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

**Epidemiologia comparativa de três viroses em abobrinha de moita
(*Cucurbita pepo* L.)**

Alécio Souza Moreira

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

**Piracicaba
2010**

Alécio Souza Moreira
Engenheiro Agrônomo

Epidemiologia comparativa de três viroses em abobrinha de moita
(*Cucurbita pepo* L.)

Orientador:
Prof. Dr. **ARMANDO BERGAMIN FILHO**

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

Piracicaba
2010

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Moreira, Alécio Souza

Epidemiologia comparativa de três viroses em abobrinha de moita (*Cucurbita pepo* L.) /
Alécio Souza Moreira. - - Piracicaba, 2010.
97 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2010.
Bibliografia.

1. Abobrinha 2. Bunyaviridae 3. Clorose 4. Mosaico (Doença de planta) 5. Potyvirus
6. Tripes 7. Virose vegetal - Epidemiologia I. Título

CDD 635.62
M838e

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

Aos meus pais Claudio e Cledna, pelo amor eterno e incondicional, responsáveis pela minha felicidade diária e inspiração em toda vida.

DEDICO

Aos meus irmãos André e Alessandra, à minha tia Ana Valéria, à madrinha “Cidinha” e aos meus avós Silvana, José Victor e Nina, pelo apoio, amor e incentivo de sempre.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela paz, saúde e alegria que renasce em cada dia de vida, pela benção e dons concebidos;

Ao professor Dr. Armando Bergamin Filho pelos conhecimentos passados, pelo apoio e seriedade de sempre e agradável convívio.

Ao professor Dr. Jorge Alberto Marques Rezende pelas valiosas sugestões ao longo dos trabalhos. Pelos conhecimentos transmitidos.

À pesquisadora Dra. Renata Chiarini Monteiro Cônsoli pela identificação dos insetos coletados.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, em especial ao Departamento de Fitopatologia e Nematologia pela oportunidade a mim concedida possibilitando a realização do curso.

Aos professores do Departamento de Fitopatologia e Nematologia pelo empenho em transmitir os conhecimentos ao longo das disciplinas e pela excelente contribuição na formação profissional.

Aos funcionários Sílvia Lourenço, Fernanda, Rodolfo, Heloísa, Fabiana e Jeferson pelo apoio nos momentos necessários. Em especial aos funcionários Edivaldo Buriola e Pedro Arthuso pelo auxílio direto ao longo dos trabalhos.

Aos amigos do Laboratório de Epidemiologia, Fabrício Packer, Júlio Barbosa, Maria Cândida Gasparoto, Juliana Baggio, Ana Raquel Soares, Guilherme Frare, Felipe Borezstein, Timóteo Scheidt, Isabela Primiano, Aricelis Biscaro, Caroline Rabelo e Thaïs Dias pelo apoio e amizade. Em especial ao grande amigo e “irmão” Geraldo Júnior pela amizade de sempre e ensinamentos passados na vida profissional e pessoal.

Aos demais colegas da Pós-Graduação em Fitopatologia, pela amizade.

A todos, que de alguma forma contribuíram para o cumprimento deste trabalho.

“...Cada pessoa tem sua caminhada própria.

Faça o melhor que puder.

Seja o melhor que puder.

O resultado virá na mesma proporção de seu esforço.

*Compreenda que, se não veio, cumpre a você (a mim e a todos) modificar
suas (nossas) técnicas, visões, verdades, etc...”*

Mahatma Gandhi

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	15
2 DESENVOLVIMENTO	19
2.1 Revisão bibliográfica.....	19
2.1.1 Aspectos gerais da abobrinha de moita.....	19
2.1.2 Principais viroses de ocorrência na abobrinha de moita no Brasil.....	20
2.1.3 Epidemiologia de viroses causadas por potyvirus e tospovirus.....	23
2.1.4 Epidemiologia comparativa de doenças viróticas	26
2.2 Material e Métodos	28
2.2.1 Epidemiologia isolada da clorose letal das cucurbitáceas	28
2.2.1.1 Localização dos experimentos e descrição das áreas experimentais	28
2.2.1.2 Avaliação da doença e detecção do vírus	28
2.2.1.3 Análise epidemiológica	29
2.2.1.3.1 Análise temporal.....	29
2.2.1.3.2 Análise espacial.....	30
2.2.1.3.2.1 Índice de Dispersão (ID)	30
2.2.1.3.2.2 Aplicação da lei de Taylor modificada (LTM).....	31
2.2.1.3.2.3 Determinação das áreas isopatas	31
2.2.1.3.2.4 Análise das seqüências ordinárias	32
2.2.1.4 Monitoramento populacional do tripses vetor <i>Frankliniella zucchini</i>	33
2.2.2 Epidemiologia comparativa entre ZLCV, ZYMV e PRSV-W	33
2.2.2.1 Avaliação da doença e detecção do vírus	34
2.2.2.2 Análise epidemiológica	34
2.2.2.3 Monitoramento populacional do tripses vetor <i>Frankliniella zucchini</i>	34
2.2.3 Dados climáticos.....	34

2.3 Resultados	35
2.3.1 Epidemiologia isolada da clorose letal das cucurbitáceas	35
2.3.1.1 Incidência da doença	35
2.3.1.2 Análise Temporal	35
2.3.1.3 Análise Espacial	39
2.3.1.3.1 Índice de Dispersão (ID).....	42
2.3.1.3.2 Aplicação da lei de Taylor modificada (LTM)	43
2.3.1.3.3 Áreas isópatas	44
2.3.1.3.4 Análise das seqüências ordinárias.....	47
2.3.1.4 Monitoramento populacional do tripses vetor <i>Frankliniella zucchini</i>	47
2.3.1.5 Dados climáticos	49
2.3.2 Epidemiologia comparativa entre ZLCV, ZYMV e PRSV-W.....	50
2.3.2.1 Incidência	50
2.3.2.2 Análise Temporal	51
2.3.2.3 Análise Espacial	54
2.3.2.3.1 Índice de Dispersão (ID).....	57
2.3.2.3.2 Aplicação da lei de Taylor modificada (LTM)	59
2.3.2.3.3 Áreas isópatas	61
2.3.2.3.4 Análise das seqüências ordinárias.....	64
2.3.2.4 Monitoramento populacional do tripses vetor <i>Frankliniella zucchini</i>	67
2.3.2.5 Dados climáticos	71
2.4 Discussão.....	73
3 CONCLUSÕES	81
REFERÊNCIAS.....	83
APÊNDICES	93

RESUMO

Epidemiologia comparativa de três viroses em abobrinha de moita (*Cucurbita pepo* L.)

A abobrinha de moita (*Cucurbita pepo* L.), espécie pertencente à família *Cucurbitaceae*, apresenta significativa participação na produção mundial e brasileira desta família de plantas. Porém, como em toda cultura de importância econômica, as cucurbitáceas apresentam problemas fitossanitários causados por diferentes agentes etiológicos. Na produção brasileira de abóboras, já foi constatada a presença de 8 vírus, dentre eles os potyvirus PRSV-W (*Papaya ringspot virus*-type W) e ZYMV (*Zucchini yellow mosaic virus*) e o tospovirus ZLCV (*Zucchini lethal chlorosis virus*) têm sido considerados os mais importantes pela predominância em diversas regiões produtoras de cucurbitáceas no país e pelos consideráveis prejuízos que geralmente causam à produção. Considerando que a maioria dos estudos epidemiológicos existentes sobre estas três viroses são poucos e fragmentados, percebe-se que não há estudos que abordam em conjunto todos os parâmetros epidemiológicos de tais vírus. Assim, os objetivos deste trabalho foram estudar o progresso temporal e espacial destas três viroses e verificar a relação entre a epidemiologia das mesmas em campo de abobrinha de moita, além de melhor entender o patossistema em que a clorose letal (causada pelo ZLCV) está inserida. Para isso, foram conduzidos experimentos com abobrinha de moita 'Caserta' nos campos experimentais dos Departamentos de Fitopatologia e Nematologia (DFN) e Departamento de Genética (DGN) da Esalq/USP. Primeiramente foram conduzidos em 2009 dois experimentos simultâneos nas áreas do DFN e DGN para estudar a epidemiologia isolada da clorose letal acompanhada da dinâmica populacional do trips *Frankliniella zucchini*, vetor deste vírus. Em seguida, em épocas diferentes 3 experimentos foram conduzidos em 2010 com o intuito de comparar as epidemiologias da clorose letal e dos mosaicos comum e amarelo, estes últimos causados por PRSV-W e ZYMV, respectivamente. Nos experimentos apenas com a clorose letal no ano de 2009, o modelo monomolecular foi o que melhor se ajustou aos dados de incidência e através das análises espaciais detectou-se agregação da doença ao final dos dois experimentos. Nos 3 experimentos realizados em 2010, variações na incidência, no ajuste do modelo e no comportamento espacial de cada virose foram freqüentes. Para a clorose letal, o modelo monomolecular ofereceu melhor ajuste apenas na 3ª época de plantio. Nas duas primeiras o modelo gompertz apresentou maior coeficiente de determinação. No comportamento espacial, novamente agregação da doença foi detectada ao final do ciclo da cultura. Para o mosaico amarelo, os modelos que melhores se ajustaram na 1ª, 2ª e 3ª épocas de plantio, foram o logístico e o monomolecular (este nas duas últimas), respectivamente. O padrão espacial desta doença foi ao acaso quando da baixa incidência da doença e agregado nos casos em que elevada incidência ocorreu. Já o mosaico comum apresentou a menor incidência nas 3 épocas. O modelo logístico foi o que melhor se ajustou em todas as épocas e a doença apresentou comportamento espacial ao acaso nos três experimentos. Nos levantamentos do trips vetor do ZLCV, verificou-se preferência do mesmo por plantas sintomáticas e consideráveis correlações do número de insetos coletados com a incidência da clorose letal.

Palavras-chave: Tospovirus; Potyvirus; Incidência

ABSTRACT

Comparative epidemiology of three viruses on zucchini squash (*Cucurbita pepo* L.)

The zucchini squash (*Cucurbita pepo* L.) belonging to the *Cucurbitaceae* family, has a good share of world and Brazilian output. However, as in every plant of economically important, cucurbits have problems caused by different etiological agents. In the Brazilian production of zucchini squash, already confirmed the presence of 8 viruses, including the potyviruses PRSV-W (*Papaya ringspot virus-type W*) and ZYMV (*Zucchini yellow mosaic virus*) and the tospovirus ZLCV (*Zucchini lethal chlorosis virus*) have been considered the most important viruses by the predominance in several cucurbits producing regions in the Brazil and the considerable damage on production. Whereas the most of the existing epidemiological studies about these three viruses are few and fragmented, it is clear that there are no studies that deal together all the epidemiological parameters of such viruses. The objectives of this work were to study the temporal and spatial progress of these three viruses and the relation between the epidemiology of these viruses in the same field of zucchini squash in addition to better understand the lethal chlorosis pathosystem (caused by ZLCV). Trials were carried out with zucchini squash 'Caserta' in the experimental fields of the Departments of Plant Pathology and Nematology (DPP) and Department of Genetics (DGN) at Esalq/USP. The firsts were conducted in 2009 simultaneously in DPP and DGN to study the epidemiology of lethal chlorosis only and to study the population dynamic of thrips *Frankliniella zucchini*, the vector of this virus. In 2010 three experiments were carried out in different growing seasons in order to compare the epidemiology of the lethal chlorosis, yellow mosaic and common mosaic caused by ZLCV, PRSV-W and ZYMV, respectively. In the experiments with the lethal chlorosis in 2009, the monomolecular model was the best fit to the incidence data and spatial analysis indicated aggregation of the disease at the end of both experiments. In three experiments carried out in 2010, variations in incidence, in the fit of the model and in the spatial distribution of each virus were frequent. For lethal chlorosis, the monomolecular model provided a better fit only in the 3rd growing season. In the first and second growing seasons Gompertz model had the best coefficient of determination. In the spatial distribution, aggregation of disease was detected at the end of the crop cycle again. For yellow mosaic, the models that best fit in the 1st, 2nd and 3rd planting dates were the logistic and monomolecular (this in the last two) respectively. The spatial pattern of this disease were random when the disease incidence was low and aggregated when the disease incidence was high. The common mosaic had the lowest incidence in all three seasons. The logistic model was the best fit in all growing seasons and the disease showed a spatial random distributions in all experiments. The thrips vector of ZLCV prefer symptomatic plants and good correlations between the number of insects collected with the incidence of lethal chlorosis was found.

Keywords: Tospovirus; Potyvirus; Incidence

1 INTRODUÇÃO

A abobrinha de moita (*Cucurbita pepo* L.), espécie pertencente à família *Cucurbitaceae*, apresenta significativa participação na produção mundial e brasileira desta família de plantas. Segundo estimativa da FAO (2010), a produção mundial de cucurbitáceas no ano de 2007 foi de 184 milhões de toneladas (t), sendo a melancia o principal produto (93,1 milhões de t) e com produção de abóboras e abobrinhas de 20,3 milhões de t. A produção de abobrinhas no Estado de São Paulo é de aproximadamente 33,2 mil t num total de 569,8 mil t de cucurbitáceas produzidas (INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA, 2006).

Porém, como em toda cultura de importância econômica, as cucurbitáceas apresentam problemas fitossanitários causados por diferentes agentes etiológicos que além de provocarem danos severos à produção apresentam dificuldades no controle curativo e na obtenção de variedades resistentes/tolerantes, caso freqüente com as doenças de natureza virótica, que além dessas dificuldades possuem o agravante de geralmente serem sistêmicas e disseminadas por vetores (SILVEIRA et al., 2009).

Na família *Cucurbitaceae*, importantes viroses já foram detectadas nas regiões produtoras no mundo. Na produção brasileira de abóboras, já foi constatada a presença do vírus do mosaico da abóbora (*Squash mosaic virus* – *SqMV*) (CHAGAS, 1970), do mosaico do pepino (*Cucumber mosaic virus* – *CMV*) (COSTA; KITAJIMA; NAGAI, 1972), do mosaico do mamoeiro – estirpe melancia (*Papaya ringspot virus* – type W – PRSV-W) (ALBUQUERQUE; IKEDA; COSTA, 1972), da clorose letal da abobrinha de moita (*Zucchini lethal chlorosis virus* – ZLCV) (REZENDE et al., 1995; POZZER et al., 1994; KITAJIMA; COSTA, 1972), da necrose da abóbora (provável Necrovirus) (LIN; KITAJIMA; MUNHOZ, 1983), do mosaico da melancia (*Watermelon mosaic virus* - WMV) (SÁ; KITAJIMA, 1991), do mosaico amarelo da abobrinha (*Zucchini yellow mosaic virus* - ZYMV) (VEGA; REZENDE; YUKI, 1995; VEGA et al., 1992) e do amarelão do meloeiro (NAGATA et al., 2005, 2003). Também já foi encontrado um possível Rhabdovirus (KITAJIMA et al., 1991).

Dentre esses vírus, o PRSV-W e o ZYMV têm sido considerados os mais importantes pela predominância em diversas regiões produtoras de cucurbitáceas no país e pelos consideráveis prejuízos que geralmente causam à produção,

principalmente nas regiões em que a incidência é elevada (PEREIRA et al., 2007; LIMA; VIEIRA, 1992; YUKI, 1990; PAVAN; CARVALHO; FERNANDES, 1989; LIMA; FERNANDES; MENDES, 1980), ocasionando menor produção das plantas afetadas, além dos frutos produzidos serem de baixíssima qualidade. Estas viroses são transmitidas por diversas espécies de afídeos (KUROZAWA; PAVAN, 2005), fato complicador no manejo e controle destas doenças.

Entretanto, nos últimos anos, a clorose letal das cucurbitáceas, causada pelo vírus *Zucchini lethal chlorosis virus* (ZLCV), pertencente ao gênero *Tospovirus*, família *Bunyaviridae* (BEZERRA et al., 1999; POZZER et al., 1996;), tem chamado atenção de produtores nos Estados de São Paulo (YUKI et al., 2000), Mato Grosso (STANGARLIN; HILL; NUTTER, 2001) e Distrito Federal (NAGATA et al., 1998) pela alta incidência e danos severos a produção, especialmente em plantas de abobrinha de moita devido à elevada suscetibilidade desta espécie. Esse fato foi demonstrado experimentalmente em ensaios com abobrinha de moita infectada com o ZLCV em diferentes idades. Constatou-se que as plantas que exibiram sintomas até os 23 dias após a emergência (DAE) não produziram frutos viáveis para o comércio. Frutos comerciais somente foram colhidos de plantas que apresentaram sintomas a partir dos 42 DAE, porém com redução de 78,5 % na produção (GIAMPAN, 2007).

Além da abobrinha de moita var. Caserta, também mostraram-se suscetíveis ao ZLCV a abóbora híbrida Takaiama, o pepino var. Safira, a melancia var. Crimson Sweet, o maxixe do Norte, a abóbora rasteira var. Menina Brasileira e a moranga var. Alice. A moranga var. Exposição não foi infectada tanto em campo como em casa de vegetação, sugerindo ser altamente resistente a esse tospovirus (GIAMPAN; REZENDE; SILVA, 2007). Já Bezerra et al. (1999) além de detectar a presença do vírus nas mesmas cucurbitáceas estudadas por Giampan, Rezende e Silva (2007), encontraram lesões locais em *Gomphrena globosa* e lesões sistêmicas em *Nicotiana benthamiana*. Até o momento não há relatos de outros vetores além da espécie de tripses *Frankliniella zucchini*, para esta doença. Medidas de controle visando a redução na intensidade da doença ainda estão abaixo das expectativas dos produtores.

A maioria dos estudos epidemiológicos existentes sobre estas três viroses são poucos e fragmentados. Yuki et al. (2000) se restringiram ao levantamento da

ocorrência, distribuição e incidência relativa de cinco viroses no Estado de São Paulo, das quais três correspondiam às viroses estudadas neste trabalho, não abordando aspectos epidemiológicos. Pereira et al. (2007) estudaram os danos provocados por ZYMV e PRSV-W mas não abordaram os aspectos epidemiológicos de ambas as viroses na abobrinha. Ramos, Lima e Gonçalves (2003) estudaram a interação entre três potyvirus em melancia e abobrinha mas não expandiram essa interação para a abordagem epidemiológica. Já Klas et al. (2006) compararam a disseminação espacial de dois potyvirus, ZYMV e WMV, entre cultivares transgênicos e não-transgênicos de abobrinha.

Desse modo, percebe-se que não há estudos que abordam em conjunto todos os parâmetros epidemiológicos de tais vírus. Nesse contexto, esse trabalho teve por objetivo estudar o progresso temporal e espacial destas três viroses e verificar a relação entre a epidemiologia das mesmas em campo de abobrinha de moita.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão bibliográfica

2.1.1 Aspectos gerais da abobrinha de moita

A família *Cucurbitaceae*, composta por 120 gêneros e aproximadamente 800 espécies predominantemente tropicais (TEPPNER, 2004), é conhecida pela versatilidade e valor alimentício dos frutos de algumas espécies dos gêneros *Cucurbita* (abóboras, abobrinhas e morangas), *Cucumis* (pepinos, melões e maxixe), *Sechium* (chuchu), *Citrulus* (melancia), *Lagenaria* (abobrinha d'água ou marimba), *Luffa* (bucha) e *Mormodica* (melão de São Caetano) (GONZAGA et al., 1999). Esta família representa cerca de 20% da produção total de produtos olerícolas no mundo, representada principalmente pelas culturas da melancia, melão, pepino e abobrinha. Para a abobrinha de moita (*Cucurbita pepo* L.), a produção mundial dentre as cucurbitáceas é de 12% (FAO, 2010). No Estado de São Paulo, a produção de abobrinha no ano de 2009 foi de 39,74 mil t em uma área plantada de 2.656,89 ha (IEA, 2009).

A abobrinha de moita é cultivada há aproximadamente 7000 anos tendo como centros de origem o México e a região oeste dos EUA (SMITH, 1997; CASALI; SATURNINO; PEDROSA, 1982; NONNECKE, 1989). O cultivo da abobrinha (*Cucurbita pepo* L.) se estendeu por diversas regiões do mundo, principalmente para as regiões de clima tropical e subtropical. Como principais características apresenta hábito de crescimento ereto, predominância de hastes curtas conferindo o formato do tipo “moita”, o que lhe proporciona plantios com espaçamentos menores em relação a cucurbitáceas de ramas longas, além de ser uma planta de cultivo anual. O florescimento das plantas é do tipo monóico, com flores amarelas e as femininas em menor número com ovário alongado, já antecipando o aspecto do futuro fruto (quase cilíndricos e afilados na extremidade), o qual geralmente apresenta coloração verde-clara, com estrias longitudinais verde-escura e o pedúnculo acanelado, não se achatando no ponto de inserção com o fruto (FILGUEIRA et al., 2007). Possui sistema radicular extenso e superficial, concentrando-se nos primeiros 20 cm de solo, porém com a raiz principal podendo alcançar até 1,0 m de profundidade. As folhas são moderadas a profundamente lobadas, de coloração verde e manchas prateadas, caule prostrado e internódios curtos (TEPPNER, 2004; FILGUEIRA et al., 2007).

A variedade 'Caserta' foi cultivada primeiramente em 1949 no Estado de Connecticut, EUA, sendo considerada uma das variedades mais cultivadas da espécie no mundo devido principalmente ao ciclo curto e ampla adaptação às diferentes regiões produtoras (NONNECKE, 1989).

No âmbito fitossanitário, trata-se de uma cultura afetada por diversas doenças causadas por fungos, bactérias, vírus e nematóides, sendo as viroses as mais importantes da abobrinha de moita e cucurbitáceas em geral (ÁVILA; REIS, 2007).

2.1.2 Principais viroses de ocorrência na abobrinha de moita no Brasil

Das mais de 30 viroses relatadas em cucurbitáceas, oito já foram encontradas no Brasil, infectando diferentes espécies dessa família (GIAMPAN, 2007). Na abobrinha de moita, três potyvirus (vírus do mosaico do mamoeiro estirpe melancia = *Papaya ringspot virus* - type W - PRSV-W, vírus do mosaico amarelo da abobrinha = *Zucchini yellow mosaic virus* - ZYMV e vírus do mosaico da melancia = *Watermelon mosaic virus* - WMV), uma espécie do gênero *Tospovirus* (vírus da clorose letal das cucurbitáceas = *Zucchini lethal chlorosis virus* - ZLCV) e uma espécie do gênero *Comovirus* (vírus do mosaico da abóbora = *Squash mosaic virus* - SqMV) são os mais detectados em campos de produção de abobrinha de moita (REZENDE et al., 2010).

O mosaico do mamoeiro (PRSV-W) é um vírus de RNA de fita simples, composto por partículas alongadas e flexuosas, de dimensões ao redor de 780 x 12 nm, e como muitos outros potyvirus, induz inclusões cilíndricas e amorfas no citoplasma das células infectadas. Inicialmente, este potyvirus foi denominado *Watermelon mosaic virus* 1 (WMV-1), porém depois da caracterização do vírus WMV, verificou-se que consistia de vírus distintos e foram então nomeados como WMV-1 e WMV-2 e mais recentemente, foi demonstrado que WMV-1 e PRSV são serologicamente idênticos mas patótipos diferentes: PRSV-P (papaya) e PRSV-W (watermelon). O primeiro infecta *Carica papaya* e algumas outras cucurbitáceas, já o segundo infecta diversas espécies desta família, inclusive a abobrinha de moita (ZITTER; HOPKINS; THOMAS, 1996).

Os sintomas iniciais típicos correspondem ao amarelecimento entre as nervuras seguido pelo aparecimento de mosaico e bolhas, culminando com total deformação das folhas. As plantas apresentam menor desenvolvimento (atrofia) e como consequência,

menor produção. Nos frutos podem ocorrer deformações e alteração na coloração (KUROZAWA; PAVAN, 2005; ZITTER; HOPKINS; THOMAS, 1996).

Já o mosaico amarelo (ZYMV) também é um vírus de RNA de fita simples, constituído por partículas alongadas e flexuosas, com aproximadamente 750 nm de comprimento. Em comparação com o mosaico do mamoeiro, os sintomas são mais severos. O amarelecimento entre as nervuras é mais intenso e os mosaicos aparecem logo após a infecção das plantas, as quais se tornam atrofiadas, com deformações consideráveis, extrema redução no tamanho das folhas, formação de bolhosidade nas mesmas e nos frutos quando produzidos, podendo ocasionar danos na produção e qualidade das sementes. Crescimento excessivo do limbo foliar sobre o pecíolo também pode ocorrer em casos de infecções severas, sintoma conhecido como esporão (KUROZAWA; PAVAN, 2005; RAMOS; LIMA; GONÇALVES, 2003; ZITTER et al., 1996). O primeiro relato desta virose em *C. pepo* ocorreu na Itália (LISA et al., 1981).

A clorose letal das cucurbitáceas causada pelo vírus *Zucchini lethal chlorosis virus* (ZLCV), pertencente ao gênero *Tospovirus*, tem contribuído significativamente para as perdas na produção de abobrinha de moita, principal planta hospedeira do vírus (YUKI et al., 2000). No Brasil, este tospovirus foi primeiramente isolado de *Cucurbita pepo* em 1994, em lavoura desta cultura no Estado de São Paulo (NAGATA et al., 1998) e a incidência desta virose pode alcançar altos valores, como encontrado por Giampan (2002).

Até o momento, o trips *Frankliniella zucchini* é o único vetor identificado capaz de transmitir este tospovirus (NAKAHARA et al., 1999). Como todos os vírus deste gênero, a aquisição do vírus pelo trips vetor se dá apenas pelas ninfas, enquanto a transmissão é realizada por adultos e ninfas em estágio final de desenvolvimento. Os estádios de pré-pupa e pupa não se alimentam e conseqüentemente não adquirem e nem transmitem o vírus (NAGATA et al., 2001). As partículas deste vírus são esféricas, de diâmetro entre 80 e 110 nm e o genoma constitui-se de três segmentos de RNA (L, M e S) (NAGATA et al., 2001).

Em levantamento da ocorrência e incidência de viroses em cucurbitáceas no Estado de São Paulo, Yuki et al. (2000) relataram que os vírus PRSV-W e ZYMV foram os mais freqüentes, com incidências médias de 48,3% e 24,5%, respectivamente. O

ZLCV foi detectado em 4,4% das amostras analisadas. Levantamentos nas principais regiões produtoras de cucurbitáceas indicam o PRSV-W como o vírus de maior ocorrência. Na região do sub-médio do São Francisco, PRSV-W foi predominante nas amostras analisadas por Silveira et al. (2009) e ainda nesta região, constatou-se a incidência de 49,1% de PRSV-W (LIMA; BARBOSA; De ÁVILA, 1999). No Maranhão, o vírus PRSV-W também foi o vírus de maior ocorrência em plantio de melancia (60%) (MOURA et al., 2001).

A ocorrência das viroses de plantas é dependente da interação entre vírus, hospedeiro e ambiente, além da participação do vetor que ocorre em alguns casos (HARRISON, 1983). Devido à importante participação do ambiente e dos insetos vetores nestes patossistemas, os níveis de incidência variam constantemente.

Em levantamento da ocorrência de PRSV-W em plantios de cucurbitáceas no Estado de Roraima, a incidência de PRSV-W variou entre 7,1 e 84,2% durante três anos (HALFED-VIEIRA et al., 2004). Já Cruz et al. (1999) verificaram que na região do São Francisco o vírus WMV-2 foi o que apresentou maior incidência (68,7%), seguido pelo PRSV-W (31,3%), mostrando que a incidência de viroses não é um processo estático (MISSIURA, 2005). De modo geral, verifica-se que quando as condições são propícias à reprodução dos vetores e a fonte de inóculo encontra-se próxima aos campos de produção de abóbora, os níveis de doença podem alcançar 100%.

Percebe-se que o gênero *Potyvirus* se sobressai em importância na cultura da abobrinha de moita por causar duas principais viroses, o vírus do mosaico do mamoeiro estirpe melancia (PRSV-W) e o vírus do mosaico amarelo da abobrinha (ZYMV), podendo provocar perdas substanciais na produção. São rapidamente adquiridos e transmitidos por espécies de afídeos de maneira não-persistente, através da “picada de prova”, sendo os afídeos do gênero *Myzus* e *Aphis* os mais eficientes na transmissão. Não há relatos de transmissão destes vírus por sementes (ZITTER et al., 1996).

Os danos podem ser agravados quando as plantas apresentam infecções mistas e a relação entre os vírus é sinérgica, provocando aumento na concentração dos vírus nas plantas, modificação dos sintomas da doença e alterações na movimentação sistêmica no hospedeiro (PEREIRA, 2007). Em avaliação de danos provocados por potyvirus em abobrinha de moita, Pereira et al. (2007) encontraram maior redução da

área foliar quando as plantas de abobrinha de moita foram infectadas pelos dois potyvirus aos 12 dias após a emergência. De acordo com esses autores, em ensaios de campo, o desenvolvimento das plantas foi mais afetado pelo ZYMV e a produção de frutos foi afetada pela infecção mista ou isolada de cada um desses vírus. Yuki, Costa e Nagai (1991) relataram redução de 99,7% na produção de frutos em plantas de abobrinha de moita infectadas por PRSV-W aos 10 dias de idade.

Em virtude de ambas as potyviroses serem transmitidas por diversas espécies de afídeos de modo não-persistente através da “picada de prova”, o controle destas doenças por meio do controle químico do vetor é praticamente inviável e, assim, o desenvolvimento de variedades geneticamente resistentes e a premunização com estirpes fracas têm sido as medidas mais adotadas. Porém nem todos os produtores têm acesso a estas medidas e quando esses dois vírus (PRSV-W e ZYMV) ocorrem simultaneamente com a clorose letal das cucurbitáceas, causada pelo vírus ZLCV, os danos se tornam mais agravantes. Somado a isso, pouco se sabe sobre o comportamento epidemiológico destas doenças no campo, dificultando a adoção de medidas duradouras, eficientes e viáveis de manejo de tais viroses (SILVEIRA et al., 2009).

2.1.3 Epidemiologia de viroses causadas por potyvirus e tospovirus

Diferentemente dos sistemas selvagens nos quais os diversos seres (animais, vegetais, microrganismos e vírus) vivem e co-evoluem sempre tendo a estabilidade como característica marcante, na “agricultura artificial” essa estabilidade está longe de ser a característica imponente e assim, graves epidemias de doenças de plantas, entre elas as causadas por vírus, são comuns, especialmente onde a monocultura é praticada, resultando em grandes prejuízos aos produtores (JONES, 2004).

A epidemiologia de muitas viroses de plantas é determinada por interações entre o vírus, o hospedeiro e o vetor (quando existente), além do efeito das condições ambientais nessas interações (HARRISON, 1983). Em função dos diferentes modos de sobrevivência e disseminação, da gama de hospedeiros e relação com o vetor, fica fácil imaginar que o padrão de distribuição destas no tempo e no espaço não é estático e está sujeito a mudanças impostas pelo ambiente e pelo manejo aplicado pelo homem.

Pelo fato das doenças viróticas geralmente serem sistêmicas, utiliza-se a incidência da doença no campo para descrever e quantificar o padrão espacial e temporal dessas doenças, considerando ser esta a proporção de plantas ou partes de plantas com sintomas da doença em relação ao total de plantas analisadas (MADDEN et al., 1995; CAMPBELL; MADDEN, 1990). O uso da incidência como método de avaliação gera dados binários e a planta analisada é considerada sadia ou doente, não importando o quanto doente a mesma está.

Nas viroses transmitidas por vetor, o inóculo inicial pode ser considerado a primeira migração de insetos infectados com o vírus, adquiridos de um hospedeiro alternativo ou incubados no próprio vetor, quando as plantas na área são sadias. Uma vez introduzida na área, a ocorrência de disseminação secundária além da primária depende de fatores como ciclo da cultura, latência do vírus na planta e biologia do inseto vetor. Desse modo, o monitoramento da doença como também do vetor são importantes para melhor compreender a epidemiologia da doença (RACCAH, 1983).

As doenças causadas por tospovirus são transmitidas por espécies de tripses, o que acarreta importantes conseqüências na epidemiologia dessas viroses, conforme demonstrado por Ames Herbert et al. (2007), Momol et al. (2004), Culbreath et al. (2003) e Aramburu et al. (1997). O envolvimento do tripses como vetor foi relatado primeiramente em 1927 (PITTMAN, 1927) e após esta descoberta os estudos sobre o comportamento epidemiológico de doenças causadas por tospovírus se intensificaram (REDDY et al., 1983; CULBREATH et al., 1993, 2003; CAMMAN et al., 1995; JOHNSON, et al., 1996; ARAMBURU, et al., 1997; GROVES et al., 2001; MARIS et al., 2004).

Vanderplank (1963), em estudo epidemiológico temporal do vira cabeça do tomateiro, causado por *Tomato spotted wilt virus*, sugeriu o modelo monomolecular devido à grande contribuição da fonte externa do vírus e não detecção de disseminação do mesmo dentro dos campos de tomate. Porém, Pennypacker et al. (1980), analisando os mesmos dados utilizados por Vanderplank (1963) para esta doença, concluíram que o modelo logístico era o que melhor descrevia esta epidemia.

A transmissão do vírus pode ser feita por ninfas e adultos do tripses vetor, sendo mais freqüente a transmissão por adultos devido à presença de asas nestes facilitando

o deslocamento na área, porém apenas as ninfas têm a capacidade de adquirir o vírus de plantas infectadas (VAN DE WETERING; GOLDBACK; PETERS, 1996). Estudos realizados por Reddy et al. (1983) com o *Tomato spotted wilt virus* (TSWV), espécie-tipo desse grupo de vírus e causador do vira-cabeça em diversas espécies de plantas, indicam que o período de aquisição do vírus pelo vetor *Frankliniella schultzei* em plantas de amendoim pode variar de minutos a horas, com o período ótimo de aquisição de 48 h e de incubação do vírus no inseto de 8-9 dias, tempo necessário para que o inseto atinja o estágio adulto e então, possa transmitir o vírus com maior eficiência.

Para o ZLCV não há estudos sobre os períodos de aquisição, incubação e inoculação no vetor *Frankliniella zucchini*, porém, sabe-se que a contribuição de ninfas na disseminação do vírus também parece ser baixa devido à ausência de asas, e conseqüente limitação de movimento, tornando os adultos os grandes responsáveis pela disseminação das partículas do vírus a maiores distâncias. A disseminação do vírus através das ninfas, quando ocorre, se dá apenas de planta-a-plantas pelo contato entre duas plantas adjacentes (NAGATA et al., 2001).

Mesmo não sendo claramente conhecidos os fatores que contribuem para a massiva migração dos insetos adultos, acredita-se que a temperatura e a velocidade do vento podem ter importante papel no movimento do vetor (REDDY et al., 1983).

As doenças causadas por vírus do gênero *Potyvirus* podem proporcionar significativas perdas por serem os predominantes em grande parte das regiões produtoras (PEREIRA, 2007). O estudo epidemiológico é importante para melhor adoção e aplicação das táticas de manejo destas doenças (JONES, 2004). O fato desse grupo de vírus ser transmitido por afídeos vetores de modo não-persistente exerce grande influência no padrão espacial e temporal das doenças causadas por estes vírus, pois a biologia e o comportamento de determinada espécie de afídeo vetor pode ser responsável por elevadas incidências ocasionando perdas consideráveis, principalmente quando as condições ambientais favorecem a proliferação do vetor e a multiplicação do vírus na planta e exemplos destas situações são freqüentes conforme apresentou Lima et al. (2003).

Segundo Garret (1983), na década de 80, os produtores de melancia da região oeste da Austrália sofreram com alta incidência de *Watermelon mosaic virus* (WMV), onde os altos níveis sempre ocorriam no início da primavera e diminuía com a queda na população de afídeos vetores no final do verão. A maior parte da disseminação da doença ocorria dentro da área a partir de plantas infectadas situadas dentro dos campos de produção.

O início das epidemias a partir de fontes do vírus próximas à cultura e a predominância da disseminação secundária de potyvirose transmitidas por afídeos é explicada por alguns trabalhos. As idéias são pautadas na dificuldade de movimento dos afídeos vetores para locais distantes, principalmente em áreas em que fortes correntes de vento não são freqüentes. Para Berry e Taylor (1968), em elevadas altitudes a densidade aérea de afídeos que podem se mover à longas distâncias é muito baixa, fato comprovado por Taylor, Woiwod e Taylor (1979), que não coletaram mais que 1 indivíduo/armadilha/mês em uma raio de 160 km de distância da fonte. Complementando a concepção de possível predominância de disseminação secundária, Taylor (1977) acredita que a abundância aérea de afídeos, como da espécie *Myzus persicae*, uma das principais transmissoras de potyvirus, tende a ser determinada pela grande quantidade de plantas hospedeiras locais e por fim, o modo de transmissão não-persistente desses vírus pelos afídeos confirma a dificuldade de ocorrência de disseminação dos patógenos a longas distâncias.

2.1.4 Epidemiologia comparativa de doenças viróticas

“Todas as ciências, e a epidemiologia não é exceção, começam com meras descrições de fenômenos, avançam através de comparações dedutivas e atingem a maturidade quando são capazes de chegar às generalizações. Generalizações são consideradas princípios caso tenham capacidade de previsão e são úteis tanto no ensino quanto na elaboração de políticas gerais” (BERGAMIN FILHO; AMORIM, 1996).

É essa trilha que percorre a epidemiologia comparativa, permitindo definir as similaridades e diferenças entre doenças (MADDEN; HUGHES; VAN DEN BOSCH, 2007) e também modelos e princípios gerais para um considerável número de

fenômenos epidemiológicos para conseqüentemente aferir hipóteses e teorias, sustentando-as ou refutando-as, em função dos resultados obtidos (KRANZ, 1988).

Nos estudos sobre o comportamento de viroses em plantas, a comparação entre as epidemias não é algo freqüente nas publicações da área e as existentes, na maioria das vezes são feitas individualmente para cada doença e em tempos diferentes, não levando em consideração a ocorrência de mais de uma virose nos campos de produção. No entanto, em inúmeras situações mais de um vírus incide concomitantemente ao longo do tempo sobre a cultura (MADDEN; PIRONE; RACCHACH, 1987).

A análise epidemiológica simultânea de viroses pode fornecer importantes informações sobre o potencial efeito sinérgico ou inibitório de uma virose sobre a outra ou mesmo a ausência de interação entre uma ou mais viroses, levando ao esclarecimento e entendimento das relações entre as diferentes epidemias, o que é mais difícil quando se realiza a análise epidemiológica separada de cada doença em diferentes épocas (MADDEN; PIRONE; RACCHACH, 1987).

Madden, Pirone e Racchach (1987), em análise temporal de dois vírus (*Tobacco etch virus* e *Tobacco vein mottling virus*) de ocorrência em uma mesma área de fumo através de ajuste das curvas de progresso temporal de cada uma das viroses à equação de Lotka-Volterra, não encontraram possível efeito inibitório da incidência de uma virose sobre a outra. Para os dados combinados das duas doenças o melhor ajuste foi proporcionado pelo modelo logístico. Ruiz et al. (2006) também não encontraram associação entre os vírus *Cucurbit yellow stunting disorder virus* e *Cucumber vein yellowing virus* em pepino, através de teste de independência qui-quadrado e correlação de Spearman.

Em trabalho de epidemiologia comparativa entre ZYMV e WMV em plantios de abóbora transgênica e não-transgênica, Klas et al. (2006) encontraram baixas taxas de infecções mistas (4%) e análises geoestatísticas indicaram ausência de relação espacial entre estes dois vírus nas plantas transgênicas. Porém o contrário foi observado nos campos de plantas não-transgênicas, com forte dependência espacial na disseminação de ZYMV e WMV, com infecção mista de 62% das plantas.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Epidemiologia isolada da clorose letal das cucurbitáceas

2.2.1.1 Localização dos experimentos e descrição das áreas experimentais

Dois experimentos visando o estudo do comportamento epidemiológico isolado da clorose letal das cucurbitáceas causada por *Zucchini lethal chlorosis virus* foram conduzidos nos campos experimentais dos Departamentos de Fitopatologia e Nematologia (DFN) e de Genética (DGN), localizados na Universidade de São Paulo – Campus “Luiz de Queiroz” em Piracicaba-SP (latitude 22° 43' 31" sul longitude 47° 38' 57" oeste - altitude 547 m), entre outubro e novembro de 2009.

Para o estabelecimento dos campos utilizou-se sementes da abobrinha de moita var. ‘Caserta’, adotando o espaçamento de 1,0 m tanto entre linhas quanto entre plantas. A semeadura foi feita em covas, com adição de duas sementes em cada cova. Dez dias após a semeadura realizou-se o desbaste, mantendo-se uma planta/cova. Na ocasião da semeadura, adubou-se cada cova com 150 g do adubo de formulação 04-14-08. Utilizou-se para o estudo 204 plantas no campo experimental do Departamento de Genética e 308 plantas no campo experimental do Departamento de Fitopatologia e Nematologia.

2.2.1.2 Avaliação da doença e detecção do vírus

Com base na presença dos sintomas típicos da doença, avaliou-se a cada três dias a incidência em ambos os campos. Amostras de plantas consideradas doentes por apresentarem os sintomas foram coletadas e submetidas ao teste de PTA-ELISA para identificação serológica do vírus e confirmação da doença. Para isso, utilizou-se antissoro específico contra a proteína capsidial do ZLCV, conforme protocolo desenvolvido por Mowat e Dawson (1987), com pequenos ajustes. Em cada placa foram utilizados um controle positivo e um negativo, correspondendo às plantas infectadas com o ZLCV e sadias, respectivamente. A absorbância de cada um dos pocinhos foi medida no leitor de ELISA Metertech Σ 960 utilizando-se filtro de 405 nm. A reação foi considerada positiva quando o valor médio da absorbância excedeu em duas a três vezes o valor médio da absorbância do extrato da planta sadia.

2.2.1.3 Análise epidemiológica

Os dados de incidência no tempo e no espaço ao longo das avaliações nos dois experimentos foram utilizados para plotagem cumulativa e não-cumulativa da incidência da doença (em proporção, sem transformação) e realização das análises epidemiológicas.

2.2.1.3.1 Análise temporal

Os modelos exponencial, monomolecular, logístico e gompertz foram testados com intuito de encontrar o modelo que melhor se ajustasse aos dados de incidência da doença ao longo do tempo:

Exponencial:

$$y(t) = b_1 \exp(b_2 t) \quad (1)$$

Monomolecular:

$$y(t) = (1 - (1 - b_1) \exp(-b_2 t)) \quad (2)$$

Logístico:

$$y(t) = 1 / (1 + ((1/b_1) - 1) \exp(-b_2 t)) \quad (3)$$

Gompertz:

$$y(t) = \exp(-(-\log(b_1)) \exp(-b_2 t)) \quad (4)$$

Considera-se nas equações:

$y(t)$ = proporção de plantas afetadas no tempo t ;

t = tempo (dias);

b_1 = parâmetro relacionado ao inóculo inicial [$b_1 = (1 - y_0)/(y_0)$];

b_2 = parâmetro da taxa de progresso da doença.

A análise dos dados de incidência (%) da doença e o tempo (dias) foi feita através de regressões não-lineares pelo aplicativo STATISTICA 6® (StatSoft, Tulsa, OK, EUA) adotando o método Quasi-Newton, que estima assintoticamente as derivadas de segunda ordem (parciais) da função de perda [$\text{perda} = (\text{observado} - \text{previsto})^2$] e emprega-as para determinar o movimento dos parâmetros de iteração a iteração.

O grau de ajuste de cada modelo aos dados foi avaliado em função do coeficiente de determinação (R^2) entre os valores observados e previstos, do padrão de distribuição dos resíduos e dos valores médios do desvio padrão dos parâmetros b_1 e b_2 estimados para cada modelo testado (BERGAMIN FILHO, 1995).

2.2.1.3.2 Análise espacial

Primeiramente realizou-se o mapeamento da área a partir de dados binários (presença ou ausência de sintomas) provenientes dos mapas originais. A cada levantamento, as novas plantas sintomáticas foram incorporadas aos mapas anteriores, obtendo-se, assim, o número acumulado de plantas afetadas e suas respectivas posições para cada data de avaliação. Após análise preliminar dos dados, escolheu-se em função do tamanho da área e da quantidade e distribuição das plantas, o *quadrat* 2x2 para determinação dos parâmetros espaciais da doença.

Para cada *quadrat* determinou-se a proporção de plantas afetadas em cada avaliação e a incidência (p) da doença. Essa variável pode ser definida como a estimativa da probabilidade de uma planta estar sintomática numa determinada área e é calculada por $p = \Sigma X_i / nN$, onde ΣX_i é o somatório do número de plantas sintomáticas em cada *quadrat* i , n é o número de plantas em cada *quadrat* e N é o número total de *quadrats* em cada área. A incidência (p), assim calculada, é a base para o cálculo do índice de dispersão, para a aplicação da lei de Taylor modificada e para o estudo de áreas isópatas.

2.2.1.3.2.1 Índice de Dispersão (ID)

O índice de dispersão (ID) é função da variância observada (V_{obs}) e da variância binomial (V_{bin}). O valor de ID foi estimado para cada experimento e cada avaliação por meio da equação:

$$ID = V_{obs} / V_{bin} \quad (5)$$

onde:

$$V_{obs} = \Sigma (X_i - np)^2 / n^2 (N-1); \quad (6)$$

$$V_{bin} = p(1-p) / n. \quad (7)$$

O afastamento da aleatoriedade foi determinado por meio de teste qui-quadrado,

com $n-1$ graus de liberdade ao nível de 5% de significância. Valores de ID significativamente iguais a 1,0 indicaram distribuição ao acaso de plantas sintomáticas num determinado bloco e numa determinada data de avaliação (hipótese de nulidade). Por outro lado, valores de ID significativamente maiores que 1,0 indicaram agregação e menores que 1,0, regularidade.

2.2.1.3.2.2 Aplicação da lei de Taylor modificada (LTM)

A lei de Taylor modificada relaciona, por meio de polinômio de primeiro grau, a variância observada (V_{obs}) e a variância binomial esperada (V_{bin}) para uma distribuição aleatória ou ao acaso. Quando os dados são expressos em incidência, a distribuição binomial é a que propicia o melhor ajuste para condições de aleatoriedade. Nesse caso, $\log(V_{obs}) = \log(A) + b \log(V_{bin})$, onde $\log(A)$ e b são parâmetros. As regressões foram calculadas por meio do aplicativo Statistica 6® (StatSoft, Tulsa, OK, EUA). Foram consideradas como variável independente o logaritmo das variâncias binomiais estimadas para cada avaliação e como variável dependente o logaritmo das variâncias observadas. A significância das relações entre $\log(V_{obs})$ e $\log(V_{bin})$ foi determinada pelo teste F a 5% de probabilidade e a adequação do ajuste do modelo aos dados foi avaliada por meio do coeficiente de determinação (R^2) e do padrão dos resíduos. A igualdade do parâmetro $b = 1,0$ foi testada por meio do teste t a 5% de probabilidade (MADDEN; HUGHES, 1995) usando a estimativa do parâmetro e seu desvio padrão. A hipótese alternativa considerada foi $b > 1,0$. Valores de b significativamente maiores que 1,0 foram considerados indicativos de agregação, a qual varia com a incidência da doença. Já valores de b iguais a 1,0 com $\log(A) > 0$ indicam agregação constante e valores de $b = 1$ e $\log(A) = 0$, indicam aleatoriedade e menores que 1,0 indicam regularidade.

2.2.1.3.2.3 Determinação das áreas isópatas

A determinação das áreas isópatas foi feita com o auxílio do aplicativo STATISTICA 6® (StatSoft, Tulsa, OK, E.U.A.) por meio de uma matriz tridimensional (X, Y e Z). Neste caso X e Y correspondem à posição do quadrat dentro de cada área avaliada e Z aos valores de incidência da doença em cada quadrat (BARBOSA, 2007).

Com as matrizes elaboradas, gerou-se as áreas isópatas de cada experimento através do método *Distance-Weighted Least Squares*, utilizando o aplicativo citado anteriormente.

2.2.1.3.2.4 Análise das seqüências ordinárias

Partindo do pressuposto de que o agrupamento de plantas infectadas sugere disseminação planta-a-plantas do patógeno, utilizou-se as seqüências ordinárias para averiguar se este tipo de disseminação ocorreu no presente estudo. Considera-se para isto, uma seqüência de um ou mais símbolos idênticos, seguidos ou precedidos por um símbolo diferente ou nenhum símbolo (GIBBONS, 1976 apud MADDEN, 1982). Por exemplo, para uma seqüência de 10 números com cada número representando uma planta em uma determinada linha de plantio (0101001100), em que “0” indica plantas sadias e “1” plantas doentes, teremos 7 seqüências ordinárias. O cálculo de tais seqüências em cada avaliação foi feito através do índice Z_{so} . Considerou-se como hipótese nula, a distribuição aleatória de um conjunto ordenado de símbolos, neste caso plantas infectadas. Em oposição, plantas infectadas agrupadas foram consideradas como hipótese alternativa (MADDEN, 1982). Para a hipótese de aleatoriedade, o número esperado (E) de seqüências ordinárias (SO) em uma linha, o desvio padrão de SO (s_{so}) e o SO padronizado (Z_{so}) foram obtidos, respectivamente (BARBOSA, 2002):

$$E (SO) = 1 + 2m (N - m) / N \quad (8)$$

$$s_{so} = (2m (N - m) [2m (N - m) - N] / [N^2 (N - 1)] \quad (9)$$

$$Z_{so} = [SO + 0,5 - E(SO)] / s_{so} \quad (10)$$

Em que:

m = número observado de plantas doentes

N = número total de plantas do talhão.

Quanto mais agrupadas estiverem as plantas infectadas, mais negativo será o valor de Z_{so} (BARBOSA, 2002). A significância considerada nas análises foi de 5%. Valores de Z_{so} iguais ou inferiores a -1,64 indicaram agrupamento de plantas infectadas.

Já valores superiores a -1,64 indicaram arranjo ao acaso das plantas doentes.

2.2.1.4 Monitoramento populacional do trips vetor *Frankliniella zucchini*

A dinâmica populacional do inseto-vetor *Frankliniella zucchini* foi acompanhada ao longo do experimento com o intuito principal de verificar o salto na população do vetor e a preferência deste por plantas infectadas e sintomáticas para o ZLCV. A cada coleta, cinco plantas sintomáticas e cinco assintomáticas eram escolhidas, e destas retirava-se folhas jovens de abóbora que eram colocadas em tubos Falcon contendo álcool 60% (1 folha/tubo Falcon). Em seguida, os tubos eram agitados manualmente para desprendimento dos trips das folhas e a solução de álcool 60% vertida em placa de Petri para coletas e quantificação através de visualização em lupa estereoscópica, sempre separando ninfas de adultos.

As avaliações foram feitas a cada 3 dias e os trips capturados foram colocados em tubos Eppendorf contendo álcool 60% e encaminhados ao Laboratório de Taxonomia de Insetos do Departamento de Entomologia e Acarologia da Esalq/USP para confirmação da espécie *Frankliniella zucchini* pela pesquisadora doutora Doutora Renata Chiarini Monteiro Cônsoli.

Para associação do número de ninfas e adultos de trips coletados com o progresso da doença, utilizou-se a análise do coeficiente de correlação r de Pearson a 5% de probabilidade. Esta análise foi feita com o número total de trips no tempo N-4 e a incidência da doença no tempo N, em que N corresponde a dias após a semeadura e 4 o período médio de incubação da doença, em dias (observações de campo). Utilizou-se o programa Sisvar® para comparação do número médio de trips coletados de plantas sintomáticas e assintomáticas, através do Teste Tukey a 5% de probabilidade.

2.2.2 Epidemiologia comparativa entre ZLCV, ZYMV e PRSV-W

Para estudar o comportamento epidemiológico das três principais viroses das cucurbitáceas, experimentos foram realizados em área do campo experimental do Departamento de Fitopatologia e Nematologia entre os meses de janeiro e novembro de 2010. Em cada experimento utilizou-se 130 plantas de abobrinha de moita var. 'Caserta', as quais foram semeadas em covas com 150 g do adubo 04-14-08. O mesmo

experimento foi conduzido 3 vezes durante esse período. As semeaduras do 1º, 2º e 3º experimentos ocorreram em 19/janeiro, 16/abril e 06/agosto, respectivamente.

2.2.2.1 Avaliação da doença e detecção do vírus

As avaliações de incidência das três doenças foram feitas a cada 7 dias. Amostras de todas as 130 plantas foram coletadas (independente de estarem sintomáticas ou não) e submetidas ao teste de PTA-ELISA para identificação serológica dos 3 vírus. Para isso, utilizou-se antissoro específico contra a proteína capsidial de cada um dos vírus, conforme protocolo desenvolvido por Mowat e Dawson (1987), com pequenos ajustes. Em cada placa foram utilizados um controle positivo e um negativo, correspondendo às plantas infectadas com o ZLCV, com o ZYMV e com o PRSV-W e sadias, respectivamente. A absorbância de cada um dos pocinhos foi medida no leitor de ELISA Metertech Σ 960, utilizando-se filtro de 405 nm. A reação foi considerada positiva quando o valor médio da absorbância excedeu em duas a três vezes o valor médio da absorbância do extrato da planta sadia.

2.2.2.2 Análise epidemiológica

As mesmas análises epidemiológicas espaciais e temporais adotadas para o estudo da epidemiologia isolada da clorose letal das cucurbitáceas tratada no item 2.2.1 foram realizadas para cada uma das três viroses.

2.2.2.3 Monitoramento populacional do tripes vetor *Frankliniella zucchini*

Também para esse estudo comparativo entre as epidemiologias das três viroses, realizou-se monitoramento populacional do tripes vetor do vírus ZLCV ao longo do tempo seguindo metodologia descrita anteriormente.

2.2.3 Dados climáticos

Dados de temperatura média (°C), umidade relativa média (%), insolação (horas/dia) e precipitação diária (mm) foram coletados do Posto Meteorológico (Latitude: 22° 42' 30" sul - Longitude de 47° 38' 00" oeste - altitude de 546 metros) da Esalq-USP, mantido pelo Departamento de Engenharia de Biosistemas, para cálculo

dos valores médios de temperatura, umidade relativa e insolação, além da precipitação acumulada durante cada experimento.

2.3 Resultados

2.3.1 Epidemiologia isolada da clorose letal das cucurbitáceas

2.3.1.1 Incidência da doença

Ao todo 9 e 10 avaliações de incidência foram feitas nos campos de 'Caserta' nas áreas experimentais dos Departamentos de Fitopatologia e Nematologia (DFN) e de Genética (DGN), respectivamente, durante os meses de outubro a dezembro de 2009. Os valores de incidência nos campos avaliados não foram consideravelmente elevados, com valores máximos de 11,68% e 12,25% nos campos experimentais do DFN e do DGN, respectivamente.

As primeiras plantas com sintomas da clorose letal foram observadas aos 27 e 28 dias após a semeadura (DAS) nos campos do DFN e DGN, respectivamente e as avaliações persistiram até o 54º e 55º DAS.

2.3.1.2 Análise Temporal

Os dados de incidência obtidos no campo experimental do DFN e do DGN foram ajustados aos modelos exponencial, monomolecular, logístico e de gompertz para averiguar qual curva melhor descrevia o progresso da doença (Figuras 1 e 2). Para escolha do melhor modelo, adotou-se valores de coeficiente de determinação (R^2), os desvios padrão das taxas de crescimento da doença e do inóculo inicial (Tabela 1) e os padrões de resíduos existentes entre valores previstos e observados (Figuras 3 e 4).

Embora todos os modelos testados tenham apresentado coeficientes de determinação elevados (próximos ou maiores do que 0,95), indicando alta correlação entre os valores observados e previstos, em ambos os campos do DFN e DGN o melhor ajuste dos dados foi ao modelo monomolecular. Considerando a proximidade de zero e a distribuição aleatória dos resíduos bem como a inexistência de padrão nessa distribuição, além dos desvios padrão dos parâmetros analisados em cada modelo, ainda o modelo monomolecular foi a melhor escolha. As taxas de progresso da doença foram de 0,00473 e 0,00435 nos respectivos campos (Tabela 1).

Figura 1 - Curvas de progresso da clorose letal estimadas (linhas contínuas) e dados originais (círculos preenchidos) para o campo experimental do DFN, com ajuste de 4 modelos: A – Exponencial; B – Monomolecular; C – Logístico; D – Gompertz

Figura 2 - Curvas de progresso da clorose letal estimadas (linhas contínuas) e dados originais (círculos preenchidos) para o campo experimental do DGN, com ajuste de 4 modelos: A – Exponencial; B – Monomolecular; C – Logístico; D – Gompertz

Figura 3 - Resíduos *versus* valores previstos para o campo experimental de abobrinha de moita 'Caserta' do DFN após teste dos modelos: A – Exponencial; B – Monomolecular; C – Logístico; D – Gompertz

Figura 4 - Resíduos *versus* valores previstos para o campo experimental de 'Caserta' do DGN após teste dos modelos: A – Exponencial; B – Monomolecular; C – Logístico; D – Gompertz

Tabela 1 - Parâmetros, desvios padrão e coeficientes de determinação (R^2) dos modelos exponencial, monomolecular, logístico e de gompertz ajustados por meio de regressão não-linear aos dados de incidência da doença nos campos experimentais do DFN e DGN.

Modelos	Parâmetros	Campos experimentais	
		DFN	DGN
Exponencial	b_1	0,00250	0,00822
	desv pad b_1	0,00109	0,01239
	b_2	0,07304	0,05013
	desv pad b_2	0,00873	0,02921
	R^2	0,96968	0,93417
Monomolecular	b_1	-0,14120	-0,11092
	desv pad b_1	0,00798	0,01708
	b_2	0,00473	0,00435
	desv pad b_2	0,00017	0,00038
	R^2	0,99497	0,97829
Logístico	b_1	0,00206	0,00720
	desv pad b_1	0,00090	0,00491
	b_2	0,00791	0,05492
	desv pad b_2	0,00891	0,01371
	R^2	0,97300	0,93842
Gompertz	b_1	0,00019	0,00184
	desv pad b_1	0,00015	0,00164
	b_2	0,02612	0,02046
	desv pad b_2	0,00199	0,00301
	R^2	0,98444	0,95319

b_1 e b_2 são parâmetros do inóculo inicial e da taxa de progresso da doença, respectivamente e seus desvios estão representados por desv pad b_1 e desv pad b_2 .

2.3.1.3 Análise Espacial

Para melhor visualização da distribuição da doença ao longo das avaliações nos dois campos experimentais de 'Caserta' tratados neste item, desenvolveu-se os mapas de distribuição das plantas de abobrinha de moita com sintomas típicos de infecção causada pelo *Zucchini lethal chlorosis virus* (Figuras 5 e 6).

Figura 5 - Mapa da distribuição espacial de plantas de abóbora 'Caserta' sintomáticas no campo experimental do DFN nas dez avaliações de sintomas em folhas realizadas durante o ciclo da cultura. Quadrados pretos indicam plantas sintomáticas e quadrados brancos plantas assintomáticas

Figura 6 - Mapa da distribuição espacial de plantas de abóbora 'Caserta' sintomáticas no campo experimental do DGN nas nove avaliações de sintomas em folhas realizadas durante o ciclo da cultura. Quadrados pretos indicam plantas sintomáticas e quadrados brancos plantas assintomáticas

2.3.1.3.1 Índice de Dispersão (ID)

O cálculo dos valores dos índices de dispersão dos dois campos foi feito adotando-se o *quadrat* de tamanho 2x2. A agregação da doença foi considerada quando valores de ID foram significativamente superiores a 1,0 pelo teste de χ^2 à 5% e a casualidade na distribuição da doença quando valores ID foram significativamente iguais a 1,0.

Com níveis de incidência similares, tanto no campo do DFN quanto no campo do DGN, ocorreu predominância do padrão ao acaso de distribuição da doença. No entanto, em 2 datas (34 e 56 DAS) de avaliação no campo do DGN, registrou-se ID significativamente maior que 1,0 e na penúltima avaliação deste campo (50 DAS) o ID calculado foi de 1,3490 apesar do teste de qui-quadrado não indicar padrão agregado. Na análise detalhada do teste, em que valores de ID são considerados significativamente maiores que 1,0 quando o valor de χ^2 observado é maior que o valor de χ^2 calculado, constatou-se para esta penúltima avaliação, valores de χ^2 observado e calculado muito próximos (Tabela 2), sugerindo agregação da doença ao final do experimento no campo do DGN.

Tabela 2 - Incidência (%) e Índice de Dispersão (ID) das avaliações da clorose letal nos campos do DFN e DGN. *Quadrat* 2x2

DAS ⁽¹⁾	DFN ⁽²⁾		DAS ⁽¹⁾	DGN ⁽³⁾	
	Incidência (%)	ID		Incidência (%)	ID
27	0,00	-	28	1,47	0,9726
30	1,30	0,9888	31	1,96	0,9726
33	2,27	1,0029	34	4,9	1,4209*
36	3,25	0,9742	37	5,88	1,2839
39	4,55	0,9455	40	6,86	1,2290
42	5,84	0,9007	43	8,33	1,1358
45	8,12	0,8694	47	8,33	1,1358
48	9,09	0,8553	50	11,76	1,3490**
51	10,71	0,7949	56	12,25	1,4636*
54	11,70	0,8616	-	-	-

(1) Dias Após a Semeadura

(2) Avaliações de 27/10/2009 a 23/11/2009

(3) Avaliações de 05/11/2009 a 01/12/2009

* valores significativamente maiores que 1,0 pelo teste de χ^2 a 5%.

** valor de χ^2 obs = 63,4047; valor de χ^2 calc = 63,7168

2.3.1.3.2 Aplicação da lei de Taylor modificada (LTM)

Em posse dos valores dos logaritmos das variâncias observadas e previstas de cada avaliação da doença nos campos do DFN e DGN, procedeu-se a regressão e então encontrou-se os valores dos parâmetros $\log (A)$ e b para o *quadrat* 2x2 (Tabela 3). As retas de ajustes dos dados de cada campo estudado são apresentadas na Figura 7 além das equações e coeficiente de determinação (R^2). Quanto mais distante da reta da casualidade maior o indicativo de agregação, fato observado para o campo do DGN.

A análise da distribuição espacial da doença indicou diferente comportamento para os dois campos. No campo de 'Caserta' do DFN os parâmetros $\log (A)$ e b não diferiram significativamente de 0 e 1,0 respectivamente, evidenciando distribuição ao acaso da doença, porém no campo do DGN tais parâmetros foram significativamente maiores que 1,0 indicando padrão agregado de distribuição da doença (Tabela 3). A evidência da casualidade da doença do campo do DGN e agregação no campo do DFN é melhor observada na Figura 7, em que a relação entre o logaritmo das variâncias observadas e previstas é plotada, onde a maior inclinação da reta indica afastamento da casualidade.

Tabela 3 - Parâmetros $\log (A)$ e b da lei de Taylor modificada e coeficiente de determinação (R^2) para os dados acumulados de incidência da doença nos campos do DFN e DGN. *Quadrat* 2x2.

Parâmetros	DFN	DGN
$\log (A)$	-0,1370	0,4140*
desv pad $\log (A)$	0,2411	0,1000
b	0,9260	1,1721**
desv pad b	0,1208	0,0511
R^2	0,9020	0,9868

* Valor significativamente maior que 0 pelo teste t ($p < 0,05$)

** Valor significativamente maior que 1,0 pelo teste t ($p < 0,05$)

Figura 7 - Aplicação da lei de Taylor modificada. Relação do logaritmo da variância observada (log V obs) e do logaritmo da variância binomial (log V bin) para os dados acumulados de incidência da doença nos campos do DFN (A) e DGN (B). *Quadrat 2x2*

2.3.1.3.3 Áreas isópatas

Desenvolveram-se as áreas isópatas com o intuito de visualizar o comportamento e a evolução na distribuição espacial da doença nos campos ao longo do ciclo da cultura. De maneira geral, as áreas isópatas dos 4 talhões do campo do DFN indicam o surgimento de focos da doença logo nas primeiras avaliações. Pela análise visual das áreas observou-se, dependendo do talhão, a formação de 3 a 4 focos ao longo das avaliações. A maioria dos focos se originou das bordas e com o passar do tempo evoluíram e coalesceram (Figura 8). Também no campo do DGN, a maioria dos focos surgiu na borda da área, aumentaram em tamanho e número (aproximadamente 7) ao longo do tempo e mostraram tendência em se coalescer (Figura 9).

Figura 8 - Áreas isópatas das 10 avaliações de incidência da doença no campo experimental do DFN. Valores da escala representam a intensidade da doença: 0 (ausência da doença) e 1 (intensidade máxima) em cada avaliação. *Quadrat 2x2*

Figura 9 - Áreas isópatas das 9 avaliações de incidência da doença no campo experimental DGN. Valores da escala representam a intensidade da doença: 0 (ausência da doença) e 1 (intensidade máxima). *Quadrat 2x2*

2.3.1.3.4 Análise das seqüências ordinárias

Pela análise da existência de agregação entre plantas e entre linhas, observou-se que tanto no campo de abobrinha de moita 'Caserta' do DFN quanto no campo do DGN, o número de agregações da doença entre plantas e entre linhas ($Z_{so} < -1,64$) foi considerável, com a ocorrência de agregação entre plantas em 36,4% das linhas de plantio do campo do DFN, e em 25% das linhas de plantio do campo do DGN. Já na análise da agregação entre linhas de plantio não houve registro de agregação no campo do DFN. No campo do DGN registrou-se 33,3% deste tipo de agregação. A força de agregação medida pelo índice Z_{so} foi de aproximadamente -2,1389 no DFN e variou de -2,23 a -5,78 no DGN, sendo as maiores forças registradas nas agregações entre linhas (Figura 10).

Figura 10 - Número de linhas e colunas com agregação entre plantas e entre linhas respectivamente, e força de agregação para as linhas e colunas com agregação ($Z_{so} < -1,64$)

2.3.1.4 Monitoramento populacional do tripses vetor *Frankliniella zucchini*

Para os dois experimentos, o monitoramento populacional do tripses ocorreu ao longo de 9 e 11 coletas de ninfas e adultos na área do DFN e do DGN, respectivamente e ao final dos dois experimentos, 3 coletas de ninfas e adultos em plantas sintomáticas e assintomáticas foram realizadas. No terço final do ciclo da cultura detectou-se aumento na população do tripses vetor, a partir da 7ª e 5ª avaliações nos campos do DFN e do DGN, respectivamente (Figura 11).

Claramente, um maior número de ninfas de *F. zucchini* foi coletado de plantas sintomáticas para o ZLCV em comparação com as plantas assintomáticas para o mesmo vírus, mesmo essa diferença não sendo constatada pelo teste de comparação

de médias, em virtude do baixo número de coletas (Figura 12).

A correlação do número de insetos coletados com a incidência da doença foi significativa: 0,7694 para o campo experimental do DFN e 0,6104 para o campo do DGN. As dinâmicas da população de plantas doentes e da população do inseto ao longo do tempo pode ser visualizada na Figura 13.

Figura 11 - Ninfas e adultos de *Frankliniella zucchini* coletados aleatoriamente de plantas de abobrinha de moita 'Caserta' durante experimento nos campos experimentais do DFN e DGN

Figura 12 - Número total de ninfas e adultos de *Frankliniella zucchini* coletados de plantas sintomáticas e assintomáticas para o vírus ZLCV em 3 coletas nos campos do DFN e do DGN. Letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa entre as médias de insetos coletados pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade

Figura 13 - Incidência da doença (linha contínua) e número de insetos coletados (linha tracejada) ao longo dos experimentos com abobrinha de moita 'Caserta' realizados no DFN e DGN

Amostras dos tripes coletados foram encaminhadas ao laboratório de Taxonomia de insetos da Esalq e os insetos foram identificados pela pesquisadora Doutora Renata Chiarini Monteiro Cônsoli e confirmados como *Frankliniella zucchini*.

2.3.1.5 Dados climáticos

A temperatura média diária durante os dois experimentos (30/09 a 01/12/2009) foi de 24,3° C e registrou-se 253,8 mm de chuva acumulada (Figura 14). Os valores médios de umidade relativa (%) e insolação (horas/dia) foram de 75,1% e 6,7 h/d, respectivamente.

Figura 14 – Variação da temperatura (°C) e precipitação (mm) de 30/09/2009 a 01/12/2009. Dados coletados do Posto Meteorológico da Esalq-USP, mantido pelo Departamento de Engenharia de Biosistemas da mesma instituição

2.3.2 Epidemiologia comparativa entre ZLCV, ZYMV e PRSV-W

2.3.2.1 Incidência

As incidências da clorose letal, do mosaico comum e do mosaico amarelo, além das infecções mistas nos 3 plantios de abobrinha de moita 'Caserta', estão apresentadas na Tabela 4. A menor incidência dos dois potyvirus ocorreu na segunda época de plantio (abril-junho/2010), enquanto que para o tospovirus a variação na incidência da doença entre as épocas de plantio foi menor, considerando que em todas elas o nível de incidência ultrapassou 40%, alcançando mais de 92% no cultivo de agosto a setembro de 2010 (Figura 15). Observou-se nos três plantios todas as combinações entre as infecções por ZLCV, ZYMV e PRSV-W, sendo a combinação ZLCV-ZYMV a mais freqüente, provavelmente pela maior incidência final destes dois vírus nos campos. Em contrapartida, o PRSV-W foi o de menor ocorrência nas três épocas de plantio, evidenciando inclusive a ausência de plantas infectadas apenas por este vírus na 1ª e 3ª épocas.

Quando a incidência de pelo menos dois dos 3 vírus estudados foi elevada, uma porcentagem mínima de plantas permaneceu sadia ao final das avaliações, com exceção do experimento 2 em que foi registrada alta incidência apenas da clorose letal.

Tabela 4 - Incidência dos vírus ZLCV, ZYMV e PRSV-W e infecções mistas em plantio de abobrinha de moita (*Cucurbita pepo*) var 'Caserta' em três diferentes épocas

Plantas infectadas	INCIDÊNCIA (%)		
	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
DATA	Jan-Mar/2010	Abr-Jun/2010	Ago-Set/2010
ZLCV + ZYMV	31,54	3,85	40,00
ZLCV + PRSV-W	1,54	3,08	10,00
ZYMV + PRSV-W	6,92	0,77	0,77
ZLCV + ZYMV + PRSV-W	5,38	1,54	18,46
Somente ZLCV	6,15	59,23	23,85
Somente ZYMV	43,85	1,54	6,15
Somente PRSV-W	0,00	2,31	0,00
TOTAL			
ZLCV	44,61	67,7	92,31
ZYMV	87,69	7,70	65,38
PRSV-W	13,84	7,70	29,23
SADIAS	4,62	27,68	0,77

Figura 15 – Curva de incidência dos vírus ZLCV, ZYMV e PRSV-W ao longo do tempo nas 3 épocas de plantio no campo experimental do DFN

2.3.2.2 Análise Temporal

Quatro modelos temporais (exponencial, monomolecular, logístico e gompertz) foram testados para a clorose letal, mosaico comum e mosaico amarelo em todas as três épocas de plantio. Para a clorose letal, os modelos que melhor se ajustaram foram gompertz (1^a e 2^a épocas de plantio) e monomolecular (3^a época de plantio). Para o mosaico amarelo a melhor escolha foi entre os modelos logístico (1^a época de plantio) e monomolecular (2^a e 3^a épocas de plantio) e mosaico comum se ajustou ao modelo logístico em todas as épocas de plantio (Figura 16). Os resíduos, parâmetros e desvios padrão que auxiliaram na escolha dos modelos encontram-se na Figura 17 e Tabela 5.

Figura 16 - Curvas de progresso da clorose letal e dos mosaicos comum e amarelo estimadas (linhas contínuas) e dados originais (círculos preenchidos) para as 3 épocas de plantio realizadas no campo experimental do DFN. G – Gompertz; M – Monomolecular; L – Logístico

Figura 17 - Gráficos dos resíduos *versus* valores previstos para o campo experimental de 'Caserta' em cada época de plantio após teste dos modelos: G – Gompertz; M – Monomolecular; L – Logístico

Tabela 5 - Parâmetros, desvios padrão e coeficientes de determinação (R^2) dos modelos exponencial, monomolecular, logístico e de gompertz ajustados por meio de regressão não-linear aos dados de incidência das 3 doenças avaliadas nas três épocas de plantio no campo experimental do DFN

Modelos	Parâmetros	Época 1: jan-mar/2010			Época 2: abr-jun/2010			Época 3: ago-set/2010		
		ZLCV	ZYMV	PRSV-W	ZLCV	ZYMV	PRSV-W	ZLCV	ZYMV	PRSV-W
Exponencial	b_1	0,03631	0,00908	0,00502	0,04448	0,00008	0,00020	0,12370	0,10571	0,00030
	desv pad b_1	0,01072	0,01077	0,00334	0,02073	0,00015	0,00030	0,12500	0,16853	0,00049
	b_2	0,04883	0,08883	0,06357	0,04345	0,10808	0,09272	0,03830	0,03502	0,12386
	desv pad b_2	0,00627	0,02344	0,01380	0,00791	0,03017	0,02424	0,02010	0,03168	0,03037
	R^2	0,98359	0,96886	0,96020	0,96428	0,96143	0,96175	0,88229	0,82975	0,97574
Monomolecular	b_1	-0,40241	-2,36706	-0,09795	-0,69689	-0,28407	-0,13476	-8,25276	-1,65886	-0,69001
	desv pad b_1	0,08050	1,35492	0,03961	0,15165	0,02394	0,05880	0,19875	0,90628	0,49399
	b_2	0,01714	0,04599	0,00433	0,02298	0,00518	0,00306	0,08700	0,04134	0,01429
	desv pad b_2	0,00160	0,01283	0,00094	0,00244	0,00033	0,00097	0,00072	0,01005	0,00682
	R^2	0,98794	0,91991	0,93671	0,97749	0,99851	0,92130	0,99996	0,95615	0,89144
Logístico	b_1	0,02149	0,00017	0,00422	0,01458	0,00026	0,00019	0,00216	0,03127	0,00016
	desv pad b_1	0,01733	0,00082	0,00439	0,01575	0,00020	0,00077	0,01165	0,08303	0,00009
	b_2	0,06998	0,20302	0,06957	0,07874	0,08843	0,09454	0,17468	0,08119	0,13806
	desv pad b_2	0,01802	0,11302	0,02134	0,02143	0,01277	0,06450	0,15482	0,06570	0,01124
	R^2	0,99141	0,99520	0,96020	0,98694	0,93378	0,96061	0,98063	0,88700	0,96107
Gompertz	b_1	0,00218	0,00002	0,00079	0,00010	0,00005	0,00006	0,00002	0,00022	0,00005
	desv pad b_1	0,00200	0,00007	0,00131	0,00012	0,00010	0,00025	0,00003	0,00179	0,00011
	b_2	0,03901	0,05973	0,02434	0,04882	0,01958	0,01992	0,07709	0,06020	0,03189
	desv pad b_2	0,00351	0,00931	0,00503	0,00275	0,00357	0,00729	0,00732	0,02479	0,00653
	R^2	0,99571	0,89473	0,95943	0,99485	0,86409	0,92328	0,93853	0,91672	0,82098

b_1 e b_2 são parâmetros do inóculo inicial e da taxa de progresso da doença, respectivamente e seus desvios estão representados por desv pad b_1 e desv pad b_2 .

2.3.2.3 Análise Espacial

O desenvolvimento espacial das 3 viroses durante as três épocas de plantio de abobrinha de moita 'Caserta' pode ser visualizado na Figuras 18, 19 e 20 através dos mapas de distribuição de cada doença, obtidos através da incidência acumulada em cada avaliação.

Figura 18 - Mapa da distribuição espacial de plantas de abóbora 'Caserta' sintomáticas para a clorose letal nas 3 épocas de plantio no campo experimental do DFN. Quadrados pretos indicam plantas sintomáticas e quadrados brancos plantas assintomáticas

Figura 19 - Mapa da distribuição espacial de plantas de abóbora 'Caserta' sintomáticas para o mosaico amarelo nas 3 épocas de plantio no campo experimental do DFN. Quadrados pretos indicam plantas sintomáticas e quadrados brancos plantas assintomáticas

Figura 20 - Mapa da distribuição espacial de plantas de abóbora 'Caserta' sintomáticas para o mosaico comum nas 3 épocas de plantio no campo experimental do DFN. Quadrados pretos indicam plantas sintomáticas e quadrados brancos plantas assintomáticas

2.3.2.3.1 Índice de Dispersão (ID)

O cálculo dos valores dos índices de dispersão para todas as viroses em cada época de plantio foi feito adotando-se o *quadrat* de tamanho 2x2. A agregação da

doença foi considerada quando valores de ID foram significativamente superiores a 1,0 pelo teste de χ^2 à 5% e a casualidade na distribuição da doença quando valores ID foram significativamente iguais a 1,0. Das cinco avaliações realizadas na 1ª época de plantio, a agregação da doença foi detectada na 3ª e 5ª avaliações da clorose letal e na 3ª e 4ª avaliações do mosaico amarelo, com IDs significativamente maiores que 1,0 e nas demais avaliações os IDs indicaram aleatoriedade. Para o mosaico comum, todas as avaliações apresentaram IDs significativamente iguais a 1,0, indicando aleatoriedade na distribuição da doença (Tabela 6).

Tabela 6 - Incidência (%) e Índice de Dispersão (ID) das 3 viroses na 1ª época de plantio no campo experimental do DFN. *Quadrat 2x2*

DAS ⁽¹⁾	ÉPOCA 1 - jan-mar/2010					
	ZLCV		ZYMV		PRSV-W	
	Incidência (%)	ID	Incidência (%)	ID	Incidência (%)	ID
24	9,23	0,9284	0,00	....	2,31	0,9819
31	14,62	0,8925	2,31	0,9549	2,31	0,9819
38	26,92	1,4929*	30,76	2,1459*	7,69	0,8422
45	33,85	1,2635	60,00	1,6414*	7,69	0,8422
52	44,62	1,6102*	87,69	1,1929	13,85	1,3793

(1) Dias Após a Semeadura

* valores significativamente maiores que 1,0 pelo teste de χ^2 a 5%.

Já na 2ª época de plantio, a agregação da clorose letal indicada por ID significativamente maior que 1,0 foi encontrada na 2ª e 3ª avaliações e casualidade na distribuição da doença nas demais avaliações. Plantas com mosaico amarelo apareceram apenas 50 dias após a semeadura e as três avaliações de incidência os valores de ID foram significativamente iguais a 1,0 indicando distribuição ao acaso da doença. O mesmo foi verificado para o mosaico comum, em que a ocorrência da doença se deu somente a partir dos 43 dias após a semeadura e os IDs obtidos indicaram casualidade na distribuição da doença (Tabela 7).

Tabela 7 - Incidência (%) e Índice de Dispersão (ID) das 3 viroses na 2ª época de plantio no campo experimental do DFN. *Quadrat 2x2*

ÉPOCA 2 - abr-jun/2010						
DAS ⁽¹⁾	ZLCV		ZYMV		PRSV-W	
	Incidência (%)	ID	Incidência (%)	ID	Incidência (%)	ID
22	3,85	1,3313	0,00	....	0,00	....
29	9,23	1,5495*	0,00	....	0,00	....
36	20,00	1,4722*	0,00	....	0,00	....
43	33,08	1,1121	0,00	....	0,77	1,0084
50	49,23	0,6207	0,77	1,0084	3,08	0,9549
57	53,08	0,7549	4,62	0,9275	3,08	0,9549
64	67,69	0,8793	7,69	0,8422	7,69	0,8128

(1) Dias Após a Semeadura

* valores significativamente maiores que 1,0 pelo teste de χ^2 a 5%.

Na 3ª época de plantio foram registradas as maiores incidências de ZLCV e PRSV-W. No entanto, para as 3 viroses todos os IDs foram significativamente iguais a 1,0 e conseqüentemente indicaram distribuição ao acaso da doença (Tabela 8).

Tabela 8 - Incidência (%) e Índice de Dispersão (ID) das 3 viroses na 3ª época de plantio no campo experimental do DFN. *Quadrat 2x2*

ÉPOCA 3 - ago-set/2010						
DAS ⁽¹⁾	ZLCV		ZYMV		PRSV-W	
	Incidência (%)	ID	Incidência (%)	ID	Incidência (%)	ID
27	11,54	0,8359	7,69	0,7829	0,00	....
34	52,31	1,1592	40,76	1,1050	0,00	....
41	73,85	1,0115	59,23	1,1586	2,31	0,9549
48	85,38	0,9064	60,00	1,1763	8,46	0,7829
55	92,31	0,7829	65,38	1,0307	29,23	1,1753

(1) Dias Após a Semeadura

* valores significativamente maiores que 1,0 pelo teste de χ^2 a 5%.

2.3.2.3.2 Aplicação da lei de Taylor modificada (LTM)

Para cada virose nas respectivas épocas, procedeu-se a regressão entre os logaritmos observados e previstos de cada avaliação nas 3 épocas e então encontrou-

se os valores dos parâmetros $\log(A)$ e b para o *quadrat* 2x2 (Tabela 9). Na Figura 21, plotou-se as retas de ajustes dos dados de cada virose em cada época de plantio, além das equações e coeficiente de determinação (R^2). Ressalta-se mais uma vez que quanto mais distante da reta da casualidade maior o indicativo de agregação.

Na 1ª e 3ª épocas de plantio, a agregação sugerida pela LTM ocorreu para a clorose letal e para o mosaico amarelo. Na 2ª época a distribuição da doença, segundo a LTM, foi ao acaso. Para o mosaico comum a LTM sugeriu casualidade na distribuição da doença em todas as três épocas de plantio (Figura 21).

Tabela 9 - Parâmetros $\log(A)$ e b da lei de Taylor modificada e coeficiente de determinação (R^2) para os dados acumulados de incidência das três doenças nas três épocas de plantio de abobrinha de moita 'Caserta'. *Quadrat* 2x2

Parâmetros	ÉPOCA 1 - jan-mar/2010			ÉPOCA 2 - abr-jun/2010			ÉPOCA 3 - ago-set/2010		
	ZLCV	ZYMV	PRSV-W	ZLCV	ZYMV	PRSV-W	ZLCV	ZYMV	PRSV-W
$\log(A)$	0,7980*	0,6300*	0,1710	-0,4620	-0,2304	-0,2651	0,4142*	0,4043*	0,1552
desv pad $\log(A)$	0,2406	0,1699	0,2639	0,2415	0,0587	0,0679	0,0417	0,0628	0,2911
b	1,5160**	1,3030**	1,0870	0,6610	0,9115	0,8953	1,298**	1,2908**	1,0991
desv pad b	0,1717	0,1043	0,1295	0,1660	0,0262	0,0301	0,0276	0,0466	0,1622
R^2	0,9630	0,9870	0,9590	0,7600	0,9990	0,9977	0,9980	0,9960	0,9780

* Valor significativamente maior que 0 pelo teste t ($p < 0,05$)

** Valor significativamente maior que 1,0 pelo teste t ($p < 0,05$)

Figura 21 - Aplicação da lei de Taylor modificada. Relação do logaritmo da variância observada ($\log V_{obs}$) e do logaritmo da variância binomial ($\log V_{bin}$) para os dados acumulados de incidência das 3 doenças nas três épocas. *Quadrat 2x2*

2.3.2.3.3 Áreas isópatas

Na 1ª época de plantio detectou-se ao longo do ciclo da cultura, 4 focos principais da clorose letal, oriundos da borda da área. Para os mosaicos amarelo e comum, 3 focos principais foram observados tanto nas margens quanto no centro da área, com coalescência dos mesmos ao final do ciclo da cultura (Figura 22).

Figura 22 - Áreas isópatas das 5 avaliações de incidência das doenças na 1ª época de plantio (jan-mar/2010) no campo experimental do DFN. Valores da escala representam a intensidade da doença: 0 (ausência da doença) e 1 (intensidade máxima) em cada avaliação. *Quadrat 2x2*

Para a 2ª época de plantio, os focos da clorose letal caracterizam-se pela surgimento e estagnação aparente nos bordos da área. Para os mosaicos, os focos surgiram apenas ao final do ciclo cultura, em virtude do atraso no aparecimento destas doenças. O indicativo para estes mosaicos também foi de predominância de focos laterais com tendência a coalescimento destes no bordo da área (Figura 23).

Figura 23 - Áreas isópatas das 7 avaliações de incidência das doenças na 2ª época de plantio (abr-jun/2010) no campo experimental do DFN. Valores da escala representam a intensidade da doença: 0 (ausência da doença) e 1 (intensidade máxima) em cada avaliação. *Quadrat 2x2*

Para a 3ª época 3 focos maiores da clorose letal surgiram nos bordos e rapidamente se coalesceram em direção ao centro da área. Esta mesma tendência ocorreu para o mosaico amarelo, porém com um foco central mais além dos focos marginais e, para o mosaico comum não mais que 2 focos apareceram no bordo da área, sem coalescência (Figura 24).

Figura 24 - Áreas isópatas das 5 avaliações de incidência das doenças na 3ª época de plantio (ago-set/2010) no campo experimental do DFN. Valores da escala representam a intensidade da doença: 0 (ausência da doença) e 1 (intensidade máxima) em cada avaliação. *Quadrat 2x2*

2.3.2.3.4 Análise das seqüências ordinárias

Para a clorose letal, a percentagem de linhas de plantio com agregação entre plantas foi de 10% na 1ª e 2ª épocas de plantio e 20% na terceira, com a força de agregação de -2,66. A agregação entre linhas ocorreu somente na 2ª época mas não ultrapassando 10% das linhas de plantio (força de agregação de -1,97). Já para o mosaico amarelo, registrou-se na 2ª e 3ª épocas de plantio 10% das linhas com agregação entre plantas para uma força de agregação que variou de -2,24 a -2,66. Não

ocorreu agregação entre plantas na 1ª época. Na análise entre linhas não ocorreu agregação em nenhuma época de plantio. Para o mosaico comum, nas três épocas de plantio, 10% das linhas apresentaram agregação entre plantas, com força correspondente de -2,66. Não ocorreu agregação entre linhas (Figuras 25, 26 e 27).

Figura 25 - Número de linhas e colunas com agregação entre plantas e entre linhas respectivamente, e força de agregação para as linhas e colunas com agregação ($Z_{so} < -1,64$). Primeira época de plantio (jan-mar/2010)

Figura 26 - Número de linhas e colunas com agregação entre plantas e entre linhas respectivamente, e força de agregação para as linhas e colunas com agregação ($Z_{so} < -1,64$). Segunda época de plantio (abr-jun/2010)

Figura 27 - Número de linhas e colunas com agregação entre plantas e entre linhas respectivamente, e força de agregação para as linhas e colunas com agregação ($Z_{so} < -1,64$). Terceira época de plantio (ago-set/2010)

2.3.2.4 Monitoramento populacional do tripses vetor *Frankliniella zucchini*

Em todos os três plantios de abobrinha de moita 'Caserta' coletou-se ninfas e adultos de *F. zucchini*. Oito, dez e nove coletas foram feitas ao longo do 1º, 2º e 3º experimentos, respectivamente. Aumento na população final de insetos ocorreu principalmente nas duas últimas épocas de plantio. Na 2ª época, apesar de ocorrer

acentuado aumento na população final de insetos, o número de indivíduos coletados foi menor quando comparada com as outras duas épocas (Figura 28). Novamente um maior número de ninfas foi coletado de plantas com sintomas da clorose letal nos três plantios (Figura 29).

As correlações do número de insetos coletados com a incidência da doença no 1º, 2º e 3º experimentos, foram significativas: 0,652722, 0,921037 e 0,862187, respectivamente. As dinâmicas da incidência da doença e da população de insetos coletados ao longo do tempo pode ser visualizada na Figura 30.

Figura 28 - Ninfas e adultos de *Frankliniella zucchini* coletados ao longo dos três plantios de abobrinha de moita 'Caserta' no campo experimental do DFN

Figura 29 - Número total de ninfas e adultos de *Frankliniella zucchini* coletados de plantas sintomáticas e assintomáticas para o vírus ZLCV em 8, 9 e 10 coletas nas épocas de plantio 1, 2 e 3, respectivamente. Letras minúsculas iguais indicam ausência de diferença significativa entre as médias de insetos coletados pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade

Figura 30 - Incidência da clorose letal (linha contínua) e número de insetos coletados (linha tracejada) ao longo dos 3 experimentos com abobrinha de moita 'Caserta' realizados no DFN

2.3.2.5 Dados climáticos

Valores de temperatura média diária, chuva acumulada, umidade relativa média (%) e insolação média (horas/dia) dos três plantios de abobrinha de moita 'Caserta' encontram-se na Tabela 10 e variação da temperatura média e chuva na Figura 31.

Na comparação entre as épocas de plantio, maior diferença ocorreu com a temperatura e chuva acumulada na 1ª época, em que registrou-se maior temperatura média e maior quantidade chuva acumulada. Ainda levando-se em conta estas duas variáveis climáticas, não ocorreu grandes diferenças entre a 2ª e 3ª épocas. Para as variáveis 'umidade relativa média final' e 'insolação média final' não ocorreu importantes diferenças entre as épocas de plantio (Tabela 10 e Figura 31).

Tabela 10 - Temperatura média final (°C), chuva acumulada (mm), umidade relativa média final (%) e insolação média final (h/d) registradas durante as três épocas de plantio de abobrinha de moita 'Caserta' no campo experimental do DFN. Dados coletados do Posto Meteorológico da Esalq/USP, mantido pelo Departamento de Engenharia de Biossistemas da mesma instituição

ÉPOCA	Temperatura média final (°C)	Chuva acumulada (mm)	Umidade relativa média final (%)	Insolação média final (h/d)
1 jan-mar/2010	25,1	349,9	77,1	6,3
2 abr-jun/2010	19,7	65,2	73,4	7,7
3 ago-set/2010	20,9	107,8	59,6	7,9

Figura 31 - Temperatura (°C) e precipitação (mm) ao longo das três épocas de plantio realizadas no DFN. Dados coletados do Posto Meteorológico da Esalq-USP, mantido pelo Departamento de Engenharia de Biosistemas da mesma instituição

2.4 Discussão

O estudo temporal simultâneo da clorose letal causada pelo ZLCV nos campos do Departamento de Fitopatologia e Nematologia e no Departamento de Genética indicou o modelo monomolecular como melhor representação do progresso temporal desta doença. Em conjunto com os experimentos comparativos com outras duas viroses, a clorose letal também teve o modelo monomolecular como melhor na 3ª época de plantio, onde a incidência da doença atingiu 92,31% contra aproximados 11% e 12% nos experimentos em que esta foi estudada separadamente. Na 1ª e 2ª épocas, apesar do modelo que melhor se ajustou aos dados ser o de gompertz, o modelo monomolecular apresentou excelente coeficiente de determinação (0,98794 e 0,97749) além de um baixo desvio padrão da taxa de progresso da doença. Camann et al. (1995) também encontraram no modelo monomolecular o melhor ajuste aos dados do progresso do tospovirus *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) também transmitido por tripes, em amendoim. No mesmo trabalho, os autores sugeriram ser a disseminação primária a predominante mas não descartaram a secundária, a qual classificaram como limitada. Reddy et al. (1983) relataram ser a infecção primária a principal no desenvolvimento do TSWV em amendoim quando comparada à secundária mesmo sendo esta conclusão baseada em dados de população do inseto vetor e não em análises do progresso temporal ou espacial da doença. Coutts, Thomas-Carroll e Jones (2004) sugeriram a disseminação monocíclica como predominante e disseminação policíclica limitada no estudo da incidência de TSWV em alface e pimenta. Gitaitis, Dowler e Chalfant (1998) chegaram à mesma conclusão desses autores.

Antes de dar sequência à análise do progresso espaço-temporal da clorose letal, convém destacar dois importantes pontos envolvidos neste patossistema. O primeiro considera que para uma planta ser considerada fonte de inóculo do ZLCV, (i) esta deve ser hospedeira do vírus; (ii) deve permitir a reprodução do tripe vetor para que este seja capaz de adquirir o vírus no estágio larval; e (iii) a planta deve estar presente para que o ciclo da doença se complete (CULBREATH et al., 2003). O segundo ponto implica que aquisição do vírus pelo inseto ocorre apenas por ninfas (de 1º instar principalmente) (MATTHEWS, 1991).

De posse destas primeiras observações, importantes inferências mesmo que prematuras, podem ser feitas a respeito da disseminação da doença. A primeira delas nos leva a crer que realmente o modelo monomolecular é o que melhor se enquadra aos dados de progresso da clorose letal disponíveis, mas os indícios apontados por Camman et al. (1995) somado ao ajuste do modelo gompertz a duas das três épocas de plantio estudadas neste trabalho enriquece as evidências de ocorrência de disseminação secundária de importância não tão limitada, fato que ganhará mais peso adiante quando inferências serão feitas a respeito de outro integrante deste patossistema, o vetor.

Ainda a respeito da disseminação de doenças, Taylor (1984 apud CAMANN et al., 1995) considera que a disseminação através de infecção primária está freqüentemente associada a uma distribuição espacial aleatória da doença no início da epidemia. Nos experimentos em que o comportamento espacial da clorose letal foi estudado, o Índice de Dispersão (ID) e os parâmetros da Lei de Taylor Modificada (LTM) indicaram agregação da doença, mesmo quando as informações do progresso temporal sugeriram a ocorrência apenas de infecção primária, sustentadas na escolha do modelo monomolecular. No entanto, no experimento do campo do DGN e no plantio de 'Caserta' em três épocas diferentes, sempre que detectada, seja pelo ID seja pela LTM, a agregação ocorreu ao final dos experimentos. No DGN e na 1ª época de plantio do experimento em que outras viroses foram estudadas, por exemplo, os valores de ID significativamente maiores que 1,0 foram registrados nas últimas avaliações, pois até então os indícios eram de distribuição ao acaso da doença. Na 3ª época de plantio, a agregação encontrada pela análise da LTM é devido em grande parte às últimas avaliações (Figura 21).

Somado a isto, na análise das áreas isópatas e das seqüências ordinárias do campo no DGN e nos campos do DFN nas diferentes épocas de plantio, tanto a formação e evolução dos focos quanto as agregações entre plantas, vão ao encontro do que se observou para o ID e a LTM, ou seja, os indícios de agregação da doença ficam mais evidentes no terço final do ciclo da cultura, com coalescência dos focos originados na maioria dos casos nas bordas das áreas, indicando mais uma vez o início da epidemia a partir de fontes de inóculo externas. O agrupamento de plantas doentes

em situações em que as análises temporais, indicam padrão monocíclico da doença foi considerado por Coutts, Thomas-Carroll e Jones (2004) como fato explicativo para a limitada disseminação secundária da doença.

Cabe nesse momento a segunda importante inferência. O tripses *Frankliniella zucchini*, vetor do ZLCV, tem comprovada preferência por plantas que apresentam sintomas típicos da clorose letal (Figuras 12 e 29). Em apenas 3 coletas de plantas sintomáticas e assintomáticas nos experimentos simultâneos do DFN e do DGN encontrou-se um número total muito maior de ninfas nas plantas sintomáticas quando comparadas às assintomáticas, mesmo essa diferença não sendo constatada pelo teste comparativo de médias, muito provavelmente devido ao baixo número de repetições (coletas). Para não ficar dúvidas, basta analisar as coletas de tripses realizadas nas 3 épocas de plantio em 2010. Em todas elas registrou-se novamente, e dessa vez sustentado pela estatística, a preferência do inseto pelas plantas sintomáticas, que chegou a ser 11 vezes maior na 2ª época de plantio. Esta preferência foi encontrada por outros autores (MARIS et al., 2004; CAMANN et al., 1995). Maris et al. (2004) em trabalho com incidência de TSWV em plantas de tomate, justificam esta preferência do tripses pelas plantas sintomáticas devido à coloração amarelada das folhas após infectadas, além de possíveis alterações bioquímicas e liberação de voláteis que funcionariam como atrativos aos insetos, ou mesmo a baixa taxa de dispersão de tripses de plantas infectadas em comparação com plantas sadias. .

O fato de o tripses preferir plantas sintomáticas e a aquisição do vírus pelo inseto ocorrer apenas por ninfas (MATTHEWS, 1991), contribui para o melhor manejo da doença, principalmente no tocante ao controle químico do inseto, de tal modo que aplicações de inseticida podem ter efeito sobre o controle das ninfas presentes e predominantes nas plantas sintomáticas na área e impedir/retardar infecções secundárias, porém pode ter pouco efeito na incidência da doença na área, principalmente se a imigração de tripses infectivos for intensa e contínua (CAMANN et al., 1995; CHAMBERLIN et al., 1992, 1993). Em consequência da preferência do tripses por plantas sintomáticas e ser a própria abobrinha de moita, sadia ou não, hospedeira deste inseto, confirmação obtida pelas coletas de ninfas nesta espécie de planta, observou-se aumento na população de insetos ao longo do ciclo da cultura, com

exceção da 1ª época de plantio do DFN, cujas populações iniciais e finais coletadas foram parecidas, apesar das variações ocorridas ao longo do ciclo.

Com estas considerações pode-se afirmar que o início da epidemia da clorose letal é marcada por uma forte imigração de tripes virulíferos na área, cuja resposta se verifica no ajuste temporal da doença e na casualidade indicada pelas variáveis espaciais analisadas. No entanto, com o avanço da doença e a multiplicação do tripes vetor preferencialmente nas plantas sintomáticas, a distribuição da doença deixa de ser casual e se agrega, fato novamente percebido ao se observar este comportamento da doença na LTM e IDs das últimas avaliações.

Vale ressaltar que, no caso específico da clorose letal infectando plantas de abobrinha de moita, a tendência de agregação final da doença parece evidente, porém não tão fácil de ser comprovada em virtude do curto tempo que a cultura permanece no campo, inviabilizando em muitos casos seguidas gerações do vetor na cultura, principalmente quando há intensa migração de tripes virulíferos oriundos de fontes de inóculo externas logo no início do estabelecimento da cultura no campo (COUTTS; JONES, 2005; COUTTS; THOMAS-CARROLL; JONES, 2004; GITAITIS; DOWLER; CHALFANT, 1998), ocasionando rápido aumento da incidência da doença, diminuindo ainda mais o tempo de permanência da cultura na área. Este fato tem como caso típico a epidemia da clorose letal na 3ª época de plantio.

Ao se observar a dinâmica da clorose letal e da população do inseto vetor nos campos do DFN, principalmente na 2ª época de plantio (Figura 30) e com maior clareza no campo do DGN (Figura 13), detecta-se saltos, coincidentes em datas, nas duas curvas (doença e vetor), podendo ser considerado mais um indício da ocorrência de disseminação secundária além da primária. Além disso, valores de correlação da incidência da doença com o número de tripes coletados em todos os experimentos e a grande quantidade de ninfas coletadas nos campos de 'Caserta' avaliados corroboram com o observado.

Com base nas informações fica claro que a contribuição dos tripes infectivos migratórios para o campo de plantio é fundamental na epidemia da doença. Porém, na existência de condições favoráveis para reprodução e permanência dos insetos na área, a disseminação secundária contribui para o aumento da doença.

Na comparação entre as epidemias da clorose letal e dos mosaicos comum e amarelo, a primeira constatação se refere ao baixo número de plantas sadias ao final das 3 épocas de plantio, mostrando o grande impacto das viroses sobre a produção de abobrinha de moita (PEREIRA et al., 2007; YUKI; COSTA; NAGAI, 1991).

Grande variação na incidência destas doenças ocorreu entre as épocas de plantio, principalmente para os potyvirus. A maior variação foi encontrada para o ZYMV que de 87,69% na 1ª época caiu para 7,70% na 2ª. A mesma variação, porém menos acentuada, foi observada para o PRSV-W e o ZLCV. No caso dos mosaicos comum e amarelo, mesmo se tratando de duas viroses causadas por potyvirus e transmitidos pelo mesmo grupo de insetos, os afídeos, o comportamento das duas epidemias se mostrou diferente nas três épocas de plantio. Esta alternância na incidência de viroses é observada com certa freqüência em diferentes trabalhos.

Contrariamente ao observado no presente trabalho, Silveira et al. (2009) constataram no vale do São Francisco incidência do PRSV-W superior a do ZYMV. Infecções mistas entre os 3 vírus testados também ocorreram nas épocas de plantio, sendo a combinação ZYMV-PRSV-W mais freqüente. Na ocorrência de infecções mistas de potyvirus, a explicação pode estar no fato desses vírus serem transmitidos de forma não persistente por várias espécies de afídeos, de modo que infecções mistas por potyvirus são bastante freqüentes em condições naturais (SILVEIRA et al., 2009).

O mosaico comum apresentou os menores índices de incidência em todas as épocas e sempre o início da epidemia foi atrasado em relação aos outros dois vírus estudados e o mosaico amarelo apresentou acentuada queda na incidência na 2ª época de plantio (abril-junho/2010).

A explicação para estas variações pode estar nas diferentes eficiências de transmissão dos vírus apresentadas pelas espécies de afídeos bem como as mudanças nas condições climáticas. Pinto et al. (2008) relataram 92% e 54% de eficiência de *Aphis gossypii* na transmissão do PRSV-W e do ZYMV em plantas de abobrinha de moita 'Caserta', respectivamente. Para *Myzus persicae*, a eficiência na transmissão do PRSV-W e ZYMV foi de 92% e 67%, respectivamente. Já Garzo, Duque e Fereres (2004) encontraram 96,4% de eficiência na transmissão de ZYMV por *M. persicae* e

Yuan e Ullman (1996) concluíram que *A. craccivora* foi mais eficiente do que *A. gossypi* na transmissão deste vírus para plantas de abóbora.

Dados coletados na Estação climatológica da Esalq mostram que a temperatura na 2ª e 3ª épocas de plantio foi em média 5° C menor que a média registrada durante a 1ª época. Na chuva acumulada, os menores valores médios foram registrados na 2ª época. Em virtude da maior incidência do mosaico amarelo ter ocorrido na 1ª época, na qual a temperatura situou-se na casa dos 25° C, possivelmente foi esta a mais favorável para reprodução dos afídeos presentes na área. Em concordância com esta informação, Soglia et al. (2003) verificaram que a temperatura de 25° C foi a responsável pela máxima taxa de fecundidade em *Aphis gossypi*, enquanto que as temperaturas de 15° C e 30° C foram responsáveis pelas menores taxas.

Estas informações mostram que a predominância de espécies em determinada área e época do ano, eficiência na transmissão do ZYMV e/ou PRSV-W e a variação na temperatura, podem ocasionar forte impacto na incidência das viroses.

A análise temporal mostrou que o comportamento epidemiológico das três viroses foi distinto. Enquanto o modelo gompertz foi o que melhor se ajustou ao progresso temporal da clorose letal nas duas primeiras épocas de plantio, o modelo monomolecular foi o escolhido para representar esta doença na 3ª época. Nesta mesma, o número máximo de insetos coletados foi 3-4 vezes maior em relação aos ensaios anteriores e a incidência final da doença atingiu valores superiores aos anteriores. Já no início da epidemia, o número de insetos coletados foi alto, o que caracteriza uma alta predominância da disseminação primária e melhor ajuste para o modelo monomolecular. Após os 45 dias (que parece ser o momento em que a disseminação secundária é iniciada) a doença já estava próxima de 80% e esta disseminação secundária teria pouca influência no progresso da doença que apresentou melhor ajuste dos dados ao modelo monomolecular.

O modelo monomolecular foi o que melhor descreveu duas (2ª e 3ª épocas) das três curvas do mosaico amarelo, para o qual a 1ª época foi melhor descrita pelo logístico, que por sua vez representou em todas as épocas o progresso temporal do mosaico comum. Em outro patossistema, o modelo gompertz foi o que ofereceu melhor

ajuste aos dados de incidência de *Soybean mosaic virus* em soja transgênica (STEINLAGE; HILL; NUTTER, 2002).

Na comparação das taxas de progresso entre as viroses nos casos em que o mesmo modelo foi ajustado, merece destaque a diferença entre as taxas dos modelos monomolecular ajustados à clorose letal na 3ª época e ao mosaico amarelo na 2ª e 3ª épocas. A maior taxa foi registrada no progresso da clorose letal enquanto que no progresso do mosaico amarelo, as taxas foram diferentes entre uma época e outra, onde a incidência da doença variou 7,70% a 65,38%. Segundo Thresh (1974) a disseminação de vírus por vetores é influenciada pelas condições ambientais, principalmente a temperatura, a qual afeta o desenvolvimento e influxo de adultos alados na área. De fato a temperatura média da 2ª época de plantio foi aproximadamente 5°C menor o que a registrada na 1ª época, o que pode ter afetado a disseminação do vírus pelos afídeos mais eficientes na transmissão do ZYMV, conforme mencionado anteriormente. No mosaico comum, nenhuma grande diferença pode ser notada nas taxas de progresso do modelo logístico entre as épocas de plantio.

O que se observou em praticamente em todas as curvas de progresso ajustadas para cada vírus em cada época foi um início lento das epidemias, mesmo quando estas atingiram elevados níveis de incidência. Para Thresh (1974), de um modo geral, inicialmente o aumento das fitoviroses transmitidas por insetos é limitado pelas poucas fontes de inóculo presentes e/ou pela ausência de vetores ativos e uma baixa taxa de incremento da doença enquanto poucas plantas infectadas permanecem na área. Nos valores intermediários de plantas infectadas (~50%) a taxa absoluta da doença pode tornar-se relativamente alta devido à disseminação não estar mais restrita pela falta de inóculo, vetores ou plantas sadias.

O fato dos afídeos vetores transmitirem potyvirus através da picada de prova, indica a existência de disseminação secundária além da primária, mesmo quando a incidência da doença não atinge valores elevados, como se verificou com o mosaico comum em todas as épocas analisadas. Já para o mosaico amarelo, mesmo quando o modelo ajustado foi o monomolecular, o padrão espacial da doença (LTM e áreas isópatas) mostrou haver agregação, com exceção da 2ª época em que apenas 7,70% das plantas foram infectadas, em que as condições climáticas podem ter interferido

como já foi explicitado anteriormente. Esta agregação também foi encontrada por Garret e McLean (1983) e Korie et al. (2000) em estudos com viroses transmitidas por afídeos. Steinlage, Hill e Nutter (2002) apenas encontraram agregação de SMV em soja quando a incidência da doença não foi baixa. Já Fucks et al. (1999) mostraram que a disseminação secundária do ZYMV em campos de abóbora foi muito limitada ou até mesmo não ocorreu. Porém não afastaram a hipótese desta disseminação ter ocorrido porque não removeram as plantas infectadas após a introdução da doença na área.

O comportamento epidemiológico das viroses transmitidas por vetor não é estática e inúmeros fatores influenciam esse comportamento. A própria incidência simultânea de mais de um vírus em uma cultura pode provocar alterações nas características epidemiológicas do sistema, o que não pareceu ocorrer neste trabalho, mesmo sendo dois dos três vírus estudados pertencentes ao grupo dos potyvirus e serem transmitidos pelo mesmo grupo de insetos vetores. Foi esta conclusão a que chegaram Madden et al. (1987) no estudo do comportamento temporal de duas viroses em campos de fumo, as quais não exerceram efeito inibitório de uma sobre a outra durante o período estudado.

3 CONCLUSÕES

- O padrão epidemiológico apresentado pela clorose letal das cucurbitáceas indica predominância de disseminação primária porém com contribuição da disseminação secundária, principalmente ao final do ciclo da abobrinha de moita.
- A planta de abobrinha de moita é fonte de inóculo do vírus da clorose letal por ser suscetível a este e hospedeira do tripses vetor, *Frankliniella zucchini*.
- Há preferência do tripses *F. zucchini* por plantas com sintomas da clorose letal.
- Os comportamentos epidemiológicos da clorose letal e dos mosaicos amarelo e comum são, provavelmente, independentes.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, F.C.; IKEDA, H.; COSTA A.S. Ocorrência do vírus do mosaico da melancia (*Citrullus vulgaris* Schrad.) em plantações de melão (*Cucumis melo* L.) na região de Belém-PA. **Revista de Olericultura**, Campinas, v. 12, p. 94, 1972.
- AMES HERBERT, D. Jr.; MALONE, S.; AREF, S.; BRANDENBURG, R.L.; JORDAN, D.L.; ROYALS, B.M.; JOHNSON, P. D. Role of insecticides in reducing thrips injury to plants and incidence of *Tomato spotted wilt virus* in Virginia market-type peanut. **Journal of Economic Entomology**, Riverside, v.100, n. 4, p. 1241-1247, 2007.
- ARAMBURU, J.; RIUDAVETS, J.; ARNÓ, J.; LAVIÑA, A.; MORIONES, E. The proportion of viruliferous individuals in field populations of *Frankliniella occidentalis*: Implications for tomato spotted wilt virus epidemics in tomato. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 103, p. 623–629, 1997.
- ÁVILA, A.C. de; REIS, A. **Doenças do meloeiro (*Cucumis melo*) causadas por vírus**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. (Circular Técnica, 54). Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/serie_documentos/publicacoes2007/ct_54.pdf>. Acesso em: 20 set. 2010.
- BARBOSA, F.F.L. **Epidemiologia da clorose variegada dos citros no Estado de São Paulo**. 2002. 158 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- BARBOSA, J.C. **Epidemiologia de begomovirus em tomateiro sob condições de campo e de cultivo protegido**. 2007. 109 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia). – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- BERGAMIN FILHO, A. Curvas de progresso da doença. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1995. v. 1, p. 602-626.
- BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Ceres, 1996. 289 p.
- BERRY, R.E., TAYLOR, L.R. High altitude migration of aphides in maritime and continental climates. **Journal of Animal Ecology**, London, v. 37, p.713-722, 1968.
- BEZERRA, I.C.; RESENDE, R.O.; POZZER, L.; NAGATA, T.; KORMELINK, R.; ÁVILA, A.C. Increase of tospoviral diversity in Brazil with the identification of two new tospovirus species, one from chrysanthemum and one from zucchini. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 89, p. 823-830, 1999.

- CAMMAN, M.A.; CULBREATH, A.K.; PICKERING, J.; TODD, J.W.; DEMSKI, J.W. Spatial and Temporal patterns of spotted wilt epidemics in peanut. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 85, p. 879-885, 1995.
- CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley. 1990. 532 p.
- CASALI, V.D.; SATURNINO, H.M.; PEDROSA, J.F. Botânica e origem das cucurbitáceas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 85, n. 8, p. 22-23, 1982.
- CHAGAS, C.M. Mosaico da abóbora em pepino. **O Biológico**, São Paulo, v. 36, p. 326, 1970.
- CHAMBERLIN, J.R.; TODD, J.W.; FARROW, J.M.; MULLINIX, B.G. Aldicarb residue persistence in leaf terminals of "Florunner" peanut. **Journal of Economic Entomological**, Riverside, v. 85, p. 1072-1079, 1992.
- CHAMBERLIN, J.R.; TODD, J.W.; CULBREATH, A.K.; JOHNSON, W.C.; DEMSKI, J.W. Postharvest management of tobacco thrips (Thysanoptera: Thripidae) overwintering in peanut fields. **Journal of Entomological Science**, Georgia, v. 22, p. 40-45, 1993.
- COSTA, A.S.; KITAJIMA, E.W.; NAGAI, H. Alguns vírus que afetam o pepino (*Cucumis sativus* L.) em São Paulo. **Revista de Olericultura**, Campinas, v. 12, p. 100-101, 1972.
- COUTTS, B.A.; JONES, R.A.C. Suppressing spread of *Tomato spotted wilt virus* by drenching infected source or healthy plants with neonicotinoid insecticides to control thrips vector. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 146, p. 95-103, 2005.
- COUTTS, B.A.; THOMAS-CARROLL, M.L.; JONES, R.A.C. Patterns of spread of *Tomato spotted wilt virus* in field crops of lettuce and pepper: spatial dynamics and validation of control measures. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 145, p. 231-245, 2004.
- CRUZ, E.S.; PAZ, C.D.; PIO-RIBEIRO, G.; BATISTA, D.C.; PEREIRA-FILHO, G.G.; ANDRADE, G.P. Levantamento de viroses em melancia e melão no submédio São Francisco. **Summa Phytopatologica**, Botucatu, v. 25, p. 21, 1999.
- CULBREATH, A.K.; TODD, J.W.; BROWN, S. L. Epidemiology and management of tomato spotted wilt in peanut. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 41, p. 53-75, 2003.
- CULBREATH, A.K.; TODD, J.W.; GORBET, D.W.; DEMSKI, J.W. Spotted wilt apparent disease progress in the component Lines of Southern Runner cultivar. **Peanuts Science**, College Stations, v. 20, p. 81-84, 1993.
- FAO. **Statistics Division Online Databases**. Disponível em <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 02 set. 2010.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2007. 402 p.

FUCKS, M.; GAL-ON, A.; RACCAH, B.; GONSALVES, D. Epidemiology of an aphid nontransmissible potyvirus in fields of nontransgenic and coat protein transgenic squash. **Transgenic Research**, London, v. 8, p. 429-439, 1999.

GARRET, R.G.; McLEAN, G.D. The epidemiology of some aphid-borne viruses in Australia. In: PLUMB, R.T.; THRASH, J.M. **Plant virus epidemiology**. Oxford: Blackwell Science, 1983. p. 93-102.

GARZO, E.I.; DUQUE, M.; FERERES, A. Transmission efficiency of different non-persistent viruses infecting melon by four aphid species. **Spanish Journal of Agricultural Research**, Madrid, v. 2, n. 3, p. 369-376, 2004.

GIAMPAN, J.S. **Infectividade e proteção de três estirpes fracas do *Papaya ringspot virus* em plantas de melancia**. 2002. 63 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

_____. **Zucchini lethal chlorosis virus (ZLCV): detecção, avaliação de danos em abobrinha de moita e reação de espécies de cucurbitáceas**. 2007. 51 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

GIAMPAN, J.S.; REZENDE, J.A.M.; SILVA, R.F. Reaction of cucurbits species to infection with Zucchini lethal chlorosis virus. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 114, p. 129-132, 2007.

GIBBONS, J.D. **Nonparametric methods for quantitative analysis**. New York: Holt, 1976. 463 p.

GITAITIS, R.D.; DOWLER, C.C.; CHALFANT, R.B. Epidemiology of tomato spotted wilt in pepper and tomato in southern Georgia. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 82, p. 752-756, 1998.

GONZAGA, V.; FONSECA, J.N.L.; BUSTAMANTE, P.G.; TENENTE, R.C.V. Intercâmbio de germoplasma de cucurbitáceas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, p. 06-09, 1999.

GROVES, R.L.; WALGENBACH, J.F.; MOYER, J.W.; KENNEDY, G.G. Overwintering of *Frankliniella fusca* (Thysanoptera: Thripidae) on winter annual weeds infected with *Tomato spotted wilt virus* and patterns of virus movement between susceptible weed hosts. **Phytopathology**, St. Paul, v. 91, p. 891-899, 2001.

HALFELD-VIEIRA, B.A.; RAMOS, N.F.; RABELO FILHO, F.A.C.; GONÇALVES, M.F.B.; NECHET, K.L.; PEREIRA, P.R.V.S; LIMA, J.A.A. Identificação sorológica de espécies de potyvirus em melancia, no estado de Roraima. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 687-689, 2004.

HARRISON, B.D. Epidemiology of plant virus diseases. In: PLUMB, R.T.; THRESH, J.M. **Plant virus epidemiology: the spread and control of insect-borne viruses**. Oxford: Blackwell Scientific, 1983. p. 1-6.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Banco de dados IEA**. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/banco/menu.php>>. Acesso em: 10 mar. 2010.

JOHNSON, W.C. III.; TODD, J.W.; CULBREATH, A.K.; MULLINIX, B.G. Role of warm-season weeds in spotted wilt epidemiology in the southeastern coastal plain. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, p. 928-933, 1996.

JONES, R.A.C. Using epidemiological information to develop effective integrated virus disease management strategies. **Virus Research**, Amsterdam, v. 100, p. 5-30, 2004.

KITAJIMA, E.W.; COSTA, A.S. Alterações no complexo de golgi associada a infecção de tecido foliar de plantas infectadas por uma estirpe do vírus do vira-cabeça. **Revista da Sociedade Brasileira de Fitopatologia**, Brasília, v. 5, p. 180-181, 1972.

KITAJIMA, E.W., SÁ, P.B.; DE RITZINGER, C.H.S.P.; RODRIGUES, M.G.R. Detecção de partículas do tipo rhabdovirus em algumas compostas, abóboreira e mamoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 16, p. 141-144, 1991.

KLAS, E.F.; FUCKS, M. Comparative spatial spread overtime of *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) and *Watermelon mosaic virus* (WMV) in fields of transgenic squash expressing the coat protein genes of ZYMV and WMV, and in fields of nontransgenic squash. **Transgenic Research**, Madrid, v. 15, p. 527-541, 2006.

KORIE, S.; PERRY, J.N.; MUGGLESTONE, M.A.; CLARK, S.J.; THOMAS, F.G.; MOHAMAD ROFF, M.N. Spatiotemporal associations in beetle and virus count data. **Journal of Agricultural Biological and Environmental Statistics**, Alexandria, v. 5, p. 214-239, 2000.

KRANZ, J. The methodology of comparative epidemiology. In: KRANZ, J.; ROTEM, J. **Experimental techniques in plant disease epidemiology**. Heidelberg: Springer-Verlag, 1988. p. 279-290.

KUROZAWA, C.; PAVAN, M.A. Doenças das cucurbitáceas. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agrônoma Ceres, 2005. v. 2, p. 325-337.

LIMA, J.A.A.; VIEIRA, A.C. Distribuição do vírus do mosaico da abobara em municípios cearenses e gama de hospedeiras de um isolado. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 17, p. 112-114, 1992.

LIMA, J.A.A.; FERNANDES, E.R.; MENDES, M.L. Identificação sorológica de "*Watermelon mosaic virus 1*" em cucurbitáceas cultivadas e nativas do Rio Grande do Norte. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 5, p. 414, 1980.

LIMA, M.F.; BARBOSA, L.F.; DE ÀVILA, A.C. Levantamento de viroses na cultura de melancia na região do submédio do vale São Francisco. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 22, p. 337, 1999.

LIMA, R.C.A.; COUTO, A.O.F.; OLIVEIRA, A.C.; PANCIERI, G.N.; CARDOSO, V.R.; MARTINS, D.S. **Flutuação populacional de afídeos associada à ocorrência do mosaico do mamoeiro na região norte do estado do Espírito Santo**. Vitória: Papaya Brasil, 2003. 5 p.

LIN, M.T.; KITAJIMA, E.W.; MUNHOZ, J.O. Isolamento e propriedade do vírus da necrose da abóbora, um possível membro do grupo "Tobacco Necrosis Virus". **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 8, p. 622, 1983.

LISA, V.; BOCCARDO, G.; D'AGOSTINO, G.; DELLAVALLE, G.; d'AQUILLO, M. Characterization of a potyvirus that causes zucchini yellow mosaic virus. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 71, p. 667-672, 1981.

MADDEN, L.V.; HUGHES, G. Plant disease incidence: distribution, heterogeneity and temporal analysis. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 33, p. 529-564, 1995.

MADDEN, L.V.; HUGHES, G.; VAN DEN BOSCH, F. **The study of plant disease epidemics**. Saint Paul: APS Press, 2007. 421 p.

MADDEN, L.V.; PIRONE, T.P.; RACCAH, B. Temporal analyses of two viruses increasing in the same tobacco fields. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 77, p. 974-980, 1987.

MADDEN, L.V.; LOUIE, R.; ABT, J.J.; KNOKE, J.K. Evaluation of tests for randomness of infected plants. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 72, p. 195-198, 1982.

MARIS, P.C.; JOOSTEN, N.N.; GOLDBACH, R.W.; PETERS, D. *Tomato spotted wilt virus* infection improves host suitability for its vector *Frankliniella occidentalis*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 94, p. 706-711, 2004.

MATTHEWS, R.E.F. **Plant virology**. New York: Academic Press, 1991. 835 p.

MISSIURA, F.B. **Alterações metabólicas promovidas pelo *Papaya ringspot virus – type W* em plantas de melancia.** 2005. 60 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2005.

MOMOL, M.T.; OLSON, S.M.; FUNDERBURK, J.E.; STAVISKY, J.; MAROIS, J.J. Integrated management of tomato spotted wilt on field-grown tomatoes. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 88, p. 882-890, 2004.

MOURA, M.C.C.L.; LIMA, J.A.A.; OLIVEIRA, V.B.; GONÇALVES, M.F.B. Identificação sorológica de espécie de vírus que infectam cucurbitáceas em áreas produtoras do maranhão. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 90-92, 2001.

MOWAT, W.P.; DAWSON, S. Detection of plant viruses by ELISA using crude sap extracts and unfractionated antisera. **Journal of Virological Methods**, Amsterdam, v. 15, p. 233-247, 1987.

NAGATA, T.; PETERS, D. An anatomical perspective of tospovirus transmission. In: HARRIS, K.; SMITH, O.P.; DUFFUS, J.E. **Virus-insect-plant interactions**. San Diego: Academic Press, 2001. p. 143-166.

NAGATA, T.; RESENDE, R.O.; KITAJIMA, E.W.; COSTA, H.; INOUE-NAGATA, A.K.; ÁVILA, A.Z. First report on natural occurrence of *Zucchini lethal chlorosis virus* on cucumber and Chrysanthemum stem necrosis tospovirus on tomato in Brazil. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 82, p. 1403, 1998.

NAGATA, T.; ALVES, D.M.T.; INOUE-NAGATA, A.K.; TIAN, T.Y.; KITAJIMA, E.W.; CARDOSO, J.E.; ÁVILA, A.C. A novel melon flexivirus transmitted by whitefly. **Archives of Virology**, Vienna, v. 150, p. 379-387, 2005.

NAGATA, T.; KITAJIMA, E.W.; ALVES, D.M.T.; CARDOSO, J.E.; INOUE-NAGATA, A.K.; OLIVEIRA, M.R.V.; ÁVILA, A.C. Isolation of a novel carlavirus from meon in Brazil. **Plant Pathology**, Oxford, v. 52, p. 797, 2003.

NAKAHARA, S.; MONTEIRO, R.C. *Frankliniella zucchini* (Thysanoptera: Thripidae), a new specie and vector of tospovirus in Brazil. **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, Washington, v. 101, p. 290-294, 1999.

NONNECKE, I.L. **Vegetable production**. New York: AVI Book; Van Nostrand Reinhold, 1989. 657 p.

PAVAN, M.A.; CARVALHO, M.G.; FERNANDES, J.J. Distribuição do vírus do mosaico da melancia (papaya ringspot virus - W), nas principais regiões produtoras de pepino (*Cucumis sativus*) e abobrinha (*Cucurbita pepo*) de Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 14, p. 84-85, 1989.

PENNYPACKER, S.P.; KNOBLE, H.D.; ANTLE, C.E.; MADDEN, L.V. A flexible model for studying plant disease progression. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 70, p. 232-235, 1980.

PEREIRA, M.J.Z.; SUSSEL, A.A.B.; SILVA, R.F.; KUHN, O.J.; DOMINGUES, F.; REZENDE, J.A.M. Danos na produção da abobrinha de moita causados pelo *Papaya ringspot virus* – type W e *Zucchini yellow mosaic virus*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 2, p. 192-194, 2007.

PINTO, Z.V.; REZENDE, J.A.M.; YUKI, V.A.; PIEDADE, S.M.S. Eficiência dos afídeos *Aphis gossypii* e *Myzus persicae* na transmissão do Cucumber mosaic virus em infecção simples e mista com dois Potyvirus para abobrinha de moita. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 34, n. 2, p. 183-185, 2008.

PITTMAN, H.A. Spotted wilt of tomatoes. Preliminary note concerning the transmission of spotted wilt of tomatoes by an insect vector (*Thrips tabaci* Lind). **Journal of the Council for Scientific and Industrial Research**, Melbourne, v. 1, p. 74–77, 1927.

POZZER, L.; NAGATA, T.; LIMA, M.I.; KITAJIMA, E.W.; RESENDE, R.O.; ÁVILA, A.C. A new tospovirus infecting Cucurbitaceae in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 19, p. 21, 1994.

POZZER, L.; RESENDE, R.O.; BEZERRA, M.I.; NAGATA, T.; LIMA, M.I.; KITAJIMA, E.W.; ÁVILA, A.C. *Zucchini lethal chlorotic virus* (ZLCV) a proposed new specie in Tospovirus genus. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 21, p. 432, 1996.

RACCAH, B. Monitoring insect vector populations and the detection of viruses in vectors. In: PLUMB, R.T.; THRASH, J.M. **Plant virus epidemiology**. Oxford: Blackwell Science, 1983. p. 147–157.

RAMOS, N.F.; LIMA, J.A.A.; GONÇALVES, M.F.B. Efeitos da interação de potyvirus em híbridos de meloeiro, variedades de melancia e abobrinha. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 199-203, 2003.

REDDY, D.V.R.; AMIN, P.W.; MCDONALD, D.; GHANEKAR, A.M. Epidemiology and control of groundnut bud necrosis and other diseases of legume crops in India caused by tomato spotted wilt virus. In: PLUMB, R.T.; THRASH, J.M. **Plant virus epidemiology**. Oxford: Blackwell Science, 1983. p. 93–102.

REZENDE, J.A.M.; MOREIRA, A.S.; COSTA, C.R.; BERGAMIN FILHO, A. Epidemiologia e danos de doenças viróticas em cucurbitáceas. In: WORKSHOP DE EPIDEMIOLOGIA DE DOENÇAS DE PLANTAS, 3., 2010, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves, 2010. p. 59-61.

REZENDE, J.A.M.; GALLETI, S.R.; SCAGLUSI, S.M.M.; POZZER, L.; RESENDE, R.O.; ÁVILA, A.C. Incidência e algumas características biológicas e serológicas de um tospovirus em abobrinha de moita em São Paulo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 20, p. 343-344, 1995.

RUIZ, L.; JANSSEN, D.; MARTÍN, G.; VELASCO, L.; SEGUNDO, L.; CUADRADO, I.M. Analysis of the temporal and spatial disease progress of *Bemisia tabaci*-transmitted *Cucurbit yellow stunting disorder virus* and *Cucumber vein yellowing virus* in cucumber. **Plant Pathology**, Oxford, v. 55, p. 264-275, 2006.

SÁ, P.B.; KITAJIMA, E.W. Characterization of an isolate of watermelon mosaic virus 2 (WMV-2) from Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 16, p. 217-233, 1991.

SILVEIRA, L.M. da; QUEIROZ, M.A.; LIMA, J.A.A.; NASCIMENTO, A.K.Q.; LIMA NETO, I.S. Levantamento serológico de vírus em espécies de cucurbitáceas na região do submédio do São Francisco, Brasil. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 123-126, 2009.

SMITH, B.D. The initial domestication of *Cucurbita pepo* in the Americas 10,000 years ago. **Science**, Washington, v. 276, p. 932-934, 1997.

SOGLIA, M.C.M.; BUENO, V.H.P.; RODRIGUES, S.M.M. SAMPAIO, M.V. Fecundidade e longevidade de *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera, Aphididae) em diferentes temperaturas e cultivares comerciais de crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev). **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 47, n. 1, p. 49-54, 2003.

STANGARLIN, O.S.; DIAS, P.R.P.; BURIOLLA, J.E.; REZENDE, J.A.M. Incidência de viroses em ensaios de avaliações de genótipos de abóboras e de pepino na região de Dourados/MS. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 532, 2001.

STEINLAGE, T.A.; HILL, J.H.; NUTTER, F.W. Jr. Temporal and spatial spread of *Soybean mosaic virus* (SMV) in soybeans transformed with the coat protein gene of SMV. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 92, p. 478-486, 2002.

TAYLOR, L.R. Migration and the special dynamics of an aphid. *Myzus persicae*. **Journal of Animal Ecology**, London, v. 46, p. 411-423, 1977.

_____. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 29, p. 321-357, 1984.

TAYLOR, L.R.; WOIWOD, I.P.; TAYLOR, R.A.J. The migratory ambit of the hop aphid and its significance in aphid population dynamics. **Journal of Animal Ecology**, London, v. 48, p. 955-972, 1979.

TEPPNER, H. Notes on Lagenaria and Cucurbita (Cucurbitaceae): review and new contributions. **Phyton**, Horn, v. 44, n. 2, p. 245-308, 2004.

THRESH, J.M. Temporal patterns of virus spread. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.12, p. 111-128, 1974.

VAN DE WETERING, F.; GOLDBACK, R.; PETERS, D. Tomato spotted wilt tospovirus ingestion by first instar larvae of *Frankliniella occidentalis* is a prerequisite for transmission. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 86, p. 900-905, 1996.

VANDERPLANK, J.E. **Plant diseases: epidemics and control**. New York: Academic Press, 1963. 349 p.

VEGA, J.; REZENDE, J.A.M.; YUKI, V.A. Detecção do vírus do mosaico amarelo da abobrinha de moita no Brasil: caracterização parcial de um isolado encontrado em São Paulo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 20, p. 72-79, 1995.

VEGA, J.; REZENDE, J.A.M.; YUKI, V.A.; NAGAI, H. Constatação do vírus do mosaico amarelo da abobrinha de moita ("zucchini yellow mosaic virus") no Brasil, através de MEIAD e ELISA. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 17, p. 118, 1992.

YUAN C., ULLMAN D.E. Comparison of efficiency and propensity as measures of vector importance in Zucchini yellow mosaic potyvirus transmission by *Aphis gossypii* and *A. craccivora*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 86, p. 698-703, 1996.

YUKI, V.A. **Epidemiologia e controle do mosaico (VMM-Me) em abobrinha-de-moita**. 1990. 84 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

YUKI, V.A.; COSTA, A.S.; NAGAI, V. Avaliação de perdas induzidas pelo mosaico da abobrinha de moita, causado pelo vírus do mosaico do mamoeiro – estirpe melancia (VMM-Me). **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v.17, n.1, p. 40, 1991.

YUKI, V.A.; REZENDE, J.A.M.; KITAJIMA, E.W.; BARROSO, P.A.V.; KUNIYUKI H.; GROPPPO, G.A.; PAVAN, M.A. Occurrence, distribution and relative incidence of five viruses infecting cucurbits in the state of São Paulo, Brazil. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 84, p. 516-520, 2000.

ZITTER, T.A.; HOPKINS, D.L.; THOMAS, C.E. **Compendium of cucurbit diseases**. St. Paul: APS Press, 1996. 90 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Resumo da análise de variância (quadrados médios) do número médio de tripes coletados de plantas sintomáticas e assintomáticas para o ZLCV no experimento instalado no áreas experimentais do DFN e do DGN entre outubro e dezembro de 2009. Dados transformados: $\sqrt{x + 0,5}$. Esalq, Piracicaba, SP, 2010

	FV	GL	QM
DFN	Tripes	3	4,31 ^{ns}
	CV (%)		60,61
DGN	Tripes	3	0,42 ^{ns}
	CV (%)		44,44

^{ns} não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

APÊNDICE B - Resumo da análise de variância (quadrados médios) do número de tripes coletados de plantas sintomáticas e assintomáticas para o ZLCV nas três épocas de plantio de 'Caserta' na área experimental do DFN em 2010. Dados transformados: $\sqrt{x + 0,5}$. Esalq, Piracicaba, SP, 2010

	FV	GL	QM
1ª ÉPOCA	Tripes	3	60.5833*
	CV (%)		80,92
2ª ÉPOCA	Tripes		4.9673*
	CV (%)		73,22
3ª ÉPOCA	Tripes		334.5556*
	CV (%)		67,18

*significativo, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade

APÊNDICE C – Visão geral dos experimentos realizados nos campos do DFN e DGN em 2009 e tripes coletados

Experimento DFN - 2009

Experimento DFN - 2009

Experimento DGN - 2009

Experimento DGN - 2009

***F. zucchini* – visão lateral**

***F. zucchini* – visão dorsal**

***F. zucchini* – detalhe cabeça**

***F. zucchini* – visão frontal**

APÊNDICE D – Visão geral dos experimentos realizados no campo do DFN em 2010 e sintomas da clorose letal, mosaico comum e amarelo fotografados nos campos experimentais do DFN

Experimento epidemiologia comparativa – 1ª época

Experimento epidemiologia comparativa – 2ª época

Experimento epidemiologia comparativa – 2ª época

Experimento epidemiologia comparativa – 3ª época

Mosaico amarelo

Clorose letal

Mosaico amarelo + Mosaico comum + Clorose letal

Mosaico amarelo