

ECOLOGY, BEHAVIOR AND BIONOMICS

Efeito da Temperatura e Umidade Relativa do Ar no Desenvolvimento de *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) em *Vigna unguiculata*

TIAGO C COSTA LIMA, LEANDRO D GEREMIAS, JOSÉ R P PARRA

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Av. Pádua Dias, C. postal 9, 13418900, Piracicaba, SP;
tcclima@esalq.usp.br; geremias@esalq.usp.br; jrpparra@esalq.usp.br

Edited by Fernando L Cônsoli – ESALQ/USP

Neotropical Entomology 38(6):727-733 (2009)

Effect of Temperature and Relative-Humidity on the Development of *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) in *Vigna unguiculata*

ABSTRACT - This research aimed to study the influence of temperature and relative-humidity (RH) on the development of *Liriomyza sativae* Blanchard during the egg-adult period, in cowpea, to provide essential information for future biological control projects against the pest. An inverse relation was observed between temperature increase in the range from 15°C to 32°C and development duration. Larval survival was not affected in the temperature range studied, while a high mortality of pupae was observed at 32°C (59.9%). RH did not affect the development time of the immature stages, although it influenced their survival. The lower developmental temperature threshold obtained for the egg-adult period was low (7.3°C) when compared with other species of *Liriomyza*, and was rather low for the larval stage (3.4°C). Based on the thermal requirements for *L. sativae*, it was possible to estimate the occurrence of 24.5 annual generations at a melon producing region in state of Rio Grande do Norte, Brazil. For laboratory rearing aimed at biological control pest programs, the best rearing conditions are 30°C and 50% RH for the larval stage and 90% RH for the pupal stage.

KEY WORDS: Leaf miner, abiotic factor, thermal requirement, biology, molecular characterization

RESUMO - A pesquisa teve como objetivo estudar a influência da temperatura e da umidade relativa do ar (UR) no desenvolvimento de *Liriomyza sativae* Blanchard, durante o período ovo-adulto, em feijão caupi, para fornecer subsídios a futuros projetos de controle biológico da praga. Verificou-se uma relação inversa entre o aumento da temperatura na faixa de 15°C a 32°C e a duração do desenvolvimento. A sobrevivência larval não foi afetada na faixa térmica estudada, enquanto a 32°C houve alta mortalidade de pupas (59,9%). A UR não afetou a duração dos estágios imaturos, embora tenha influenciado a sua sobrevivência. O limiar térmico inferior de desenvolvimento obtido para o período ovo-adulto foi baixo (7,3°C), se comparado a outras espécies de *Liriomyza*, e bastante reduzido para a fase larval (3,4°C). De acordo com as exigências térmicas constatadas para *L. sativae* foi possível estimar a ocorrência de 24,5 gerações anuais na região produtora de melão, em Mossoró, RN. Para criações de laboratório, visando à implementação de programas de controle biológico da praga, as melhores condições são temperatura de 30°C e UR de 50% para a fase de larva e 90% para o estágio de pupa de *L. sativae*.

PALAVRAS-CHAVE: Mosca-minadora, fator abiótico, exigência térmica, biologia, caracterização molecular

As moscas-minadoras do gênero *Liriomyza* são pragas em diversas hortaliças em todo o mundo. As principais espécies: *Liriomyza trifolii* (Burgess), *L. sativae* Blanchard e *L. huidobrensis* (Blanchard) são originárias das Américas, mas já acarretam prejuízos na Europa, África e, mais recentemente, no Sudeste asiático e ilhas da Oceania (Murphy & Lasalle 1999, Rauf *et al* 2000).

No Brasil, as moscas-minadoras atacam feijão, batata e tomate (Galo *et al* 2002), mas também têm causado grandes

prejuízos na cultura do melão, sendo *L. sativae* a sua principal praga nos principais estados produtores dessa olerícola, Rio Grande do Norte e Ceará (Araujo *et al* 2007, FNP Agricultura & Comércio 2009).

Liriomyza sativae é polífaga e possui elevada capacidade de dispersão e adaptação a novas áreas (Spencer 1973, 1990, Murphy & Lasalle 1999). O principal dano da praga é causado pela larva ao se alimentar do mesófilo foliar que, em altas densidades, pode acarretar diminuição de produção

e/ou morte da planta (Spencer 1989). No melão, o ataque da mosca-minadora causa a diminuição do teor de açúcar no fruto, afetando a qualidade comercial do produto (Araujo et al 2007).

A eficiência de inseticidas para moscas-minadoras tem decrescido em virtude do seu uso indiscriminado, o que tem impactado os inimigos naturais e favorecido o desenvolvimento de resistência nas populações de *Liriomyza* spp. (Murphy & Lasalle 1999). Em decorrência da resistência de várias populações de moscas-minadoras a produtos químicos, cada vez mais o controle biológico surge como alternativa viável no controle de pragas, sendo realidade em cultivos protegidos em vários países (Parrella et al 1999). No entanto, é necessário obter conhecimentos da biologia da praga e do inimigo natural para sua criação e aplicação para o manejo adequado da praga em campo.

Estudos biológicos com diferentes populações de *L. sativae* têm se mostrado de extrema relevância, dados os fortes indícios da existência de um complexo de espécies crípticas para *L. sativae* (Scheffer & Lewis 2005). A variação genética encontrada em *L. sativae* poderia explicar a elevada variação observada em estudos anteriores sobre sua biologia (Tryon & Poe 1981, Zhang et al 2000, Tokumaru & Abe 2003, Haghani et al 2007). Com base nestas informações, estudou-se a influência da temperatura e da umidade relativa do ar na biologia de uma população de *L. sativae* coletada na cultura do melão no Rio Grande do Norte, também realizando sua caracterização molecular, para fornecer subsídios a futuros projetos de controle biológico e manejo da praga no campo.

Material e Métodos

Criação de *L. sativae*. A população inicial da mosca-minadora foi obtida da criação do Laboratório de Entomologia Aplicada da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), originária de plantas de melão (*Cucumis melo*) coletadas em Mossoró, RN. Casais de insetos em números variáveis foram liberados em gaiolas (33 x 33 cm de base e 50 cm de altura) contendo plantas de feijão caupi (*Vigna unguiculata*), onde foi permitida a oviposição por um a dois dias. Os adultos foram alimentados com solução de mel a 10%, fornecida por capilaridade, utilizando-se rolo de algodão dental colocado em recipientes circulares de plástico. As gaiolas foram mantidas em sala climatizada a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, UR de $70 \pm 20\%$ e fotofase de 14h.

Após a oviposição, as plantas foram transferidas para casa-de-vegetação, onde eram mantidas durante o desenvolvimento das fases de ovo e larva. Quando as larvas se encontravam em estádios mais adiantados, as folhas eram cortadas e acomodadas, no laboratório, em recipiente plástico (câmara de pupação) de 30 x 20 cm de base e 11 cm de altura, escurecido em suas laterais com papel jornal. Uma tela de arame de aberturas hexagonais de 1,7 cm de lado foi posicionada a 4 cm do fundo do recipiente, este coberto com papel jornal, e a câmara de pupação fechada com uma tampa com três aberturas circulares de 2 cm de diâmetro. Acima da tela foram colocadas folhas com a face adaxial para baixo, em virtude de a maior parte das larvas saírem das folhas

pela superfície superior. Em vista do fototropismo negativo (Parrella 1987), as larvas caíam no fundo do recipiente e eram retiradas do papel jornal com auxílio de um pincel. As pupas eram acondicionadas em placas de Petri (6,8 cm de diâmetro e 2,5 cm de altura) e mantidas nas condições controladas anteriormente descritas. Ao emergir o primeiro adulto, as pupas eram colocadas no interior da gaiola.

Caracterização molecular. O método empregado na caracterização molecular foi baseado em Scheffer & Lewis (2005). Três adultos de *Liriomyza* foram obtidos da criação estoque e utilizados para a extração individual do DNA genômico pelo método de sal (Sunnucks & Hales 1996). A caracterização foi baseada no sequenciamento da porção do gene da citocromo oxidase I (COI), após amplificação em termociclador (Techne Endurance TC-512, Ramsey, MT) programado a 92°C por 5 min (1x), seguido de 35 ciclos a 92°C por 1 min, 53°C por 1 min e 72°C por 1 min30s, e extensão final por 5 min a 72°C . As amplificações foram conduzidas em volumes de 25 μl : com 1 μl de DNA genômico (concentração não-determinada), ≈ 20 ng dos iniciadores C1-J-1535 (5'-ATTGGAAC TTTATATTTTATATTTGG-3') e TL-N-3017 (5'-CTTAAATCCATTGCAC TAATCTGCCATA-3') (Scheffer & Lewis 2005), 0,2 mM de dNTPs, tampão 1 x para PCR (Promega), 1,5 mM de MgCl_2 e 1,5 U de Taq DNA polimerase (Promega). O produto do PCR foi confirmado por eletroforese em gel de agarose 1%. O amplicon produzido foi purificado utilizando-se o kit PureLink™ e submetido ao sequenciamento no Centro de Estudos do Genoma Humano (CEGH/USP), utilizando-se os iniciadores empregados na reação de amplificação, para a obtenção de cerca de 550 pb para análise. As sequências obtidas foram utilizadas para a busca de sequências similares utilizando-se a ferramenta Blastn, disponível no NCBI (NCBI 2009). As sequências obtidas foram depositadas no GenBank com os números de acesso FJ752548, FJ752549 e FJ752550.

Caracteres morfológicos também foram utilizados para confirmação da espécie, como local de inserção das cerdas verticais e padrão de bandamento do abdome (Central Science Laboratory, UK 2004, Shiao 2004). Como espécime voucher foi depositado um macho de *L. sativae* da criação estoque no Museu de Entomologia da ESALQ/USP sob o n° 5748.

Temperatura. Foi estudada a influência de oito temperaturas (15, 18, 20, 22, 25, 28, 30 e $32 \pm 1^\circ\text{C}$) na duração das diferentes fases de *L. sativae* e na sobrevivência dos estágios de larva e pupa. Vinte e oito plantas de feijão caupi com 50 dias, já com duas folhas permanentes expandidas (seis folíolos), foram expostas às moscas-minadoras nas gaiolas de criação, por 4h. As plantas infestadas foram acondicionadas em recipiente plástico de 30 x 20 cm de base e 11 cm de altura coberto no fundo com papel jornal. Foi ajustado, na base das plantas, um cone invertido de papel de filtro (15 cm de diâmetro), para que as larvas saídas das folhas não penetrassem no substrato (Tran et al 2007). Os vasos foram colocados sobre placas de Petri, para que as larvas não se posicionassem sob o vaso. A seguir, as plantas foram acondicionadas em câmaras climatizadas nas diferentes temperaturas, com UR de $50 \pm 10\%$ e fotofase de 14h. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado

e os tratamentos tiveram números variáveis de repetições (uma larva recém-eclodida representou uma repetição), variando de 68 a 259 larvas.

Avaliações foram realizadas a intervalos de 12h, registrando-se o estágio de desenvolvimento e a sobrevivência dos insetos. Para o estágio de ovo verificou-se a duração, mas não a viabilidade, devido à dificuldade de visualização dos ovos nas folhas sem que as mesmas fossem retiradas das plantas, o que poderia interferir na biologia do inseto. Para obtenção da duração precisa do estágio larval, apenas aquelas larvas eclodidas em um mesmo dia foram utilizadas. Um número máximo de seis larvas foi mantido por folha, facilitando o seu acompanhamento até a saída da planta para pupação (Haghani *et al* 2007). Pupas de mesmo dia foram separadas e colocadas em placa de Petri (6,8 cm de diâmetro e 1 cm de altura). No interior da placa era colocada uma tira de papel filtro umedecido e a placa coberta com filme plástico (PVC®), perfurado por estilete, para permitir ventilação.

Umidade relativa do ar (UR). A influência da UR na sobrevivência e duração do período ovo-adulto da mosca-minadora foi avaliada utilizando-se câmaras climatizadas ajustadas nas umidades de 30, 50, 70 e $90 \pm 10\%$, mantendo-se constantes a temperatura ($30 \pm 1^\circ\text{C}$) e fotofase (14h). A temperatura foi selecionada em experimento anterior com diferentes temperaturas, escolhendo-se aquela que apresentou o ciclo biológico (ovo-adulto) mais curto e a maior sobrevivência. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e o número de repetições variou de 65 a 79. O método para obtenção dos ovos de *L. sativae* e de avaliação foram os mesmos descritos anteriormente. A única modificação ocorreu na separação das pupas, em que ao invés de se usar filme plástico (PVC®), as placas de Petri foram cobertas com tecido *voile*. Dessa forma, o fluxo de ar não era interrompido, garantindo a manutenção da umidade desejada.

Análises estatísticas. Com os valores de duração obtidos nas diferentes temperaturas, o limite térmico inferior de desenvolvimento (temperatura base - T_b) e a constante térmica (K) foram determinados pelo método da hipérbole (Haddad *et al* 1999).

Com base nas normais climatológicas de Mossoró, RN, região produtora de melão, estimou-se o provável número anual de gerações da mosca-minadora durante a safra de melão, utilizando-se a equação $K = D(T - T_b)$, onde, K: constante térmica calculada no presente estudo; T: temperatura média diária do ar para a região de Mossoró, obtida na Estação Climatológica da Universidade Federal do Semi-árido; T_b : temperatura base obtida na presente pesquisa; D: duração de uma geração. Dividindo-se 365 dias (1 ano) e 272 dias (ciclo do melão) pelo valor calculado de uma geração (D), obteve-se o número anual de gerações de *L. sativae* e durante o ciclo da cultura.

As durações dos estágios de ovo, larva e pupa nas diferentes temperaturas e UR foram submetidas à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância. Os dados de sobrevivência foram submetidos à transformação arco seno $\sqrt{P/100}$, sendo em seguida, realizada a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Resultados e Discussão

Caracterização molecular. Sequências da COI obtidas para os espécimes de *Liriomyza* utilizados na presente pesquisa apresentaram maior similaridade com aquelas de *L. sativae*, resultado confirmado com os caracteres morfológicos externos (Central Science Laboratory, UK 2004, Shiao 2004). A maior similaridade de 97% (454/466pb e 497/509pb) ocorreu com indivíduos de *L. sativae* pertencentes ao grupo A (Scheffer & Lewis 2005). Exemplares desse grupo foram constatados apenas no continente americano, nos EUA (Flórida), Honduras e Guatemala.

A maioria dos estudos sobre a influência da temperatura na biologia de *L. sativae* foi realizada fora do continente americano, principalmente na China e Japão (Jinying *et al* 1999, Zhang *et al* 2000, Sakamari *et al* 2003, Tokumaru & Abe 2003). A partir dos trabalhos de Scheffer & Lewis (2005) e Li-ping *et al* (2008) infere-se uma alta probabilidade de esses estudos terem sido realizados com o grupo *L. sativae*-W, que mostrou-se mais distante geneticamente (apenas 92% de similaridade) da população de *L. sativae* do presente trabalho.

Temperatura. Para todos os estágios do período ovo-adulto de *L. sativae* ocorreu relação inversa entre o aumento da temperatura e a duração do desenvolvimento (Tabela 1). Na faixa de 32°C a 15°C , o período ovo-adulto variou de 12,9 a 40,9 dias.

Para a fase de ovo, observaram-se as maiores durações nas temperaturas mais baixas (15°C e 18°C), sendo que as durações foram semelhantes dentro das faixas de $20-22^\circ\text{C}$; $25-28^\circ\text{C}$ e $30-32^\circ\text{C}$. Essas diferenças foram bastante evidentes para as fases de larva e pupa e para o período ovo-adulto entre as temperaturas mais baixas, com tendência de se igualarem nas temperaturas mais elevadas (Tabela 1).

Em geral, os valores de duração encontrados para a fase de ovo mostraram-se inferiores ao relatado em outros hospedeiros (Jinying *et al* 1999, Haghani *et al* 2007). Duração mais curta também foi verificada para o estágio larval a 15°C , enquanto que a 30°C , os estágios de larva e pupa e o período ovo-adulto foram mais alongados em relação aos valores referidos pelos autores anteriormente citados. Nas demais temperaturas, os valores fixaram-se dentro do intervalo relativo aos estudos já realizados, ressaltando-se as altas variações observadas entre os mesmos (Tryon & Poe 1981, Zhang *et al* 2000, Tokumaru & Abe 2003, Haghani *et al* 2007).

A sobrevivência da fase larval foi semelhante em todas as temperaturas (Tabela 1), coincidindo com os resultados apresentados para *L. sativae* (Shu-gang & Le 2001) e *L. trifolii* (Lanzoni *et al* 2002). O estágio de pupa apresentou maior mortalidade apenas a 32°C (Tabela 1), semelhante ao observado por Tokumaru & Abe (2001) e Shu-guang & Le (2001). Diferente do verificado na presente pesquisa, uma redução na sobrevivência pupal em baixas temperaturas ($13-18^\circ\text{C}$) foi constatada para *L. sativae* em feijão e aipo (Tryon & Poe 1981, Shu-guang & Le 2001, Tokumaru & Abe 2001).

As variações encontradas na literatura para os valores de duração e sobrevivência dos diferentes estágios de *L.*

Tabela 1 Duração média (\pm EP), em dias, das fases de ovo, larva, pupa e do período ovo-adulto e sobrevivência (%) das fases de larva e pupa de *Liriomyza sativae*, em feijão caupi (*Vigna unguiculata*), em diferentes temperaturas, sob umidade relativa de $50 \pm 10\%$ e fotofase de 14h.

Temperatura (°C)	Duração (dias)				Sobrevivência (%)	
	Ovo	Larva	Pupa	Ovo-adulto	Larva	Pupa
15	6,7 \pm 0,14a	10,1 \pm 0,07a (75)	23,9 \pm 0,07a (51)	40,9 \pm 0,17a	80,1 \pm 3,92a (75)	79,7 \pm 5,16a (51)
18	5,6 \pm 0,03b	7,1 \pm 0,04b (70)	15,1 \pm 0,10b (45)	28,0 \pm 0,07ab	85,4 \pm 4,74a (70)	80,0 \pm 6,32a (45)
20	4,7 \pm 0,06c	6,2 \pm 0,07c (68)	14,6 \pm 0,10c (55)	25,7 \pm 0,27ab	88,5 \pm 3,57a (68)	84,1 \pm 4,52a (55)
22	4,2 \pm 0,07c	5,7 \pm 0,06d (74)	11,3 \pm 0,15d (56)	21,4 \pm 0,25bc	85,2 \pm 4,00a (74)	83,3 \pm 4,00a (56)
25	2,8 \pm 0,07d	4,9 \pm 0,07e (80)	8,9 \pm 0,08e (60)	16,5 \pm 0,08cd	84,8 \pm 5,64a (80)	78,8 \pm 3,25a (60)
28	2,5 \pm 0,07d	4,2 \pm 0,05f (194)	8,0 \pm 0,08f (85)	14,3 \pm 0,08d	87,7 \pm 3,12a (194)	79,7 \pm 6,17a (85)
30	2,0 \pm 0,06e	4,1 \pm 0,05f (174)	7,5 \pm 0,24g (101)	13,7 \pm 0,39d	86,5 \pm 2,90a (174)	82,1 \pm 3,34a (101)
32	1,6 \pm 0,07e	3,8 \pm 0,05g (259)	7,3 \pm 0,10g (85)	12,9 \pm 0,39d	79,5 \pm 2,63a (259)	40,1 \pm 3,20b (85)

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). Dados de sobrevivência submetidos à transformação arco seno $\sqrt{P/100}$. Os números entre parênteses referem-se ao número de repetições.

sativae podem ser atribuídas a diferentes fatores, como: (i) o método empregado, incluindo o número de larvas estudadas por área foliar, o que pode influenciar a viabilidade larval e a qualidade das pupas formadas (Parrella 1983); (ii) o hospedeiro utilizado, que pode ser mais ou menos adequado ao desenvolvimento de *L. sativae*; esta adequação pode depender da composição química das plantas, que pode afetar a nutrição do inseto de diversas formas, influenciando diretamente seu crescimento e sobrevivência (Schoonhoven et al 2005); ou (iii) variações intrínsecas das populações, como já relatado por estudo recente de taxonomia molecular (Scheffer & Lewis 2005).

A influência da temperatura na duração do estágio larval e não na sobrevivência, deve-se, possivelmente, ao desenvolvimento do inseto no interior da folha. Esse hábito de vida, além de garantir proteção contra outros fatores abióticos, como precipitação pluviométrica, radiação ultravioleta e vento, permite também a formação de um microclima com menor variação de temperatura, assim como relatado para *Cameraria hamadryadella* (Clemens) (Lepidoptera: Gracillariidae) (Connor & Taverner 1997).

Diferentemente da larva, a pupa encontra-se mais exposta, principalmente com o método utilizado na presente pesquisa e, conseqüentemente, mais vulnerável à influência de temperaturas extremas. Alguns comportamentos da fase de prepupa das moscas-minadoras podem auxiliar na proteção contra a dessecação, como: o fototropismo negativo, que possibilita ao inseto buscar sítios de pupação com temperaturas mais amenas, evitando áreas abertas que poderiam apresentar temperaturas letais (Leibee 1981), e a tigmotaxia (Parrella 1987), que pode ajudar a mosca-minadora a buscar locais com microclimas mais favoráveis à pupação, como por exemplo, a base das plantas.

Na natureza, a pupação de *L. sativae* ocorre no solo, ambiente em que a temperatura está associada à textura, à cor e ao teor de umidade do solo. Em solos úmidos há menor incremento de temperatura em comparação aos solos secos (Ávila & Parra 2004). Conseqüentemente, ocorre maior proteção da fauna edáfica contra temperaturas extremas.

Exigências térmicas. As exigências térmicas variaram dependendo do estágio de desenvolvimento da mosca-minadora, sendo o limiar térmico inferior de desenvolvimento (Tb) de 7,3°C para o ciclo total, com constante térmica de 308,6 GD (Tabela 2). Desse total, 12% foram representados pelo período embrionário (38,8 GD), 34% pela fase de larva (106,7 GD) e 54% pela fase de pupa (171,8 GD). A correspondência de mais da metade do desenvolvimento imaturo do inseto para o estágio pupal coincide com o relatado para demais espécies de *Liriomyza* (Parrella 1987).

O estágio de ovo foi o que mostrou a maior temperatura base, com valor de 11,5°C, um pouco acima ao observado em estudos com *L. sativae* (Gong et al 1999, Jinying et al 1999, Shu-guang & Le 2001, Haghani et al 2007). Para o estágio larval, a temperatura base calculada de 3,4°C, foi inferior aos valores já existentes na literatura, que variaram de 8°C a 11,8°C (Tabela 2). Para a fase de pupa, o limiar térmico inferior registrado foi de 7,2°C, também abaixo das temperaturas bases já relatadas (Gong et al 1999, Jinying et al 1999, Shu-guang & Le 2001, Haghani et al 2007).

As discrepâncias obtidas na literatura para *L. sativae*,

Tabela 2 Temperatura base (Tb), constante térmica (K), equação de regressão linear e coeficiente de determinação (R^2) para os diferentes períodos de desenvolvimento de *Liriomyza sativae* em feijão caupi (*Vigna unguiculata*), em condições de laboratório.

Estágio	Tb (°C)	K (GD)	Equação	R^2
Ovo	11,5	38,8	$y = 0,02714 + 0,31201x$	0,94
Larva	3,4	106,7	$y = 0,00937 + 0,03117x$	0,99
Pupa	7,2	171,8	$y = 0,00582 + 0,04174x$	0,97
Ovo-adulto	7,3	308,6	$y = 0,00324 + 0,02363x$	0,99

podem estar ligadas à nutrição, que pode alterar a fisiologia do inseto. O método empregado para determinação do limiar térmico inferior e a constante térmica é outro fator que pode influenciar na obtenção de resultados divergentes. Bergant & Trdan (2006) afirmaram que para aumentar a precisão do método linear, deveriam ser realizados estudos com no mínimo cinco temperaturas constantes. Na presente pesquisa, realizou-se estudo em oito temperaturas constantes e todos os resultados foram utilizados para o cálculo da Tb e K. Por outro lado, nos demais trabalhos estudaram-se de quatro a sete temperaturas e, em alguns casos, não foi possível utilizar todas as temperaturas para a determinação da Tb e da constante térmica (Jinying *et al* 1999, Tokumaru & Abe 2001, Sakamaki *et al* 2003, Haghani *et al* 2007).

De acordo com as normais térmicas da região de coleta da praga, associadas aos dados de exigências térmicas obtidos para *L. sativae*, foi possível determinar a existência de 24,5 gerações por ano da mosca-minadora. Mesmo sabendo-se das variações de desenvolvimento existentes para diferentes hospedeiros, pode-se também estimar esses dados para a cultura do melão. A partir dos dados de temperatura média da época de cultivo do melão, estimou-se um número de 14,8 gerações de *L. sativae* durante a safra do melão na região. Com esses resultados pode-se visualizar o grande potencial de desenvolvimento da praga nessa região do semi-árido nordestino. Esses dados precisam ser validados em condição de campo, à semelhança do realizado por outros autores para crisomelídeos (Ávila *et al* 2002, Nava & Parra 2001).

Umidade relativa do ar. A UR não afetou a duração dos estágios imaturos de *L. sativae*. Entretanto, houve um efeito marcante na sobrevivência larval e pupal, coincidindo com o que é registrado na literatura, ou seja, a UR afeta mais a sobrevivência do que a duração das fases imaturas de insetos (Tabela 3) (Parra 2000). Como a fase larval de *L. sativae* desenvolve-se no mesófilo foliar, não há influência direta da UR nesse estágio. No entanto, a UR pode afetar indiretamente o inseto induzindo alterações fisiológicas na planta ou oferecendo melhores condições para o desenvolvimento de patógenos (Wright *et al* 1988, Hara *et al* 1993). Na UR de 30%, mesmo as plantas sendo regadas duas vezes ao dia, houve rápida perda de água, tornando as folhas menos túrgidas em relação às das demais URs, podendo, assim, ter afetado o desenvolvimento das larvas de *L. sativae*. Outra

questão a ser discutida, é a boa adaptação do feijão caupi a climas secos, característica do semi-árido nordestino (Freire Filho *et al* 2005). A exposição a URs elevadas pode interferir em processos fisiológicos, como a redução da transpiração da planta (Kerbauy 2004) e, como consequência, afetar o desenvolvimento do inseto.

No estágio de pupa, a maior sobrevivência observada em condições superiores a 70% UR era esperada, pois URs mais baixas provocam perdas maiores de água pelo inseto, afetando seu desenvolvimento, podendo até provocar a sua morte (Cloudsley-Thompson 1962, Petit & Wietlisbach 1994, Shu-Guang & Le 2001). Por outro lado, Parrella (1987) registrou que as UR entre 30% e 70% são as ideais para pupação.

Com base nos resultados obtidos, a temperatura de 30°C é a melhor para o desenvolvimento imaturo de *L. sativae* em feijão caupi, enquanto a UR de 50% é a ideal para a fase de larva e a UR de 90% para o estágio de pupa. Essas conclusões, juntamente com as exigências térmicas definidas, permitem que se esquematize um sistema de produção de *L. sativae* visando à produção de inimigos naturais da praga para programas de Controle Biológico Aplicado.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado ao primeiro autor.

Referências

- Araujo E L, Fernandes D R R, Geremias L D, Menezes-Netto A C, Filgueira M A (2007) Mosca minadora associada à cultura do meloeiro no semi-árido do Rio Grande do Norte. *Caatinga* 20: 210-212.
- Ávila C J, Milanez J M, Parra J R P (2002) Previsão de ocorrência de *Diabrotica speciosa* utilizando-se o modelo de graus-dias de laboratório. *Pesq Agropec Bras* 37: 427-432.
- Ávila C J, Parra J R P (2004) Influência de fatores físicos edáficos sobre pragas do solo, p.69-98. In Salavadori J R, Ávila C J, Silva M T B (eds) *Pragas de solo no Brasil*. Embrapa Trigo, Passo Fundo, 541p.

Tabela 3 Duração média (\pm EP), em dias, das fases de ovo, larva e pupa e do período ovo-adulto e sobrevivência (%) das fases de larva e pupa de *Liriomyza sativae* em feijão caupi (*Vigna unguiculata*), em diferentes UR (30 \pm 1°C; fotofase de 14h).

UR (%)	Duração (dias)				Sobrevivência (%)	
	Ovo	Larva	Pupa	Ovo-adulto	Larva	Pupa
30	1,8 \pm 0,03a	4,1 \pm 0,05a (68)	8,0 \pm 0,13a (37)	13,9 \pm 0,13a	43,3 \pm 3,70a (68)	28,6 \pm 3,51a (37)
50	1,8 \pm 0,03a	4,0 \pm 0,05a (79)	8,0 \pm 0,06a (59)	13,8 \pm 0,08a	76,2 \pm 3,92b (79)	43,7 \pm 4,90ab (59)
70	1,8 \pm 0,03a	3,9 \pm 0,06a (65)	7,8 \pm 0,06a (36)	13,5 \pm 0,11a	58,3 \pm 4,78a (65)	63,0 \pm 6,01bc (36)
90	1,8 \pm 0,03a	3,9 \pm 0,06a (70)	8,0 \pm 0,07a (30)	13,7 \pm 0,13a	39,6 \pm 3,92a (70)	80,9 \pm 5,36c (30)

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P > 0,05). Dados de sobrevivência submetidos à transformação arco seno $\sqrt{P/100}$. Os números entre parênteses referem-se às repetições.

- Bergant K, Trdan S (2006) How reliable are thermal constants for insect development when estimated from laboratory experiments? *Entomol Exp Appl* 120: 251-256.
- Central Science Laboratory, UK (2004) Protocol for diagnosis of quarantine organisms *Liriomyza* spp. (*L. bryoniae*, *L. huidobrensis*, *L. sativae*, *L. trifolii*). Disponível em: <<http://www.csl.gov.uk/specialInterest/liriomyza.pdf>>. Acesso em: 10 de janeiro 2009.
- Cloudsley-Thompson J L (1962) Lethal temperatures of some desert arthropods and the mechanism of heat death. *Entomol Exp Appl* 5: 270-280.
- Connor E F, Taverner M (1997) The evolution and adaptive significance of the leaf-mining habit. *Oikos* 79: 6-25.
- Freire Filho F R, Lima J A A, Viana F M P, Ribeiro V Q (2005) Feijão caupi: avanços tecnológicos. Teresina, Embrapa Meio-Norte, 640 p.
- FAO, Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (2007) Faostat. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em 23 de janeiro 2007.
- FNP Agricultura e Comércio (2009) Melão, p.381-383. In *Agrianoal 2009: anuário da agricultura brasileira*. São Paulo, 497p.
- Gallo D, O Nakano, S Silveira-Neto, R P L Carvalho, G C Baptista, E Berti-Filho, J R P Parra, R A Zucchi, S B Alves, J D Vendramim, L C Marchini, J R S Lopes, C Omoto (2002) *Entomologia agrícola*. Fealq, Piracicaba, 920p.
- Gong Y, Shi B, Wang J, Liao D, Lu H, Zhang Z (1999) Effects of the temperature on the development of *Liriomyza sativae*. *Plant Prot* 25: 1-5.
- Haddad M L, Parra J R P, Moraes R C B (1999) Métodos para estimar os limites térmicos inferior e superior de desenvolvimento de insetos. FEALQ, Piracicaba, 29p.
- Haghani M, Fathipour Y, Talebi A A, Baniameri V (2007) Thermal requirement and development of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on cucumber. *J Econ Entomol* 100: 350-356.
- Hara A H, Kaya H K, Gaugler R, Lebeck L M, Mello C L (1993) Entomopathogenic nematodes for biological control of the leafminer, *Liriomyza trifolii* (Dipt.: Agromyzidae). *Entomophaga* 38: 359-369.
- Jinying H, Wangxi D, Schicheng Y, Wang Z (1999) Studies on life-table of experimental population of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). *Acta Entomol Sin* 42: 291-296.
- Kerbaui G B (2004) *Fisiologia vegetal*. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 452p.
- Li-ping W, Yu-zhou D, Ya-ting H, Fu-shan Z, Zi-qiang L (2008) Genetic variation of host populations of *Liriomyza sativae* Blanchard. *Agr Sci China* 7: 585-590.
- Murphy S T, Lasalle J (1999) Review article: balancing biological control strategies in the IPM of new world invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. *Bioc News Inf* 20: 91-104.
- Nava D E, Parra J R P (2003) Biology of *Cerotoma arcuatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) and field validation of a laboratory model for temperature requirements. *J Econ Entomol* 96: 609-614.
- Parra J R P (2000) A biologia de insetos e o manejo de pragas: da criação em laboratório à aplicação em campo, p.1-29. In Guedes J C, Costa I D, Castiglioni E (eds) *Bases e técnicas do manejo de insetos*. UFSM/CCR/DFS, Santa Maria, 234p.
- Parrella M P (1983) Intraspecific competition among larvae of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae): effects on colony production. *Environ Entomol* 12: 1412-1414.
- Parrella, M P (1987) Biology of *Liriomyza*. *Ann Rev Entomol* 32: 201-224.
- Parrella M P, Hansen L S, Lenteren J V (1999) Glasshouse environments, p.819-839. In Bellows T S, Fisher T W, *Handbook of biological control*. Academic Press, London, 1046p.
- Petit F L, Wietlisbach D O (1994) Laboratory rearing and life history of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on lima beans. *Environ Entomol* 23: 1416-1421.
- Rauf A, Shepard B M, Johnson M W (2000) Leafminers in vegetables, ornamental plants and weeds in Indonesia: surveys of host crops, species composition and parasitoids. *Int J Pest Manag* 46: 257-66.
- Sakamaki Y, Chi Y, Kushigemachi K (2003) Lower threshold temperature and total effective temperature for the development of *Liriomyza sativae* Blanchard on kidney beans. *Bull Fac Agric Kagoshi Univ* 53: 21-28.
- Scheffer S J, Lewis M L (2005) Mitochondrial phylogeography of vegetable pest *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae): divergent clades and invasive populations *Ann Entomol Soc Am* 98: 181-186.
- Schoonhoven L M, Loon J A V, Dicke M (2005) *Insect-plant biology*. Oxford University Press, Hampshire, 421p.
- Shiao S F (2004) Morphological diagnosis of six *Liriomyza* species (Diptera: Agromyzidae) of quarantine importance in Taiwan. *Appl Entomol Zool* 39: 27-39.
- Shu-Guang H, Le K (2001) Effects of temperature and relative humidity on development, survivorship and food intake of *Liriomyza sativae*. *Acta Entomol Sin* 44: 332-336.
- Spencer K A (1973) *Agromyzidae (Diptera) of economic importance*. Dr W Junk B V The Hague, Serie Entomologica, 418p.
- Spencer K A (1989) Leafminers, p.77-98. In Kahn P R, *Plant protection and quarantine, vol II. Selected pests and pathogens of quarantine significance*. CRC Press, Boca Raton, 265p.
- Spencer K A (1990) Host specialization in the world Agromyzidae (Diptera). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 444p.
- Sunnucks P, Hales D F (1996) Numerous transposed sequences of mitochondrial cytochrome oxidase I-II in aphids of the genus *Sitobion* (Hemiptera: Aphididae). *Mol Biol Evol* 13: 510-524.
- Tokumaru S, Abe Y (2003) Effects of temperature and photoperiod

- on development and reproductive potential of *Liriomyza sativae*, *L. trifolii*, and *L. bryoniae* (Diptera: Agromyzidae). Jpn J Appl Entomol Zool 47: 143-52.
- Tran D H, Ridland P M, Takagi M (2007) Effects of temperature on the immature development of the stone leek leafminer *Liriomyza chinensis* (Diptera: Agromyzidae) Environ Entomol 36: 40-45.
- Tryon E H, Poe S L (1981) Developmental rates and emergence of vegetable leafminer pupae and their parasites reared from celery foliages. Fla Entomol 64: 477-483.
- Wright R J, Villani M G, Agudelo-Silva F (1988) *Steinernematid* and *Heterorhabditid* nematodes for control of larval european chafers and japanese beetles (Coleoptera: Scarabidae) in potted yew. J Econ Entomol 81: 152-157.
- Zhang R J, Yu D J, Zhou C Q (2000) Effect of temperature on certain population parameters of *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae). Entomol Sin 7: 185-192.

Received 29/XI/07. Accepted 10/IX/09.
