

Desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) em Cultivares de Milho em Laboratório



ISSN 1678-2518

Outubro, 2017

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 264

Desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) em Cultivares de Milho em Laboratório

Fabício Oliveira Fernandes
Jéssica Ávila Abreu
Lucas Martins Christ
Jairo Andara Rodrigues Filho
Amanda Martins
Ana Paula Schneid Afonso da Rosa

Embrapa Clima Temperado
Pelotas, RS
2017

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392, Km 78

Caixa postal 403, CEP 96010-971 - Pelotas/RS

Fone: (53) 3275-8100

www.embrapa.br/clima-temperado

www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Comitê de Publicações da Embrapa Clima Temperado

Presidente: *Ana Cristina Richter Krolow*

Vice-Presidente: *Enio Egon Sosinski Junior*

Secretária: *Bárbara Chevallier Cosenza*

Membros: *Ana Luiza Barragana Viegas, Fernando Jackson, Marilaine Schaun Pelufê, Sonia Desimon*

Revisão de texto: *Sabrina D'Ávila (estagiária); Bárbara C. Cosenza (supervisão)*

Normalização bibliográfica: *Marilaine Schaun Pelufê*

Editoração eletrônica: *Fernando Jackson*

Foto de capa: *Paulo Lanzetta*

1ª edição

Obra digitalizada (2017)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Clima Temperado

-
- D451 Desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) em cultivares de milho em laboratório / Fabrício Oliveira Fernandes... [et al.]. - Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017.
35 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Clima Temperado, ISSN 1678-2518 ; 264)

1. *Spodoptera frugiperda*. 2. Lagarta. 3. Praga de planta. 4. Milho. I. Fernandes, Fabrício Oliveira. II. Série.

CDD 632.9

©Embrapa 2017

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	12
Resultados e Discussão	15
Conclusões	26
Referências	27

Desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) em Cultivares de Milho em Laboratório

***Fabrcio Oliveira Fernandes*¹**

***Jéssica Ávila Abreu*²**

***Lucas Martins Christ*³**

***Jairo Andara Rodrigues Filho*³**

***Amanda Martins*³**

***Ana Paula Schneid Afonso da Rosa*⁴**

Resumo

Spodoptera frugiperda (Smith, 1797) é considerada praga chave da cultura do milho. A importância desse inseto não se deve somente aos danos provocados, mas, especialmente, à dificuldade de controle. Com o avanço da biotecnologia e a descoberta do *Bacillus thuringiensis*, houve uma evolução na semeadura de cultivares resistentes e métodos de controle. O objetivo deste trabalho foi realizar estudos dos aspectos biológicos e da tabela de vida e fertilidade de *S. frugiperda* em cultivares de milho convencional e transgênico. O trabalho foi conduzido no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas/Embrapa Clima Temperado. As lagartas de *S. frugiperda* foram alimentadas com as cultivares CruiserTL (Cry1Ab), AttackTL (Cry1Ab), BG 7060 (Convencional), BG 7060 HG (Cry 1F), AG 8025 PRO (Cry1A.105/Cry2Ab2), AG 9045 (Convencional), DKB 390 PRO (Cry1A.105/Cry2Ab2) e Impacto Víptera (VIP3Aa20) e observado o seu desenvolvimento. Os parâmetros biológicos avaliados foram:

¹ Engenheiro-agrônomo, mestrando em Entomologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

² Engenheira-agrônoma, mestranda em Entomologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

³ Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

⁴ Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

duração e viabilidade das fases de lagarta, pré-pupa, pupa, adulto, peso de lagartas no décimo quarto dia e pupas (< 24 horas de idade). Com os dados biológicos foi elaborada a tabela de vida e fertilidade. Para determinação do número de instares foi aplicado o método gráfico, sendo utilizado o modelo linearizado da regra de Dyar. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos, comparadas pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade. Observou-se que a cultivar convencional (BG 7060) e as cultivares expressando a proteína Cry1Ab (AttackTL/Cruiser e Attack TL) proporcionam o desenvolvimento completo de *S. frugiperda*, e a cultivar expressando a proteína VIP3Aa20 (Impacto Víptera) proporciona o menor desenvolvimento larval de *S. frugiperda*, podendo ser utilizada em programas de manejo integrado de pragas.

Termos para indexação: *Zea mays*, *Bacillus thuringiensis*, manejo integrado de pragas, resistência de plantas.

Development of *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) in Maize Cultivars in Laboratory

Abstract

Spodoptera frugiperda (Smith, 1797) is considered key pest of maize. The importance of this insect is not only due to the damage caused, but especially to the difficulty of control. With advances in biotechnology and the discovery of *Bacillus thuringiensis* there was an evolution in cultivars planting and methods of control. The aim of this work was to study the biological and life and fertility table of *S. frugiperda* in conventional and transgenic corn cultivars. The study was conducted in the Laboratory of Integrated Pest Management from Embrapa Temperate Agriculture. The caterpillars of *S. frugiperda* were fed cultivars Cruiser TL (Cry1Ab), Attack TL (Cry1Ab), BG 7060 (Conventional), BG 7060 HG (Cry 1F), AG 8025 PRO (Cry1A.105 / Cry2Ab2), AG 9045 (Conventional), DKB 390 PRO (Cry1A.105 / Cry2Ab2) and Impacto Víptera (VIP3Aa20) and its development was observed. The following biological parameters were evaluated: duration and viability of the caterpillar stages, pre-pupa, pupa, adult and caterpillars weight on the fourteenth day and pupae (<24 hours old). From the biological data life and fertility table. In order to determine the number of instars, graphical method was applied, using the linearized model Dyar. The data were submitted to analysis of variance and treatment means were compared by Tukey test at 1% probability. It was observed that conventional cultivar (BG 7060)

and cultivar expressing Cry1Ab protein (AttackTL / Cruiser and Attack TL) provide the complete development of S. frugiperda, and cultivar expressing the protein VIP3Aa20 (Impact Viptera) provides the lowest larval development of S. frugiperda collected in the lowlands, which may be used in integrated pest management programs.

Index terms: Zea mays, Bacillus thuringiensis, integrated pest management, plant resistance.

Introdução

O complexo agroindustrial brasileiro do milho é estratégico para a economia, pois abastece cadeias produtivas, como avicultura, pecuária e suinocultura na forma de ração que, juntamente com o consumo in natura, é destinada à indústria nacional, sendo que foram produzidas 80 milhões de toneladas na safra 2015/2016 (CÉLERES, 2014).

Nos últimos anos, a produção de milho tem sofrido grandes avanços, consequência das novas tecnologias disponíveis para os agricultores, expansão da produção em áreas tradicionais, e de modificações na forma de condução das lavouras, por exemplo, plantio direto, continuidade do cultivo do milho durante todo o ano, rotação de cultura, aplicações de produtos químicos, especialmente para o controle de pragas, e seleção de novos híbridos adequados ao plantio na safrinha (PINTO et al., 2004).

Toda essa tecnologia tem proporcionado o aumento da produção de grãos. Entretanto, os problemas com insetos têm se agravado a cada safra, pois, a cada ano, empresas de produção de sementes e centros de pesquisa disponibilizam ao mercado dezenas de novas cultivares resistentes; e a grande heterogeneidade desses materiais, em conjunto com as variações dos fatores bióticos e abióticos, influencia o comportamento das cultivares em diferentes regiões (SILOTO, 2002; MARUCCI et al., 2010).

A espécie *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), conhecida como lagarta-do-cartucho, é considerada praga chave da cultura do milho no Brasil, por proporcionar perdas significativas na produção, especialmente pela voracidade das lagartas e pela sua ocorrência durante todo o ciclo da cultura, com capacidade de completar mais de oito gerações por ano em alguns sistemas de produção de cultivos do Brasil (AFONSO-ROSA et al., 2011; BARROS et al., 2010; POGUE, 2002; ROSA et al., 2008).

A importância desse inseto não se deve somente aos danos provocados, mas especialmente à dificuldade de controle, devido à evolução da resistência a diferentes grupos químicos como piretroides (DIEZ-RODRÍGUEZ; OMOTO, 2001), fosforados (CARVALHO et al., 2013) e espinosinas (OKUMA, 2015). Esses fatores colaboram como uso cada vez mais frequente de inseticidas, contribuindo para o aumento dos custos de produção e poluindo o meio ambiente (CRUZ; TURPIN, 1982; LEIDERMAN; SAUER, 1953; MARUCCI et al., 2010).

Com o avanço da tecnologia, novas perspectivas foram vislumbradas, entre elas, o emprego de recursos biotecnológicos baseados na utilização de cultivares transgênicas denominadas de “plantas Bt”, nas quais um ou mais genes introduzidos conferem resistência a uma determinada praga, ou grupo de pragas, e podem, concomitantemente, resultar em benefícios agrônômicos, econômicos e ambientais, podendo ser considerada uma estratégia adicional de controle em programas de manejo integrado de pragas (MIP) (SHELTON et al., 2002; MARTINELLI; OMOTO, 2005).

A bactéria *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) é o principal agente de controle biológico de insetos, principalmente em razão da descoberta de novos isolados com variado espectro de ação (Melo; Azevedo, 1998). O *Bt* é uma bactéria Gram positiva que ocorre naturalmente em diversos habitats e produz cristais de proteínas chamados delta endotoxinas, com propriedades inseticidas específicas. As várias raças atualmente existentes são classificadas com base em seu espectro de ação, suas toxinas e similaridades genéticas (BOUCIAS; PENDLAND, 1998; SILVA-FILHO et al., 2001; KUMAR et al., 2008;). Dentre todas as proteínas, as mais conhecidas e utilizadas são chamadas de proteínas cristal, com a denominação *Cry* e *Vip*, sendo que essas toxinas têm ação específica para formas jovens de alguns insetos das ordens Lepidoptera, Diptera e Coleoptera (MENDES et al., 2008).

Atualmente, são utilizados como bioinseticidas, ou introduzidos os

genes *Bt* codificadores das toxinas nos genomas dos vegetais, criando cultivares resistentes a determinados insetos (SCHNEPF; WHITELEY, 1981).

O que torna as proteínas *Bt* eficientes no controle seguro ao ambiente para o uso é o modo de ação altamente específico, no qual cada proteína apresenta atividade em organismos que possuam sítios de ligação em seu trato digestivo aos quais possam se aderir, desencadeando o processo que começa pela inibição da ingestão e da absorção dos alimentos, o que resulta na evolução dos sintomas, e ruptura das células da parede do tubo digestivo, provocando a morte (CARNEIRO et al., 2009; KUMAR et al., 2008).

O uso de plantas *Bt* a insetos-pragas é provavelmente o método mais desejável e ecologicamente adequado para o seu controle, por manter a população desses organismos abaixo do nível de dano econômico, sem causar danos ou distúrbios ao meio ambiente e, ainda, sem trazer ônus adicional ao produtor rural. Além disso, a facilidade de utilização, a não interferência nas demais práticas culturais e o fato de normalmente apresentarem compatibilidade com outros métodos de controle como físico, biológico, químico, dentre outros, torna esta técnica adequada para ser incorporada em programas de manejo integrado de pragas (VENDRAMIM; NISHIKAWA, 2001).

Atualmente, no Brasil, estão disponíveis 12 eventos de milho transgênico: Yieldgard® (Cry1Ab), Agrisure TL® (Cry1Ab), Herculex® (Cry1F), Viptera™ (Vip3Aa20), VT PRO™ (Cry1A.105+Cry2Ab2), PowerCore™; VT Pro Max® (Cry1A.105+Cry1F+Cry2Ab2), Viptera 3® (Cry1A.105+Cry2Ab2+Cry3Bb1), Herculex® Xtra (Cry1F+Cry34Ab1+Cry35Ab1) e Leptra® (Cry1Ab+Cry1F+Vip3Aa20) (CTNBio, 2016). No entanto, a grande disponibilidade de materiais de milho levou a um cultivo intensivo, que acabou por contribuir para a evolução da resistência de *S. frugiperda* a essas tecnologias, principalmente as tecnologias *Bt* que expressam as proteínas Cry1F e

Cry1Ab (FARIAS et al., 2016; OMOTO et al., 2016).

A utilização de eventos com uma proteína Bt, além do problema causado isoladamente, também tem impactado negativamente a sustentabilidade das tecnologias piramidadas com a proteína Cry1 (resistência cruzada). De acordo com Bernardi et al. (2015), a ocorrência de resistência à Cry1F em *S. frugiperda*, em todo o Brasil, e a resistência cruzada à Cry1Ab e Cry1A.105 indicam que os híbridos de milho atuais com base em Cry1 enfrentam um desafio no manejo de *S. frugiperda*.

Levando-se em consideração a problemática apresentada, e visando fornecer subsídios que contribuam para o manejo integrado de pragas, quanto à obtenção de fontes de resistência, foram realizados estudos dos aspectos biológicos e da tabela de vida e fertilidade da lagarta-do-cartucho em cultivares de milho, visando gerar informações que propiciem a maximização das estratégias de manejo de supressão populacional para essa praga.

Materiais e Métodos

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Terras Baixas, localizado no município de Capão do Leão/RS.

As cultivares de milhos comerciais adquiridas no mercado e utilizadas foram: AttackTL/Cruiser (Cry1Ab), AttackTL (Cry1Ab), BG7060 (Convencional), BG7060YG (Cry1Ab), AG8025 PRO (Cry1A.105/Cry2Ab2), AG9045 PRO2 (Cry1A.105/Cry2Ab2), Impacto Viptera (VIP3Aa20) e DKB 390 PRO (Cry1A.105/Cry2Ab2), que foram semeadas em casa de vegetação, em baldes plásticos com capacidade de 20 L, com o substrato natural (West Garden), sendo o manejo da cultura realizado de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho (REUNIÃO, 2013).

As lagartas de *S. frugiperda* utilizadas para a montagem dos experimentos foram provenientes da criação de manutenção do laboratório em dieta artificial (GREENE et al., 1976), estabelecida a partir de insetos coletados (lagartas) em lavouras de milho convencional, na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado. Para cada cultivar foram individualizadas, com pincel de ponta fina, 110 lagartas de *S. frugiperda* recém-eclodidas (< 24 horas de idade), em tubos de vidro fundo chato (2,5 cm de diâmetro x 8,0 cm de altura) esterilizados. Posteriormente, em cada tubo foi colocado um pedaço central de folha de milho (V4-V6) proveniente das plantas cultivadas em casa de vegetação, servindo de dieta natural para o desenvolvimento das lagartas. Da mesma forma, em cada tubo foi colocado um pedaço de papel filtro umedecido ($\pm 12 \text{ cm}^2$) em água destilada para manter a umidade interna dos tubos e tamponados com algodão hidrófugo (PARRA, 2001). Após a inoculação das lagartas, os tubos foram mantidos em câmara climatizada à temperatura de $25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas. Diariamente, o alimento e o papel filtro foram trocados por material novo, seguindo esse procedimento até as lagartas atingirem o estágio de pré-pupa, quando houve interrupção da alimentação.

Durante a fase de pupa, foi realizada a separação por sexo, seguindo-se a metodologia proposta por Butt e Cantu (1962), e a pesagem das pupas (até 24 horas de idade) (MENDES et al., 2008) que foram mantidas individualmente em tubos de vidro fundo chato (2,5 cm de diâmetro x 8,0 cm de altura) contendo um pedaço de papel filtro umedecido até a emergência dos adultos. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, considerando-se cada inseto (lagarta) uma repetição.

Após a emergência, os adultos foram individualizados por casais provenientes de cada tratamento (cultivares), com diferença de até 48 horas de emergência, em gaiolas cilíndricas de PVC com tamanho de

10 cm de diâmetro por 20 cm de altura, revestidas internamente com papel ofício, que serviram de substrato de oviposição, e fechadas na parte superior com um tecido tipo voile. Os adultos foram alimentados com solução de mel a 10% fornecidos por capilaridade, através de roletes de algodão hidrófilo mergulhados em recipientes de vidro e trocados a cada dois dias. Diariamente, os ovos foram retirados e contados com o auxílio de um microscópio estereoscópico (aumento de 25 vezes).

Os parâmetros biológicos avaliados foram: duração (dias) e viabilidade (%) das fases de lagarta, pré-pupa, pupa, adulto, peso (mg) de lagartas no décimo quarto dia e pupas; razão sexual, período de pré-oviposição, fecundidade diária (número de ovos/dia) e longevidade (dias) de machos e fêmeas de *S. frugiperda*. Posteriormente, foi montada a tabela de vida e fertilidade seguindo a metodologia proposta por Silveira Neto et al. (1976), na qual foram calculados o intervalo médio de idade (\bar{x}); fertilidade específica (m_x) e (l_x) taxa de sobrevivência durante o estágio x . A partir dos dados gerados, foram avaliados dos seguintes parâmetros: taxa líquida de reprodução (R_0), o intervalo de tempo entre cada geração (T), capacidade inata de aumentar em número (r_m), e o número de indivíduos adicionados à população, por fêmea, por dia, que deram origem a fêmeas (λ).

Para determinação do número de instares, foi utilizado o método gráfico, sendo as hipóteses formuladas e testadas no modelo linearizado da regra de Dyar (DYAR, 1890), através do software Mobae (Modelos Bioestatísticos para a Entomologia) (HADDAD et al., 1995).

Devido à heterogeneidade de variâncias (Teste de Hartley), dados de duração e peso de pupas foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (Teste F), e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey, a 1% de probabilidade.

Resultados e Discussão

As cultivares expressando a proteína Cry1Ab (AttackTL/Cruiser e AttackTL) e convencional (BG7060) proporcionaram o desenvolvimento de todas as fases de *S. frugiperda* (Tabela 1).

Para a fase de lagarta, foi observada variação para a duração do período, na qual AttackTL e BG7060 apresentaram 23,7 e 21,1 dias, respectivamente, diferindo das demais cultivares. Em um segundo grupo, destacou-se AttackTL/Cruiser, AG9045 PRO2 e DKB 390 PRO, com duração de 16,9, 14,6 e 13,9 dias, respectivamente. Para as demais cultivares expressando as proteínas Cry1Ab (BG7060 YG), CryCry1A.105/Cry2Ab2 (AG8025 PRO) e VIP3Aa20 (Impacto Víptera), embora tenha havido desenvolvimento inicial, a viabilidade foi muito baixa (Tabela 1).

De acordo com Mendes e Waquil (2009), dentro do mesmo grupo de insetos, a atividade de cada toxina é diferenciada. A toxina Cry1Ab tem atividade sobre lepidópteros praga do milho e apresenta alta especificidade a esse grupo, embora, estudos toxicológicos revelem diferenças significativas em nível de toxicidade para cada espécie. Esse fato foi verificado nos cultivares expressando Cry1Ab (AttackTL/Cruiser, AttackTL e BG7060 YG), em que *S. frugiperda* se desenvolveu em duas das três cultivares (Tabela 1), embora a proteína expressa seja a mesma, parte dessa baixa eficiência pode ser explicada pela interação entre a cultivar utilizada e o gene presente. Waquil et al. (2002) estudaram a eficiência de nove híbridos de milho geneticamente modificados com expressão das toxinas Cry1Ab, Cry1Ac, Cry9C, Cry1F e nos EUA. Os autores observaram diferentes níveis de resistência dos híbridos a *S. frugiperda*, e os que expressavam as toxinas Cry1F, Cry1Ab, Cry1Ac e Cry9C foram considerados altamente resistente, resistente, moderadamente resistente e suscetível, respectivamente.

Estudos conduzidos por Omoto et al. (2016) indicaram haver

moderada suscetibilidade de *S. frugiperda* à proteína Cry1Ab; os parâmetros biológicos de lagartas alimentadas com o evento MON 810 (Cry 1Ab) foram diferentes aos observados em milho não Bt, sendo observado por esses autores atraso no desenvolvimento de lagartas alimentadas com a proteína Cry1Ab. Também devido à proteína Cry1Ab foi observada assincronia na emergência de adultos, o que, em condições de campo, poderia eliminar o acasalamento aleatório de insetos oriundos do refúgio e do milho *Bt*.

Hardke et al. (2011) também observaram alta sobrevivência das lagartas de terceiro instar de *S. frugiperda* (88,9%), ao se alimentar do híbrido expressando a proteína Cry 1Ab, indicando a baixa eficiência da proteína para controle do inseto. Embora o evento MON 810 tenha contribuído para o manejo da resistência de *S. frugiperda*, é necessário ressaltar que esse é um evento de moderada dose para este inseto (OMOTO et al., 2016). De acordo com Roush (1994), essa característica permite a sobrevivência de indivíduos heterozigotos, reduzindo a efetividade do refúgio.

Em estudos de resistência cruzada, avaliando-se as proteínas Cry1Ab (MON 810), Cry1F (TC1507), Cry1A.105 (Cry1A-P), Cry2Ab2 (Cry2A-P), Bernardi et al. (2015) também observaram que evento que expressa Cry1Ab (MON 810) foi o único que proporcionou sobrevivência da fase de lagarta (61,6%), devido à conhecida atividade mais baixa de Cry1Ab (MON 810) contra *S. frugiperda*, já também observada por Waquil et al. (2013). Estudos desenvolvidos por Aranda et al. (1996) mostraram que Cry1Ab apresenta baixa afinidade com tecidos do intestino médio de *S. frugiperda*, resultando numa baixa suscetibilidade a essa proteína *Bt*. Lagartas de *S. frugiperda* também mostram uma degradação mais rápida da proteína Cry1Ab do que espécies mais susceptíveis (MIRANDA et al., 2001).

Em relação aos cultivares BG 7060YG, AG 8025 PRO, AG 9045 PRO2 e Impacto Viptera, os insetos não completaram o desenvolvimento

larval, devido ao efeito das proteínas (alta dose), ou até mesmo algum fator que reduziu a digestibilidade e assimilação dos alimentos (Tabela 1). Em estudos conduzidos por Bernardi et al. (2016b) utilizando a proteína Vip3Aa20, a população considerada como resistente teve dez dias de sobrevivência larval, originando pupas e adultos normais, no entanto, com menor número de ovos e neonatos que o milho não *Bt*. A população suscetível não sobreviveu, indicando que a resistência é recessiva e a expressão na planta da proteína Vip3Aa20 atende ao conceito de alta dose de resistência. Da mesma forma, estudos conduzidos por Miraldo et al. (2016) evidenciaram que uma pequena exposição de lagartas de *S. frugiperda* é suficiente para produzir uma parada de desenvolvimento do inseto, sugerindo que essa espécie, no Brasil, ainda é bastante suscetível à proteína Vip3Aa20.

Segundo Duton et al. (2015), as larvas nos primeiros instares são mais sensíveis às toxinas *Bt* em razão das alterações na atividade específica de proteases no intestino. Estudos conduzidos por Keller et al. (1996) evidenciaram, mediante análise do conteúdo intestinal de *Spodoptera littoralis*, a alta atividade proteolítica que é capaz de degradar completamente a proteína Cry1C, indicando ser esse um dos fatores envolvidos na resistência.

Entre as cultivares convencionais e transgênicas estudadas por Moraes et al. (2015), os autores observaram, entre as convencionais, que o híbrido Maximus se destacou positivamente, apresentando a menor nota de dano a partir dos 45 DAS, diferindo dos demais híbridos convencionais em duas localidades em São Paulo. Uma das hipóteses levantadas pelos autores é que esse pode ser um indicativo de resistência por não preferência para alimentação nesse híbrido em relação à lagarta-do-cartucho, ou seja, esse genótipo apresenta sinais de ser menos utilizado pelo inseto para alimentação do que os demais genótipos convencionais de milho. Resultados muito diferentes foram observados nesse trabalho para a cultivar BG7060 (cultivar convencional), que proporcionou completo desenvolvimento de *S. frugiperda* (Tabela 1).

As cultivares BG 7060YG, AG 8025 PRO e Impacto Viptera apresentam os melhores resultados no controle de *S. frugiperda* (BERNARDI et al., 2016a; HORIKOSHI et al., 2016; MIRALDO et al., 2016; MORAES et al., 2015).

No caso da cultivar DKB 390 PRO, houve o desenvolvimento da fase larval em 13,9 dias com apenas 3,63% de viabilidade (Figura 1), no entanto, sem completar o desenvolvimento (Tabela 1). Mendes et al. (2008) relatam que nas plantas *Bt*, mesmo onde há sobrevivência inicial de lagarta-do-cartucho, o dano não evolui ao seu nível de dano significativo, ou seja, aquele que ultrapassa nota 3 em uma escala variando de 0 a 5 (DAVIS et al., 1992).

Segundo Irac-BR (2016), as proteínas inseticidas são expressas durante todo o período de desenvolvimento e reprodução da planta, e, devido às pragas permanecerem constantemente sobre pressão de seleção, bem como ao manejo incorreto no campo, como a não utilização de refúgio, pode ocorrer a seleção de indivíduos resistentes às cultivares transgênicas, os quais conseguem sobreviver à toxina expressa pela planta *Bt*, deixando descendentes viáveis para a perpetuação da espécie.

Estudos conduzidos por Bernardi et al. (2016a,b), avaliando a atividade biológica de proteínas *Bt* expressas em diferentes estruturas de milho contra *S. frugiperda*, mostraram que, nos estilo-estigmas e grãos de milho YieldGard VT PRO™ (Cry1A.105/Cry2Ab2) e PowerCore™ (Cry1A.105/Cry2Ab2/Cry1F), a atividade dessas proteínas é baixa, podendo haver contribuição para a evolução da resistência em populações de lagarta-do-cartucho, pois permite a sobrevivência de indivíduos heterozigotos nas estruturas reprodutivas, favorecendo um aumento na frequência desses insetos. Além disso, a alta probabilidade de resistência cruzada entre Cry1F e Cry1A.105, que compartilham o mesmo local de ligação, também contribui para a evolução da resistência (HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ et al., 2013).

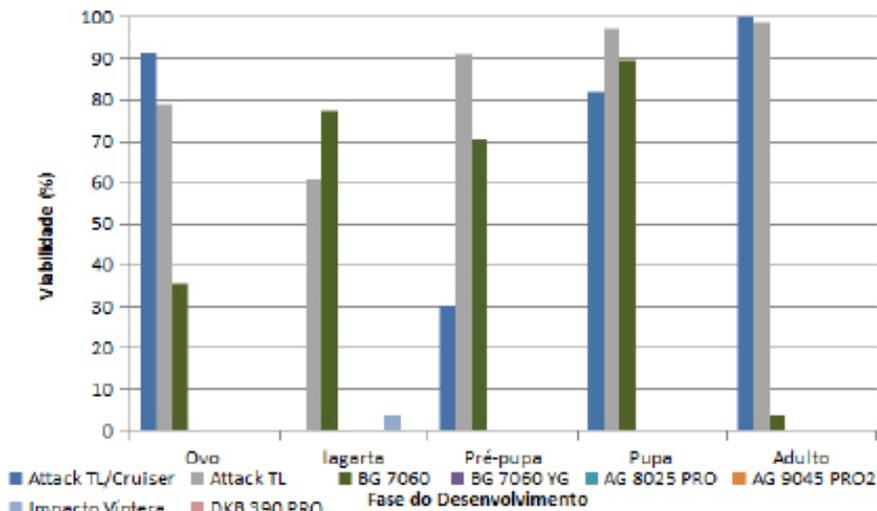


Figura 1. Viabilidade (%) das fases de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com milho convencional e transgênico em laboratório.

Tabela 1. Duração (dias) das fases de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com milho convencional e transgênico em laboratório.

Cultivares	Ovo	Lagarta	Pré-pupa	Pupa	Adulto	Ciclo total
Attack TL/ Cruiser	4,2± 0,37 B	16,9± 0,92 B	1,4± 0,12 B	11,0± 0,27 A	12,6± 1,73 A	46,1
Attack TL	4,9± 0,46 B	23,7± 0,50 A	1,5± 0,07 B	11,3± 0,33 A	14,6± 0,94 A	56,0
BG 7060	9,2± 1,6 A	21,1± 0,67 A	3,0± 0,19 A	6,8± 0,55 B	8,0± 0,41 B	48,1
BG 7060 YG	-	2,0± 0,01 C	-	-	-	-
AG 8025 PRO	-	5,9± 0,20 C	-	-	-	-
AG 9045 PRO2	-	14,6± 1,51 B	-	-	-	-
Impacto Viptera	-	4,8± 0,13 C	-	-	-	-
DKB 390 PRO	-	13,9± 0,92 B	2,8± 0,63 A	-	-	-
CV (%)	48,13	57,42	37,45	19,44	55,95	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey, ao nível de 1% de probabilidade. CV= coeficiente de variação.

O peso das lagartas de *S. frugiperda*, no décimo quarto dia, apresentou diferença significativa entre os cultivares (Tabela 2). Os cultivares AttackTL/CruiserTL, DKB 390 PRO e AttackTL foram os que apresentaram as maiores médias de peso de lagartas, sendo 0,127 g; 0,141 g; e 0,184 g, respectivamente. Logo abaixo, sem diferir significativamente entre si, estão os AG 9045 PRO2 e BG 7060, com 0,008 g e 0,007 g, respectivamente. Em relação ao peso de pupas, não foi verificada diferença significativa entre os cultivares (Tabela 2). Viana e Potenza (2000) verificaram que, apesar do maior consumo de alimento das lagartas mantidas no genótipo de milho CMS 14C (convencional), houve aumento do ciclo biológico, redução de massa, de comprimento e de largura da cápsula cefálica da lagarta, indicando que o mecanismo envolvido pode ser antibiose. O mesmo foi verificado neste trabalho, no qual as cultivares BG 7060 e AG 9045 PRO2, apesar de terem proporcionado o desenvolvimento da fase larval de *S. frugiperda*, promoveram menor peso de lagartas.

Tabela 2. Peso (g) de lagartas e pupas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com milho convencional e transgênico em laboratório.

Cultivares	Attack TL/ Cruiser	Attack TL	BG 7060	AG 9045 PRO2	DKB 390 PRO	CV %
Lagarta	0,127 ± 0,013B	0,184 ± 0,008A	0,007 ± 0,001C	0,008 ± 0,001C	0,141 ± 0,012AB	41,11
Pupa	0,100 ± 0,003A	0,111 ± 0,003A	0,117 ± 0,013A	.*	-	62,24

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey, ao nível de 1% de probabilidade. CV= coeficiente de variação.

*Não atingiu a fase de pupa.

Em relação à tabela de vida, observou-se que a taxa líquida de reprodução (R_0), ou seja, a capacidade da população aumentar em número a cada geração, foi de 155,86 vezes para insetos alimentados com a cultivar AttackTL/Cruiser; 20,56 vezes com a cultivar Attack TL; e 0,7 vez para a cultivar BG 7060 (Tabela 3), podendo essa última cultivar, nas condições em que o trabalho foi conduzido, ser considerada a menos adequada para o desenvolvimento da lagarta-

do-cartucho. Embora as lagartas tenham se desenvolvido bem na cultivar BG 7060, o número de insetos que chegou à fase adulta foi baixo (3,5%) (Figura 1). Isso resultou na baixa capacidade desses indivíduos de aumentar a população, no entanto, cabe ressaltar que esses resultados foram obtidos em laboratório; a campo, a viabilidade poderá ser maior. Quando o alimento é adequado e/ou o inseto é adaptado às condições do meio, como é o caso de biótipos de *S. frugiperda*, os resultados para tal parâmetro são maiores, como os obtidos por Busato et al. (2004), que obtiveram uma taxa líquida de reprodução de 361,5 para a população de *S. frugiperda* alimentada com milho, e de 504,6 em populações alimentadas com arroz.

Quanto à duração média de uma geração (T), as cultivares apresentaram 5,2 dias no cultivar AttackTL/Cruiser; 38,54 dias no cultivar Attack e 53,9 dias no cultivar BG 7060 (Tabela 3). Esses resultados se aproximam aos encontrados por Rosa et al. (2012), segundo os quais lagartas de *S. frugiperda* alimentadas com linhagens de milho M89420 e M89374 apresentaram, respectivamente, 37,3 e 60,1 dias.

A taxa intrínseca de crescimento r_m foi de 0,24, 0,01 e 0,01, para insetos alimentados com os cultivares AttackTL/Cruiser, AttackTL e BG 7060, respectivamente, e a taxa finita de aumento (λ) e/ou taxa de crescimento diário da população foi de 1,28, 1,01 e 0,99 (Tabela 3). Esses resultados se assemelham aos encontrados por Rosa et al. (2012), os quais verificaram que a taxa intrínseca de crescimento para *S. frugiperda* alimentadas com as linhagens de milho M89287 e M89420 foi de 0,02755 e 0,06455, respectivamente, e a taxa finita de aumento (λ) e/ou taxa de crescimento diário da população para os mesmos materiais foi de 1,02 a 1,06.

Tabela 3. Taxa líquida de reprodução (R_0), duração média de uma geração (T), capacidade inata de aumentar em número (r_m) e razão finita de aumento (λ) de *Spodoptera frugiperda*, em cultivares de milho em laboratório.

Cultivares	R_0	T	r_m	λ
AttackTL/ Cruiser	155,86	5,20	0,24	1,28
AttackTL	20,56	38,37	0,01	1,01
BG 7060	0,70	53,90	0,01	0,99

Por meio do método gráfico e do teste de hipóteses, estimou-se que o número de instares variou de acordo com o alimento ingerido, sendo observado para a cultivar AttackTL/Cruiser e AttackTL seis instares (Figura 2 e 3) e quatro instares para BG 7060 (Figura 4). Para as demais cultivares, embora os insetos não tenham completado o ciclo, observou-se a mudança de instar, sendo observados cinco instares BG 7060YG (Figura 5), três instares para DKB 390 PRO2 (Figura 6) e um instar para insetos alimentados com milho Impacto Viptera (Figura 7).

Esta variação pode ocorrer devido à qualidade nutricional das cultivares, visto que os insetos responderam de forma diferenciada, provavelmente a algum fator de influência na digestibilidade e assimilação do alimento consumido (SCRIBER; SLANSKY JUNIOR, 1981), podendo a toxina do *Bt* ou propriedades nutricionais terem prolongado ou interrompido as fases de desenvolvimento do inseto.

Dutton et al. (2005) encontraram um prolongamento do período de desenvolvimento de *S. littoralis* quando as lagartas foram mantidas em milho *Bt*, o que indica que a exposição contínua à toxina tem efeito crônico sobre a espécie.

Esses aspectos devem ser avaliados no âmbito do manejo integrado de pragas, pois os insetos sobreviventes têm seu desenvolvimento comprometido, apresentam maior duração da fase larval, e, conseqüentemente, são mais vulneráveis a outros fatores de mortalidade, sejam bióticos e abióticos.

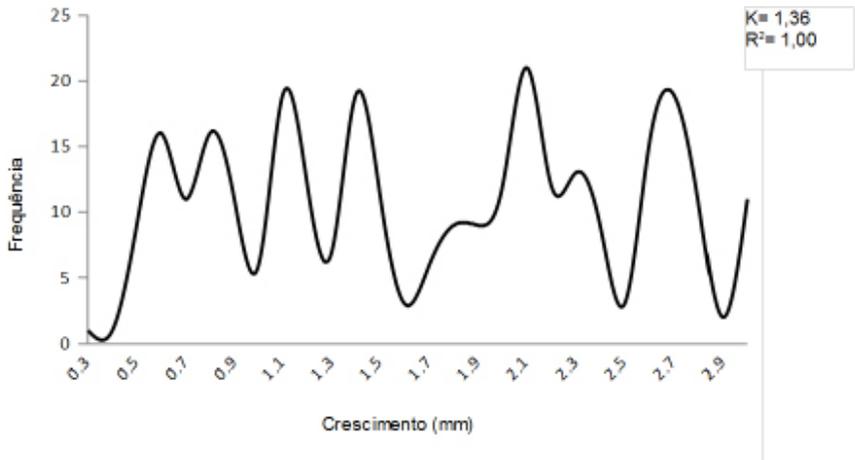


Figura 2. Distribuição de frequência das medidas de cápsula cefálica em mm de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com o cultivar AttackTL/Cruiser. As setas indicam os instares. Razão de crescimento (K), coeficiente de determinação (R^2).

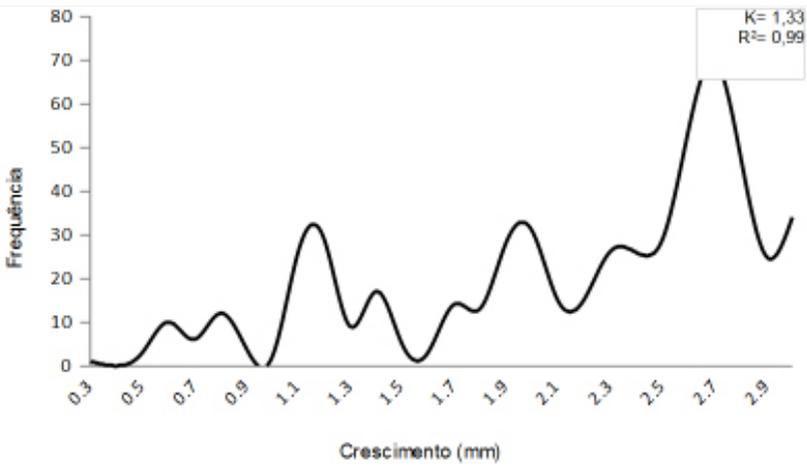


Figura 3. Distribuição de frequência das medidas de cápsula cefálica em mm de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com a cultivar AttackTL. As setas indicam os instares. Razão de crescimento (K), coeficiente de determinação (R^2).

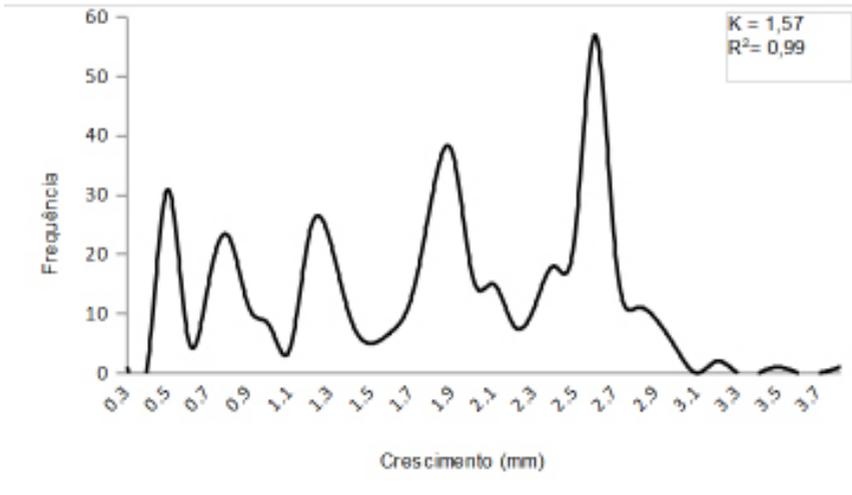


Figura 4. Distribuição de frequência das medidas de cápsula cefálica em mm de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com a cultivar BG 7060. As setas indicam os instares. Razão de crescimento (K), coeficiente de determinação (R^2).

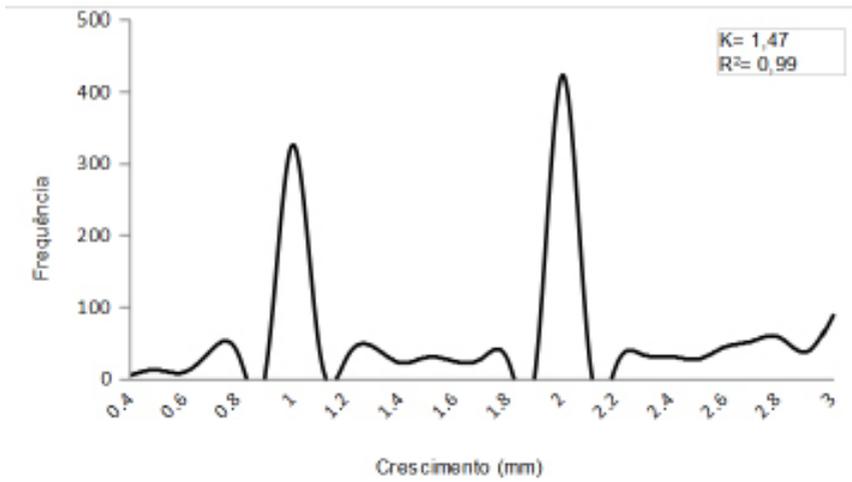


Figura 5. Distribuição de frequência das medidas de cápsula cefálica em mm de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com a cultivar BG 7060 YG. As setas indicam os instares. Razão de crescimento (K), coeficiente de determinação (R^2).

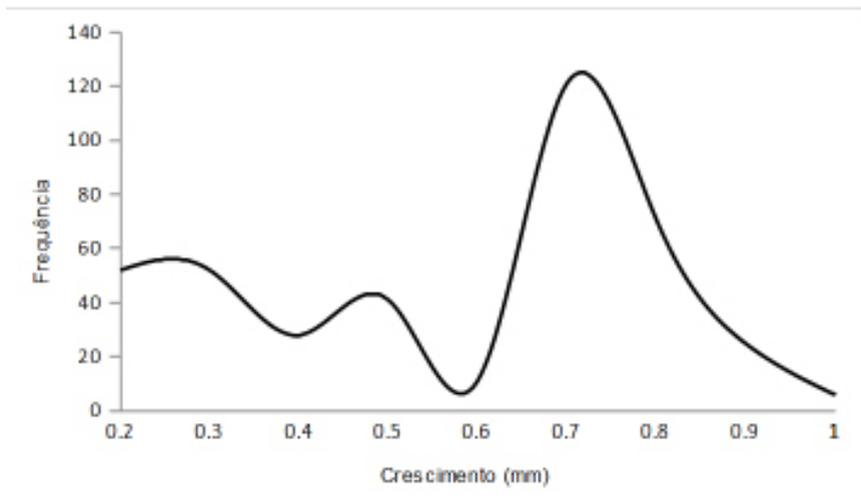


Figura 6. Distribuição de frequência das medidas de cápsula cefálica em mm de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com a cultivar DKB 390 Pro. As setas indicam os instares. Razão de crescimento (K), coeficiente de determinação (R^2).

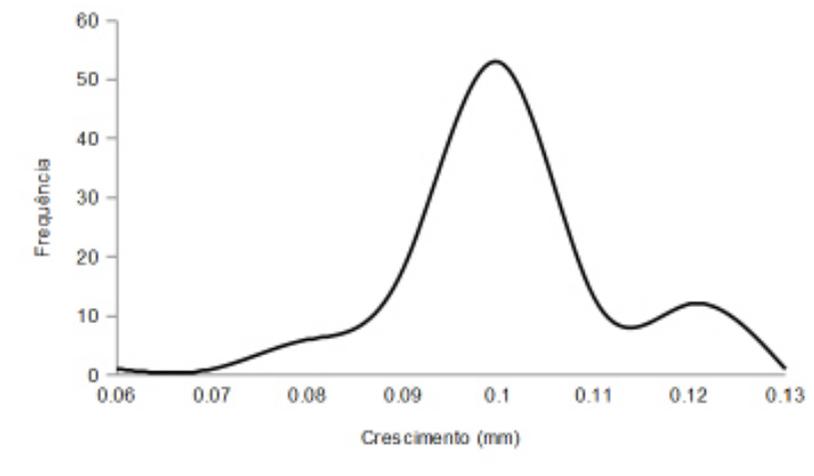


Figura 7. Distribuição de frequência das medidas de cápsula cefálica em mm de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com a cultivar Impacto viptera. As setas indicam os instares.

Conclusões

A cultivar convencional (BG 7060) e as cultivares expressando a proteína Cry1Ab (AttackTL/Cruiser e AttackTL) proporcionam o desenvolvimento completo de *Spodoptera frugiperda*, sob as condições em que foram realizados os testes, evidenciando que os plantios de cultivares que expressam essa proteína podem ser comprometidos na presença da lagarta-do-cartucho.

Referências

AFONSO-ROSA, A. P. S.; MARTINS, J. F. S.; TRECHA, C. O. Avaliação de danos da lagarta-do-cartucho à cultura do milho com base no monitoramento de plantas atacadas em três safras agrícolas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 17, p. 21-27, 2011.

ARANDA, E.; SANCHEZ, J.; PEFEROEN, M.; GÜERECA, L.; BRAVO, A. Interactions of *Bacillus thuringiensis* crystal proteins with the midgut epithelial cells of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Invertebrate Pathology**, Orlando, v. 68, p. 203–212, 1996.

BARROS, E. M.; TORRES, J. B.; BUENO, A. F. Oviposition, development and reproduction of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) fed on different hosts of economic importance. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 39, n. 6, p. 996-1001, 2010.

BERNARDI, D. ; BERNARDI, O. ; HORIKOSHI, R. J. ; SALMERON, E. ; OKUMA, D. M. ; OMOTO, C. Biological activity of Bt proteins expressed in different structures of transgenic corn against *Spodoptera frugiperda*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, p. 1019-1024, 2016a.

BERNARDI, O.; BERNARDI, D.; HORIKOSHI, R. J.; OKUMA, D. M.; MIRALDO, L. L.; FATORETTO, J.; MEDEIROS, F. C. L.; BURD, T.; OMOTO, C. Selection and characterization of resistance to the Vip3Aa20 protein from *Bacillus thuringiensis* in *Spodoptera frugiperda*. **Pest Management Science**, New Jersey, v. 72, p. 1794-1802, 2016b.

BERNARDI, D.; SALMERON, E.; HORIKOSHI, R. J.; BERNARDI, O.; DOURADO, P. M.; CARVALHO, R. A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; OMOTO, C. Cross-Resistance between Cry1 proteins in fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) may affect the durability of current pyramided Bt maize hybrids in Brazil. **Plos One**, San Francisco, v. 10, n. 10, p. 1-15, 2015.

BOUCIAS, D. G.; PEDLAND, J. C. **Principles of insect pathology**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998. 537 p.

BUSATO, G. R.; GRÜTZMACHER, A. D.; GARCIA, M. S.; GIOLLO, F. P.; ZOTTI, M. J.; MAGALHÃES, T. R. Tabela de vida de fertilidade de populações de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em folhas de milho e arroz irrigado. **Revista Brasileira de Agrobiologia**, Pelotas, v. 10, n. 4, p. 449-455, 2004.

BUTT, B. A.; CANTU, E. **Sex determination of lepidopterous pupae**. Washington: USDA, 1962. 7 p.

CARNEIRO, A. A.; GUIMARÃES, C. T.; VALICENTE, F. H.; WAQUIL, J. M.; VASCONCELOS, M. J. V.; CARNEIRO, N. P.; MENDES, S. M. **Milho Bt: Teoria e prática da produção de plantas transgênicas resistentes a insetos-praga**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 26 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 135).

CARVALHO, R. A.; OMOTO, C.; FIELD, L. M.; WILLIAMSON, M. S.; BASS, C. Investigating the molecular mechanisms of organophosphate and pyrethroid resistance in the fall armyworm *Spodoptera*

frugiperda. **Plos One**, San Francisco, v. 8, n. 4, e62268, 2013.

CÉLERES. **Informativo Biotecnologia**, IB14, Uberlândia, 2014. Disponível em: <<http://www.celeres.com.br/wp-content/uploads/2016/12/milho1612.png>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1995. 45 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 21).

CRUZ, I.; TURPIN, F.T. Efeitos da *Spodoptera frugiperda* em diferentes estádios de crescimento da cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 3, p. 355-359, 1982.

CTNBio (Comissão Técnica Nacional de Biossegurança). **Liberações comerciais**. Disponível em: <<http://ctnbio.mcti.gov.br/liberacao-comercial#/liberacao-comercial/consultar-processo>>. Acesso em: 25 set. 2016.

DAVIS, F. M.; NG, S.; WILLIAMS, W. P. **Visual rating scales for screening whole-stage corn resistance to fall armyworm**. Mississippi: Mississippi State University, 1992. 9 p. (Technical Bulletin, 186).

DIEZ-RODRIGUEZ, G. I.; OMOTO, C. Herança da resistência de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a lambda-dialotrina. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, p. 311-316, 2001.

DUTTON, A.; ROMEIS, J.; BIGLER, F. Effects of Bt maize expressing *Cry1Ab* and Bt spray on *Spodoptera littoralis*. *Entomologia Experimentalis Applicata*. **Hoboken**, v. 114, p. 161-169, 2005.

DYAR, H. G. The number of molts of lepidopterous larvae. **Psyche**, Cambridge, v. 5, p. 420-422, 1890.

FARIAS, J. R.; ANDOW, D. A.; HORIKOSHI, R. J.; BERNARDI, D.; RIBEIRO, R. S.; NASCIMENTO, A. R. B.; SANTOS, A. C.; OMOTO C. Frequency of Cry1F resistance alleles in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Pest Management Science**, New Jersey, v. 72, p. 2295–2302, 2016.

GREENE, G. L.; LEPLA, N. C.; DICKERSON, W. A. Velvetbea caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, Geneva, v. 69, n. 4, p. 488-497, 1976.

HADDAD, M. L.; MORAES, R. C. B.; PARRA, J. R. P. **Programa MOBAE: Modelos bioestatísticos aplicados à entomologia (software)**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1995. Inclui 1 Disquete.

HARDKE, J. T.; LEONARD, B. R.; HUANG, F.; JACKSON, R. E. Damage and survivorship of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on transgenic field corn expressing *Bacillus thuringiensis* Cry proteins. **Crop Protection**, Surrey, v. 30, p. 168172, 2011.

HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, C. S.; HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, P.; VAN RIE, J.; ESCRICHE, B.; FERRÉ, J. Shared midgut binding sites for Cry1A.105, Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac and Cry1Fa proteins from *Bacillus thuringiensis* in two important corn pests, *Ostrinia nubilalis* and *Spodoptera frugiperda*. **PLoS one**, San Francisco, v. 8, n. 7, p. e68164, 2013.

HORIKOSHI, R. J.; BERANRDI, D.; BERNARDI, O.; MALAQUIAS, J. B.; OKUMA, D. M.; MIRALDO, L. L.; AMARAL, F. S. A.; OMOTO, C. Effective dominance of resistance of *Spodoptera frugiperda* to Bt maize and cotton varieties: implications for resistance management. **Scientific Reports**, v. 6, p. 34864, 2016.

IBGE. **Produção Agrícola**. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Fasciculo_Indicadores_IBGE/estProdAgr_201607.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2016.

IRAC-BR - Comitê de à Resistência a Inseticidas.

Disponível em: <<http://www.ira-br.org/#!Potencial-de-resist%C3%A2ncia-da-lagartadocartucho-a-milho-Bt-piramidado/csfb/573311620cf284cf213f28bc>>. Acesso em: 23 ago. 2016.

KELLER, M.; SNEH, B.; STRIZHOV, N.; PRUDOVSKY, E.; REGEV, A.; KONCZ, C.; SCHELL, J.; ZILBERSTEIN, A. Digestion of delta-endotoxin by gut proteases may explain reduced sensitivity of advanced instar larvae of *Spodoptera littoralis* to Cry1C. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, eské Bud jovice, v. 26, p. 365373, 1996.

KUMAR, S.; CHANDRA, A.; PANDEY, K. C. *Bacillus thuringiensis* (Bt) transgenic crop: Environment friendly insect-pest management strategy. **Journal of Environment Biology**, Muzaffarnagar, v. 29, n. 5, p. 641-653, 2008.

LEIDERMAN, L. SAUER, H. F. G. A lagarta dos milharais *Laphygma frugiperda* (Abbot: Smith, 1797). **O Biológico**, São Paulo, v. 19, n. 6, p. 105-113, 1953.

MARTINELLI, S.; OMOTO, C. Resistência de insetos a plantas geneticamente modificadas. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, Anápolis, v. 34, p. 67-77, 2005.

MARUCCI, R. C.; MENDES, S. M.; WAQUIL, J. M.; ARAÚJO, B. H.; MOREIRA, S. G. Levantamento de Adultos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) utilizando armadilhas de feromônio em área comercial de milho *Bt*. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Anais**. Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. p. 490-494. 1 CD-ROM.

MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. **Controle biológico**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1998. 264 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 11).

MENDES, S. M.; MARUCCI, R. C.; MOREIRA, S. C.; WAQUIL, J. M.

Milho *Bt*: Avaliação preliminar da resistência de híbridos comerciais à lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 157).

MENDES, S. M.; WAQUIL, J. M. **Uso do milho *Bt* no manejo integrado de lepidópteros-praga: recomendações de uso.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 170).

MIRALDO, L. L.; BERNARDI, O.; HORIKOSHI, R. J.; AMARAL, F. S.A.; BERNARDI, D.; OMOTO, C. Functional dominance of different aged larvae of *Bt*-resistant *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) on transgenic maize expressing Vip3Aa20 protein. **Crop Protection**, v. 88, p. 65-71, 2016.

MIRANDA, R.; ZAMUDIO, F. Z.; BRAVO, A. Processing of Cry1Ab -endotoxin from *Bacillus thuringiensis* by *Manduca sexta* and *Spodoptera frugiperda* midgut proteases: role in protoxin activation and toxin inactivation. **Insect Biochemistry Molecular Biology**, v. 31, p. 1155–1163, 2001.

MORAES, A. R.; LOURENÇÃO, A. L.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Resistência de híbridos de milho convencionais e isogênicos transgênicos a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 1, p. 50-57, 2015.

OKUMA, D. M. **Bases genéticas e moleculares da resistência de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a spinosad.** 2015. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Entomologia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

OMOTO, C.; BERNARDI, O.; SALMERON, E.; SORGATTO, R. J.;
DOURADO, P. M.; CRIVELLARI, A.; CARVALHO, R. A.; WILLSE, A.;
MARTINELLI, S.; HEAD, G. P. Field-evolved resistance to Cry1Ab maize
by *Spodoptera frugiperda* in Brazil. **Pest Management Science**, New
Jersey, v. 72, p. 1727-1736, 2016.

PARRA, J. R. P. **Técnicas de criação de insetos para programas de
controle biológico**. Piracicaba: ESALQ/FEALQ, 2001. 134 p.

PINTO, A. S.; PARRA, J. R. P.; OLIVEIRA, H. N. **Guia ilustrado de pragas
e insetos benéficos do milho e sorgo**. Ribeirão Preto: A. S. Pinto, 2004.
108 p.

POGUE, G.M. A world revision of the genus *Spodoptera* Guenée
(Lepidoptera: Noctuidae). **Memoirs of the American Entomological
Society**, Philadelphia, v. 43, n. 1, p. 1-202, 2002.

REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 58.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL
DO SORGO, 41., 2013, Pelotas. **Indicações Técnica para o cultivo de
milho e sorgo no Rio Grande do Sul: Safras 2013/2014, 2014/2015**.
Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013. 124 p. Organizado por
Beatriz Marti Emygdio, Ana Paula Schneid Afonso da Rosa e Mauro
César Celaro Teixeira.

ROSA, A. P. S. A.; NAVA, D. E.; MARTINS, J. F. S.; WREGGE, M. S.; DIEZ-
RODRÍGUEZ, G. I. **Zoneamento ecológico de *Spodoptera frugiperda*,
Anastrepha fraterculus e *Grapholita molesta* para o Rio Grande
do Sul e sua relação com as mudanças climáticas globais**. Pelotas:
Embrapa Clima Temperado, 2008. 23 p. (Embrapa Clima Temperado.
Documentos, 252).

ROSA, A. P. A.; TRECHA, C. O.; ALVES, A. C.; GARCIA, L.; GONÇALVES,
V. P. Biologia e tabela de vida de fertilidade de *Spodoptera frugiperda*
(J.E. Smith) em linhagens de milho. **Arquivos do Instituto Biológico**,
Campinas, v. 79, n. 1, p. 39-45, 2012.

ROUSH, R. T. Managing pests and their resistance to *Bacillus thuringiensis*: can transgenic crops be better than sprays? **Biocontrol Science Technology**, v. 4, p. 501–516, 1994.

SCHNEPF, E.; WHITELEY, H. R. Cloning and expression of the *Bacillus thuringiensis* crystal protein gene in *Escherichia coli*. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, Washington, v. 78, p. 2893-2897, 1981.

SCRIBER, J. M.; SLANSKY JUNIOR, F. The nutritional ecology of immature insects. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 26, p. 183-211, 1981.

SHELTON, A. M.; ZHAO, J. Z.; ROUSH, R. T. Economic, ecological, food safety and social consequences of the deployment of *Bt*. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 47, p. 845-881, 2002.

SILOTO, R. C. **Danos e biologia de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) em genótipos de milho**. 2002. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Entomologia, Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SILVA-FILHO, M. C.; FALCO, M. C. Plantas transgênicas no melhoramento. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. **Recursos genéticos e melhoramento - plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 1011-1056.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, A.; BARBIN, D. N. A. V. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 419 p.

VENDRAMIM, J. D.; NISHIKAWA, M. A. N. Melhoramento para resistência a insetos. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos melhoramento - plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 737-781.

VIANA, P. A.; POTENZA, M. R. Avaliação de antibiose e não-preferência em cultivares de milho selecionados com resistência à lagarta-do-cartucho. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 27-33, 2000.

WAQUIL, J. M.; VILELLA, F. M. F.; FOSTER, J. E. Resistência de milho (*Zea mays* L.) transgênico à lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, p. 1-11, 2002.

WAQUIL, J. M.; DOURADO, P. M.; CARVALHO, R. A.; OLIVEIRA, W. S.; BERGER, G. U.; HEAD, G. P.; MARTINELLI, S. Manejo de lepidópteros-praga na cultura do milho com o evento Bt piramidado Cry1A.105 e Cry2Ab2. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 12, p. 1529–1537, 2013.

Embrapa

Clima Temperado

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**

