Como visto anteriormente, o controle das fitoviroses é complexo e, no caso da doença causada por PhyRMV, o controle fica ainda mais difícil, pois além de não existirem variedades de *Physalis* resistentes ao vírus, o vetor ainda é desconhecido e não há informações sobre a epidemiologia da doença no campo. Estudos para esclarecer e/ou obter informações adicionais serão importantes para elaboração de medidas de manejo para o controle da disseminação da doença nos campos de cultivo de *P. peruviana*.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Material Vegetal

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Virologia Vegetal e no Campo Experimental do Departamento de Fitopatologia e Nematologia da ESALQ/USP em Piracicaba-SP. Foram utilizadas sementes sadias de *P. peruviana*, semeadas em bandejas de poliestireno contendo substrato e vermiculita. Quando as mudas estavam com duas a três folhas verdadeiras elas foram transplantadas individualmente para vasos com substrato e fertilizante próprio para a cultura.

3.2. Isolados virais

Para realização dos experimentos foram utilizados um isolado do GRSV e um do PhyRMV, obtidos a partir de plantas infectadas de fisális coletadas na região de Piracicaba-SP. A identidade dos isolados virais foi confirmada através de sequenciamento parcial dos respectivos genomas de cada um dos vírus (Fariña et al., 2018; Fariña et al., 2019). Plantas de fisális infectadas com os vírus foram mantidas em casas de vegetação diferentes para evitar contaminações.

A renovação dos inóculos foi feita periodicamente através da transmissão dos vírus para plantas jovens de fisális por meio de inoculação mecânica (descrito a seguir).

3.3. Transmissão mecânica dos virus

A inoculação mecânica do GRSV e do PhyRMV, em transmissões simples e mistas, foi realizada utilizando-se extrato vegetal preparado a partir de folhas de fisális sintomáticas maceradas em tampão fosfato de potássio 0,02 M, contendo sulfito de sódio na mesma molaridade. A proporção do tecido vegetal/tampão utilizada foi de 1:10 (peso:volume), 1 g de folha infectada de cada inóculo foi pesada e macerada em 1 ml de tampão, na infecção mista foram pesados 0,5 g de cada inóculo. O inóculo foi aplicado com o indicador umedecido no inoculo em folhas previamente polvilhadas com o abrasivo carborundum (400 mesh). Após a inoculação as folhas foram lavadas para retirar o excesso de inóculo e de abrasivo.

3.4. Detecção do GRSV e do PhyRMV por RT-PCR

A presença do GRSV e do PhyRMV foi analisada em amostras de folhas das plantas, de acordo com a necessidade do experimento e para confirmação das infecções virais, no início e no fim do experimento, a partir do RNA total extraído com Trizol® LS (Invitrogen) de acordo com o protocolo do fabricante. Os RNAs totais extraídos de plantas sabidamente infectadas com os vírus e sadias foram utilizados como controles positivo e negativo, respectivamente.

Para a detecção do GRSV, o RNA total foi utilizado na reação de one step RT-PCR, em um volume final de 25 µl, utilizando 12,5 µl de tampão Master Mix (PCR Master Mix, Promega, EUA), com adição de 0,3 µl da enzima AMV e 0,8 µl (10 µM) dos oligonucleotídeos iniciadores específicos para o gênero *orthospovirus* BR 60 (5'-CCCGGATCCTGCAGAGCAATTGTGTCA-3') e BR 65 (5'-ATCAAGCCTTCTGAAAGTCAT-3'), os quais amplificam um fragmento de 453 pares de bases do gene N (EIRAS et al., 2002). O regime do termociclador foi de um ciclo a 42 °C por 30 min, um ciclo de desnaturação inicial a 94 °C por 5 min, seguidos de 35 ciclos a 94 °C por 1 min, 48 °C por 1 min e 72 °C por 1 min, com uma extensão final de 10 min a 72 °C. Os amplicons obtidos foram analisados através de eletroforese em gel de agarose a 1%, corado com SYBR Safe DNA gel Stain (Invitrogen) e visualizados em um transiluminador de luz UV. O marcador de peso 1Kb plus DNA Ladder (Invitrogen) foi utilizado para determinar o tamanho dos amplicons obtidos.

Para a detecção do PhyRMV, o RNA total foi utilizado na reação de one step RT-PCR, em um volume final de 25 µl, utilizando 12,5 µl de tampão Master Mix (PCR Master Mix, Promega, EUA), com adição de 0,3 µl da enzima AMV e 0,8 µl (10 µM) dos oligonucleotídeos iniciadores específicos para o gênero *sobemovirus* Sobemo1F (5'-TAG CCA AGC TCA ATC CAT TT - 3') e Sobemo1R (5'-GTC TTA GGC CAA GAA GTC AA-3'), os quais amplificam um fragmento de 528 pares de bases do gene RdRp (FARIÑA et al., 2019). O regime do termociclador foi de um ciclo a 42 °C por 30 min, um ciclo de desnaturação inicial a 94 °C por 3 min, seguidos de 30 ciclos a 94 °C por 1 min, 53 °C por 1 min e 72 °C por 1 min, com uma extensão final de 10 min a 72 °C. Os amplicons obtidos foram analisados conforme descrito acima utilizando o mesmo marcador de peso molecular.

3.5. Análise de dano causado por GRSV e PhyRMV, em infecções simples e mista, em plantas de fisális

Foram realizados dois experimentos independentes com plantas saudáveis de fisális crescendo em vasos com substrato e frequentemente adubadas de acordo com a recomendação para a cultura. No primeiro experimento foram utilizados 7 vasos de 5 L, por tratamento, enquanto no segundo, foram utilizados 10 vasos de 20 L, por tratamento, para permitir um melhor desenvolvimento das plantas e consequente avaliação da produtividade.

Quatro tratamentos foram comparados para análise de dano: plantas saudáveis, plantas inoculadas apenas com tampão, para simular a injúria causada pelo dano mecânica (controle); plantas inoculadas com o GRSV; plantas inoculadas com o PhyRMV e plantas inoculadas com os dois vírus simultaneamente.

Após a inoculação as plantas foram alocadas em diferentes compartimentos de uma casa de vegetação sob mesmas condições ambientais, para evitar eventuais contaminações e possíveis influências do clima. As plantas foram tutoradas periodicamente até alcançarem o estágio reprodutivo. Após o início da produção foram coletados frutos durante 30 dias. Finalizada a coleta e a contabilização dos frutos, a parte aérea das plantas foi cortada e medida da base até o ápice. No segundo experimento foram contabilizados também os pesos fresco e seco da parte aérea das plantas, os pesos frescos foram obtidos a partir da pesagem da parte aérea fresca, imediatamente após a poda, enquanto que o peso seco foi obtido após secagem da parte aérea fresca a 56°C por 5 dias em uma estufa. Os resultados obtidos nesse experimento foram avaliados estatisticamente. As análises estatísticas foram realizadas no Software R, versão 4.1.0. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância ($p < 0,05$).

3.6. Transmissão vertical do GRSV e do PhyRMV

Para avaliação da transmissão vertical do GRSV e do PhyRMV, ou seja, por sementes, estas foram colhidas de frutos provenientes de plantas infectadas com o GRSV e com o PhyRMV, separadamente. As sementes foram semeadas em bandejas de polietileno com substrato autoclavado e vermiculita. Sementes obtidas de plantas saudáveis também foram semeadas como controle. Cinquenta sementes de cada tratamento (GRSV, PhyRMV e saudáveis) foram semeadas e as bandejas foram submetidas a nebulização para estimular a germinação. Trinta dias após a emergência e desenvolvimento das plântulas, elas foram analisadas para

presença de sintomas e para a presença do vírus por RT-PCR a partir de um pool de amostras folhas de cinco plantas.

3.7. Transmissão do GRSV e do PhyRMV através de solo contaminado

Para avaliar a possível transmissão do GRSV e do PhyRMV a partir de resíduos de plantas no solo, foram utilizados os vasos contendo plantas infectadas com o GRSV e com o PhyRMV, em infecções simples e mista e aqueles contendo plantas saudas, do segundo experimento anteriormente descrito. Ao final do experimento, após o corte das partes aéreas de todas as plantas, o solo de cada vaso foi parcialmente revolvido e, quinze dias depois, plântulas de *Fisalis* saudas, obtidas de sementeira em solo autoclavado, foram transplantadas para aqueles vasos contendo apenas restos dos sistemas radiculares das partes aéreas eliminadas. Amostras de raízes presentes nos vasos foram separadamente coletadas e analisadas por RT-PCR para a presença dos vírus, imediatamente antes do transplante das plântulas saudas. Foi transplantada uma plântula por vaso. Trinta dias após o transplante, amostras de raízes e de folhas das plantas foram coletadas e analisadas por RT-PCR. A presença e desenvolvimento de sintomas foi observada.

4. RESULTADOS

4.1. Análise de Danos

4.1.1. Sintomatologia

Os primeiros sintomas causados por GRSV apareceram inicialmente nas folhas inoculadas, 10 dias após a inoculação. Foram caracterizados principalmente por anéis e manchas concêntricas de cor palha, como mostra a figura 1A. O PhyRMV não causou sintomas nas folhas inoculadas, mas os sintomas sistêmicos nas folhas jovens das plantas surgiram aproximadamente 15 dias após a inoculação. Estes foram caracterizados por mosaico, amarelecimento e enrugamento do limbo foliar (Figura 1B). Plantas infectadas com os dois vírus exibiram inicialmente sintomas locais característicos da infecção com o GRSV e sistêmicos característicos da infecção com o PhyRMV. Poucos dias depois ocorreu a morte dos ponteiros (Figura 1C) e senescência precoce e queda de folhas.

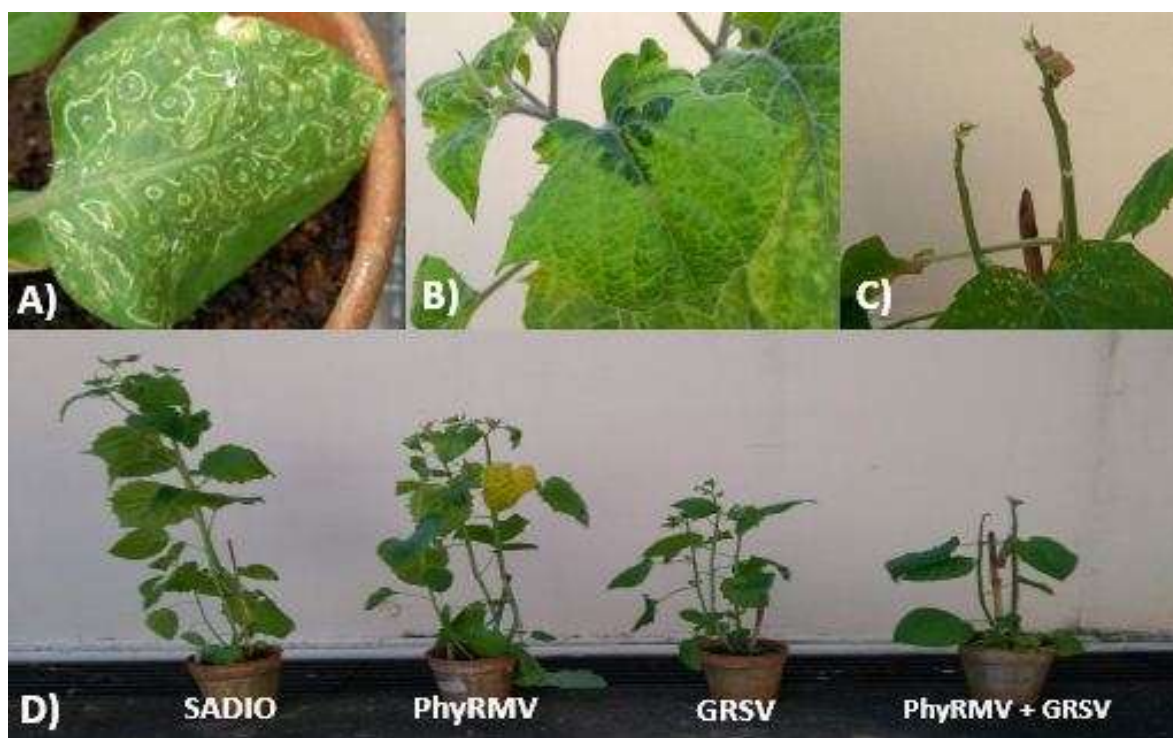


Figura 1. Expressão de sintomas e efeito das infecções simples e mista do PhyRMV e GRSV no desenvolvimento de plantas de *Physalis peruviana* em casa de vegetação. A) anéis e manchas concêntricas de cor palha em folhas inoculadas com o GRSV, B) mosaico, amarelecimento, enrugamento da folha ocasionado pela infecção sistêmica com o PhyRMV. C) Morte dos ponteiros das plantas e consequente paralização do desenvolvimento e senescência ocasionados pela infecção mista dos vírus, D) comparação do desenvolvimento das plantas sadia (controle) e infectadas com os dois vírus isolados e em mistura.

4.1.2. Altura das plantas

Os resultados das médias das alturas das plantas de *P. peruviana* sadias (controle), infectadas com o PhyRMV, com o GRSV e com os dois vírus estão apresentados na tabela 1 e ilustrados na figura 1D.

No primeiro experimento, as reduções no desenvolvimento das plantas infectadas com o PhyRMV e o GRSV, separadamente, foram de 10,2% e 19% quando comparados com o daquelas sadias, respectivamente. No caso das plantas com infecção mista a redução foi de 57,3%. O desenvolvimento das plantas duplamente infectadas foi 52,4% menor do que o daquelas infectadas apenas com o PhyRMV e 47,3% inferior ao daquelas infectadas com o GRSV. No segundo experimento as reduções no desenvolvimento das plantas infectadas com o PhyRMV e o GRSV, isolados e em mistura, foram mais acentuadas. As infecções simples com o PhyRMV e o GRSV causaram reduções de 35,7% e 42% em relação as plantas sadias, respectivamente. No caso das plantas com infecção mista a redução foi de 78%. O desenvolvimento das plantas duplamente infectadas foi 65,8% menor do que o daquelas infectadas apenas com o PhyRMV e 61,8% inferior ao daquelas infectadas com o GRSV.

Tabela 1. Altura média de plantas (em centímetros) de *Physalis peruviana* cultivadas em vasos, em casa de vegetação, submetidas a quatro tratamentos: controle (sadio); plantas infectadas com o PhyRMV; plantas infectadas com o GRSV e plantas infectadas com a mistura dos vírus (GRSV + PhyRMV).

TRATAMENTO	1º Experimento	2º Experimento
SADIO	116,43 a	180,1 a
PhyRMV	104,57 ab	115,8 b
GRSV	94,29 b	103,7 b
GRSV + PhyRMV	49,71 c	39,60 c

Médias representadas com a mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

4.1.3. Pesos fresco e seco

Apenas no segundo experimento, além da medição da altura da parte aérea das plantas, cujos resultados já foram apresentados, avaliaram-se também os pesos fresco e seco das plantas dos quatro tratamentos. Os resultados estão na tabela 2.

Tabela 2. Média dos pesos (em gramas) fresco e seco das partes aéreas de plantas de *Physalis peruviana* cultivadas em vasos, em casa de vegetação, submetidas a quatro tratamentos: controle (sadio), plantas infectadas com o GRSV, plantas infectadas com o PhyRMV (PhyRMV) e plantas infectadas com a mistura dos vírus (GRSV + PhyRMV).

TRATAMENTO	Peso Fresco (g)	Peso Seco (g)
SADIO	465,6 a	68,4 a
PhyRMV	393,8 a	50,4 a
GRSV	239,4 b	49,2 a
GRSV + PhyRMV	65,6 c	8,4 b

Médias representadas com a mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os resultados dos pesos fresco e seco da parte aérea das plantas refletem aqueles relativos ao desenvolvimento avaliado através da altura das plantas, conforme apresentando anteriormente. Considerando-se apenas os valores de peso seco, as plantas duplamente infectadas tiveram redução de 87,7% em relação ao das plantas sadias. As reduções nos pesos secos das plantas infectadas apenas com o PhyRMV e o GRSV foram de 26,3% e 28,1%, respectivamente, em relação ao das plantas sadias. Quando se comparam os pesos secos das plantas com infecção simples (PhyRMV e GRSV) com os das plantas duplamente infectadas, as reduções foram de 83,3% e 82,9%, respectivamente.

4.1.4. Produção

Os resultados de produção, com base no número médio de frutos colhidos por plantas infectadas com o PhyRMV e GRSV, isoladamente e em mistura, bem como o de plantas sadias (controle) estão na tabela 3.

Tabela 3. Média do número de frutos produzidos por plantas de *Physalis peruviana*, cultivadas em vasos, em casa de vegetação, dos quatro tratamentos: controle (sadio), plantas infectadas com o GRSV, plantas infectadas com o PhyRMV e plantas infectadas com a mistura dos vírus (GRSV + PhyRMV).

TRATAMENTO	1º Experimento	2º Experimento
SADIO	18,43 a	42,9 a
GRSV	8,43 b	13,8 b
PhyRMV	3 bc	7 b
GRSV + PhyRMV	0 c	0 b

Médias representadas com a mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A produção das plantas sadias diferiu significativamente daquelas das plantas infectadas com os dois vírus separadamente e em mistura. Estas últimas não produziram frutos. As reduções nos números de frutos das plantas infectadas com o GRSV e o PhyRMV, em relação ao das plantas controles, foram de 54,2% e 83,7%, respectivamente no primeiro experimento. No segundo experimento, esses valores foram de 67,8% e 83,6%, respectivamente. As plantas do tratamento com o PhyRMV, apesar das plantas terem crescido e se desenvolvido melhor quando comparadas com as plantas do tratamento com o GRSV (maiores alturas e peso), produziram menos, pois o vírus causa grande desfolha e abortamento de flores e frutos.

No primeiro experimento também foi avaliado o peso médio dos frutos colhidos por planta para os diferentes tratamentos, cujos resultados estão na tabela 4.

Tabela 4. Produtividade média (em gramas) dos frutos produzidos por planta de *Physalis peruviana* cultivadas em vasos, dentro de casa de vegetação, submetidas a quatro tratamentos: controle (sadio), plantas infectadas com o GRSV, plantas infectadas com o PhyRMV e plantas infectadas com a mistura dos vírus (GRSV + PhyRMV).

TRATAMENTO	PRODUÇÃO (g)
SADIO	36,69 a
GRSV	16,73 b
PhyRMV	3,34 bc
GRSV + PhyRMV	0 c

Médias representadas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os resultados são paralelos aos obtidos para número de frutos. O peso médio dos frutos colhidos de plantas infectadas com o GRSV foi 54,4% inferior ao das plantas sadias. No caso das plantas infectadas com o PhyRMV a redução foi de 90,8%.

4.2. Transmissão vertical do PhyRMV e GRSV

Nenhuma das 50 sementes colhidas de plantas infectadas com o GRSV e com o PhyRMV e semeadas em substrato em bandejas deu origem a plantas sintomáticas. Não foram observados sintomas de vírus nas plântulas originadas e análises das amostras em pools por RT-PCR não detectou os vírus em nenhuma amostra testada.

4.3. Transmissão do PhyRMV através de solo

Nenhuma das 15 plantas que desenvolveram em solo previamente contendo resíduos de raízes de plantas de fisális infectadas com o GRSV foi infectada, com base na expressão dos sintomas. Oito plantas (53,3%), entre quinze transplantadas em solo previamente contendo resíduos de raízes de plantas de fisális infectadas com o PhyRMV exibiu sintomas característicos de infecção com esse vírus (Figura 2). Entre as cinco plantas que se desenvolveram em solo previamente contendo resíduos de raízes de plantas duplamente infectadas (GRSV + PhyRMV), 2 (40%) desenvolveram sintomas do PhyRMV. Nenhuma foi infectada com o GRSV. As plantas que cresceram em solo que previamente continha plantas saudas de fisális permaneceram assintomáticas. A infecção das plantas foi confirmada por RT-PCR



Figura 2. Expressão de sintomas e efeito da infecção precoce de plântulas saudas transplantadas em solo contendo resíduos de raízes de plantas de fisális infectadas com o physalis rugose mosaic virus (PhyRMV). A) comparação visual entre plantas infectadas precocemente pelo solo e plantas saudas. B) severidade de sintomas em plântulas infectadas precocemente.

5. DISCUSSÃO

Em geral, sabe-se que as plantas infectadas com vírus apresentam menor rentabilidade no cultivo, embora a dimensão dos efeitos depende da planta, da variedade, do isolado viral, da idade em que a infecção ocorreu, das condições ambientais, entre outros fatores. As infecções virais prejudicam o desenvolvimento e a produção das plantas, pois inviabilizam a exploração de todo potencial genético da variedade, dos insumos agrícolas utilizados e dos investimentos realizados. Além disso, prejudicam a atividade fotossintética, podem causar desfolhas e abortamento de flores e frutos e afetar outros mecanismos que reduzem diretamente a produtividade da planta (NICKEL; FAJARDO, 2009).

A ocorrência de infecções mista de vírus em plantas é um fenômeno comum e que ocorre frequentemente na natureza. Os resultados dessa interação podem ser classificados em: sinergismo (quando pelo menos um vírus é beneficiado nessa interação), antagonismo (quando um vírus é prejudicado) e neutralismo (quando a interação não influencia nenhum dos vírus). As principais alterações que essas interações podem causar no hospedeiro, mas que também podem ocorrer quando em infecções simples, são: aumento na severidade da doença, má formação de tecidos, redução da taxa fotossintética, abscisão e abortamento de flores e frutos, etc, o que pode reduzir significativamente o desenvolvimento e a produção das plantas infectadas (MASCIA et al., 2016).

Em uma interação sinérgica, a gravidade e severidade da doença é maior do que em relação à infecção individual de cada vírus, resultado geralmente do aumento na replicação e título viral de um ou ambos os vírus nos tecidos da planta hospedeira. Os resultados do presente trabalho indicaram que o GRSV e o PhyRMV, em infecções simples afetaram significativamente o desenvolvimento e a produção de frutos das plantas de fisális. No caso da produção, os pesos médios dos frutos colhidos de plantas infectadas com o GRSV e o PhyRMV foram 54,4% e 90,8% inferiores aos das plantas sadias, respectivamente. No entanto, quando em infecção mista houve um efeito sinérgico que resultou na paralisação do desenvolvimento das plantas e ausência de produção. Gorayeb et al (2020) já haviam avaliado os danos causados por PhyRMV, em *Physalis peruviana* e relataram que as plantas infectadas produziram 70% menos e os frutos produzidos apresentaram, no geral, qualidade inferior em comparação a frutos produzidos por plantas sadias.

Interações sinérgicas podem aumentar a patogenicidade do vírus e consequentemente aumentar os danos às plantas, uma vez que a coexistência deles no hospedeiro causa prejuízos irreversíveis. Choi et al (2002) avaliaram a interação de dois vírus

em *Cucurbita pepo* e relataram que, uma estirpe M do cucumber mosaic virus (M-CMV), que apresenta inibição do movimento sistêmico em algumas variedades, quando em infecção mista com o ZYMV, moveu-se sistemicamente sem restrição. A interação entre eles causou sintomas severos de má formação de folhas e outros tecidos, podendo resultar em grandes prejuízos à cultura. O efeito sinérgico não foi correlacionado com os níveis de concentrações dos vírus nas plantas. Malik et al (2010) observaram uma doença que estava causando grandes perdas em meloeiros (*Cucumis melo* L.) em Mardan no Paquistão e constataram que a gravidade da doença era resultado da interação sinérgica do CMV e o ZYMV. A infecção mista desses vírus inviabiliza a produção de melão na região. Murphy e Bowen (2006) estudaram o efeito de infecções simples e mista do CMV e do tobamovirus pepper mottle virus (PepMoV) em plantas de *Capsicum annum* L. e observaram que a infecção mista causou maiores reduções na altura das plantas e na biomassa, quando comparada com as infecções individuais dos vírus. Tatineni et al (2010) avaliaram a interação de dois vírus, o tritimovirus wheat streak mosaic virus (WSMV) e o poacevirus triticum mosaic virus (TriMV) em 3 cultivares de trigo (*Triticum* spp.) e observaram um efeito sinérgico quando em coinfeção. O acúmulo viral de ambos os vírus nos tecidos do hospedeiro foi de 2,2 a 7,4 vezes maior, dependendo da cultivar, em comparação à infecção simples. Concluíram que em campos de cultivo a infecção mista dos vírus apresenta maior potencial de causar grandes prejuízos em comparação a ocorrência de cada um deles isoladamente. Outros trabalhos também demonstram o efeito sinérgico de vírus sobre o desenvolvimento e a produção das plantas hospedeiras. A interação do CMV com o PVY e o tobamovirus tobacco mosaic virus (TMV) reduziu significativamente a biomassa e a produção de frutos de pimenta malagueta, inviabilizando o cultivo (DAMIRI et al., 2014). Na cultura do alho (*Allium sativum*) a coinfeção dos potyvirus leek yellow strip virus (LYSV) e onion yellow dwarf virus (OYDV), conhecidos como complexo viral do alho, causa sintomas severos e considerável redução do peso dos bulbos produzidos pela planta, inviabilizando a produção de alho (TAKAICHI et al., 2001). Em feijão caupi (*Vigna unguiculata*) a interação sinérgica foi observada pelo aumento do título viral do carmovirus Cowpea mottle virus (CMeV) quando em infecção mista com o potyvirus cowpea aphid borne mosaic virus (CABMV). Os autores concluíram que a ocorrência do CABMV, do CMeV e do sobemovirus southern bean mosaic virus (SBMV) em infecções mista pode resultar na perda total da produção de feijão (TAIWO et al., 2007).

Nem todos os vírus são transmitidos verticalmente através de sementes. O gênero *potyvirus* é o que possui maior número de vírus transmitidos por sementes e que possuem os pulgões como vetores, seguido de alguns dos gêneros *nepovirus*, transmitidos por nematoides,

fabavirus e *sobemovirus*. Entre os sobemovirus transmitidos por sementes estão o sowbane mosaic virus (SoMV), Southern bean mosaic virus (SBMV), southern cowpea mosaic virus (SCPMV), subterranean clover mottle virus (SCMoV) e snake melon asteroid mosaic virus (SMAMV), que ocorrem principalmente no tegumento da semente (HULL, 1988; SÓMERA et al., 2015). Outros vírus também podem ser transmitidos externamente por sementes, como alguns potexvirus e tobamovirus em solanáceas (HILL et al., 1974; COCKBAIN et al., 1976; BROWN et al., 1995 JONES et al., 2005; DOMIER et al., 2007; LANOISELET et al., 2008);

A transmissão de vírus por semente (vertical) apresenta grande importância epidemiológica, pois além das sementes oferecerem condições favoráveis para a permanência e longevidade do vírus, este pode ser introduzido rapidamente e gerar grandes prejuízo em áreas indenas. Plantas infectadas originadas de sementes contaminadas tornam-se fonte de inóculo no início do ciclo de cultivo e têm grande importância epidemiológica (SALAUDEEN, 2012).

No presente trabalho, apesar do pequeno número (50) de sementes avaliadas, constatou-se que o GRSV e o PhyRMV não foram transmitidos por sementes de *P. peruviana* provenientes de plantas infectadas com esses vírus. A transmissão vertical do PhyRMV também foi avaliada por Savi et al (2021), que relataram a improvável transmissão vertical do PhyRMV (por sementes) de *P. peruviana*. A ausência da transmissão vertical desses vírus por sementes de *P. peruviana* permite ao produtor utilizar as próprias sementes para plantios futuros, sem o risco de introduzir esses vírus no campo.

No caso da transmissão do GRSV e do PhyRMV através de resíduos de raízes de plantas infectadas no solo, constatou-se neste trabalho que plantas saudáveis de *P. peruviana*, quando transplantadas para vasos contendo solo que anteriormente continham plantas infectadas com esses vírus, somente o PhyRMV infectou as plantas sistemicamente. Oito plantas de 15 (53,34%) transplantadas em vasos previamente contendo resíduos de raízes de plantas infectadas com o PhyRMV exibiram sintomas da doença e testaram positivo para o vírus por RT-PCR, 10 dias após o transplante. Das cinco plantas transplantadas para vasos previamente contendo resíduos de raízes de plantas infectadas com a mistura dos vírus, apenas duas (40%) se tornaram infectadas apenas com o PhyRMV. Nenhuma planta com sintomas do GRSV foi constatada em vasos que previamente tinham resíduos de raízes de plantas infectadas com esse orthotospovirus ou com a mistura deste com o sobemovirus.

Traore et al (2008) avaliaram a transmissão através do solo, vasos com solo contaminado com extratos de folhas contendo o vírus foram utilizados. Quando sementes de arroz foram semeadas no solo contaminado, com um extrato concentrado, as plantas permanecem assintomáticas e não apresentavam o vírus. No entanto, quando plântulas de arroz

foram transplantadas para vasos com solo contaminado elas foram infectadas rapidamente e exibiram sintomas. Apesar da capacidade de transmissão do vírus por solo contaminado, a viabilidade do extrato concentrado diminuiu com o tempo. Após 14 dias o vírus perdeu a viabilidade e as plântulas que foram transplantadas após esse período permaneceram sadias.

A infecção precoce de plântulas sadias transplantadas em vasos contendo solo contaminado com o PhyRMV, além de adiantar e aumentar a severidade dos sintomas causados pelo vírus, retarda o desenvolvimento, resultando em grandes prejuízos produtivos futuros. Sabe-se que a idade de infecção influencia a severidade e os danos causados pela doença, isto é quanto mais jovem a planta é infectada, maiores serão os danos causados pelo vírus (TAIWO et al., 2007).

Estudos adicionais são necessários para entender melhor se a transmissão do PhyRMV para plantas sadias de *P. peruviana* ocorre pelo contato direto entre as raízes das plantas e aquelas remanescentes no solo ou pela absorção de exsudatos infecciosos presentes no solo. É necessário também avaliar a viabilidade do vírus no solo. Esse tipo de transmissão poderá representar grande problema para produtores que cultivam fisális de maneira sucessiva em uma mesma área.

6. CONCLUSÕES

O GRSV e o PhyRMV, em infecções simples e mista, prejudicam o desenvolvimento e a produção de plantas de *P. peruviana*.

Nenhum dos dois vírus foi transmitido verticalmente (por sementes).

O PhyRMV foi transmitido em solos contaminados para plântulas saudáveis.

REFERÊNCIAS

- AGUIRRE-RÁQUIRA, W.; BORDA, D.; HOYOS-CARVAJAL, L. Potyvirus affecting uchuva (*Physalis peruviana* L.) in Centro Agropecuario Marengo, Colombia. **Agricultural Sciences**, v. 5, p.897-905, 2014.
- APARECIDO, L.E.D.O.; BATISTA, R.M.; MORAES, J.R.D.S.C.D.; COSTA, C.T.S.; MORAES-OLIVEIRA, A.F.D. Agricultural zoning of climate risk for *Physalis peruviana* cultivation in Southeastern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 54. 2019.
- ARTHUR, K.; DOGRA, S.; RANGLES, J. W. Complete nucleotide sequence of *Velvet tobacco mottle virus* isolate K1. **Archives of virology**, v. 155, p. 1893-1896, 2010.
- BOARI, A.J., MACIEL-ZAMBOLIM, E., LAU, D. D., LIMA, G.S.A., Kitajima, E.W., Brommonschenkel, S.H., and Zerbini, F.M. Detection and partial characterization of an isolate of *Groundnut ringspot virus* in *Solanum sessiliflorum*. **Fitopatologia Brasileira**. v. 27, p. 249-253, 2002.
- BOITEUX, L.; GIORDANO, L.B. Genetic basis of resistance against two Tospovirus species in tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Euphytica** v. 71, p. 151–154, 1993.
- BROWN, D.J.F.; ROBERTSON, W.M.; TRUDGILL, D.L. Transmission of viruses by plant nematodes. **Annual review of phytopathology**, v. 33, p. 223-249, 1995.
- CALISHER, C. H. History, classification and taxonomy of viruses in the family Bunyaviridae. In: ELLIOTT, R. M. (Ed.). **The Bunyaviridae**. New York: Springer, p. 1-15, 1996.
- CAMELO-GARCÍA, V.M., LIMA, E.F.B., MANSILLA-CÓRDOVA, P.J., REZENDE, J.A.M., Kitajima, E.W., and BARRETO, M. Occurrence of *Groundnut ringspot virus* on Brazilian peanut crops. **Journal of General Plant Pathology**, v. 80, p. 282-286, 2014.
- CASTRO, A.; RODRIGUEZ, L.; VARGAS, E. Dry gooseberry (*Physalis peruviana* L.) with pretreatment of osmotic dehydration. **Vitae - Revista de la Facultad de Química Farmacéutica**, Medellín, v. 15, p. 226-231, 2008.
- CHAVES, A.C. **Propagação e avaliação fenológica de *Physalis* sp. na região de Pelotas, RS**. 65f. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2006.
- CHAVES, A.C.; SCHUCH, M.W.; ERIG, A.C. Estabelecimento e multiplicação in vitro de *Physalis peruviana* L. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, p. 1281-1287, 2005.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós colheita de frutos de hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Ed. UFLA, 2 ed., p. 785, 2005.

- CHOI, S. K.; YOON, J. Y.; RYU, K. H.; CHOI, J. K.; PALUKAITIS, P.; PARK, W. M. Systemic movement of a movement-deficient strain of *Cucumber mosaic virus* in *zucchini squash* is facilitated by a cucurbit-infecting potyvirus. **Journal of General Virology**, v. 83, p. 3173-3178, 2002.
- COCKBAIN, A. J.; BOWEN, R.; VORRA-URAI, S. Seed transmission of broad bean stain virus and Ectes Ackerbohnenmosaik-Virus in field beans (*Vicia faba*). **Annals of Applied Biology**, v. 84, p. 321-332, 1976.
- CRUCIOL, G. C. D., MOURA, M. F., RIBEIRO-JUNIOR, M. R., EGAWA, V. Y., DE SOUZA, E. P., PAVAN, M. A.; KRAUSE-SAKATE, R. First report of *groundnut ringspot virus* in *scarlet eggplant* in Brazil. **Journal of Plant Pathology**, v. 101, p. 399, 2019.
- DAMIRI, N. Mixed viral infection and growth stage on Chilli (*Capsicum annum* L.) production. **Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science**, v. 37, p. 275-283, 2014.
- DA GRAÇA, J. V.; TRENCH, T. N.; MARTIN, M. M. *Tomato spotted wilt virus* in commercial Cape gooseberry (*Physalis peruviana*) in Transkei. **Plant Pathology**, v. 34, p. 451-453, 1985.
- DALL'AGNOL, I. **Perfil fitoquímico e atividade antimicrobiana de *Physalis pubescens* L.** Erechim, RS. 2007. 36f. Monografia (Graduação em Farmácia Bioquímica Clínica) Departamento de Ciências da Saúde da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, 2007.
- D'ARCY, W. G. The Solanaceae since 1976, with a review of its biogeography. In: HAWKES, J. G.; LESTER, R. N.; NEE, M.; ESTRADA, N (Eds.). **Solanaceae III: taxonomy, chemistry, evolution.** Kew: The Royal Botanic Gardens; London: The Linnean Society, 1991. p. 75-137.
- DE AVILA, A. C., DE HAAN, P., KORMELINK, R., RESENDE, R. O., GOLDBACH, R. W., and PETERS, D. Classification of tospoviruses based on phylogeny of nucleoprotein gene sequences. **Journal of General Virology**, v. 74, p. 153-159, 1993.
- DE AVILA, A.; HAAN, P. D.; KITAJIMA, E.; KORMELINK, R.; RESENDE, R. D. O.; GOLDBACH, R.; PETERS, D. Characterization of a distinct isolate of *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) from *Impatiens* sp. in the Netherlands. **Journal of Phytopathology**, v. 134, p. 133-151, 1992.
- DE BREUIL, S., ABAD, J. A., NOME, C. F., GIOLITTI, F. J., LAMBERTINI, P. L., and LENARDON, S. *Groundnut ringspot virus*: an emerging tospovirus inducing disease in peanut crops. **Journal of Phytopathology**, v. 155, p. 251-254, 2007.

- DOMIER, L.L., STEINLAGE, T.A., HOBBS, H.A., WANG, Y., HERRERA-RODRIGUEZ, G., HAUDENSHIELD, J.S.; HARTMAN, G.L. Similarities in seed and aphid transmission among *Soybean mosaic virus* isolates. **Plant Disease**, v. 91, p. 546 - 550, 2007.
- EIRAS, M.; CHAVES, A.L.; COLARICCIO, A.; HARAKAVA, R.; ARAUJO, J.; CHAGAS, C.M. Caracterização do *Tomato chlorotic spot virus* isolado de jiló no Vale do Paraíba, Estado de São Paulo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, p. 285-291, 2002.
- EIRAS, M.; COSTA, I.F.D.; CHAVES, A.L.R.; COLARICCIO, A.; HARAKAVA, R.; TANAKA, F.A.O.; SILVIA, L.A. First report of a tospovirus in a commercial crop of Cape gooseberry in Brazil. **New Disease Reports**, v. 25, p. 25-25, 2012.
- FARIÑA, A.E.; REZENDE, J.A.M.; LIMA, E.F.B.; KITAJIMA, E.W.; DINIZ, F.O. First Report of *Groundnut ring spot virus* on *Physalis peruviana* in Brazil. **Plant Disease**, v. 102, p. 1468, 2018.
- FARIÑA, A.E.; GORAYEB, E.S.; CAMELO-GARCÍA, V.M.; BONIN, J.; NAGATA, T.; SILVA, J.M.F.; KITAJIMA, E.W. Molecular and biological characterization of a putative new sobemovirus infecting *Physalis peruviana*. **Archives of Virology**, v. 164, p. 2805-2810, 2019.
- FERNANDES, B.M. Agricultura camponesa e/ou agricultura familiar. **Encontro Nacional de Geógrafos**, v. 13, 2002.
- FISCHER, G. Crecimiento y desarrollo. In: FLÓREZ, V.J.; FISCHER, G.; SORA R., Á, D. **Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.)**. Santa Fe de Bogota: Universidade Nacional de Colombia, p. 9-26, 2000.
- FISCHER, G.; ALMANZA-MERCHÁN, P.J.; MIRANDA, D. Importancia y cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 1-15, 2014.
- FISCHER, G.; ALMANZA-MERCHÁN, P.J. La uchuva (*Physalis peruviana* L.) una alternativa promisoría para las zonas altas de Colombia. **Agricultura Tropical**, v. 30, p. 79-87, 1993.
- FISCHER, G.; ANGULO, R. Los frutales de clima frío en Colombia: La uchuva. **Ventana al Campo**, Medellín, v. 2, p. 3-6, 1999.
- FISCHER, G.; LÜDDERS, P. Efecto de la altitud sobre el crecimiento y desarrollo vegetativo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). **Comalfi**, Bogotá, v. 29, p. 1-10, 2002.
- FISCHER, G.; MIRANDA, D.; PIEDRAHÍTA, W.; ROMERO, J. **Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva *Physalis peruviana* L. en Colombia**. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía, p. 55-82, 2005.

- GÁMEZ-JIMÉNEZ, C.; ROMERO-ROMERO, J.L.; SANTOS-CERVANTES, M.E.; LEYVA-LOPEZ, N.E.; MENDEZ-LOZANO, J. Tomatillo (*Physalis ixocarpa*) as a natural new host for *Tomato yellow leaf curl virus* in Sinaloa, Mexico. **Plant Disease**, v. 93, p. 545, 2009.
- GUTIÉRREZ, P.A.; ALZATE, J.F.; MONTOYA, M.M. Complete genome sequence of an isolate of *Potato virus X* (PVX) infecting Cape gooseberry (*Physalis peruviana*) in Colombia. **Virus Genes**, v. 50, p. 518-522, 2015.
- GORAYEB, E.S.; SAVI, A.; GONÇALVES, M.J.; MOTA, C.S.; MEDEIROS DE SOUZA, C. M.; DE BARROS, D.R.; DA SILVA, F.N. Damage quantification in *Physalis peruviana* L. infected by the new putative sobemovirus *physalis rugose mosaic virus*. **Tropical Plant Pathology**, v. 45, p. 476-483, 2020.
- HILL, J.H.; MARTINSON, C.A.; RUSSELL, W.A. Seed transmission of maize dwarf mosaic and wheat streak mosaic viruses in maize and response of inbred lines 1. **Crop Science**, v. 14, p. 232-235, 1974.
- HOFFMANN, A. Apresentação In: **Seminário brasileiro sobre pequenas frutas**. Vacaria. Anais Bento Golçalves. Embrapa Uva e Vinho, p. 6, 2003.
- HULL, R. The sobemovirus group. In: **The plant viruses**. Springer, Boston, MA, p. 113-146, 1988.
- HUNTER, J.A.; CHAMBERLAIN, E.E.; ATKINSON, J.D. Note on transmission of *apple mosaic* by natural root grafting. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 1, p. 80-82, 1958.
- JONES, R.A.; COUTTS, B.A.; MACKIE, A.E.; DWYER, G.I. Seed transmission of Wheat streak mosaic virus shown unequivocally in wheat. **Plant Disease**, v. 89, p. 1048-1050, 2005.
- JORGE, T.S., LIMA, M.F., BOITEUX, L.S., FONSECA, M.E.N.; KITAJIMA, E.W. First Report of *Cichorium endivia* (Asteraceae) as a natural host of *Groundnut ringspot orthotospovirus* in Brazil. **Plant Disease**, v. 105, p. 714, 2021.
- KISTEN, L.; MOODLEY, V.; GUBBA, A.; MAFONGOYA, P.L. First report of *Potato virus Y* (PVY) on *Physalis peruviana* in South Africa. **Plant Disease**, v. 100, p. 1511, 2016.
- KOUDAMILORO, A.; NWILENE, F.E.; TOGOLA, A.; AKOGBETO, M. Insect Vectors of *Rice yellow mottle virus*. **Journal of Insects**, Londres, v. 2015, p. 1-12, 2015.
- LAGOS, T.C.B.; VALEJO, F.A.C.; CRIOLLO, H.E.; MUÑOZ, J.E.F. Biología reproductiva de la uchuva. **Acta Agronômica Colombiana**, Palmira, v. 57, p. 81-87, 2008.

- LANOISELET, V.M.; HIND-LANOISELET, T.L.; MURRAY, G.M. Studies on the seed transmission of Wheat streak mosaic virus. **Australasian Plant Pathology**, v. 37, p. 584-588, 2008.
- LEÃO, E.U., SPADOTTI, D.M.A., ROCHA, K.C.G., PANTOJA, K.F.C., REZENDE, J.A.M., PAVAN, M.A., and KRAUSE-SAKATE, R. *Citrullus lanatus* is a new natural host of *Groundnut ringspot virus* in Brazil. **Journal of Phytopathology**. v. 163, p. 1014-1018, 2014.
- LIGARRETO, G.A.; LOBO, M.; CORREA, A. Recursos geneticos del genero *Physalis* en Colombia. In: FISCHER, G.; MIRANDA, D.; PIEDRAHÍTA, W.; ROMERO, J. (Ed.). **Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia**. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, p. 9-53, 2005.
- LIMA, C.S.M.; GALARÇA, S.P.; BETEMPS, D.L.; RUFATO, A. de R.; RUFATO, L. Avaliação física, química e fitoquímica de frutos de *Physalis*, ao longo do período de colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, p. 1004-1012, 2012.
- LING, R.; PATE, A.E.; CARR, J.P.; FIRTH, A.E. An essential fifth coding ORF in the sobemoviruses. **Virology**. v. 446, p. 397-408, 2013.
- MALIK, A. H.; MANSOOR, S.; IRAM, S.; BRIDDON, R.W.; ZAFAR, Y. Severe disease of melon in North West frontier province is associated with simultaneous infection of two RNA viruses. **Pakistan Journal of Botany**, v. 42, p. 361-367, 2010.
- MASCIA, T.; CILLO, F.; FANELLI, V.; FINETTI-SIALER, M.M.; DE STRADIS, A.; PALUKAITIS, P.; GALLITELLI, D. Characterization of the interactions between *Cucumber mosaic virus* and *Potato virus Y* in mixed infections in tomato. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 23, p. 1514- 1524, 2010.
- MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais**: guia de seleção e emprego de plantas usadas em fitoterapia no Nordeste do Brasil. 2 ed. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, p. 346, 2000.
- MAZORRA, M.F.; QUINTANA, P.D.; MIRANDA, A.; FISCHER, G. Desarrollo del fruto y madurez fisiológica de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) cultivada en la localidad de Subia (Cundinamarca). In: IV Seminário Nacional de Frutales de Clima Frío Moderado, 4., 2002, Medellín: **Colombian Corporation for Agricultural Research**, Universidad Pontificia Bolivariana, C.D.T.F., p. 238-244, 2002.
- MCKIRDY, S.J.; JONES, R.A.C.; SIVASITHAMPARAM, K. Determining the effectiveness of grazing and trampling by livestock in transmitting white clover mosaic and subterranean clover mottle viruses. **Annals of Applied Biology**, v. 132, p. 91-105, 1998.

- MEDEIROS, R.B.; RESENDE, R.O.; CARVALHO, R.P.; DIANESE, E.; COSTA, C.L.; SRGO, J.Y. **Virologia vegetal: conceitos, fundamentos, classificação e controle**. 1 ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, p. 47, 2015.
- MEYER, M.C.; COSTA, C.L.; SANTOS, O.R. Inter-relações de *Ceratoma arcuata* (Coleoptera: Chysomelidae) com quatro vírus de leguminosas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 17, p. 314-320, 1992.
- MURPHY, J.F.; BOWEN, K.L. Synergistic disease in pepper caused by the mixed infection of *Cucumber mosaic virus* and *Pepper mottle virus*. **Phytopathology**, v. 96, p. 240–247, 2006.
- NAGATA, T.; ALMEIDA, A.; RESENDE, R.O.; AVILA. The competence of four thrips species to transmit and replicate four tospoviruses. **Plant Pathology**, v. 53, p. 136–140, 2004.
- NICKEL, O.; FAJARDO, T.V.M. **Obtenção de material propagativo livre de vírus e diagnóstico de vírus em macieiras e pereiras**. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, p. 55, 2009.
- PALOMINO, C.E.M.; MUNOZ-FLOREZ, J.E.; VASQUEZ- AMARILES, H.D.; BARRERA-MARIN, N. Caracterización morfológica de 29 introducciones de *Physalis peruviana* L. de la colección de trabajo de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. **Acta Agronómica**, v. 60, p. 68-75, 2011.
- PAPPU, H.; JONES, R.; JAIN, R. Global status of Tospovirus epidemics in diverse cropping systems: Successes achieved and challenges ahead. **Virus Research**, v. 141, p. 219-236, 2009.
- PATRO, R. *Physalis peruviana* L. Disponível em: <http://www.jardineiro.net/plantas/fisalis-physalis-sp.html> Publicado em 3 de Maio de 2010. Acesso em 10 de Novembro de 2020.
- PEREA, M.; RODRIGUEZ, N.C.; FISCHER, G.; VELASQUEZ, M.; MICÁN, Y. *Physalis peruviana* - Uchuva. In: PEREA M, MATAALLANA LPR, TIRADO AP (eds) **Biología aplicada al mejoramiento de los cultivos de frutas tropicales**. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, p. 466–490, 2010.
- PEREIRA-CARVALHO, R.C.; LORENA, M.; DIANESE, E.C.; FONSECA, M.E.N.; BOITEUX, L.S. Melhoramento genético do tomateiro para resistência a doenças de etiologia viral. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 22, p. 280–361, 2014.
- PETERS, D. Thrips as unique vectors of tospoviruses. **Entomologische berichten**, Amsterdam, v. 68, p. 182-186, 2008.
- PIETERSEN, G.; MORRIS, J. Natural Occurrence of *Groundnut ringspot virus* on Soybean in South Africa. **Plant Disease**. v. 86, p. 1271, 2002.

- POZZER, L.; RESENDE, R.O.; LIMA, M.I.; KITAJIMA, E.W.; GIORDANO, L.B.; AVILA, A.C. Tosspovirus: uma visão atualizada. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 4, p. 95, 1996.
- PRAKASH, O.; MISRA, A.K.; SINGH, S.J.; SRIVASTAVA, K.M. Isolation, purification and electron microscopy of mosaic virus of cape gooseberry. **International Journal of Tropical Plant Diseases**, v. 6, p. 85–87, 1988.
- RAMEL, M. E.; GUGERLI, P.; BESSE, S.; SIMONNET, X.; BALMELLI, C. Molecular characterization of *artemisia virus A*, a new sobemovirus isolated from *Artemisia annua*. **Archives of virology**, v. 158, p. 463-466, 2013.
- RODRIGUES, E.; ROCKENBACH, I. I.; CHAVES, E. S.; FETT, R. Minerals and essential fatty acids of the exotic fruit *Physalis peruviana* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, p. 642-645, 2009.
- RODRIGUES, F.A.; PENONI, E.S.; SOARES, J.R.; PASQUAL, M. Caracterização do ponto e colheita de *physalis peruviana* L na região de Lavras, MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, p. 862-867, 2012.
- RUFATO, L.; RUFATO, A. de R.; SCHLEMPER, C.; LIMA, C.S. M.; KRETZSCMAR, A. A. **Aspectos técnicos da cultura da Physalis**. Lages: CAV/Udesc, v. 34, p. 23-31, 2008.
- SALAZAR, M.R.; JONES, J.W.; CHAVES, B.; COOMAN, A. A model for the potential production and dry matter distribution of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 115, p. 142-148, 2008a.
- SALAMON, P.; PALKOVICS, L. Occurrence of Colombian datura virus in Brugmansia hybrids, *Physalis peruviana* L. and *Solanum muricatum* Ait. In Hungary. **Acta Virologica**, Bratislava, v. 49, p. 117–122, 2005.
- SALAUDEEN, M. T. Resistance in rice to rice yellow mottle virus and evidence of non-seed transmission. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 45, p. 2406–2413, 2012.
- SARRA, S.; PETERS, D. *Rice yellow mottle virus* is transmitted by cows, donkeys, and grass rats in irrigated rice crops. **Plant Disease**, v. 87, p. 804-808, 2003.
- SAVI, A., GORAYEB, E.S., NASCIMENTO, S.C., FARIA, C.B.D., FAJARDO, T.V.M., NHANI, A.; SILVA, F.N.D. Near-complete genome sequence and seed transmission evaluation of *Physalis rugose mosaic virus* from southern Brazil. **Ciência Rural**, v. 51, 2021.
- SCHNEID, L. Agrônoma testa cultivo de nova fruta na região. **Diário popular**, Pelotas, 08 junho, p. 27, 2008.

- SERJEANT, E.P. Some properties of *Cocksfoot mottle virus*. **Annals of Applied Biology**, Medford, v. 59, p. 31-38, 1967.
- SILVEIRA, J.R.W.G.; COSTA, C.L.; COSTA, A.F.; LIN, M.T. *Diabrotica speciosa* e *Cerotoma arcuata*, vetores do vírus do mosaico do feijoeiro no Distrito Federal. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 8, p. 625, 1983.
- SNIPPE, M.; WILLEM BORST, J.; GOLDBACH, R.; KORMELINK, R. *Tomato spotted wilt virus* Gc and N proteins interact in vivo. **Virology**, v. 357, p. 115–123, 2007.
- SÔMERA, M.; SARMIENTO, C.; TRUVE, E. Overview on Sobemoviruses and proposal for the creation of the family Sobemoviridae. **Viruses**, v. 7, p. 3076–3115, 2015.
- SPADOTTI, D.M.A., LEÃO, E.U., ROCHA, K.C.G., PAVAN, M.A., and KRAUSE-SAKATE, R. First report of *Groundnut ringspot virus* in cucumber fruits in Brazil. **New Disease Reports**. v. 29, p. 25, 2014.
- STEHMANN, J.R.; MENTZ, L.A.; AGRA, M.F.; VIGNOLI-SILVA, M.; GIACOMIN, L.; RODRIGUES, I.M.C. **Solanaceae in lista de espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2014.
- STEVENS, M.; SCOTT, S.; GERGERICH, R. Inheritance of a gene for resistance to Tomato spotted wilt virus (TSWV) from *Lycopersicon peruvianum* Mill. **Euphytica**, v. 59, p. 9–17, 1991.
- TAIWO, M.A.; KAREEM, K.T.; NSA, I.Y.; HUGHES, J.D.A. Cowpea viruses: Effect of single and mixed infections on symptomatology and virus concentration. **Virology Journal**, v. 4, p. 1-5, 2007.
- TAKAICHI, M.; NAGAKUBO, T.; OEDA, K. Mixed virus infections of garlic determined by a multivalent polyclonal antiserum and virus effects on disease symptoms. **Plant Disease**, v. 85, p. 71-75, 2001.
- TAKEDA, A.; SUGIYAMA, K.; NAGANO, H.; MORI, M.; KAIDO, M.; MISE, K.; TSUDA, S.; OKUNO, T. Identification of a novel RNA silencing suppressor, NSs protein of *Tomato spotted wilt virus*. **FEBS Letters**, v. 532, p. 75–79, 2002.
- TATINENI, S.; GRAYBOSCH, R.A.; HEIN, G.L.; WEGULO, S.N.; FRENCH, R. Wheat cultivar-specific disease synergism and alteration of virus accumulation during co-infection with *Wheat streak mosaic virus* and *Triticum mosaic virus*. **Phytopathology**, v. 100, p. 230-238, 2010.
- TEAKLE, D.S.; MORRIS, T.J. Transmission of southern bean mosaic virus from soil to bean seeds. **Plant Disease**, v. 65, p. 599-600, 1981.

- THOMAS, P.E; HASSAN, S. First report of twenty-two new hosts of *Potato leafroll virus*. **Plant Disease**, v. 86, p. 561, 2002.
- THOMPSON, J.D.; HIGGINS, D.G.; GIBSON, T.J. CLUSTAL W: Improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. **Nucleic Acids Research**, v. 22, p. 4673-4680, 1994.
- TRAORE, M.D., TRAORE, V.S.E., GALZI-PINEL, A., FARGETTE, D., KONATE, G., TRAORE, A.S.; TRAORE, O. Abiotic transmission of *Rice yellow mottle virus* through soil and contact between plants. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 11, p. 900-904, 2008.
- TRENADO, P.; FORTRESS, I.M.; LOURO, D.; NAVAS-CASTILLO, J. *Physalis ixocarpa* and *P. peruviana*, new natural hosts of *Tomato chlorosis virus*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 118, p. 193–196, 2007.
- WEBSTER, C.G., PERRY, K.L., LU, X., HORSMAN, L., FRANTZ, G., MELLINGER, C., and ADKINS, S. First report of *Groundnut ringspot virus* infecting tomato in south Florida. Online publication. **Plant Health Progress**, v. 11, p. 49, 2010.
- WEBSTER, C.G., FRANTZ, G., REITZ, S.R., FUNDERBURK, J.E., MELLINGER, H.C., MCAVOY, E.; ADKINS, S. Emergence of *Groundnut ringspot virus* and *Tomato chlorotic spot virus* in vegetables in Florida and the southeastern United States. **Phytopathology**, v. 105, p. 388-398, 2015.