

ANTIBIOSE À LAGARTA-DO-CARTUCHO EM HÍBRIDOS DE MILHO *Bt*

ANDREA ROCHA ALMEIDA DE MORAES¹, ANDRÉ LUIZ LOURENÇÃO¹,
MARIA ELISA AYRES GUIDETTI ZAGATTO PATERNIANI¹ e JOSÉ DJAIR VENDRAMIM²

¹Instituto Agronômico, Campinas, SP, BRASIL - andrea@iac.sp.gov.br; andre@iac.sp.gov.br; elisa@iac.sp.gov.br;

²Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil - jdvendra@usp.br

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.15, n.1, p. 1-10, 2016

RESUMO - O objetivo do trabalho foi avaliar o desenvolvimento da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), alimentada com quatro híbridos simples de milho transgênicos com diferentes eventos *Bt* e dois híbridos simples de milho convencionais, em relação aos seguintes parâmetros: biomassa das lagartas aos quatro e nove dias; viabilidade da fase larval e comprimento das lagartas aos nove dias. Verificou-se que os quatro eventos *Bt* apresentaram expressiva redução na sobrevivência de lagartas de 1º instar, após 24 horas de alimentação em suas folhas, destacando-se o híbrido Impacto Viptera, que apresentou uma proporção de 52% de sobrevivência de lagartas, ante 73% para o híbrido transgênico P30F35 YG e 72% para os híbridos transgênicos DAS2B710 HX e DKB390 PRO; enquanto que nos dois híbridos convencionais a sobrevivência atingida após 24 horas ainda estava em torno de 93%. A biomassa e o comprimento das lagartas desenvolvidas em milho com tecnologia *Bt* foram menores do que as lagartas desenvolvidas em milho não *Bt*. Os resultados confirmam que os eventos *Bt* causam resistência por antibiose às lagartas de *S. frugiperda* e que a toxina Viptera® no híbrido torna a tecnologia *Bt* mais eficiente.
Palavras-chave: *Zea mays* L., *Spodoptera frugiperda*, biomassa, mortalidade.

ANTIBIOSIS OF FALL ARMYWORM IN HYBRIDS OF MAIZE *Bt*

ABSTRACT - The objective of this work was to evaluate the development of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), fed with four simple hybrids of transgenic maize with different events *Bt* and two simple hybrids of conventional maize, in relation to the following parameters: biomass of larvae to four and nine days; larval and length of larvae to nine days. It was found that the four events *Bt* showed significant reduction in larvae survival of 1st instar, after 24 hours of feeding on their leaves, highlighting the hybrid Impacto Viptera, which showed a ratio of 52% of larvae survival, compared with 73% for transgenic hybrid P30F35 YG and 72% for transgenic hybrids DAS2B710 HX and DKB390 PRO; whereas in two conventional hybrid survival achieved after 24 hours it was still around 93%. The biomass and the length of larvae fed on maize with *Bt* technology were smaller than the larvae developed in maize not *Bt*. The results confirm that the events *Bt* cause resistance by antibiosis to *S. frugiperda* larvae and that the selection pressure imposed by certain events *Bt* to control of fall armyworm ends up limiting the toxin Viptera® in hybrid makes the *Bt* technology more efficient.

Key words: *Zea mays* L., *Spodoptera frugiperda*, biomass, mortality.

A lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) é a mais importante praga da cultura do milho no Brasil, alimentando-se das folhas, reduzindo a área fotossintética e principalmente os cartuchos das plantas jovens, causando perdas de até 60% da produção (Cruz, 1995, 2008).

O ataque de *S. frugiperda* é mais comum no período vegetativo da planta, quando provoca injúrias foliares; porém, tem-se observado ataque no pendão e na espiga durante o estágio reprodutivo (Gallo et al., 2002). O controle se torna essencial para manter a praga abaixo do nível de dano econômico para a cultura. Nas últimas décadas, a engenharia genética possibilitou, com a técnica do DNA recombinante, a combinação de genes entre diferentes espécies de organismos, surgindo assim o milho geneticamente modificado com alto padrão de resistência a lepidópteros-praga pela introdução de um gene de *Bacillus thuringiensis* (Berliner) (*Bt*) em plantas de milho (Armstrong et al., 1995; Walker et al., 1997; Buntin et al., 2001; Huang et al., 2002).

O uso de variedades resistentes a insetos é um método de controle que reduz as perdas causadas por pragas, sendo os tipos de resistência antibiose e não preferência para alimentação encontrados em diferentes genótipos de milho (Wiseman et al., 1981; Williams et al., 1983). Estudos têm sido realizados para detectar resistência do tipo antibiose, principal fator de redução da população de pragas (Painter, 1951; Maxwell & Jennings, 1980; Smith, 1989; Lara, 1991), avaliando-se o desenvolvimento de *S. frugiperda* em diferentes acessos de milho.

A resistência do tipo antibiose ocorre quando o inseto se alimenta normalmente da planta e esta exerce um efeito adverso sobre a sua biologia, afetando direta ou indiretamente seu potencial de reprodução.

Geralmente, essa influência negativa ocorre devido à presença de compostos químicos que dificultam o crescimento e o desenvolvimento do inseto, provocando alterações como prolongamento do ciclo biológico, deformações e mortalidade em diferentes fases de desenvolvimento, redução de peso e tamanho dos indivíduos, entre outras (Painter, 1951; Maxwell & Jennings, 1980; Smith, 1989; Bueno et al., 2006; Chripim & Ramos, 2007; Boiça Júnior et al., 2013).

A mortalidade das formas jovens de insetos criadas sobre plantas resistentes geralmente é observada durante os primeiros dias de vida do inseto e é uma das variáveis mais características da ocorrência de antibiose, aliada à redução do tamanho e peso dos indivíduos (Panda & Khush, 1995).

Proteínas *Bt* têm sido efetivas no controle de lepidópteros-praga da cultura do milho (Waquil et al., 2002; Fernandes et al., 2003; Lourenção & Fernandes, 2013). As proteínas Cry1F, Cry1Ab e Cry1Ac, expressas em híbridos de milho *Bt*, foram, em ordem decrescente, mais efetivas no controle de *S. frugiperda* (Waquil et al., 2002).

Sabendo-se que os eventos *Bt* têm sido criados pelas empresas privadas nos Estados Unidos e que as pragas-alvo na cultura do milho nesse país são a lagarta-europeia (*Ostrinia nubilalis*) e as larvas de diabrótica (*Diabrotica* spp.), as informações relacionadas à lagarta-do-cartucho e ao uso de híbridos transgênicos contendo diferentes toxinas *Bt* são pouco conhecidas nas condições brasileiras, havendo a necessidade de mais estudos para avaliar a eficácia da tecnologia comparada a híbridos comerciais não *Bt* (Waquil, 2007; Omoto et al., 2012).

Assim, considerando-se a importância de *S. frugiperda* como praga de milho no Brasil, esta pesquisa teve por objetivo avaliar o desenvolvimento de lagartas de *S. frugiperda* em milho com uma ou

duas diferentes toxinas *Bt*, em teste de antibiose, para identificar toxinas *Bt* mais eficientes e que reflitam um menor nível de injúria da praga nas condições do Estado de São Paulo.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no ano de 2013, sob condições controladas de temperatura ($25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$), umidade relativa ($60\% \pm 10\%$) e fotofase (14h), no laboratório.

Foram utilizados quatro híbridos simples de milho com distintos eventos *Bt* e dois híbridos simples convencionais de milho sem a tecnologia *Bt* (Tabela 1).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, com seis tratamentos. Em cada repetição, utilizou-se uma lagarta recém-eclodida, isolada em frasco de vidro, sendo cada lagarta considerada uma repetição, perfazendo 60 repetições por tratamento.

As lagartas de *S. frugiperda* utilizadas no experimento foram obtidas de criação de manutenção em dieta artificial (Nalin, 1991), a qual, periodicamente, recebia introduções de insetos do campo para evitar a degeneração da população.

Os híbridos utilizados foram semeados em vasos plásticos com capacidade de 20 kg, preenchidos com composto, com adubação de acordo com as recomendações para a cultura do milho (Raij et al., 1997), deixando-se duas plantas por vaso, mantidos em casa de vegetação durante o período da experimentação. Foram utilizados 20 vasos por tratamento, de modo a se ter disponibilidade de folhas.

As folhas dos híbridos foram coletadas quando atingiram a idade de 16 até 27 dias, quando as lagartas recém-eclodidas “raspam” as folhas de milho (Silveira et al., 1998). Nessa fase de desenvolvimento da planta, é quando ocorre maior discriminação em testes de resistência (Videla et al., 1992).

Lagartas recém-eclodidas de *S. frugiperda* foram individualizadas em tubos de vidro (8,5 cm de altura x 2,5 cm de diâmetro) tampados com algodão hidrófugo e alimentadas com folhas dos híbridos de milho. Foram fornecidas às lagartas aproximadamente 12 cm² de folhas de milho, cortados em retângulos, com a maior dimensão no sentido longitudinal e paralelo à nervura central, onde se concentram cerca de 99% das lagartas em estádios iniciais de alimentação (Ng et al., 1990, citado por Silveira et al., 1998). Essas folhas foram primeiramente lavadas, mantidas em imersão na água por cerca de 10 min, retirando-se

Tabela 1. Híbridos de milho utilizados em experimento de antibiose a *Spodoptera frugiperda* em laboratório.

Híbrido	Evento	Marca (Sigla)	Toxina Bt	Empresa
DAS2B710 ⁽¹⁾	-	-	-	DowAgroscience
DAS2B710 HX ⁽²⁾	TC 1507	Herculex® (HX)	Cry 1F	DowAgroscience
P30F35 YG ⁽²⁾	MON 810	YieldGard® (YG)	Cry 1Ab	Du Pont do Brasil S.A
DKB390 PRO ⁽²⁾	MON 89034	YieldGard VTPro® (Pro)	Cry 1A105 (1Ab, 1Ac, 1F) + Cry2Ab2	Dekalb
Impacto ⁽¹⁾	-	-	-	Syngenta Seeds Ltda.
Impacto Viptera ⁽²⁾	MIR 162	Viptera® (VIP)	VIP3Aa20	Syngenta Seeds Ltda.

⁽¹⁾ Híbrido Simples Convencional; ⁽²⁾ Híbrido Simples Transgênico. (Fonte: EMBRAPA., 2014).

posteriormente o excesso de água com o auxílio de toa-lhas de papel, antes de serem colocadas nos recipientes de criação para manutenção da turgescência das folhas. Diariamente, substituíram-se as folhas de milho nos tubos de vidro, independentemente do consumo pela lagarta, e registrou-se o número de lagartas mortas.

Avaliaram-se biomassa das lagartas aos quatro e aos nove dias, viabilidade da fase larval e comprimento das lagartas aos nove dias. Para a obtenção da biomassa das lagartas, foi utilizada balança de precisão analítica da marca Mettler AC100. Cada repetição, quando possível, foi pesada individualmente e, em repetições onde a biomassa da lagarta não era detectada pela balança, pesou-se mais de uma lagarta por vez até se obter um valor detectável.

Para obtenção da viabilidade larval, contou-se diariamente o número de lagartas vivas em cada tratamento, a partir da instalação do experimento em laboratório, até a mortalidade total em todos os tratamentos com tecnologia Bt. Para a medição do comprimento das lagartas utilizou-se régua com graduação em centímetros.

Foram realizadas análises de variância individuais e conjuntas, sendo as médias transformadas em arco seno $\sqrt{x/100}$ e comparadas pelos testes de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro, utilizando o software SAS (SAS, 1999).

As curvas de sobrevivência das lagartas foram estimadas para cada híbrido de milho, utilizando-se o teste de Kaplan-Meier (Kaplan & Meier, 1958), ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o software BioEstat 3.0 (Ayres et al., 2003).

Resultados e Discussão

Os seis híbridos de milho avaliados apresenta-

ram diferenças significativas entre si com relação à biomassa de lagartas alimentadas durante quatro dias com folhas de milho Bt e não Bt. Lagartas alimentadas com híbridos transgênicos apresentaram menor ganho de biomassa aos quatro dias de alimentação em relação aos híbridos convencionais, mostrando o efeito direto das toxinas Bt sobre a praga (Tabela 2). Dutton et al. (2005) relataram que as toxinas Bt são deterrentes para as larvas de lepidópteros e que essa característica de deterrência do milho Bt acarreta baixo ganho de peso das larvas alimentadas com esse tipo de milho. Não foram detectadas diferenças na biomassa das lagartas alimentadas em híbridos com diferentes tecnologias Bt aos quatro dias de alimentação, ou seja, as tecnologias Bt afetaram o ganho de biomassa da *S. frugiperda* de maneira semelhante nesse período (Tabela 2). Esse fato pode ter ocorrido devido à toxina Bt num primeiro momento agir de maneira semelhante sobre as lagartas recém-eclodidas, independentemente do tipo de ação e da atuação da toxina no intestino dessas lagartas. Também não se verificaram diferenças de biomassa entre as lagartas alimentadas com os dois híbridos convencionais de milho aos quatro dias de alimentação.

A redução de biomassa da lagarta alimentada no híbrido transgênico DAS2B710 HX foi da ordem de 68,4% em relação ao híbrido convencional DAS2B710 e de 73,9% em relação ao híbrido convencional Impacto; para o híbrido P30F35 YG, foi de 63,2% em relação ao híbrido convencional DAS2B710 e de 69,6% em relação ao híbrido convencional Impacto; para o híbrido DKB390 PRO, foi de 78,9% em relação ao híbrido convencional DAS2B710 e de 82,6% em relação ao híbrido convencional Impacto; e para o híbrido Impacto Viptera, foi da ordem de 73,7% em relação ao híbrido convencional DAS2B710 e de 78,3% em relação ao híbrido

convencional Impacto (Tabela 2). Desse modo, verifica-se que as maiores porcentagens de redução de biomassa aos quatro dias foram observadas entre os híbridos transgênicos e o híbrido convencional Impacto do que em relação ao híbrido DAS2B710. Mendes et al. (2009) relatam que os insetos que sobrevivem após serem alimentados com milho transgênico apresentam menor acúmulo de biomassa, reduzindo sua competitividade no ambiente, comprometendo o desempenho dessa população de insetos. Verifica-se, portanto, efeito de antibiose dos híbridos transgênicos sobre a lagarta-do-cartucho, evidenciado pela redução de peso.

Após nove dias de experimentação, apenas as lagartas alimentadas em híbridos convencionais e no híbrido transgênico contendo a proteína toxina *Bt* Cry 1A(b) estavam ativas e se alimentando (Tabela 3). Houve diferença para biomassa de lagartas-do-cartu-

cho alimentadas durante esse período, com dois híbridos de milho com tecnologia não *Bt* e um milho com tecnologia *Bt* (Tabela 3). Constatou-se que as lagartas alimentadas com o híbrido de milho não *Bt* apresentaram média de biomassa superior quando comparadas com as lagartas alimentadas por folhas do milho *Bt*, estas apresentando perda significativa de seu peso.

Waquil et al. (2004), ao avaliarem a toxicidade das proteínas puras Cry 1A(b) para lagarta-do-cartucho usando o método de tratamento superficial da dieta, observaram que a atividade da proteína do *Bt* sobre a lagarta vai além da toxicidade, apresentando um importante componente de inibição alimentar. A proteção oferecida pela toxina Cry 1A(b) ao milho *Bt* contra a infestação por *S. frugiperda* é consequência da redução do consumo foliar, fato importante para o manejo de insetos no campo, pois, com menores biomassa e consumo alimentar, haverá menor dano

Tabela 2. Biomassa média de lagartas de *S. frugiperda* alimentadas durante quatro dias com seis híbridos de milho *Bt* e não *Bt*.

Híbrido	Biomassa (mg) ⁽¹⁾	Redução de biomassa em relação ao DAS2B710 (%)	Redução de biomassa em relação ao Impacto (%)
DKB390 PRO	0,04 b	78,9	82,6
Impacto Viptera	0,05 b	73,7	78,3
DAS2B710 HX	0,06 b	68,4	73,9
P30F35 YG	0,07 b	63,2	69,6
DAS2B710	0,19 a	-	-
Impacto	0,23 a	-	-
Média	0,11		
DMS	0,18		
F (5%)	41,7		
CV (%)	25,6		

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

do inseto à produção (Lynch et al., 1999).

Essa redução de biomassa no híbrido transgênico P30F35 YG foi da ordem de 73,0% em relação ao híbrido convencional DAS2B710 e da ordem de 71,1% em relação ao híbrido convencional Impacto (Tabela 3). Também foram detectadas diferenças significativas entre os híbridos para comprimento de lagarta aos nove dias de alimentação nas folhas de milho. O desenvolvimento da lagarta foi influenciado pelos híbridos estudados, de modo que o híbrido transgênico P30F35 YG apresentou maior redução no comprimento da praga em comparação aos demais híbridos avaliados (Tabela 3).

Buntin et al. (2001), ao avaliarem a eficiência dos milhos geneticamente modificados MON810 e BT11 (proteína Cry1Ab) no controle de *H. zea*, observaram atraso no desenvolvimento das lagartas infestantes do milho contendo tecnologia *Bt*, o que se refletiu na redução do tamanho delas. Outros trabalhos (Melo & Silva, 1987; Siloto et al., 2002) mostram que populações remanescentes de insetos que se

desenvolveram em plantas resistentes passam a produzir indivíduos menos vigorosos e mais suscetíveis aos inseticidas, promovendo a possibilidade do uso mais racional dos produtos químicos (Viana & Potenza, 2000).

Ao se estudar a sobrevivência de *S. frugiperda* durante o período de nove dias de alimentação em híbridos de milho convencionais e *Bt*, verificou-se diferença significativa entre os tratamentos, evidenciando porcentagens diferentes de sobrevivência de lagarta entre os híbridos avaliados. A sobrevivência de lagartas recém-eclodidas alimentadas com híbridos de milho com diferentes toxinas *Bt* foi sempre menor que a encontrada nas lagartas alimentadas em híbridos não *Bt* (Figura 1), demonstrando o efeito antibiótico da toxina *Bt* sobre o ciclo biológico da lagarta-do-cartucho.

Lynch et al. (1999) verificaram que a sobrevivência de larvas de *S. frugiperda*, avaliadas quatro dias após a eclosão em diferentes híbridos de milho que expressam a toxina Cry 1A(b), variou de 45%

Tabela 3. Biomassa e comprimento médio de lagartas de *S. frugiperda* alimentadas durante nove dias com três híbridos de milho.

Híbrido	Biomassa (mg) ⁽¹⁾	Redução de biomassa em relação ao DAS2B710 (%)	Redução de biomassa em relação ao Impacto (%)	Comprimento (cm) ⁽¹⁾
P30F35 YG	5,49 b	73,0	71,1	0,7 c
Impacto	19,01 a	-	-	1,2 b
DAS2B710	20,31 a	-	-	1,4 a
Média	14,9			1,1
DMS	0,83			1,04
F (5%)	7,1			14,8
CV (%)	35,5			14,6

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

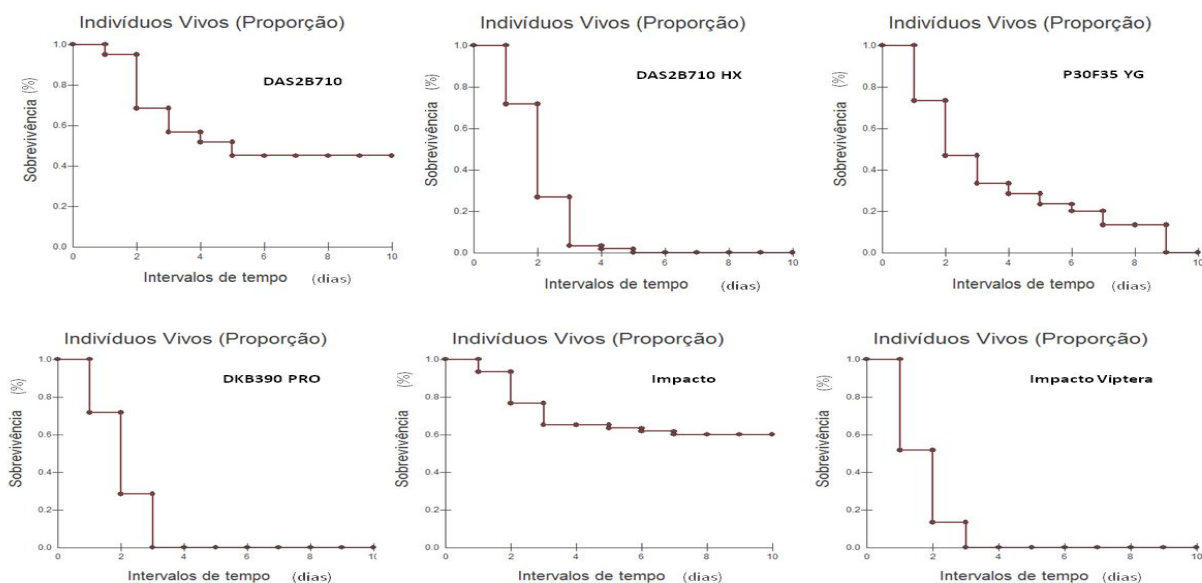


Figura 1. Sobrevivência de lagartas de *S. frugiperda* alimentadas com folhas de híbridos de milho Bt e não Bt, em laboratório.

para o material Btk 0906 a 54% para o Btk 0907. Segundo Dutton et al. (2005), larvas nos primeiros instares são mais sensíveis às toxinas *Bt* em razão das alterações na atividade específica de proteases em seu suco intestinal.

Um aspecto importante observado neste estudo foi a diferença na sobrevivência das lagartas alimentadas com diferentes híbridos de milho (Figura 1). Verificou-se que o híbrido Impacto Viptera provocou alta mortalidade de lagarta-do-cartucho já 24 horas após a instalação do experimento, resultando em 52% de sobrevivência de lagartas, ante 73% para o híbrido transgênico P30F35 YG e 72% para os híbridos transgênicos DAS2B710 HX e DKB390 PRO, evidenciando a eficiência dessa tecnologia na redução da sobrevivência da lagarta-do-cartucho (Figura 1). O híbrido *Bt* Impacto Viptera continuou a apresentar maior mortalidade em relação aos demais *Bt* até os três dias de avaliação, quando se detectou mortalidade de 100% das lagartas nesse tratamento.

Os híbridos DAS2B710 HX e DKB390 PRO

foram semelhantes no que se refere à mortalidade larval até o terceiro dia de avaliação, dia em que a mortalidade em DKB390 PRO atingiu 100%, enquanto no tratamento DAS2B710 HX algumas lagartas ainda conseguiram sobreviver até o sexto dia de avaliação (Figura 1).

Verificou-se que no híbrido transgênico P30F35 YG as lagartas foram morrendo no decorrer dos dias de alimentação, apesar de esse nível de mortalidade ser bem inferior aos demais milhos Bt, tanto que 100% de mortalidade de *S. frugiperda* só foi alcançada nove dias após o início da alimentação das lagartas com as folhas desse híbrido (Figura 1). Observou-se que as lagartas sobreviventes, ao se alimentarem desse híbrido Bt, apresentavam tamanho e biomassa inferiores às verificadas nos híbridos não Bt, ou seja, tiveram o seu desenvolvimento comprometido.

Essa diferença de sobrevivência em híbridos de milho com tecnologia *Bt* aponta para uma evolução da resistência em populações de insetos-praga

à prática de controle com determinados eventos *Bt*. Segundo Hawthorne (1998), pragas-alvo evoluem em resposta à seleção natural imposta pelos métodos de controle limitando sua eficiência e viabilidade em longo prazo.

Com relação aos híbridos convencionais, notou-se pleno desenvolvimento das lagartas alimentadas com esses híbridos e uma sobrevivência natural pouco menor no híbrido DAS2B710 do que no híbrido Impacto (Figura 1). Essas lagartas alimentadas nesses híbridos conseguiriam terminar seu ciclo biológico, mas nesse estudo decidiu-se encerrar as avaliações quando o último evento *Bt* apresentasse 100% de mortalidade, uma vez que já é sabido o ciclo biológico de *S. frugiperda* alimentada com folhas de milho convencionais.

Conclusões

1. Os híbridos transgênicos DKB390 PRO, DAS2B710 HX, Impacto Viptera e P30F35 YG causam resistência por antibiose às lagartas de *S. frugiperda*.

2. A presença de toxina Viptera® no híbrido (Impacto Viptera) torna a tecnologia *Bt* mais eficiente.

Referências

- ARMSTRONG, C. L.; PARKER, G. B.; PERSHING, J. C.; BROWN, S. M.; SANDERS, P. R.; DUNCAN, D. R.; STONE, T.; DEAN, D. A.; DeBOER, D. L.; HART, J.; HOWE, A. R.; MORRISH, F. M.; PAJEAU, M. E.; PETERSEN, W. L.; REICH, B. J.; RODRIGUEZ, R.; SANTINO, C. G.; SATO, S. J.; SCHULER, W.; SIMS, S. R.; STEHLING, S.; TAROCHIONE, L. J.; FROMM, M. E. Field evaluation of European corn borer control in progeny of 173 transgenic corn events expressing an insecticidal protein from *Bacillus thuringiensis*. **Crop Science**, Madison, v. 35, p. 550-557, 1995.
- AYRES, M.; AYRES JUNIOR, M.; AYRES, D. L.; DOS SANTOS, A. S. **BioEstat 3.0: Aplicações estatísticas nas áreas de ciências biológicas e médicas**. Belém: Sociedade Civil Mamirauá; Brasília, MCT- CNPq, 2003. 290p.
- BOIÇA JÚNIOR, A. L.; SOUZA, B. H. S.; LOPES, G. S.; COSTA, E. N.; MORAES, R. F. O.; EDUARDO, W. I. Atualidades em resistência de plantas a insetos. In: BUSOLI, A. C.; BUENO, L. C. de S.; MENDES, A. N.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento genético de plantas: princípios e conceitos**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2013.
- BUENO, L. C. de S.; MENDES, A. N.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento genético de plantas: princípios e conceitos**, 2º Ed. UFLA, p. 213 - 219, 2006.
- BUNTIN, G. D.; LEE, D.; WILSON, D. M.; McPHERSON, R. M. Evaluation of YieldGard transgenic resistance for control of fall armyworm and corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) on corn. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 84, n. 1, p. 37-42, 2001.
- CHRISPIM, T. P.; RAMOS J. M. Revisão de literatura: resistênciadepantasinsetos. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, ano 6, n. 10, p. 1-10, 2007.
- CRUZ, I. Manejo de pragas da cultura do milho. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHAES, P. C. (Ed.). **A Cultura do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. cap. 12, p.303-362.
- CRUZ, I. **A lagarta do cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1995. 45 p. (Embrapa-CNPMS. Circular Técnica, 21).
- DUTTON, A.; ROMEIS, J.; BIGLER, F. Effects of *Bt* maize expressing Cry1Ab and *Bt* spray on *Spodoptera littoralis*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 114, p. 161-169, 2005.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA (2014). Milho - cultivares para 2013/2014. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares>. Acesso em 08 maio de 2014.

- FERNANDES, O. D.; PARRA, J. R. P.; NETO, A. F.; PÍCOLI, R.; BORGATTO, A. F.; DEMÉTRIO, C. G. B. Efeito do milho geneticamente modificado MON810 sobre a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 2, p. 25-35, 2003. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v2n2p25-35. 683 p.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.
- HAWTHORNE, D. Predicting insect adaptation to a resistant crop. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 91, n. 3, p. 565-571, 1998.
- HUANG, F.; BUSCHMAN, L. L.; HIGGINS, R. A.; LI, H. Survival of Kansas dipel-resistant European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) on *Bt* and non-*Bt* corn hybrids. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 95, n. 3, p. 614-621, 2002.
- KAPLAN, E. L. & MEIER, P. Nonparametric estimation from incomplete observations. **Journal of the American Statistical Association**, v. 53, n.282, p.457-481, 1958.
- LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. São Paulo: Ícone, 1991. 336 p.
- LOURENÇÃO, A. L.; FERNANDES, M. G. Avaliação do milho *Bt* Cry1A(b) e Cry1F no controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em condições de campo. **Científica**, Jaboticabal, v. 41, p. 164-188, 2013.
- LYNCH, R. E.; WISEMAN, B. R.; PLAINSTED, D.; WARNIK, D. Evaluation of transgenic sweet corn hybrids expressing Cry1A(b) toxin for resistance to corn earworm and fall armyworm. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 92, n. 1, p. 246-252, 1999.
- MAXWELL, E. G.; JENNINGS, P. R. **Breeding plant resistant to insects**. New York: John Wiley & Sons, 1980.
- MELO, M.; SILVA, R. F. P. Influência de três cultivares de milho no desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 16, n. 1, p. 37-49, 1987.
- MENDES, S. M.; BOREGAS, K. G. B.; FERMINO, T. C.; LOPES, M. E.; WAQUIL, M.; COSTA, M. C. A.; MARUCCI, R. C.; WAQUIL, J. M. Efeito da interação entre genótipo de milho e evento geneticamente modificado contendo a toxina Cry 1 A(B) nas variáveis biológicas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 10., 2009, Rio Verde. **Anais**. Rio Verde: Universidade de Rio Verde, 2009. p. 368-374.
- NALIN, D. N. **Biologia, nutrição quantitativa e controle de população de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) - (Lepidoptera: Noctuidae) em duas dietas artificiais**. 1991. 150 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.
- NG, S. S.; DAVIS, F. M.; WILLIAMS, W. P. Ovipositional response of southwestern corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) and fall armyworm (Lepidoptera:Noctuidae) to select maize hybrids. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 83, n. 4, p. 1575-1577, 1990.
- OMOTO, C.; BERNARDI, O.; SALMERON, E.; FARIAS, J. R.; BERNARDI, D. Estratégias de manejo da resistência e importância das áreas de refúgio para tecnologia Bt. 2012. In: **Diversidade e inovações na cadeia produtiva de milho e sorgo na era dos transgênicos**. Ed. Maria Elisa A. G. Z. Paterniani, Aildson P. Duarte, Alfredo Tsunechiro. Campinas: Instituto Agrônomo. Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. 780p.
- PAINTER, R. H. **Insect resistance in crop plants**. New York: MacMillan, 1951. 520 p.
- PANDA, N.; KHUSH, G. S. **Host plant resistance to insects**. Wallingford: CAB International, 1995. 431 p.

- RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico: Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).
- SAS INSTITUTE. **SAS/STAT[®]**, user's guide: version 8.2. North Carolina, 1999.
- SILOTO, R. C.; VENDRAMIM, J. D.; BUFALO, N. E. Desenvolvimento larval de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de milho em condições de laboratório. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Meio ambiente e a nova agenda para o agronegócio de milho e sorgo**: [resumos expandidos]. Sete Lagoas: ABMS: Embrapa Milho e Sorgo; Florianópolis: Epagri, 2002. 1 CD-ROM.
- SILVEIRA, L. C. P.; VENDRAMIM, J. D.; ROSSETTO, C. J. Não-preferência para alimentação da lagarta-do-cartucho do milho. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 1, p. 105-111, 1998. DOI: 10.1590/S0006-87051998000100012.
- SMITH, C. M. **Plant resistance to insects, a fundamental approach**. New York: John Wiley & Sons, 1989. 286 p.
- 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. DOI: 10.1590/S0006-87052000000100006.
- VIDELA, G. W.; DAVIS, F. M.; WILLIAMS, W. P.; NG, S. S. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larval growth and survivorship on susceptible and resistant corn at different vegetative growth stages. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 85, n. 6, p. 2486-2491, 1992. DOI: 10.1093/jee/85.6.2486.
- WALKER, A. J.; FORD, L.; MAJERUS, M. E. N.; GEOGHEGAN, A. E.; BIRCH, N.; GATEHOUSE, J. A.; GATEHOUSE, A. M. R. Characterization proteinase activity of the two-spot ladybird (*Adalia bipunctata*) and its sensitivity to proteinase inhibitors. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, Oxford, v. 281, p. 73-180, 1997.
- WAQUIL, J. M. **Manejo fitossanitário e ambiental**: milho transgênico *Bt* e resistência das plantas ao ataque da lagarta-do-cartucho. 2007. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/manfito/index.htm>. Acesso em: 04 mar. 2015.
- WAQUIL, J. M. L.; VILLELA, F. M. F.; FOSTER, J. E. Resistência do milho (*Zea mays* L.) transgênico (*Bt*) à lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 3, p. 1-11, 2002. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v1n3p1-11.
- WAQUIL, J. M.; VILELLA, F. M. F.; SIEGFRIED, B. D.; FOSTER, J. E. Atividade biológica das toxinas do *Bt*, Cry 1a(B) e Cry 1f em *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 2, p. 161-171, 2004. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v3n2p161-171.
- WILLIAMS, W. P.; DAVIS, F. M.; WISEMAN, B. R. Fall armyworm resistance in corn and its suppression of larval growth and survival. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, n. 5, p. 831-832, 1983.
- WISEMAN, B. R.; WILLIAMS, W. P.; DAVIS, F. M. Fall armyworm: resistance mechanisms in selected corns. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 74, p. 622-624, 1981. DOI: 10.1093/jee/74.5.622.