

APLICAÇÃO DOS GENES BT NA AGRICULTURA

Carlíane Rebeca Coelho da Silva (1); Silmara Chaves de Souza (2); Marília de Macêdo Duarte Moraes (2); Igor Luiz Vieira de Lima Santos (3)

(1) Universidade Federal Rural de Pernambuco, carliane.rebeca@gmail.com; (2) Universidade Estadual da Paraíba, silmarachavesdesouza@hotmail.com e mariliaduartebio@gmail.com; (3) Universidade Federal de Campina Grande, igorsantosbiologo@gmail.com

Introdução

As pragas agrícolas são um dos grandes problemas econômicos no manejo das grandes lavouras. Isso porque, dependendo da incidência, os prejuízos são consideráveis, incorrendo até mesmo na perda da lavoura. O controle mais efetivo se dá por meio de inseticidas químicos que oneram entre 20 e 40% o custo de produção além de causar vários prejuízos ao homem e ao ambiente (FREIRE, 2007).

A tecnologia de aplicação de defensivos tem sido ineficiente, causando danos ao ambiente, pois proporciona efeitos negativos em organismos não alvos e também incorre no surgimento de populações resistentes devido ao mau uso na dosagem do produto. A resistência natural por meio da transgenia constitui-se numa alternativa que tem sido muito adotada por países industrializados e em desenvolvimento e tem demonstrado, além do aspecto de seguridade, significativa economia no que se refere aos custos de produção, que se situa entre 40 e 65% (JAMES, 2013). Basicamente, essa tecnologia emprega o uso de ferramentas moleculares por meio da engenharia genética pela qual é possível prospectar genes inseticidas, isola-los e transferi-los para outras plantas por meio das várias técnicas da transgenia, sem a limitação imposta pelas barreiras naturais (CARRER et al. 2010).

Dentre os transgenes mais conhecidos em nível mundial, citam-se aqueles que contêm os genes Bt, oriundos de *Bacillus thuringiensis* (Bt), que é uma bactéria endofítica não patogênica de várias culturas, a qual, durante sua esporulação sintetiza cristais protéicos, conhecidos como cry ou δ -endotoxina, com propriedade inseticida (ANGELO et al, 2010). Os genes responsáveis pela síntese dos cristais protéicos são os da família cry (CRICKMORE et al., 2016).

Este trabalho teve por objetivo discorrer de modo sistemático sobre as melhorias nas commodities vegetais propiciadas especificamente pelo gene cry. Além de teorizar sobre as possíveis funções dessa proteína, bem como discorrer de modo geral sobre o melhoramento genético molecular em plantas.

Metodologia

Foi realizada uma revisão sistemática e atualizada a respeito do tema para poder discorrer com propriedade sobre as possíveis inovações tecnológicas propiciadas pelas técnicas de engenharia genética utilizando como base o organismo *Bacillus thuringiensis* (Bt).

Resultados e Discussão

Os mecanismos responsáveis pela ativação das proteínas Cry atuam sobre as larvas de insetos susceptíveis (**Figura 1**) ocorrem da seguinte forma: (i) por meio da solubilização do corpo de inclusão paraesporal em pH alcalino no intestino médio do inseto, (ii) pela ação de enzimas proteolíticas que atuam sobre a proteína Cry, degradando-a em fragmentos de 60-65 kDa com propriedades tóxicas (ANGELO et al, 2010) e (iii) pela ligação das toxinas a receptores específicos das microvilosidades das células epiteliais do intestino médio destas larvas. Tais ações

(83) 3322.3222

contato@conapesc.com.br

www.conapesc.com.br

promovem a formação de canais iônicos que elevam à pressão osmótica intracelular, promovendo assim a lise celular (FIUZA, 2004).

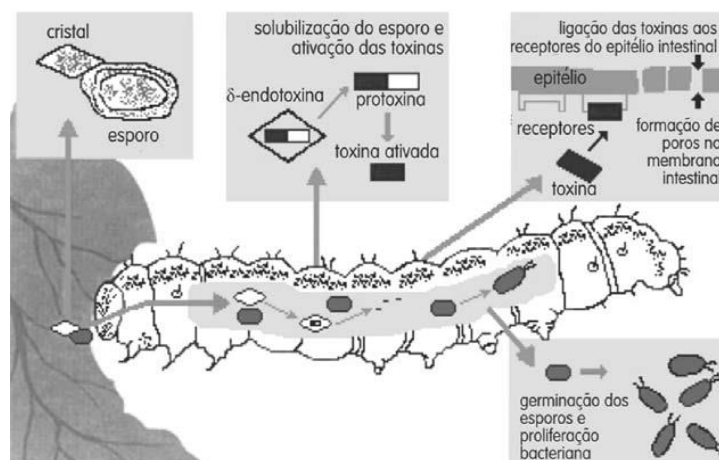


Figura 1. Mecanismo de ação da toxina bt (Who, 1999, adaptado)

Já foram descritas 436 proteínas Cry, sendo que a cada ano novas proteínas são descobertas. Só no ano de 2008 foram descritas 42 novas proteínas. Existe um banco de dados on-line que, periodicamente, atualiza a classificação e nomenclatura das proteínas Cry (CRICKMORE et al., 2016). A especificidade da ação da proteína Cry tem sido relatada nas mais diversas ordens de insetos como descrito na tabela 1.

Tabela 1. Classes e sub-classes de proteínas Cry de *Bacillus thuringiensis* com atividade inseticida às principais ordens de insetos.

Classes e sub-classes	Atividade inseticida
Cry 1A, Cry 1B, Cry , Cry 1D, Cry 1E, Cry , Cry 1G, Cry 1H, Cry 1I, Cry 1J, Cry 1K, Cry 2A, Cry 9A, Cry , Cry .	Lepidoptera
Cry 1I, Cry 3A, Cry 3B, Cry 7A, Cry 8A, Cry 8B, Cry , Cry 14A, Cry 18A, Cry 18B, Cry 34B, Cry 35A, Cry 36A, Cry 38A.	Coleoptera
Cry 1A, Cry 2A, Cry 4B, Cry 10A, Cry 11A, Cry 11B, Cry 16A, Cry 17A, Cry 19A, Cry 19B, Cry 20A, Cry 39A, Cry 40A.	Diptera
Cry 5A, Cry 5B, Cry 22A.	Hymenoptera

(Fonte: Pinto e Fiuza, 2002)

Uma das grandes vantagens associadas às plantas transgênicas que possuem o gene cry de Bt. é que as proteínas oriundas deste gene apresentam ação seletiva, não afetando insetos não-alvos ou vertebrados (BELTZ et al., 2000; GLARE e O'CALLAGHAM, 2000, FIUZA, 2004), bem como reduz emprego excessivo de pesticidas, que são altamente danosos ao meio ambiente (MARTINS et al., 2008).

Atualmente o mercado já dispõe de grandes commodities vegetais geneticamente modificadas com resistência a insetos, em especial as lagartas (Tabela 2).

Tabela 2. Algumas cultivares geneticamente modificadas com o gene Bt cultivadas no Brasil. *Bacillus thuringiensis* - Bt; *Agrobacterium tumefaciens* - Ag. T; *Streptomyces viridochromogenes* – Stre. Viri;

(83) 3322.3222

contato@conapesc.com.br

www.conapesc.com.br

Stenotrophomonas maltophilia strain DI-6 – Sten. mal.; Resistente a Inseto – RI; Tolerante a Herbicida – TH;

Produto	Nome comercial	Organismo Doador	Característica	Proteína	Empresa	Ano da Liberação
Soja	Intacta RR2 PRO	<i>Bt</i>	TH e RI	CP4-EPSPS Cry1Ac	Monsanto	2010
	DAS-81419-2	<i>Bt/ Stre. viri</i>	RI e TH	cry1Ac/cry1F/PAT	Dow Agrosience	2016
	MON 87751 x MON 87708	<i>Bt/ Sten. mal/ Ag. t</i>		Cry1A.105; Cry2Ab; Cry1Ac; dmo; cp4-epsps	Monsanto	2018
Milho	YieldGard	<i>Bt</i>	RI	Cry1Ab	Monsanto	2007
	TL	<i>Bt</i>	RI e TH	Cry1Ab/PAT	Syngenta	2007
	Herculex	<i>Bt/ Stre. viri</i>	RI e TH	Cry1F/PAT	Dow Agrosience	2008
	YieldGard/RR2	<i>Ag. t/ Bt</i>	RI e TH	CP4-EPSPS Cry1Ab	Monsanto	2009
	TL/TG	<i>Bt/ Stre. viri</i>	RI e TH	Cry1Ab/PAT	Syngenta	2009
	Viptera - MIR162	<i>Bt</i>	RI	VIP3Aa20	Syngenta	2009
	HR Herculex/R R2	<i>Bt/ Ag. t</i>	RI e TH	Cry1F/PAT CP4-EPSPS	Du pont	2009
	PRO	<i>Bt</i>	RI	Cry1A.105/Cry2Ab2	Monsanto	2009
	MIR604	<i>Bt</i>	RI	mcry3A	Syngenta	2014
	5307	<i>Bt</i>	RI	eCry3.1Ab	Syngenta	2015
Algodão	Bolgard I	<i>Bt</i>	RI	Cry1Ac	Monsanto	2005
	Bolgard I Roundup Ready	<i>Bt/ Ag. t</i>	RI e TH	Cry1Ac/CP4E PSPS	Monsanto	2009
	Widestrike	<i>Bt / Stre. viri</i>	RI e TH	Cry1Ac/Cry1F PAT	Dow Agrosience	2009
	Bolgard II	<i>Bt</i>	RI	Cry2Ab2/Cry1Ac	Monsanto	2009
	TwinLink	<i>Bt / Stre. viri</i>	RI e TH	Cry1Ab/Cry2Ae/PAT	BAYER	2011
	BolgardII Roundup Ready Flex	<i>Bt/ Ag. t</i>	RI e TH	cry1Ac e cry2Ab2 e CP4-EPSPS	Monsanto	2012

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2018 com modificações)

A distribuição e comercialização de cultivares biotecnológicos/GM tem crescido obtendo no ano de 2016 um total 185.1 milhões de hectares de cultivos biotecnológicos distribuídos em 26

países, esse total corresponde a um aumento de 5.4 milhões de hectares ou 3% de 179.7 milhões de hectares quando comparados ao plantado no ano de 2015 (ISAAA 2016). A adoção da Biotecnologia no Brasil vem crescendo a cada ano, na safra 2016 foram plantados 49.1 milhões de hectares de cultivo tecnológico representando 27% da área global de 185.1 milhões de hectares, estes 49.1 milhões de hectares são divididos entre os seguintes cultivos: 32.7 milhões de hectares de soja; 15.7 milhões de hectares de milho e 0.8 milhões de hectares de algodão. A taxa de adoção é de 93.4% um aumento de 2.7% em relação a adoção em 2015 (90.7%) (ISAAA 2016).

Conclusão

O isolamento dos genes de Bt e sua posterior transferência para diferentes commodities vegetais tem possibilitado uma ampla gama de perspectivas de controle a coleópteros e lepidópteros favorecendo a aquisição de resistência de forma individual ou de forma piramidada aumentando a gama de controle das plantas por mais gerações no campo.

Referências

ANGELO, E. A.; VILAS-BÔAS, G. T.; CASTRO-GÓMEZ, R. J. H. *Bacillus thuringiensis*: general characteristics and fermentation. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, p.945-958, 2010.

BELTZ, F. S.; HAMMOUND, B. G.; FUCHS, R. L. Safety and advantages of *Bacillus thuringiensis*-protected plants to control insect pests. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v.32, p.156-173, 2000.

CARRER, H.; BARBOSA, A. L.; RAMIRO, D. A. Biotechnology in agriculture. **Estudos Avançados**. v.24, p.149-163, 2010.

CRICKMORE, N.; BAUM, J.; BRAVO, A.; LERECLUS, D.; NARVA, K.; SAMPSON, K.; SCHNEPF, E.; SUN, M.; ZEIGLER, D. R. "Bacillus thuringiensis toxin nomenclature". 2016 <<http://www.btnomenclature.info/>>, acessado em: 02/06/2018

FIUZA, L. M.. Receptores de *Bacillus thuringiensis* em insetos. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**. v.32, p.84-89, 2004.

FREIRE, E. C. **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2007.

GLARE, T. R.; O'CALLAGHAM, M. *Bacillus thuringiensis*: Biology, ecology and safety. **Chicester: John Wiley**, p.350, 2000.

ISAAA. 2016. **Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2016**. ISAAA Brief No. 52. ISAAA: Ithaca, NY.

JAMES, CLIVE. 2013. **Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2013**. ISAAA Brief No. 46. ISAAA: Ithaca, NY.

MARTINS, É. S.; AGUIAR, R. W. D. S.; MARTINS, N. F.; MELATTI, V. M.; FALCÃO, R.; GOMES, A. C. M. M.; RIBEIRO, B. M.; MONNERAT, R. G. Recombinant Cry1Ia protein is highly toxic to cotton boll weevil (*Anthonomus grandis* Boheman) and fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*). **Journal of Applied Microbiology**, v.104, p.1363–1371, 2008.

PINTO, L. M. N.; FIUZA, L. M. Genes cry de *Bacillus thuringiensis*: uma alternativa biotecnológica aplicada ao manejo de insetos. **Biociências**, v.10, n.2, p.03-13, 2002.

WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). 1999. International programme on chemical safety. Environmental health criteria 217: Microbial Pest Control Agent *Bacillus thuringiensis*. Geneva. Available at: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc217.htm>, acessado em: 02/06/2018.