



Viabilidade do uso de hospedeiros alternativos como área de refúgio para o manejo da resistência da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) no cultivo do milho-Bt

José M. Waquil¹
Kátia G. B. Boregas²
Simone M. Mendes³

Potencial para o uso do milho-Bt

No Brasil, os prejuízos anuais causados pelo complexo de pragas na cultura do milho chegam a cerca de dois bilhões de reais. Para o manejo das principais pragas, têm sido utilizados tratamento de sementes e aplicações de inseticidas via pulverização ou quimigação, custando cerca de 38,3 milhões de reais (Waquil e Vilella 2003). Para reduzir tanto as perdas causadas pelas pragas como também o uso sistemático de inseticidas nos mais de 13 milhões de hectares de milho cultivados anualmente, têm-se pesquisado métodos alternativos com ênfase no controle biológico, cultural e através de cultivares resistentes.

Entre as espécies praga mais importantes para as culturas anuais como milho, sorgo, algodão e

arroz, destaca-se a lagarta-do-cartucho do milho (LCM), *Spodoptera frugiperda*, que, pela ampla distribuição geográfica e pela incidência durante todo o ano, constitui-se numa das espécies mais nocivas nas regiões tropicais das Américas. As perdas, causadas pelos danos da LCM, variam de 15 a 37% na produção (Cruz *et al.*, 1996 e Carvalho, 1970). O percentual de perdas independe do potencial de produção (Cruz *et al.*, 1999) e os prejuízos podem chegar a 500 milhões de dólares anuais (Waquil *et al.*, 2002). Esta espécie tem causado, também, sérios danos na cultura do sorgo, com perdas de cerca de 20% (Cortez & Waquil, 1997) e no algodão (Giolo *et al.*, 2002). Isso sem contar as perdas indiretas com aplicações de defensivos. Segundo Cruz *et al.* (1998), em várias regiões brasileiras tem-se verificado um aumento no uso do controle químico para a lagarta do cartucho, podendo chegar, em alguns casos, a 10 aplicações numa

¹Eng. Agr., PhD, Entomologia. Embrapa Milho e Sorgo, C. Postal 151, 35701-970 Sete Lagoas, MG. waquil@cnpmis.embrapa.br

²Estudante de Pós-Graduação Departamento de Ecologia/ICB/UFMG/Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

³Eng^a. Agr^a., Doutor, Entomologia. Embrapa Milho e Sorgo, C. Postal 151, 35701-970 Sete Lagoas, MG. simone@cnpmis.embrapa.br

única safra sem, no entanto, obter o controle desejado.

Embora os métodos culturais e biológicos sejam viáveis tecnicamente, pela extensão da área cultivada, pela diversidade geográfica, temporal, e pelo perfil dos produtores envolvidos com a produção, a adoção da tecnologia tem sido limitada. Por outro lado, os níveis de controle conseguidos através da resistência natural (genes obtidos dentro do mesmo “pool” gênico da espécie cultivada) não têm sido satisfatórios em muitos casos, como no milho comercial. Para o controle de insetos praga sensíveis às toxinas do *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), como os lepidópteros praga do milho, o grande potencial está no uso do milho transgênico (Waquil & Vilella, 2003).

Uma das grandes preocupações do uso do milho *Bt* está na quebra da resistência das cultivares por biótipos resistentes às toxinas produzidas pela planta (Waquil, 2003). Uma das principais estratégias para reduzir a seleção de biótipos resistentes às cultivares transgênicas está no uso da expressão de alta dose da toxina nos tecidos das plantas e no uso de áreas de refúgio. Estas são áreas cultivadas com plantas da mesma espécie, porém não transgênicas, para manter populações susceptíveis da praga alvo em densidade suficiente para reduzir a chance de cruzamento entre heterozigotos resistentes, gerando homozigotos resistentes. Todas as estratégias para o manejo da resistência foram desenvolvidas para resistência do milho à lagarta europeia, *Ostrinia nubilalis*, praga do milho no Hemisfério Norte. Para espécies praga polífagas, como a lagarta do cartucho, a lagarta elasmó, a broca da cana de açúcar e a lagarta da espiga, culturas alternativas podem também servir como área de refúgio. A LCM tem sido a principal praga do milho no Brasil e o milho é seu hospedeiro preferencial entre as 101 espécies de plantas hospedeiras registradas na literatura (Pogue 1995).

Liberação do milho-*Bt* no Brasil

Em 2007, a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) liberou três eventos para serem comercializados no milho: LibertyLink® com tolerância ao Glufosinato de Amônia; YeldGard® (MON 810); e Bt11 (Syngenta), sendo estes dois últimos com o gene *bt* para resistência a insetos da ordem Lepidoptera. Entretanto, essa decisão ficou sob efeito de uma liminar suspensiva até a decisão do Conselho Nacional de Biossegurança (CNBS) pela liberação, ratificando a decisão da CTNBio. Assim, a partir de fevereiro de 2008, o Registro Nacional de Cultivares do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento passou a aceitar registro de cultivares de milho-*Bt*. Segundo as normas, o produtor, ao abrir o saco de sementes com milho-*Bt*, está se comprometendo a cumprir duas condicionantes para o uso da tecnologia: regra de coexistência e regra para o manejo da resistência. Para garantir a não contaminação de lavouras de milho de vizinhos, a norma de coexistência preconiza o isolamento da lavoura com milho-*Bt*. Esse isolamento pode ser de 100m da lavoura vizinha ou de 20m, desde que seja usada uma faixa de isolamento de 10 fileiras de milho não-*Bt* de igual ciclo e porte do milho-*Bt* utilizado. Para o manejo da resistência, é exigida uma área de 10% de refúgio cultivada com milho não-*Bt* de igual ciclo e porte, preferencialmente o seu híbrido isogênico. Na área de refúgio, é permitido o controle das pragas alvo, desde que não seja usado bioinseticidas à base de *Bt*. A área de refúgio não pode estar a mais de 1500m de distância da área cultivada com o milho-*Bt*.

Em 2008/2009, segundo estimativas do mercado, da área de 12,8 milhões de hectares cultivada com milho, cerca de 1,35 milhão de hectares (10,6%) será com milho *Bt*, sendo 6,7% da área cultivada no verão e 19% na safrinha. Para o manejo da resistência das espécies alvo no milho *Bt*, têm sido recomendadas duas estratégias: a expressão de alta dose da toxina e o cultivo de

área de refúgio. Outra possibilidade que vem sendo incorporada é o uso de pirâmides de genes, ou seja, usar a expressão de mais de uma toxina numa mesma cultivar (Zhao *et al.* 2003). Esta alternativa, associada à utilização adequada da área de refúgio, poderá prolongar significativamente a utilização dos genes de resistência.

Contribuição de hospedeiros alternativos como área de refúgio

Um dos fatores que afetam a dinâmica populacional da lagarta do cartucho (LCM) no ambiente é a grande disponibilidade de hospedeiros alternativos, incluindo plantas cultivadas e invasoras, que ocorrem simultaneamente com as culturas susceptíveis nos diferentes locais e épocas do ano. Embora a LCM tenha preferência pela cultura do milho (Cruz *et al.*, 1998), seus hospedeiros favoritos são as espécies do grupo das gramíneas (Luginbill, 1928). Devido à polifagia da LCM, estão registradas, na literatura, mais de 100 espécies de plantas hospedeiras (Pogue, 1995). Segundo Veenstra *et al.* (1995), a planta hospedeira tem efeito significativo sobre muitas variáveis biológicas da LCM, dentre elas a biomassa larval, a duração do período larval e a biomassa da pupa. Resultados experimentais sugerem que o desenvolvimento da LCM nas gramíneas, *Panicum maximum* e *Cynodon dactylon*, pode ter papel importante na dinâmica populacional de *S. frugiperda* no Norte da Argentina (Murúa & Virla, 2004). Nas regiões tropicais do Brasil, onde se cultiva safra, safrinha e área irrigada no inverno de várias espécies hospedeiras da LCM, como milho, sorgo, milheto, algodão, cana de açúcar, há superposição de gerações, inclusive numa mesma safra, pois a lagarta ataca as plantas nos diferentes estádios de desenvolvimento. Na região Sul, onde o clima afeta mais significativamente a dinâmica populacional dos insetos, há as culturas de verão/inverno, que geralmente incluem gramíneas hospedeiras da LCM. Além disso, a dinâmica populacional da LCM no agroecossistema brasileiro é regulada

não só pela disponibilidade de hospedeiros e condições climáticas, mas também pelo amplo complexo de inimigos naturais, incluindo predadores, parasitóides e entomopatógenos.

Os conceitos para o Manejo da Resistência em Insetos foram inicialmente desenvolvidos nos Estados Unidos, baseando-se, principalmente, na experiência com a lagarta europeia do milho, *Ostrinia nubilalis* (Hübner), lepidóptero praga alvo mais importante para o milho no Hemisfério Norte. Esta é uma espécie com poucos hospedeiros, que sobrevive preferencialmente no milho, pode ter de uma a quatro gerações por ano e passa o inverno na forma de larvas em diapausa no interior do colmo. Portanto, a dinâmica populacional da espécie é bastante diferente da observada para a LCM nas condições tropicais.

As variabilidades fenotípica e genética da LCM têm sido estudadas sob vários aspectos. Dois biótipos adaptados para se alimentarem em milho, arroz e grama bermuda têm sido propostos (Pashley *et al.*, 1987a), inclusive com incompatibilidade reprodutiva (Pashley *et al.*, 1987b). Nas culturas do milho e do arroz irrigado no Rio Grande do Sul, foi observada por Busato *et al.* (2002) a presença de duas raças de *S. frugiperda*, a “raça do milho” e a “raça do arroz”, morfologicamente iguais e fisiologicamente diferentes. Esses biótipos da LCM podem coexistir numa mesma região geográfica (Pashley *et al.*, 1988) e representam espécies crípticas associadas às plantas hospedeiras (Drès e Mallet, 2002), podendo, inclusive, ambas estar associadas à cultura do milho (Edwards *et al.*, 1999). No Sul do Brasil, segundo Silva *et al.* (2002), a LCM usa uma sequência ampla de plantas hospedeiras para alimentação e reprodução, na primavera e no verão, como plantas voluntárias “guachas ou tiguerras” de trigo e de aveia preta e plantas invasoras de milhã e papuã. A presença dessas gramíneas associada às altas umidades do ar e do solo nos meses de dezembro e janeiro pode determinar o desenvolvimento de altas densidades populacionais da lagarta em áreas cultivadas com

soja, milho, sorgo, milheto, algodão, arroz e cana de açúcar. Variáveis biológicas da LCM obtidas de diferentes localidades e plantas hospedeiras apresentam diferenças significativas (Giolo *et al.*, 2002).

Uma mesma geração da LCM pode usar diferentes hospedeiros. Em sistemas de plantio direto, com a dessecação do milheto para o plantio do algodão, as larvas migram para a nova cultura e causam danos expressivos (Degrande *et al.*, 2005). Diferenças significativas na biologia de larvas da LCM desenvolvidas em milho e algodão foram registradas por Miranda e Ferreira (2005). Estes autores verificaram um menor ciclo dos insetos em milho, mas registraram uma fecundidade (n° de ovos/fêmea) de três a cinco vezes maior nos insetos desenvolvidos no algodão. Portanto, estes aspectos são muito importantes para racionalizar o Manejo da Resistência dessa espécie. Embora em condições de campo se tenha registrado resistência ao *Bt* somente para *Plutella xylostella*, seleção artificial em laboratório tem produzido biótipos resistentes em várias espécies de Lepidoptera (Tabashnik, 1994). O manejo da resistência em plantas *Bt* é um assunto que tem sido bastante discutido e revisões periódicas têm sido feitas em vários eventos.

Adaptação da lagarta do cartucho-do-milho (LCM) em diferentes hospedeiros

Vários experimentos foram conduzidos no campo e em laboratório na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG, para avaliar a adaptação da LCM em diferentes hospedeiros alternativos. Em laboratório, comparando vários aspectos da biologia da LCM desenvolvida em seis fenótipos de cada uma das culturas de milho, sorgo e milheto, não foi observada diferença significativa na mortalidade de larvas entre as espécies (Figura 1). Na mortalidade de pupas, não se observou diferença significativa entre o milho e o milheto, mas ela foi menor no sorgo. Entretanto, quando se avaliou o número de insetos normais, no milho ele foi significativamente superior ao do milheto. Adicionalmente, foi registrado que o desenvolvimento da LCM no milho resistente MP 706 foi muito inferior ao observado em qualquer dos outros hospedeiros (Figura 1). Em condições de campo, foi observado que o milheto produz um número significativamente maior de pupas de *S. frugiperda* que o milho, o sorgo, a soja, a braquiária, o amendoim, o algodão e o feijão.

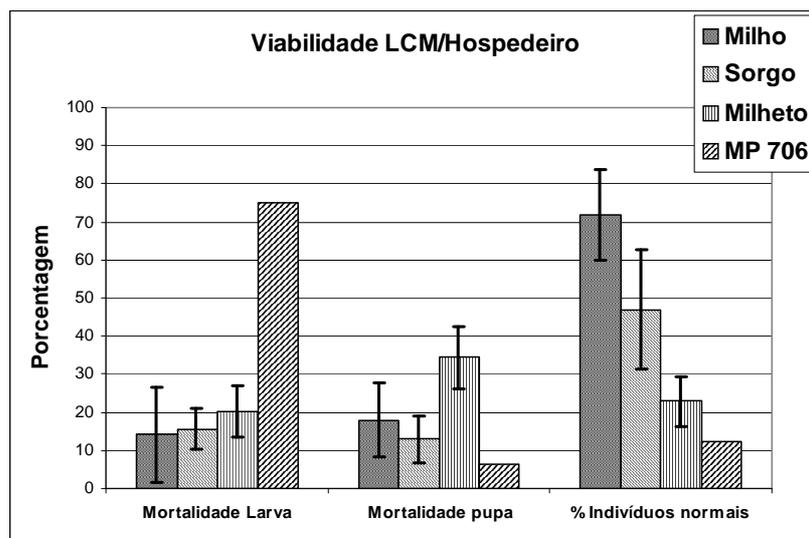


Figura 1. Porcentagem (\pm IC média, 95%) de mortalidade de larvas e pupas da lagarta do cartucho do milho e porcentagem (\pm IC média, 95%) de insetos normais quando as larvas foram alimentadas com folhas de diferentes hospedeiros

Ainda em laboratório, foi avaliada a sobrevivência larval da lagarta do cartucho (LCM). Em todos os tratamentos, tanto a sobrevivência larval inicial como a sobrevivência durante todo o desenvolvimento foi alta, mostrando que todos os hospedeiros utilizados, exceto o fumo, são favoráveis à sobrevivência da lagarta do cartucho (LCM), variando de 84% no milho a 98% na braquiária, (Figura 2). No fumo, a sobrevivência das larvas de primeiro instar foi cerca de 4% e nenhuma conseguiu chegar à fase de pupa. Nos demais hospedeiros, com base no intervalo de confiança das médias, não houve diferença significativa na sobrevivência das larvas de primeiro instar. Como no segundo bioensaio foi utilizada apenas uma larva em cada parcela, não havia repetição para se calcular o intervalo de confiança da porcentagem de sobrevivência dos insetos durante o período larval. Entretanto, nota-se na Figura 2 que a sobrevivência das larvas durante todo o período larval foi semelhante e teve uma boa correlação entre a sobrevivência das larvas de primeiro instar. Portanto, a taxa de sobrevivência das larvas nestes hospedeiros é semelhante e a LCM pode sobreviver em todos eles, com exceção do fumo. Esta espécie deve ser mais bem estudada quanto à adaptação a variedades de *Nicotiana tabacum* para se confirmar esta compatibilidade ou, quem sabe, remover a espécie da lista de hospedeiros de *S. frugiperda*, (Pogue, 1995).

O desenvolvimento larval foi avaliado com base na biomassa de larvas e pupas no período de desenvolvimento larval e na marcha de acúmulo de biomassa. Com base na biomassa larval e no intervalo de confiança da média ($p=0,95$), os insetos alimentados com folhas de soja e na dieta artificial acumularam mais biomassa do que os alimentados nos demais hospedeiros. O menor acúmulo de biomassa foi observado nas larvas desenvolvidas na braquiária. As larvas alimentadas no milho e nos sorgos apresentaram um acúmulo intermediário de biomassa (Figura 3). Na fase de pupa, a maior biomassa foi observada nos insetos alimentados com dieta artificial e a menor nos alimentados com as

folhas de braquiária e de sorgo selvagem. As pupas evoluídas de larvas alimentadas com folhas do milho e do sorgo granífero apresentaram biomassas intermediárias. Na Figura 3, comparando-se as colunas representando a biomassa dos diferentes tratamentos para a fase de larva e de pupa, nota-se uma boa correlação, exceto para a biomassa dos insetos alimentados com folhas de soja. Na soja, foi observada a maior biomassa larval e, na fase de pupa, a maior biomassa foi observada com os insetos desenvolvidos na dieta artificial. Diferenças no acúmulo de biomassa de LCM foram também registradas por Meagher *et al*, (2004) que concluíram que o hospedeiro mais favorável foi o sorgo Sudan e o menos adequado foi a crotalária.

Observou-se pequena variação entre as médias do período larval dos insetos alimentados com os diferentes hospedeiros (Figura 4). Entretanto, com base no intervalo de confiança da média ($p=0,05$), notou-se que o período larval foi maior para os insetos alimentados na dieta artificial e menor nos insetos desenvolvidos no milho e no sorgo selvagem. Nos demais tratamentos, o período larval foi intermediário. Estudando a biologia da LCM sob condições controladas, Penco & Martim (1982) observaram que o período larval variou de 13,1 dias (dieta artificial) a 18,5 dias em *Cyperus esculentus* (L), enquanto que em *Paspalum notatum* (Flügge), em *Eleusine indica* (L) e em *Digitaria sanguinalis* (L) o período larval foi intermediário. Os valores absolutos registrados no presente trabalho estão altos provavelmente em função da temperatura. Os valores relativos mostram que a dieta utilizada talvez não tenha sido tão boa como aquela usada por Penco & Martim (1982).

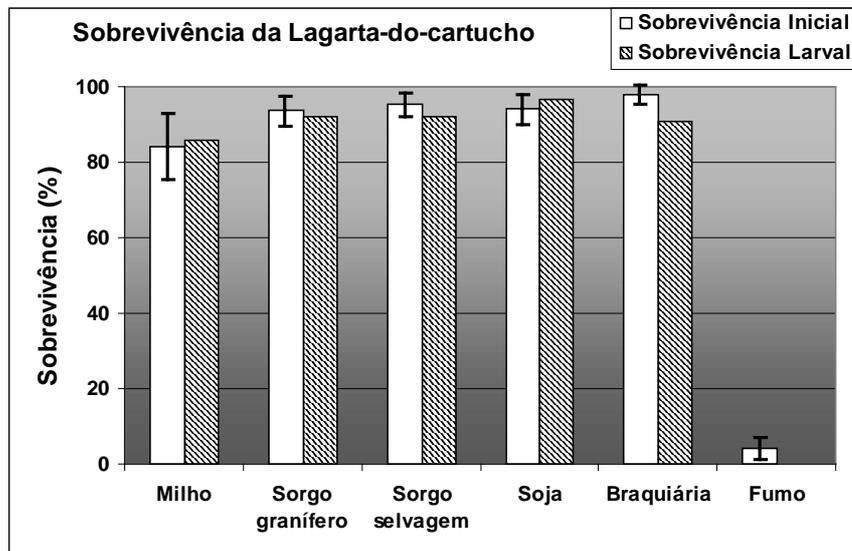


Figura 2. Porcentagem de sobrevivência (\pm intervalo de confiança, $p=0,05$) de larvas recém-eclodidas (sobrevivência inicial) e durante o desenvolvimento larval a partir do segundo dia (sobrevivência larval) da lagarta-do-cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* (Smith), em diferentes hospedeiros alternativos

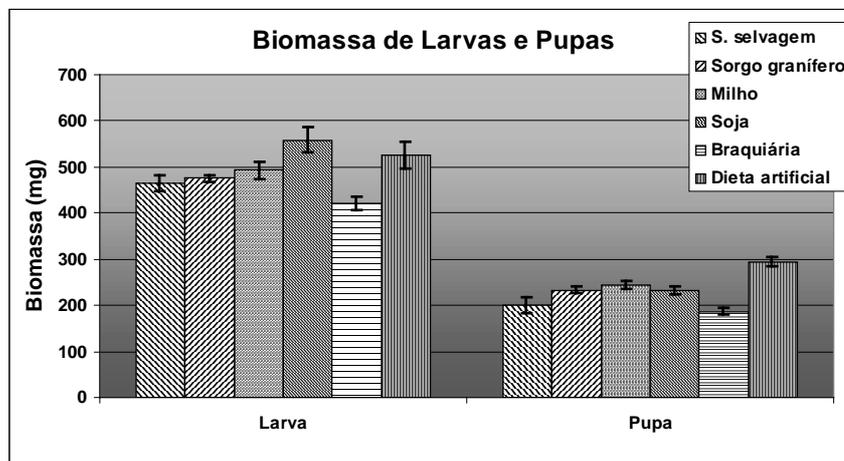


Figura 3. Biomassa de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) alimentadas em diferentes hospedeiros alternativos

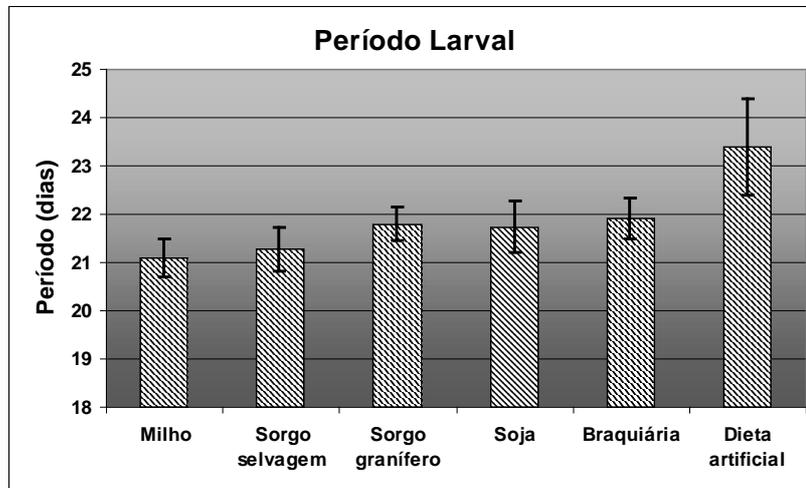


Figura 4. Período larval de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) alimentadas com seções de folhas de diferentes hospedeiros alternativos

Embora as diferenças no período larval tenham sido pequenas, a distribuição das populações por período larval (% da população) mostrou-se um pouco diferente (Figura 5). Penco & Martim (1982) usaram a média do número de dias para completar o ciclo larval; entretanto, neste trabalho não se observou uma distribuição normal para essa variável. Embora a distribuição das larvas desenvolvidas no milho tenha uma melhor aproximação da normal, nos demais hospedeiros a distribuição foi um pouco mais deslocada para os maiores valores do período larval (Figura 5).

Entretanto, nota-se que a moda do período larval dos insetos desenvolvidos na soja, no sorgo granífero, no sorgo forrageiro e na braquiária foi a mesma: 14 dias. A moda do período larval foi diferente apenas para os insetos alimentados no milho (12 dias) e para os desenvolvidos na dieta artificial (16 dias). Portanto, considerando a superposição de geração e larvas eclodidas de posturas feitas em dias diferentes, pode-se inferir que o efeito do hospedeiro no período de desenvolvimento das larvas é irrelevante para a dinâmica populacional da LCM.

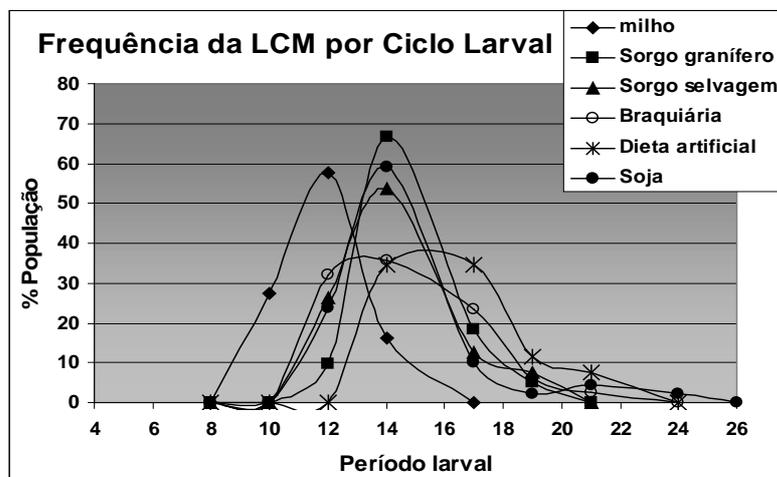


Figura 5. Distribuição de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith), por período larval, alimentadas com seções de folhas de diferentes hospedeiros alternativos

Considerações finais

Os dados disponíveis na literatura referente à biologia e à ecologia da lagarta do cartucho sugerem uma dinâmica populacional com altas taxas de sobreposição de gerações e grande efeito da variação espaço-temporal sobre a abundância de insetos no agroecossistema, principalmente nas regiões tropicais. Em muitas regiões onde se usa um sistema intensivo de produção (safra/safrinha/irrigação), há superposição no ciclo de cultivos em áreas adjacentes e, devido à polifagia da lagarta-do-cartucho, ela tem hospedeiros no campo por quase o ano todo. Considerando que o ciclo biológico desta espécie é muito semelhante nos diferentes hospedeiros, a contribuição dos hospedeiros como área de refúgio para a LCM não pode ser desprezada. Consequentemente, culturas como sorgo, milheto e outras gramíneas cultivadas ou nativas usadas em pastagens contribuem com a produção de indivíduos susceptíveis à toxina do *Bt* na dinâmica populacional da LCM.

Referências bibliográficas

- BUSATO, G. R.; GRUTZMACHER, A. D.; GARCIA, M. S. Consumption and utilization of food by *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) native to different areas in Rio Grande do Sul, from corn and irrigated rice. **Neotropical Entomology**, v.31, n.4, p.525-529, 2002
- CARVALHO, R. P. L. **Danos, flutuação populacional, controle e comportamento de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) e susceptibilidade de diferentes genótipos de milho em condições de campo**. 1970. 170 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba
- CORTEZ, M. G. R.; WAQUIL, J. M. Influência de cultivar e nível de infestação de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) no rendimento do sorgo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 26, p. 407-410, 1997
- CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa, CNPMS, 45 p., 1995. (Embrapa. CNPMS. Circular Técnica, 21)
- CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; VASCONCELOS, C. A. Damage of *Spodoptera frugiperda* (Smith) in different maize genotypes cultivated in soil under three levels of aluminum saturation. **International Journal of Pest Management**, London, v.45, p.293-296, 1999
- CRUZ, I.; WAQUIL, J. M. Pragas da cultura do milho para silagem. In: CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J. (eds.), **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, p.141-207, 2001
- CRUZ, I; VIANA, P.A.; WAQUIL, J.M. **Manejo das pragas iniciais de milho mediante o tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1998. 39P. (EMBRAPA-CNPMS, Circular Técnica, 31)
- CRUZ, J.C.; MONTEIRO, J.A.; SANTANA, D.P.; GARCIA, J.C., BAHIA, F.G.F.T.C., SANS, L.M.A., PEREIRA FILHO, I.A. **Recomendações Técnicas para o cultivo do milho**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – 2.ed. Brasília, 204 p., 1996
- DEGRANDE, P.E.; MELO, E.P.; FERNANDES, M.G. Esporádica Perigosa. **Cultivar Grandes Culturas**: Caderno Técnico Cultivar, n. 72. 2005
- DRÈS, M.; MALLET, J. Host races in plant-feeding insects and their importance sympatric speciation. **Philosophical Transactions: Biological Sciences**, v.357, p.471-492, 2002
- EDWARDS, M.L.; MENDOZA, J.L.H.; RUBIO, A.P. OCHOA, J.M.; GUTIÉRREZ, R.L.; HAMM, J.J.; WISEMAN, B.R. Biological differences between

- five populations of fall armyworm (Lepidop.: Noctuidae) collected from corn in Mexico. **Florida Entomologist**, v.82, p.254-262, 1999
- GIOLO, F. P.; GRUTZMCHER, A.D.; GARCIA, M.S.; BUSATO, G.R. Parâmetros biológicos de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797) (Lep.: Noctuidae) oriundas de diferentes localidades e hospedeiros. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, n. 3, p.219-224, 2002
- LUGINBILL, P. The fall armyworm. **Technical Bulletin of the United States Department of Agriculture**, v. 34, p. 1-91, 1928
- MEAGHER, R.L.; NAGOSHI, R.N.; STUHL, C.; MITCHELL, E.R. Larval development of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on different cover crop plants. **Florida Entomologist**, v. 84, n. 4, p.454-460, 2004
- Miranda, J.E.; Ferreira, A.C.B. Contra Ataque. **Cultivar Grandes Culturas: Caderno Técnico Cultivar**, n.72. 2005
- MURÚA, G.; VIRLA, E. Population parameters of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae) fed on corn and two predominant grass in Tucuman (Argentina). **Acta Zoológica Mexicana**, v. 20, n. 1, p. 199-210, 2004
- PASHLEY, D.P.; SPARKS, T.C.; QUISENBERRY, S.S.; JAMJANYA, T.; DOWD, P.F. Two fall armyworm strains feed on corn, rice and bermuda grass. **Louisiana Agriculture**, v.30, p.8-9, 1987a
- PASHLEY, D.P.; MARTIN, J.A. Reproductive incompatibility between host strains of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v.80, p.731-733, 1987b
- PASHLEY, D.P. Quantitative genetics, development, and physiological adaptation in host strains of fall armyworm. **Evolution**, v.42, p.93-102, 1988
- PENCOE, N.L.; MARTIN, P.B. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larval development and adult fecundity on five grass hosts. **Environmental Entomology**, v.11, n. 3, p. 720-723, 1982
- POGUE, M.G. World *Spodoptera* Database (Lepidoptera: Noctuidae) <http://www.sel.barc.usda.gov/lep/spodoptera/spodoptera.html>, 1995
- SILVA, R. G.; GALVÃO, J. C. C., MIRANDA, G. V.; OLIVEIRA, E. Identificação dos níveis e fontes de resistência aos enfezamentos do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, p. 18-29, 2002
- TABASHNIK, B.E. Evolution of resistance to *Bacillus thuringiensis*. **Annual Review of Entomology**, v. 39, p. 47-79, 1994
- VEENSTRA, K.H.; PASHLEY, D.P.; OTTEA, J.A. Host-plant adaptation in fall armyworm host strains: comparison of food consumption, utilization, and detoxication enzyme activities. **Annals of Entomological Society of America**, v. 88, n.1, p. 80-91, 1995
- WAQUIL, J.M.; VILLELA, F.M.F.; FOSTER, J.E. Resistência do milho (*Zea mays* L.) transgênico (Bt) à lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (LEPIDÓPTERA: NOCTUIDAE). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, n. 3., p. 2-11. 2002
- WAQUIL, J.M. & VILLELA, F.M.F. Gene Bom. **Cultivar: grandes culturas**, n.49, ano V, p. 22-26. 2003
- WAQUIL, J. M. Manejo da Resistência em Insetos Praga. In: PIRES, C.S.S.; FONTES, E.M.G.; SUJII, E.R. **Impacto Ecológico de Plantas Geneticamente Modificadas**. CNPq/Embrapa, Brasília, DF. p. 135-161. 2003
- ZHAO, J.Z.; CAO, J.; LI, Y.; COLLINS, H.L.; ROUSH, R.T.; EARLE, E.; SHELTON, A.M. Transgenic plants expressing two *Bacillus thuringiensis* toxins delay insect resistance evolution. **Nature Biotechnology**, v. 21, n. 12, p. 1493-1497. 2003

**Comunicado
Técnico, 160**

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Milho e Sorgo

Endereço: Rod. MG 424 Km 45 Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3027 1100

Fax: (31) 3027 1188

E-mail: sac@cnpms.embrapa.br

1ª edição

1ª impressão (2008): 200 exemplares

**Comitê de
publicações**

Presidente: Antônio Álvaro Corsetti Purcino
Secretário-Executivo: Paulo César Magalhães
Membros: Andrea Almeida Carneiro, Carlos Roberto Casela, Cláudia T. Guimarães, Clenio Araujo, Flávia França Teixeira, Jurandir Vieira Magalhães

Expediente

Revisão de texto: Clenio Araujo

Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa