

CONTROLE DA LAGARTA-DO-CARTUCHO EM MILHO TRANSGÊNICO NA SAFRINHA EM SÃO PAULO: DEZ ANOS DE USO

MICHELOTTO, Marcos Doniseti¹
DUARTE, Aildson Pereira²
FREITAS, Rogério Soares de³
MIGUEL, Fernando Bergantini⁴
CROSARIOL NETTO, Jacob⁵

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.2821

RESUMO: A lagarta-do-cartucho continua sendo uma das principais pragas na cultura do milho. O objetivo deste trabalho foi compilar os resultados da eficiência das tecnologias *Bt* disponíveis (Yieldgard, Herculex, YieldGard VTPro, YieldGard VTPro2, Viptera 3, Optimum Intrasecta e Powercore) no controle da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith) no milho safrinha ao longo de oito anos em experimentos de cultivares no estado de São Paulo. No período de 2008 a 2010 foram realizados oito experimentos específicos para estudo das tecnologias transgênicas *Bt* e no período 2011 a 2017 foram avaliados sete ensaios da rede de competição de cultivares de milho IAC/APTA/CATI/Empresas em diferentes regiões do estado de São Paulo. Os danos da lagarta-do-cartucho nas plantas foram avaliados através de uma escala de notas de danos visuais (escala de Davis). As tecnologias diferiram quanto ao ataque da lagarta. As primeiras tecnologias foram perdendo a eficiência de controle da lagarta-do-cartucho ao longo do tempo e depois de cinco anos não diferiram das cultivares convencionais. Algumas tecnologias ainda apresentam controle satisfatório, embora seu tempo de adoção seja menor. A tecnologia Vip3 vem mantendo a eficiência de controle da lagarta-do-cartucho.

Palavras-chave: *Zea mays* L., *Spodoptera frugiperda*, manejo-de-pragas, *Bt*, produtividade.

FALL ARMYWORM CONTROL IN TRANSGENIC MAIZE IN LATE-SEASON IN SÃO PAULO STATE, BRAZIL: TEN YEARS OF USE

SUMMARY: Fall armyworm remains one of the main pests in corn culture. The objective of this work was to compile the results of the efficacy of *Bt* technologies available (Yieldgard, Herculex, VTPro YieldGard, YieldGard VTPro2, 3 Intrasecta, Optimum Viptera and Powercore) in the control of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Smith) in late-seasons over ten years in the state of São Paulo, Brazil. In the period from 2008 to 2010 were performed eight specific experiments to study of *Bt* technologies and from 2011 to 2017 were performed seven trials of maize cultivars of IAC/APTA/CATI/Companies in different regions of the state of São Paulo. The damage caused by fall armyworm was evaluated on a visual scale, from score 0 (no damage) to 9 (totally destroyed whorl) (Davis). The technologies differ as to fall armyworm attack. The earliest technologies were losing control effectiveness of fall armyworm over time and after five years did not differ from conventional varieties. Some technologies have satisfactory control, although your time of adoption is less. Vip3 technology has been maintaining the control efficiency of the fall armyworm.

Keywords: *Zea mays* L., *Spodoptera frugiperda*, pest management, *Bt*, yield.

INTRODUÇÃO

Um dos principais fatores que comprometem o rendimento e a qualidade da produção da cultura

¹ Eng. Agrônomo, Dr., PqC. APTA, Polo Centro Norte, Pindorama, SP. michelotto@apta.sp.gov.br

² Eng. Agrônomo, Dr., PqC. IAC, Campinas, SP. aildson@apta.sp.gov.br

³ Eng. Agrônomo, Dr., PqC. IAC, Votuporanga, SP. freitas@iac.sp.gov.br

⁴ Administrador, Dr., PpC. Apta, Polo Alta Mogiana, Colina, SP. fbmiguel@apta.sp.gov.br

⁵ Biólogo, Dr., PqC. IMAmT, Primavera do Leste, MT. jacobnetto@imamt.com.br

do milho é a incidência de pragas. Dentre estas, destacam-se entre os lepidópteros a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith), a lagarta-da-espiga, *Helicoverpa zea* (Bod.) e a broca-da-cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* (Fab.) (DUARTE et al., 2007; GALLO et al., 2002, MICHELOTTO et al., 2013).

A lagarta-do-cartucho em condições favoráveis aumenta sua população, destruindo folhas e principalmente o cartucho das plantas de milho, comprometendo assim a produção de grãos (PENCOE; MARTIN, 1981). Segundo Cruz et al. (1999), no Brasil, as perdas estimadas em função das infestações de *S. frugiperda*, são da ordem de 400 milhões de dólares por ano.

A obtenção de plantas transgênicas para controle de tais pragas por meio da inserção de um ou mais genes de *Bacillus thuringiensis* Berliner (*Bt*) deu origem ao milho geneticamente modificado. Após a primeira liberação comercial em 2008, diversos híbridos transgênicos *Bt* foram lançados e amplamente utilizados pelos produtores.

Embora a eficiência de controle da lagarta-do-cartucho por estas tecnologias não tenha sido a mesma ao longo dos anos, não se tem divulgado amplamente os resultados de acompanhamentos contínuos em condições regionais e/ou estaduais.

Assim, o objetivo deste trabalho foi compilar os resultados da eficiência das tecnologias *Bt* disponíveis (Yieldgard, Herculex, YieldGard VTPro, YieldGard VTPro2, Viptera 3, Optimum Intrasecta e Powercore) no controle de lagarta-do-cartucho em milho safrinha ao longo de dez anos de experimentação no estado de São Paulo.

MATERIAL E MÉTODO

No período de 2008 a 2010 foram realizados oito experimentos específicos para estudo das tecnologias transgênicas *Bt* e no período 2011 a 2017 foram avaliados sete ensaios da rede de competição de cultivares de milho IAC/APTA/CATI/Empresas nas regiões Vale do Paranapanema e Norte/Noroeste do estado de São Paulo na safrinha, incluindo também a safra de verão 2015/16. As parcelas experimentais foram constituídas de 8 linhas de 10 metros, sendo as avaliações realizadas nas 4 linhas centrais, descartando-se 1,5 metros iniciais e finais de cada linha. No caso dos ensaios de cultivares, as parcelas eram constituídas de 4 linhas de 5,0m e as avaliações foram feitas nas duas linhas centrais.

Para a avaliação dos danos ocasionados pela lagarta-do-cartucho, foi realizada a amostragem ao acaso de 20 plantas por parcela e através de uma escala de notas visuais, atribuindo notas aos sintomas de ataque da lagarta-do-cartucho, que variaram de 0 (sem dano) a 9 (cartucho totalmente destruído) de acordo com a escala de Davis et al. (1992) para verificar a intensidade dos danos foliares. Para comparar as tecnologias, optou-se por obter uma média das notas de cada tecnologia, independentemente do número de híbridos avaliados e dos convencionais em cada ano, para verificar a nota média de sintoma. Realizou-se também o cálculo da porcentagem de redução das notas atribuídas ao ataque da lagarta-do-cartucho pelo método proposto por Abbott (1925), utilizando-se a fórmula:

$$E(\%) = \frac{(T - t)100}{T}$$

Onde: E (%) é a eficiência de redução da nota de ataque do tratamento expressa em porcentagem, T é a nota atribuída ao híbrido convencional (testemunha) e t é nota de ataque atribuída ao tratamento avaliado.

Por fim, foi realizada uma análise econômica da adoção das diferentes tecnologias na safra de 2014, por conter o maior número de tecnologias disponíveis, levando-se em consideração a produtividade

(kg ha⁻¹) obtida naquela safra e os demais dados econômicos como custo médio de produção exceto a semente (R\$ ha⁻¹) e o custo da semente (R\$ ha⁻¹) referente a informações atuais (até junho de 2017), obtendo-se então o lucro médio. Para esta análise foi utilizada a estrutura baseada no custo operacional efetivo (COE) de produção usada pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA), de acordo com Matsunaga e Toledo (1976), que é constituído da soma das despesas de custeio: operações realizadas, insumos, mão de obra, maquinário, denominada de custo operacional efetivo (COE), que foi extrapolado para um hectare. A fonte pesquisada para obtenção do preço do milho safrinha foi Cepea (2017), referente ao ano de 2014.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Na safrinha de 2008 foram obtidos os primeiros resultados do efeito de híbridos *Bt* sobre notas de sintomas de ataque da lagarta-do-cartucho. Os híbridos com tecnologia YieldGard (Cry1Ab) apresentaram média de notas de 2,5 enquanto que híbridos convencionais apresentavam média de notas de 6,6 (Tabela 1). Ao compararmos as notas dos híbridos *Bt* aos convencionais, observa-se que a utilização do híbrido *Bt* proporcionou redução da nota de 62% (Tabela 2).

Tabela 1. Notas de sintomas de ataque visual (Escala de Davis) da lagarta-do-cartucho em híbridos convencionais e transgênicos de diferentes tecnologias no estado de São Paulo.

Tecnologias	Safrinhas							
	2008	2009	2010	2011	2013	2014	2015/2016 ¹	2017
Convencional	6,6 (5)	5,0 (9)	6,5 (5)	5,2 (8)	6,8 (1)	7,4 (1)	7,0 (4)	7,0 (13)
YieldGard (Y e YG)	2,5 (5)	2,0 (7)	3,1 (2)	4,0 (3)	5,4 (3)	-	6,5 (1)	-
Total Liberty (TL)	-	1,3 (1)	2,8 (1)	1,2 (1)	3,2 (1)	5,1 (1)	-	-
Herculex (H ou HX)	-	0,6 (1)	0,8 (2)	2,6 (2)	7,2 (9)	6,5 (4)	-	-
VT Pro (Pro)	-	-	-	0,4 (1)	2,5(15)	3,3 (8)	3,4 (10)	3,8 (13)
Viptera (Vip)	-	-	-	0,2 (1)	-	-	1,0 (1)	-
Powercore (PW)	-	-	-	-	3,1 (5)	3,9 (5)	2,7 (8)	3,9 (11)
Intrasecta (YH)	-	-	-	-	-	6,8 (1)	-	-
Viptera 3 (Vip 3)	-	-	-	-	0,2 (1)	0,2 (1)	0,2 (1)	0,3 (1)
Leptra	-	-	-	-	-	-	-	0,5 (1)

Os números entre parênteses () se referem ao número de híbridos avaliados. - = não avaliado no ano. ¹Safra verão.

No ano de 2009 os resultados se assemelham aos obtidos para o ano anterior, no entanto, houve a entrada de híbridos Herculex (Cry1F) que apresentaram média de notas 0,6 (Tabela 1). Ao calcular a porcentagem de redução da nota, os híbridos Herculex apresentaram porcentagem de redução da nota de 88% (Tabela 2). Em 2010, os resultados obtidos foram semelhantes aos observados no ano anterior tanto para a nota de sintoma, quanto para porcentagem de redução da nota atribuída ao ataque da lagarta do cartucho (Tabelas 1 e 2).

Em 2011, diferente do observado nos anos anteriores, notou-se que os híbridos Herculex apresentaram maior média de notas de sintomas de ataque quando comparado aos anos anteriores, com notas médias de 2,6 (Tabela 1). Ainda neste ano, se iniciou a comercialização de híbridos que expressam duas proteínas inseticidas, denominados comercialmente de VTpro (Cry1A.105 e Cry2Ab2) que apresentaram nota média de 0,4 enquanto que, o híbrido com a tecnologia Viptera (Vip3Aa20) também utilizado pela primeira vez nessa safra apresentou nota média de 0,2 (Tabela 1).

Tabela 2. Porcentagem de redução de notas visuais de ataque da lagarta-do-cartucho, proporcionada pela transgenia presente em híbridos transgênicos utilizados no estado de São Paulo.

Tecnologias	Safrinhas							
	2008	2009	2010	2011	2013	2014	2015/2016	2017
Convencional								
YieldGard (Y e YG)	62,1	60,0	52,3	23,1	20,6	-	7,1	-
Total Liberty (TL)	-	74,0	56,9	76,9	52,9	31,1	-	-
Herculex (H ou HX)	-	88,0	87,7	50,0	0,0	12,2	-	-
VT Pro (Pro)	-	-	-	92,3	63,2	55,4	51,4	45,7
Viptera (Vip)	-	-	-	96,2	-	-	85,7	-
Power Core (PW)	-	-	-	-	54,4	47,3	61,4	44,3
Intrasecta (YH)	-	-	-	-	-	8,1	-	-
Viptera 3 (Vip 3)	-	-	-	-	97,1	97,3	97,1	95,7
Leptra	-	-	-	-	-	-	-	92,9
Nº de ensaios	1	4	3	3	1	2	2	4

Porcentagem de redução das notas de ataque calculada com os dados originais, conforme metodologia de Abbott (1925).

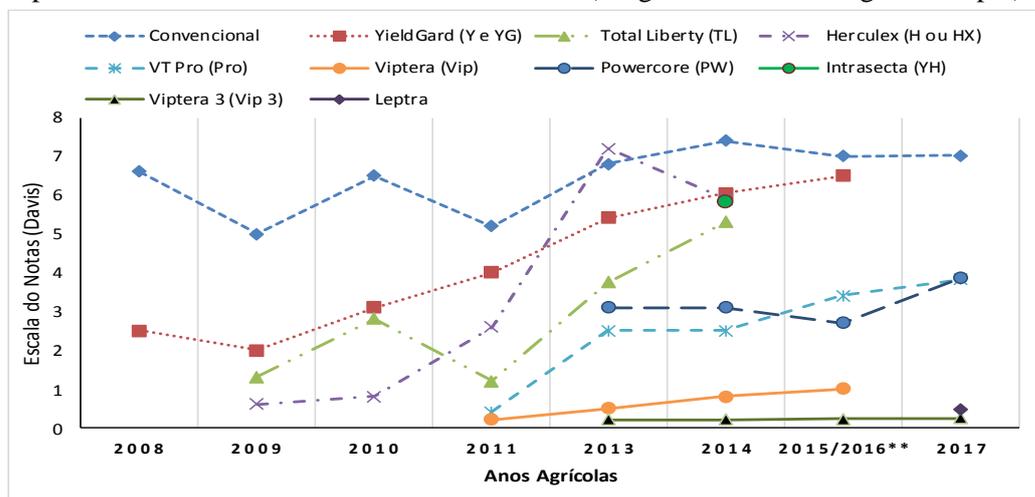
Ao se observar a evolução dos primeiros híbridos *Bt* utilizados para controle da lagarta-do-cartucho, verificou-se que os híbridos contendo as tecnologias Yieldgard e Herculex foram perdendo a eficiência frente à população de *S. frugiperda* ao longo dos anos, sendo que, inicialmente os híbridos Yieldgard apresentaram média de notas de 2,5 (2008) e no ano de 2013 a média apresentada foi maior que 5,4 (Figura 1).

Híbridos Herculex que, inicialmente apresentavam notas médias próximas a 1,0, sendo até então a principal solução para o controle desta praga nos cultivos de milho paulistas, em 2013 apresentaram notas médias acima de 7,0, demonstrando a perda de sua eficiência no controle de *S. frugiperda* no estado de São Paulo (Figura 1).

De modo geral, os híbridos com expressão da proteína inseticida Cry1F e/ou Cry 1Ab (Herculex, Yieldgard), à partir de 2012 passaram a apresentar baixa eficiência de controle para a lagarta-do-cartucho, sendo que ao longo dos anos as notas atribuídas aos sintomas de ataque desta praga são mais próximas às notas atribuídas aos híbridos convencionais.

Com relação ao percentual de redução da nota de sintoma de ataque, quando comparado com o híbrido convencional, os híbridos da tecnologia Herculex apresentaram apenas 50,0% de redução da nota de dano em 2011, valor muito inferior ao observado nos primeiros anos. Já os híbridos VTpro® e Viptera® proporcionaram redução das notas de sintomas de ataque em 92,3 e 96,2% respectivamente, se mostrando as tecnologias mais eficientes para o controle desta praga no ano de 2011 (Tabela 2).

Figura 1. Evolução dos danos de *S. frugiperda* em diferentes tecnologias liberadas comercialmente no Brasil, comparado ao híbrido convencional sem inseticida (Programa Milho e Sorgo IAC/Apta).



Fonte: Elaborado pelos autores

No ano de 2013 os híbridos com a tecnologia Herculex apresentaram as maiores notas atribuídas aos sintomas de ataque de *S. frugiperda*, com média de 7,2, esse foi o primeiro ano que um híbrido da tecnologia Bt apresentou nota semelhante às atribuídas para os híbridos convencionais, indicando uma possível seleção de população de *S. frugiperda* resistente a proteína Cry1F no estado de São Paulo. Os demais híbridos Bt apresentaram média de notas de 5,4 (Yieldgard), 3,1 (Power Core), 2,5 (VT Pro) e 0,2 (Viptera 3) (Tabela 1). Ao observar a porcentagem de redução das notas atribuídas para o ataque de *S. frugiperda*, nota-se que os híbridos com a tecnologia Herculex apresentaram 0,0%, os híbridos Yieldgard apresentaram 20,6%, Powercore 54,4%, VT Pro 63,2% e Viptera 3 apresentou redução de 97,2% da nota atribuída ao ataque (Tabela 2).

Na safrinha de 2014 os híbridos da tecnologia Intrasecta (Cry1Ab + Cry1F) e Herculex apresentaram notas próximas às observadas nos híbridos convencionais, com médias de 6,8 e 6,5 respectivamente. Os demais híbridos Bt apresentaram médias de notas de 5,1 (Total Liberty), 3,9 (Power Core), 3,3 (VT Pro) e 0,2 (Viptera 3) (Tabela 1).

Em 2017, as tecnologias Herculex, Yieldgard, Total Liberty não foram avaliadas. No entanto, foi liberada uma nova tecnologia, a Leptra, que na verdade não é nova, mas sim a união de tecnologias já disponíveis, Herculex, Yieldgard e Viptera, ou seja, como as primeiras tecnologias já não controlam como antigamente, a única proteína que ainda apresenta eficiência é VIP3Aa20 expressa por híbridos da tecnologia Viptera® (Tabela 1, 2 e Figura 1).

Ao analisar o retorno econômico da adoção de cada tecnologia verifica-se que nem sempre estão associadas a altas produtividades. A produtividade é influenciada por diversos fatores, como potencial genético do híbrido e condições edafoclimáticas da região, ou seja, cada híbrido, independentemente da tecnologia Bt, deve estar posicionado em regiões onde possa expressar o máximo de seu potencial genético.

Analisando dados de 2014, apesar de não controlar satisfatoriamente a lagarta-do-cartucho, tecnologias como Herculex e Intrasecta apresentaram bom retorno econômico enquanto a tecnologia Powercore apresentou o melhor retorno econômico. Já a tecnologia Vip3, apesar de apresentar o melhor controle da lagarta-do-cartucho (Tabela 1), não apresentou um bom retorno econômico, possivelmente em função do híbrido (foi avaliado somente Impacto Vip3) não estar adaptado a todas as regiões do estado de São Paulo avaliadas (Tabela 3). Serão necessários mais estudos para melhor entendimento desta relação entre adaptabilidade do híbrido à região e o controle da lagarta-do-cartucho pelas diferentes tecnologias.

Quanto ao desenvolvimento de resistência por parte dos insetos às toxinas Bt, já existem algumas estratégias recomendadas para o evitar ou o retardar. Baseia-se no cultivo de parte da área de lavoura com milho não-Bt, denominado áreas de refúgios, visando a amenizar a pressão de seleção em favor dos indivíduos resistentes às toxinas Bt. Dessa forma, os insetos sensíveis ao se alimentarem nesses refúgios, permanecem vivos e reprodutivos na área, diluindo a frequência dos alelos de resistência, permitindo, assim, a manutenção da susceptibilidade geral da população. Outra estratégia é a diversificação de tecnologias na propriedade, ou seja, o produtor não deve usar um único híbrido, muito menos a mesma tecnologia.

Tabela 3. Informações técnico-econômicas do impacto de nove tecnologias para produção de milho em quatro regiões do estado de São Paulo, safrinha de 2014.

Tecnologia	NL	Produção (sc ha ⁻¹)	Receita Bruta (R\$) ¹	Custo de Produção (R\$) ³	Semente (R\$) ⁴	Lucro (R\$)
Variedade não Bt (1) ¹	7,8	56,99	1.709,70	1.210,51	70,00	429,19
Híbrido não Bt (2)	7,0	68,24	2.047,20	1.210,51	234,50	602,19
Híbrido YH (1)	6,8	79,22	2.376,60	1.075,24	400,00	901,36
Híbrido H (4)	6,5	77,06	2.311,80	1.075,24	350,00	886,56
Híbrido TL (1)	5,1	79,48	2.384,40	1.075,24	380,00	929,16
Híbrido PW (5)	3,9	89,93	2.697,90	1.075,24	500,00	1.122,66
Híbrido PRO (8)	3,3	83,61	2.508,30	1.075,24	500,00	933,06
Híbrido VIP3 (1)	0,2	76,85	2.305,20	1.075,24	542,83	687,13

NL= nota de sintoma de danos visuais da lagarta-do-cartucho (Escala Davis); ¹Número de cultivares utilizadas em cada tecnologia; ²Preço médio da saca de 60 kg praticado em 2017= R\$ 30,00 (Fonte: CEPEA, 2017); ³Custo médio de produção sem custo da semente em 2017 (Fonte: CEPEA, 2017); ⁴Custo de um saco de semente contendo 60 mil sementes em 2017.

CONCLUSÃO

Os híbridos contendo as tecnologias YieldGard, Herculex e Total Liberty perderam rapidamente a eficiência no controle da lagarta-do-cartucho no Estado de São Paulo.

A tecnologia VTPro perdeu 50% de sua eficiência de controle após 5 anos de uso, enquanto a tecnologia Powercore aparentemente não perdeu eficiência, porém com eficiência similar ao VTPro.

A tecnologia Viptera 3, ainda menos utilizada nas lavouras e com menor tempo de adoção, vem mantendo a sua alta eficiência de controle da lagarta-do-cartucho.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v.18, p. 265-266, 1925.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Indicador do milho ESALQ BM&FBOVESPA, jan/dez 2014. Disponível em :<http://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/milho.aspx> . Acesso em: 10 jun. 2017.

CRUZ, I.et al. 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. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/41020/1/Damage-spodoptera.pdf>

DAVIS, F. M.; NG, S. S.; WILLIAMS, W. P. Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm. Mississippi: Agricultural and Forest Experiment Station, 1992. 9p. (Technical Bulletin, 186).

DUARTE, J. M.et al. **Eficácia de híbridos de milho Bt11 no controle de lepidópteros-praga em condições de campo sob infestação natural**. 2007. Disponível em: <http://www.syngenta.com.br/cs/Resumo%20expandido%20milho%20Bt11.pdf>. Acesso em: 10/05/2017.

GALLO, D.et al. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

MATSUNAGA, M.; TOLEDO, P. F. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, v.23, p.123-139, 1976.

MICHELOTTO, M. D. et al. Milho transgênico (*Bt*): efeito sobre pragas alvo e não alvo. **Nucleus**, Ituverava, v. 10, n. 3, p.67-82, 2013. Disponível em:
<http://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/903/1075>

PENCOE, N. L.; MARTIN, P. M. Development and reproduction of fall armyworm on several wild grasses. **Environmental Entomology**, College Park, v. 10, n. 6, p.999-1002, 1981.

