

CÂY TRỒNG BIẾN ĐỔI GEN TRONG BỐI CẢNH NÔNG NGHIỆP HIỆN ĐẠI - LỢI ÍCH VÀ RỦI RO

Lưu Thị Thúy Hải¹, Huỳnh Nga¹, Nguyễn Phương Thúy¹, Lê Trúc Linh¹

TÓM TẮT

Cây trồng biến đổi gen mang tính trạng mong muốn như: kháng thuốc diệt cỏ, kháng côn trùng, kháng bệnh, thay đổi chất lượng, chống chịu với điều kiện bất lợi của môi trường như chịu hạn, chịu mặn đã và đang được nhiều quốc gia chấp nhận và trồng rộng rãi trên thế giới. Trồng cây biến đổi gen được xem là một giải pháp hữu hiệu trong canh tác nông nghiệp hiện đại để thích ứng với tác động tiêu cực của biến đổi khí hậu và giúp giảm tỷ lệ sử dụng thuốc bảo vệ thực vật, qua đó góp phần duy trì, nâng cao năng suất và làm giảm ô nhiễm môi trường. Đồng thời, cây trồng biến đổi gen cũng tạo ra những sản phẩm chứa hàm lượng chất dinh dưỡng cao hơn hoặc đa dạng về màu sắc sử dụng trong trang trí. Vì vậy, cây trồng biến đổi gen đã và đang mang lại những lợi ích nhất định về kinh tế và môi trường, cung cấp nguồn nguyên liệu cho các ngành khác, nhưng nó cũng có những rủi ro tiềm ẩn cho con người và môi trường sống.

Từ khóa: Cây trồng chỉnh sửa gen, GMC, lợi ích, rủi ro

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong canh tác nông nghiệp ngày nay, cây trồng luôn bị đe dọa bởi tác động của biến đổi khí hậu như xâm nhập mặn, khô hạn; các loại bệnh dịch, tấn công của côn trùng, xâm lấn của cỏ dại cũng như hiệu quả sử dụng phân bón thấp làm giảm năng suất cây trồng. Ví dụ như sâu đục bông đã làm năng suất của cây bông tại Ấn Độ thấp hơn năng suất trung bình trên thế giới và sâu đục bông làm giảm 50 - 60% năng suất bông (ISAAA, 2020). Hiện nay, thuốc bảo vệ thực vật được sử dụng rộng rãi trong nông nghiệp trên toàn cầu, trong đó các nước sử dụng nhiều nhất là Trung Quốc, Mỹ, và Argentina. Năm 2020, lượng thuốc bảo vệ thực vật ước tính sử dụng cho mục đích nông nghiệp và phi nông nghiệp trên toàn cầu là 3,5 triệu tấn (Sharma *et al.*, 2019). Theo số liệu của FAO (2017), Trung Quốc, Mỹ, Argentina, Brazil, Canada và Việt Nam sử dụng tương ứng là 13,07; 2,54; 4,88; 5,95; 2,37; và 1,66 kg/ha thuốc bảo vệ thực vật. Để hạn chế sử dụng thuốc bảo vệ thực vật, giảm chi phí diệt cỏ mà vẫn duy trì năng suất cây trồng cần kết hợp nhiều biện pháp, trong đó sử dụng các giống mới mang gen kháng sâu bệnh trong canh tác đã và đang mang lại hiệu quả cao. Thông qua việc sử dụng công nghệ sinh học hiện đại, các giống cây trồng mới được tạo ra mang những vật liệu di truyền quy định những tính trạng mong muốn bằng công nghệ ADN tái tổ hợp được gọi là cây trồng biến đổi gen (Genetically Modified Crops-GMC) (ISAAA, 2020). Vì vậy, tạo ra giống cây trồng mới phù hợp với xu hướng phát triển của quốc gia cũng như thế giới và đáp ứng với những thay đổi do biến đổi khí hậu là

một trong những nhiệm vụ trọng tâm của công nghệ sinh học hiện đại. Do đó, các ứng dụng thực tế của công nghệ sinh học hiện đại trong chọn tạo giống cây trồng và tình hình trồng cây biến đổi gen được tổng hợp trong bài viết này, đồng thời những lợi ích và rủi ro của chúng đối với con người, môi trường và xã hội cũng sẽ được thảo luận.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Tài liệu khoa học về công nghệ sinh học, cây trồng biến đổi gen, và môi trường (sách, bài báo khoa học về công nghệ sinh học, cây trồng biến đổi gen ảnh hưởng đến môi trường, các websites).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Các từ khoá đã sử dụng để tìm kiếm: Genetic Modification hay Transgenic, Genetically Modified Crops (GMC) hay GM crops, cây chuyển gen, biotechnology crops, Commercialization of Transgenic Crops, Agricultural Biotechnology, Resistance to Abiotic Stresses, Resistance to Biotic Stresses/Herbicide Resistant Crops, Genetically Modified Foods hay GM foods, Genetic engineering, benefits from GM crops, GM crops risks. Các thuật ngữ tìm kiếm có thể điều chỉnh một ít để phù hợp với công cụ tìm kiếm ở các cơ sở dữ liệu khác nhau như mở rộng cú pháp để tìm kiếm.

Lựa chọn nghiên cứu: Các tiêu chí lựa chọn nghiên cứu trong cơ sở dữ liệu này là: (1) sách, bài báo khoa học đăng trên các website: Pubmed, Springer, ACS Publication, Wiley, ScienceDirect,

¹ Khoa Nông nghiệp Thủy sản, Trường Đại học Trà Vinh

trang web ISAAA, thông tin từ hội thảo, báo cáo trong và ngoài nước, Thông tư của Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn; (2) nghiên cứu các bài báo bằng ngôn ngữ tiếng Việt và tiếng Anh. Đầu tiên, các bài báo, sách được chọn theo tiêu đề phù hợp với mục tiêu. Kế tiếp, lọc các bài báo theo khía cạnh tổng quan về tình hình trồng cây biến đổi gen trên thế giới và ở Việt Nam; những kỹ thuật chỉnh sửa gen cây trồng; xu hướng tạo ra giống mới với các đặc tính mong muốn bằng cách biến đổi gen; khía cạnh lợi ích và rủi ro khi trồng và sử dụng cây biến đổi gen. Các sách, bài báo, chỉ dẫn ngoài những khía cạnh này không được phân tích.

2.3. Thời gian và địa điểm nghiên cứu

Thực hiện từ tháng 01 đến tháng 5/2020 tại Việt Nam.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

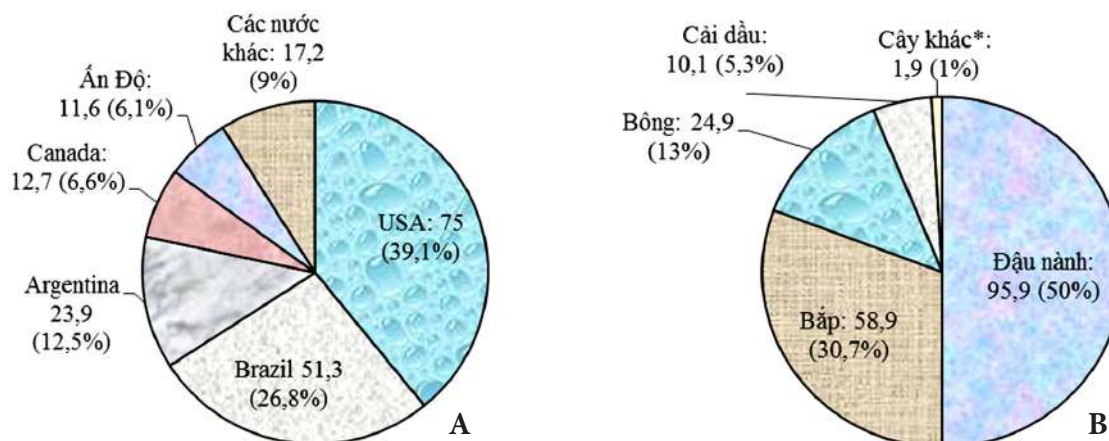
3.1. Tình hình trồng cây trồng biến đổi gen trên thế giới và Việt Nam

3.1.1. Khái quát tình hình trồng cây biến đổi gen trên thế giới

Cây trồng biến đổi gen được trồng và sử dụng gần như phổ biến ở nhiều quốc gia trên thế giới. Cây cà chua chuyển gen chín chậm được đưa vào trồng năm 1994 nhưng đến năm 1996 mới phát triển diện

tích cây trồng chuyển gen đáng kể (1,66 triệu hecta). Từ đó có sự gia tăng mạnh mẽ về diện tích trên toàn cầu (Brookes and Barfoot, 2018b). Đậu tương, ngô, bông và cải dầu là bốn loại cây trồng biến đổi gen được trồng phổ biến trên thế giới. Các gen được lựa chọn đưa vào các loại cây trồng này chủ yếu là gen kháng thuốc diệt cỏ (HT), kháng côn trùng (IR) và có sự kết hợp hai tính kháng (IR/HT). Bên cạnh bốn loại cây trồng trên, những loại cây trồng biến đổi gen đã thương mại hoá còn có cỏ linh lăng (cỏ alfalfa), củ cải đường kháng thuốc diệt cỏ; đu đủ, bí kháng virus; cà tím (IR) (ISAAA, 2018).

Đến năm 2018 (năm thứ 23 áp dụng cây trồng biến đổi gen), đã có khoảng 70 quốc gia áp dụng loại cây trồng này thông qua việc trồng và nhập khẩu sản phẩm. Năm quốc gia có diện tích trồng hàng đầu là Mỹ, Brazil, Argentina, Canada và Ấn Độ chiếm 91% tổng diện tích cây trồng biến đổi gen trên toàn thế giới trong tổng số có 26 quốc gia đã trồng với diện tích 191,7 triệu hecta (Hình 1A). Hình 1B cho thấy đậu tương, ngô, bông và cải dầu biến đổi gen chiếm 99% tổng diện tích cây trồng biến đổi gen trên toàn cầu. Theo đó, tỉ lệ diện tích từng loại cây trồng đậu tương, ngô, bông và cải dầu là 78%, 30%, 76% và 29% (theo thứ tự) là cây trồng biến đổi gen (ISAAA, 2018).



Hình 1. Diện tích trồng cây trồng biến đổi gen theo quốc gia năm 2018 (A); diện tích các loại cây trồng biến đổi gen năm 2018 (B) (đơn vị: triệu ha); *: củ cải đường, khoai tây, đu đủ, bí, táo và cà tím

Nguồn: ISAAA (2018).

Mỹ là quốc gia đầu tiên trồng cây trồng biến đổi gen với quy mô lớn. Kể từ năm 1996, Mỹ trồng đậu tương, ngô và bông, đến năm 1999 trồng cải dầu. Năm 2016, phần lớn củ cải đường trồng ở Mỹ đều là cây trồng biến đổi gen (Brookes and Barfoot, 2018b).

Trung Quốc là quốc gia châu Á đầu tiên trồng bông IR vào năm 1997. Đến năm 2017, Trung Quốc đạt diện tích bông IR là 2,78 triệu ha (chiếm 95% diện tích bông cả nước) (ISAAA, 2017).

3.1.2. Tình hình trồng cây biến đổi gen tại Việt Nam

Tại Việt Nam, cây trồng biến đổi gen được thương mại hoá vào năm 2015 với thủ tục được quy định tại Thông tư 02/2014/TT-BNNPTTN về Quy định trình tự, thủ tục cấp và thu hồi Giấy xác nhận thực vật biến đổi gen đủ điều kiện sử dụng làm thực phẩm, thức ăn chăn nuôi. Năm 2015, ở Việt Nam giống ngô IR/HT được trồng với diện tích 3.500 ha, chiếm 3% diện tích mùa vụ. Đến năm 2016, diện tích đạt được 35.000 ha và năm 2017 là 45.000 ha, năm 2017 với sự tham gia của 37.500 nông dân (ISAAA, 2017), và đạt 49.000 ha vào năm 2018 (ISAAA, 2018). Việt Nam có nhu cầu tiêu thụ ngô khá lớn, sản lượng ngô trong nước chỉ đáp ứng 40-50% nhu cầu thị trường. Theo Tổng cục Thống kê (2017), diện tích trồng ngô là 1099,5 nghìn hecta đạt sản lượng 5109,6 nghìn tấn, năng suất bình quân cả nước chỉ đạt 4,65 tấn/ha. Với việc trồng ngô chuyển gen, mức năng suất tăng hơn 12%, mức tăng thu nhập trung bình trong hai năm 2015 - 2016 khi áp dụng trồng loại cây này là 37,3 USD/ha, tương đương với mức thu nhập ròng của toàn trang trại là 1,43 triệu USD (Brookes and Barfoot, 2018b). Trong 6 tháng đầu năm 2019, Việt Nam nhập khẩu 4,6 triệu tấn ngô chủ yếu từ Argentina và Brazil (Vinanet, 2019). Vì vậy, cây ngô biến đổi gen dùng làm thức ăn cho chăn nuôi đang được trồng và dần gia tăng diện tích tại Việt Nam để đáp ứng nhu cầu của thị trường trong nước và tăng thu nhập của người trồng ngô.

Ngoài việc cây ngô chuyển gen được thương mại hoá vào năm 2015, đến tháng 02/2020, theo Bộ Nông nghiệp và PTNT (2020), danh mục thực vật biến đổi gen được cấp giấy xác nhận đủ điều kiện làm thực phẩm, thức ăn chăn nuôi tại Việt Nam gồm 39 sự kiện (event) trên 6 loại cây trồng: đậu tương (13), ngô (17); củ cải đường (01), cải dầu (04), bông (02), cỏ linh lăng (02). Các loại cây trồng và sự kiện này được tổng hợp và trình bày trong bảng 1. Sắp tới đây, cây bông chống chịu thuốc diệt cỏ glufosinate và dicamba, cỏ linh lăng giảm hàm lượng lignin có thể được thương mại hoá. Như vậy, Việt Nam đã gia tăng không ngừng các giống cây trồng biến đổi gen sau năm 2015.

Mặc dù một số giống cây trồng biến đổi gen chống chịu thuốc trừ cỏ có hoạt chất 2,4-D và glyphosate

được cấp giấy xác nhận nhưng hai loại chất này thuộc danh mục loại khỏi danh sách thuốc bảo vệ thực vật được phép sử dụng tại Việt Nam với Quyết định số 278/QĐ-BNN-BVTV (2017) và Thông tư 06/2020/TT-BNNPTNT. Đối với Quyết định 278, sau 2 năm (đến ngày 08/02/2019) thì hoạt chất 2,4-D bị cấm hoàn toàn. Đối với Thông tư 06/2020: “*Các thuốc bảo vệ thực vật chứa hoạt chất glyphosate không được sản xuất, nhập khẩu; chỉ được buôn bán, sử dụng đến ngày 30/6/2021*”. Tuy nhiên, sử dụng thuốc trừ cỏ trong quá trình canh tác là điều khó tránh khỏi vì nó giúp nông dân quản lý cỏ tốt hơn, giảm chi phí và công lao động do làm cỏ bằng tay. Vì vậy, xu hướng nghiên cứu và nhập khẩu các giống cây trồng biến đổi gen có liên quan đến 2,4-D và glyphosate sẽ giảm và dừng hẳn trong thời gian tới, thay vào đó là nghiên cứu và sử dụng các giống có tính chống chịu thuốc trừ cỏ thay thế lành tính hơn như những sản phẩm có chứa hoạt chất glufosinate, diuron, ethoxysulfuron, isoxaflutole, bentazone,...

Việc nghiên cứu và trồng cây biến đổi gen được xem như một xu hướng tất yếu cho sự phát triển kinh tế và đảm bảo an ninh lương thực. Vì vậy, các giống cây trồng biến đổi gen dùng làm lương thực, thực phẩm, thức ăn chăn nuôi, cung cấp nguyên liệu cho ngành khác. Thêm vào đó, tạo ra cây biến đổi gen thích ứng với biến đổi khí hậu như cây chịu mặn, chịu ngập úng cần được nghiên cứu và ứng dụng tại vùng Đồng bằng sông Cửu Long và các tỉnh ven biển; cây chịu hạn cần phát triển ở các vùng trên cả nước. Đồng thời, cần nghiên cứu phát triển tính trạng kháng sâu, bệnh để kháng thuốc để có thể quản lý sâu bệnh tốt hơn. Ví dụ sản xuất mía đường Việt Nam có giá thành mía nguyên liệu khá cao (900.000 - 1.200.000 đồng/tấn), trong khi đó, Thái Lan là 600.000 đồng/tấn. Tổng diện tích mía trên cả nước là 284.000 ha, trong đó diện tích bị hạn, mặn trên cả nước là 37.000 ha (Ngô Thị Thanh Tâm, 2017). Vì vậy, việc xem xét trồng cây mía biến đổi gen chống chịu hạn và mía *Bt* cũng là một hướng cho sự phát triển ngành mía đường Việt Nam. Ngoài ra, vấn đề tăng năng suất cây trồng nhờ vào công nghệ chỉnh sửa gen, nhất là cây lương thực là điều cần thiết để đảm bảo an ninh lương thực và là nguồn cung cấp cho xuất khẩu.

Bảng 1. Thực vật biến đổi gen được sử dụng làm thực phẩm, thức ăn chăn nuôi được cấp giấy xác nhận tại Việt Nam (Bộ Nông nghiệp và PTNT, 2020)

Giống cây trồng/Sự kiện	Tình trạng	Năm*
Đậu tương		
FG72 (MST-FGØ72-2)	Chống chịu thuốc trừ cỏ isoxaflutole và glyphosate	2020
DAS-68416-4; DAS-444Ø6-6	Chống chịu thuốc diệt cỏ 2,4-D	2019
DP 305423-1	Tăng cường hàm lượng axit oleic	2018
40-3-2; MON 89788	Chống chịu thuốc trừ cỏ Roundup gốc Glyphosate	2015; 2014
MON87708	Chống chịu thuốc trừ cỏ dicamba	2015
MON87705	Tăng cường hàm lượng axit oleic và chống chịu thuốc trừ cỏ Roundup gốc glyphosate	2015
MON 87769; MON87701	Kháng sâu bộ cánh vảy	2015
A 2704-12; A5547-127	Chống chịu thuốc trừ cỏ glufosinate ammonium	2015
MON 87769	Giàu hàm lượng axit stearidonic - axit béo thay thế omega-3	2015
Củ cải đường		
H7-1 (KM-ØØØH71-4)	Chống chịu thuốc trừ cỏ glyphosate	2020
Cải dầu		
MON 88302 (MON-883Ø2-9); RT73 (<i>Brassica napus</i> L.)	Chống chịu thuốc trừ cỏ glyphosate	2020
RF3 (ACS-BNØØ3-6); MS8 (ACS-BNØØ5-8)	Phục hồi bất dục đực và chống chịu thuốc trừ cỏ glufosinate ammonium	2020
Bông		
MON 88913 (Roundup Ready® Flex)	Chống chịu thuốc trừ cỏ glyphosate	2020
MON 15985 (BollGard®II)	Kháng sâu bộ cánh vảy	2020
Cỏ linh lăng		
J101 (MON); J163 (MON)	Chống chịu thuốc trừ cỏ glyphosate	2019
Ngô		
DAS-4Ø278-9	Chống chịu thuốc diệt cỏ 2,4-D	2019
SYHT0H2	Chống chịu thuốc trừ cỏ glufosinate ammonium và thuốc trừ cỏ ức chế HPPD nhờ gen chuyển pat và avhppd-03	2019
3272	Biểu hiện enzyme alpha-amylase AMY797E	2019
DAS-59122-7	Kháng sâu hại bộ cánh cứng	2018
MIR604; 5307	Kháng sâu hại rễ ngô thuộc bộ cánh cứng	2016
TC 1507	Kháng sâu hại bộ cánh vảy	2016
GA21; NK 603; T25	Chống chịu thuốc trừ cỏ glufosinate ammonium	2014; 2014; 2015
Bt 11; MIR 162; MON 89034	Kháng sâu hại bộ cánh vảy (Lepidoptera) đặc biệt với sâu đục thân ngô	2014
MON 810	Kháng sâu đục thân	2015
MON 87460	Chống chịu hạn	2015
MON 87427	Chống chịu thuốc trừ cỏ Roundup gốc glyphosate trên một số mô chọn lọc	2015
MON 88017	Chống chịu thuốc trừ cỏ và kháng sâu hại rễ ngô	2015

Ghi chú: (*): Năm cấp giấy xác nhận thực vật biến đổi gen đủ điều kiện làm thực phẩm/thức ăn chăn nuôi của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (đối với từ năm 2019 trở về trước ở tình trạng đã cấp giấy, đối với năm 2020 là QĐ).

3.2. Những ứng dụng của công nghệ sinh học trong tạo giống cây trồng mới

Thuật ngữ công nghệ sinh học (biotechnologie) được nhà khoa học người Hungary là Karoly Ereky đề xuất vào năm 1919. Thuật ngữ này được sử dụng để nói đến các quá trình sản xuất các sản phẩm từ nguyên liệu thô với sự trợ giúp của các sinh vật sống. Sau này, công nghệ sinh học được xác định là ứng dụng các nguyên tắc của kỹ thuật và khoa học sinh học để tạo ra các sản phẩm mới từ nguyên liệu có nguồn gốc sinh học. Công nghệ sinh học nông nghiệp được biết đến là tập hợp các kỹ thuật khoa học nhằm cải thiện vật nuôi, cây trồng dựa vào ADN. Kỹ thuật di truyền trên cây trồng, cụ thể là cây trồng biến đổi gen được các nhà khoa học hướng tới để có thể giải quyết nhiều thách thức trong nông nghiệp hiện nay như: tạo ra các giống mới kháng thuốc diệt cỏ để quản lý cỏ, kháng côn trùng; tăng khả năng chống chịu với điều kiện môi trường như chịu hạn, chịu mặn; cải thiện năng suất và dinh dưỡng (Hefferon, 2016).

3.2.1. Các kỹ thuật chỉnh sửa gen cây trồng

Những ứng dụng của công nghệ sinh học trong lĩnh vực cây trồng đã được nông dân áp dụng trong quá trình trồng trọt thông qua chọn lọc những đặc tính mong muốn và nhân giống. Ngày nay, công nghệ sinh học được áp dụng qua việc chỉnh sửa gen cây trồng nhằm tạo ra giống mới có các tính trạng vượt trội được tác giả Katiraei và von Mogel (2015) phân thành 6 nhóm như sau:

- Lai giống truyền thống: Phương pháp này được nông dân sử dụng từ nhiều thiên niên kỷ. Đây là phương pháp tạo hạt giống lai với những tính trạng vượt trội được di truyền từ cây bố mẹ. Tuy nhiên, việc áp dụng theo phương pháp này cần có những cây cùng loài hoặc những loài có liên quan chặt chẽ với nhau.

- Đột biến: Tạo đột biến ngẫu nhiên trên các loại cây trồng bằng cách sử dụng phóng xạ hay hoá chất gây đột biến và sàng lọc, chọn các tính trạng mới theo mong muốn. Trong tự nhiên quá trình đột biến ngẫu nhiên, tự phát đã tạo ra sự đa dạng cây trồng.

- Đa bội: Kỹ thuật chỉnh sửa gen cây trồng tạo ra thể đa bội có thể để tăng kích thước của trái, thay đổi khả năng sinh sản, được biết đến nhiều là dưa hấu không hạt với bộ nhiễm sắc thể 3n.

- Dung hợp tế bào trần (protoplast): Đây là công nghệ lai soma, vật chất di truyền gồm cả hai hệ gen của hai tế bào khác nhau. Phương pháp này có thể tạo con lai xa giữa hai loài khác nhau mà không thể

thực hiện bằng con đường lai hữu tính. Quá trình này có thể tạo ra hạt lai xa bất dục đực.

- Chuyển gen: Giống cây trồng được tạo ra bằng cách sử dụng công nghệ ADN tái tổ hợp để chuyển một hoặc một số gen chọn lọc mang tính trạng mong muốn như kháng sâu, bệnh, kháng thuốc trừ cỏ, chống chịu stress môi trường... Đây được gọi là cây trồng biến đổi gen (GMC).

- Chỉnh sửa bộ gen: Bằng cách sử dụng hệ thống CRISPR/Cas9 để chỉnh sửa ADN theo một trình tự xác định. Hệ thống CRISPR/Cas9 được áp dụng với nhiều kết quả tốt như: cải thiện hàm lượng dinh dưỡng, tăng khả năng kháng bệnh và chịu hạn, mặn. Phương pháp này có thể tạo ra đột biến định hướng, có thể tác động lên nhiều gen cùng lúc nhưng không mang ADN ngoại lai (Arora and Narula, 2017). Tại Việt Nam, ứng dụng CRISPR/Cas9 đã tạo được giống đu đủ kháng bệnh đốm vòng; cam quýt kháng bệnh tàn lụi; kháng bệnh bạc lá, đạo ôn và kháng hạn trên những giống lúa chủ lực (Phạm Công Hoạt và *ctv.*, 2020).

Trong sáu nhóm kỹ thuật chỉnh sửa gen cây trồng, kỹ thuật chỉnh sửa bộ gen và kỹ thuật chuyển gen thuộc công nghệ sinh học hiện đại. Hai kỹ thuật này đã tạo ra giống mới một cách nhanh chóng, chính xác và có thể giảm thời gian so với phương pháp lai tạo truyền thống. Vì vậy, tại Việt Nam, việc phát triển công nghệ sinh học như một xu hướng tất yếu cho sự phát triển đất nước. Trước đó là Chỉ thị số 50 CT/TW ngày 04/3/2005 của Ban Bí thư về việc đẩy mạnh phát triển và ứng dụng công nghệ sinh học. Đến nay là đẩy mạnh xây dựng và phát triển công nghiệp công nghệ sinh học trong các lĩnh vực ưu tiên thuộc nhóm sản phẩm nông nghiệp, y dược và công thương với Quyết định số 553/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Về việc phê duyệt Kế hoạch tổng thể phát triển công nghiệp sinh học đến năm 2030.

3.2.2. Tạo ra giống mới bằng kỹ thuật chỉnh sửa gen và chuyển gen

Xu hướng tạo các tính trạng cho cây trồng biến đổi gen hiện nay là tạo ra cây trồng có tính chống với điều kiện bất lợi của môi trường như hạn, mặn (chống chịu stress phi sinh học); kháng thuốc diệt cỏ, côn trùng, bệnh (chống chịu stress sinh học), và thay đổi chất lượng, năng suất theo hướng tốt hơn là vấn đề cần thiết đang được quan tâm và từng bước áp dụng rộng rãi trên toàn thế giới. Sau đây là những tính trạng điển hình mang tính xu hướng của công nghệ sinh học hiện đại:

- Tính kháng côn trùng: Vi khuẩn *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) được biết đến là có khả năng sản xuất ra các độc tố, trong đó đáng chú ý là loại cận bào tử. Các gen mã hoá protein độc tố diệt côn trùng được gọi là độc tố Cry của *Bt*. Tinh thể độc (tiền độc tố - protoxin) xâm nhập vào cơ thể côn trùng qua đường tiêu hoá, protein *Bt* được hoạt hoá trong ruột của côn trùng bằng enzyme protease và được cắt thành các đoạn peptid làm tổn thương ruột côn trùng, kết quả là côn trùng ngừng ăn và chết (Ibrahim *et al.*, 2010). Cho đến nay có hàng trăm gen Cry được công bố, và chia độc tố Cry thành 6 nhóm chính theo đặc tính diệt côn trùng: Nhóm I: mã hoá protein diệt ấu trùng Bộ Cánh vảy; Nhóm II: mã hoá protein diệt ấu trùng Bộ Cánh vảy và Bộ Hai cánh; Nhóm III: mã hoá protein diệt ấu trùng Bộ Cánh cứng; Nhóm IV: mã hoá protein diệt ấu trùng Bộ Hai cánh; Nhóm V: mã hoá protein diệt ấu trùng Bộ Cánh vảy và Cánh cứng; Nhóm VI: mã hoá protein diệt tuyến trùng. Các gen này được chuyển vào các loại cây trồng như ngô, bông, đậu tương, thuốc lá, ... để tạo ra cây trồng kháng côn trùng (Crickmore *et al.*, 1998).

- Tính kháng thuốc diệt cỏ: Thuốc diệt cỏ glyphosate ức chế enzyme 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase (EPSPS) trong con đường sinh

tổng hợp shikimate, làm phá vỡ con đường tổng hợp amino axit thơm và gây chết cây. Đây là con đường chịu trách nhiệm tổng hợp một số amino axit thơm quan trọng cho sự sống như tryptophan, tyrosine, phenylalanine (Aristilde *et al.*, 2017). Các gen kháng glyphosate ở một số vi sinh vật và cỏ dại có khả năng tổng hợp EPSPS mạnh được chuyển vào cây trồng để tạo ra cây trồng có tính kháng thuốc diệt cỏ glyphosate (Green and Owen, 2011). Với các giống cây trồng chống chịu thuốc diệt cỏ glyphosate, nông dân có thể quản lý cỏ dại tốt hơn, giảm chi phí làm cỏ và thay đổi biện pháp canh tác như không làm đất trước khi gieo trồng.

- Tăng khả năng chống chịu (stress môi trường): Liu *et al.* (2013) đã nghiên cứu tính chịu mặn và hạn của cây lúa. Cây con ở thế hệ T2 đồng hợp tử OsHsfA7-OE, ba tuần tuổi, có hàm lượng malondialdehyde thấp hơn cây dại khi xử lý NaCl 200 mM (khoảng 11,68‰) trong 10 ngày lá vẫn còn giữ được màu xanh, sau 10 ngày phục hồi có tỉ lệ sống sót đến hơn 67%. Đối với hạn, cây được xử lý hạn 10 ngày, thời gian tưới lại phục hồi 10 ngày, cây chuyển gen có biểu hiện phục hồi và tăng trưởng bình thường đến hơn 77% trong khi cây bình thường thì hoàn toàn không có dấu hiệu phục hồi.

Bảng 2. Các tính trạng chuyển gen cho các loại cây trồng (ISAAA, 2017; ISAAA, 2018; James, 2015)

Tính trạng	Cây trồng
<i>Tính kháng</i>	
Kháng côn trùng (IR)	Bông, đậu tương, ngô, bắp cải, thuốc lá, mía, cà tím, đậu đũa (cowpea), cỏ alfalfa, khoai tây
Kháng thuốc trừ cỏ (HT)	Đậu tương, bông, ngô, cải dầu, củ cải đường, cỏ alfalfa, lúa mì, khoai tây
Kháng virus	Khoai tây, thuốc lá, cà chua, đu đủ, bí, chuối, khoai mì, khoai lang
Kháng nấm	Cà chua, khoai tây
Kháng khuẩn, tuyến trùng	Chuối
<i>Chống chịu môi trường</i>	
Chịu hạn	Ngô, mía, lúa, lúa mì
Tăng hiệu quả sử dụng đạm, nước, chịu mặn	Lúa
<i>Nâng cao năng suất và chất lượng</i>	
Nâng cao chất lượng	Thay đổi màu sắc hoa (hoa hồng, cẩm chướng, dạ yến thảo; tăng hàm lượng axit oleic ở cải dầu và đậu tương; tạo tính trạng chậm nâu ở táo; giảm hàm lượng lignin ở cỏ alfalfa; tăng fructose, tăng hàm lượng lysine, kiểm soát thụ phấn trên ngô; tăng hàm lượng Fe và pro-vitamin A ở chuối; tạo giống lúa và khoai mì giàu β -carotene.

- Tăng năng suất bằng hệ thống CRISPR/Cas9: Các nhà khoa học dựa trên công nghệ chỉnh sửa gen CRISPR/Cas9 để tạo ra giống lúa cho năng suất cao hơn và tiết kiệm thời gian nhân giống. Các locus gen được xác định có liên quan đến năng suất là OsGS3, OsGW2 và OsGn1a. Các gen mục tiêu này có thể được chỉnh sửa để thay đổi kích thước, trọng lượng và số lượng hạt. Kết quả bước đầu tạo được giống lúa tăng năng suất đến 30%. Vì vậy, cách tiếp cận chỉnh sửa bộ gen tại các locus tính trạng định lượng (quantitative trait loci (QTLs) cho thấy có thể cải tiến các giống cây trồng (Zhou *et al.*, 2019). Các gen mục tiêu được chỉnh sửa di truyền ổn định mà không có đột biến mới hay đảo ngược (Zhang *et al.*, 2014). Ngoài ra, hệ thống CRISPR/Cas9 còn được nghiên cứu trên các tính trạng khác của nhiều loại cây trồng được công bố như tạo giống kháng bệnh trên cây lúa. Ứng dụng hệ thống CRISPR/Cas9 để làm tăng tính kháng bệnh bạc lá do vi khuẩn *Xanthomonas oryzae* với gen mục tiêu OsSWEET11, OsSWEET14 và tăng tính kháng bệnh đạo ôn do nấm *Magnaporthe oryzae* với gen mục tiêu OsERF922. Cho đến nay, công nghệ chỉnh sửa gen qua ứng dụng CRISPR/Cas9 được nghiên cứu ngày càng nhiều trong nông nghiệp thể hiện qua các bài báo khoa học được công bố. Các nghiên cứu được thực hiện chủ yếu trên các cây trồng như lúa, lúa mì, ngô, thuốc lá, cam, dưa chuột (Arora and Narula, 2017). Điều này cho thấy công nghệ chỉnh sửa gen có tiềm năng lớn trong việc tạo nhiều giống cây trồng mới trong tương lai.

Nhìn chung, các tính trạng chuyển gen được áp dụng đối với cây trồng (Bảng 2) bao gồm (1) Gia tăng tính chống chịu (hay tính kháng) thuốc diệt cỏ, côn trùng, mầm bệnh, virus; (2) Gia tăng tính chống chịu với sự bất lợi của môi trường (chống stress môi trường) như mặn, hạn; (3) Cải thiện đặc tính, cải thiện chất lượng cho chế biến, gia tăng năng suất.

3.3. Lợi ích của cây trồng biến đổi gen

3.3.1. Tăng thu nhập

Cây trồng biến đổi gen đã góp phần tăng thu nhập của trang trại nhờ vào năng suất và hiệu quả. Năm 2016, cây trồng biến đổi gen mang lại thu nhập cho trang trại toàn cầu gần 18,2 tỷ USD, năng suất tăng đến 82,2 triệu tấn, trong đó góp phần đáng kể là từ cây đậu tương, ngô, cải dầu và bông. Trong 21 năm (1996-2016) lợi ích kinh tế của loại cây này mang lại là 186,1 tỷ USD cho 16 đến 17 triệu nông dân và tăng năng suất cây trồng đến 657,6 triệu tấn (Brookes and Barfoot, 2018b).

3.3.2. Lợi ích về môi trường

Việc sử dụng cây trồng biến đổi gen đã làm giảm việc sử dụng thuốc diệt cỏ, thuốc trừ sâu đã mang đến lợi ích về môi trường. Kể từ năm 1996 - 2016, việc trồng cây trồng biến đổi gen đã giảm được 672,1 triệu kg hoạt chất thuốc bảo vệ thực vật (tương đương giảm 8%). Về mặt môi trường, chỉ số EIQ (Environmental Impact Quotient) được dùng để đo tác động của cây trồng GM đến môi trường. Sự giảm thiểu tác động của canh tác đến môi trường do giảm thuốc trừ sâu và thuốc diệt cỏ tới 18,4% trong giai đoạn 1996-2016 (Brookes and Barfoot, 2018b).

Áp dụng cây trồng kháng thuốc diệt cỏ đã giúp nông dân giảm việc làm đất hoặc không làm đất đã tiết kiệm được phần nhiên liệu do sử dụng máy móc cho việc cày xới nên giảm được sự xói mòn đất. Cùng với đó, việc giảm nhiên liệu bằng cách ít phun thuốc đối với trồng ngô và bông (IR) đã làm giảm lượng khí thải CO₂. Trong năm 2016, giảm CO₂ do việc giảm sử dụng nhiên liệu 2.945 triệu kg CO₂ phát sinh từ việc giảm 1.309 triệu lít nhiên liệu (tương đương với giảm 1,8 triệu xe hơi trên đường trong một năm). Trong giai đoạn 1996 - 2016, mức giảm tương tự là 29.169 triệu kg CO₂ và 10.925 triệu lít nhiên liệu (Brookes and Barfoot, 2018a).

Nhằm làm giảm lượng phốtpho (P) dư thừa từ chất thải chăn nuôi, cây lúa chuyển gen tạo ra giảm hàm lượng axit phytic trong hạt đến 68% việc nhưng không ảnh hưởng đến trọng lượng hạt, sự nảy mầm hay sinh trưởng của cây (Kuwano *et al.*, 2009), việc giảm axit phytic trong ngô, gạo và lúa mạch (dùng làm thức ăn chăn nuôi) sẽ làm giảm sự suy vi chất dinh dưỡng và giảm phốtpho trong chất thải động vật nhưng cần nghiên cứu thêm về việc ảnh hưởng đến sức khỏe con người khi dùng nguồn thức ăn từ các động vật này. Ngô và đậu tương biến đổi gen làm thức ăn cho chăn nuôi heo và gà đã làm giảm lượng thải phốtpho trong phân từ 50 đến 60% và giảm thiểu lượng chất thải đạm so với thức ăn từ ngô và đậu tương bình thường. Vì vậy, cho ngô và đậu tương biến đổi gen vào khẩu phần thức ăn của heo và gà sẽ là giảm lượng phốtpho và đạm dưới dạng urê thải vào môi trường (Etherton, 2003).

Ngoài ra, nhờ vào việc giảm sử dụng thuốc bảo vệ thực vật hay sử dụng thuốc ít độc hại với môi trường đã góp phần vào sự duy trì đa dạng sinh học và cân bằng sinh thái (ISAAA, 2018).

3.3.3. Tăng cường hiệu quả sử dụng phân đạm

Năm 2016, lượng tiêu thụ phân bón toàn cầu khoảng 179,2 triệu tấn urê, 32 triệu tấn phân DAP và MAP. Cây trồng tiêu thụ phân urê nhiều nhất là cây lúa mì với tỷ trọng là 18%, ngô xếp thứ 2 ở mức

17%, lúa gạo là 15% xếp thứ 3. Tổng tỷ trọng tiêu thụ của ba loại cây trồng này chiếm tới 50% lượng ure tiêu thụ toàn cầu (Thạch Minh Khai, 2017). Hiệu quả sử dụng đạm (NUE) của cây trồng khoảng 30 đến 50% tùy thuộc vào cây trồng, khí hậu, đất đai và cách quản lý canh tác. Đối với lúa mì trồng ở vùng ôn đới là khoảng 50 đến 60% và khoảng 30% đối với lúa gạo trồng ở vùng đất thấp và đất có sa cấu thô (Reetz, 2016). Do đó, lượng phân đạm sử dụng không hiệu quả bị mất đi hàng năm rất lớn, thải vào môi trường đất, nước, không khí và gây ô nhiễm nguồn tài nguyên này. Vì vậy, các nhà khoa học đã nghiên cứu phát triển giống lúa chuyển gen nhằm tăng cường hiệu quả sử dụng đạm. Kết quả cho thấy cây lúa chuyển gen đã tăng sinh khối khô và năng suất hạt (Bi *et al.*, 2019). Điều này giúp giảm một phần kinh phí do sử dụng đạm không hiệu quả của cây lúa, đồng thời góp phần giảm ô nhiễm môi trường do phân đạm gây ra.

3.3.4. Cung cấp nguồn nguyên liệu cho các ngành khác

Đậu tương được xem là loại cây trồng quan trọng liên quan đến các ngành khác nhất là thực phẩm như thức ăn, dầu đậu tương, thức ăn gia súc. Những giống đậu tương mới có hàm lượng axit oleic vượt hơn 80% so với đậu tương thông thường là 24%. Dầu được chế biến từ giống đậu tương này tương tự như dầu đậu phộng và dầu ô liu. Ngô là một trong những ngũ cốc quan trọng trên thế giới. Sản phẩm của ngô được dùng làm thức ăn cho chăn nuôi, chế biến dầu ăn, đồ uống (xi rô ngô với hàm lượng đường fructose cao), phụ gia thực phẩm và nguồn nguyên liệu cho nhiên liệu sinh học. Sản phẩm của cây bông được dùng vào sản xuất sợi, dầu hạt bông được dùng để chiên, bơ thực vật và thức ăn gia súc. Sản phẩm của cây cải dầu thường được dùng để làm dầu ăn, bơ thực vật, chất nhũ hoá trong thực phẩm đóng gói (Johnson and O'Connor, 2015). Khoai tây được biết là một trong năm loại cây lương thực chính của thế giới. Khoai tây ngoài việc sử dụng làm thức ăn, phụ gia thực phẩm, bắt đầu từ năm 2003, tinh bột khoai tây dùng để sản xuất giấy để giúp tiết kiệm nguyên liệu thô, năng lượng, nước và hoá dầu. Nhìn chung, cây trồng chuyển gen hiện nay cung cấp nguyên liệu cho nhiều ngành, nhiều lĩnh vực như công nghiệp, thực phẩm, thức ăn chăn nuôi và trang trí.

3.4. Những rủi ro

3.4.1. Hình thành tính kháng ở các sinh vật khác

- Côn trùng kháng cây trồng *Bt*: Do sự tiến hoá của tính kháng nên làm giảm hiệu quả của protein diệt côn trùng từ cây trồng chuyển gen kháng côn trùng. Điều này có thể dẫn đến hình thành quần thể côn trùng kháng với cây trồng *Bt* (Tabashnik *et al.*, 2013).

- Xuất hiện cỏ kháng glyphosate: Có những lo ngại rằng trong một số cây trồng như hạt cải dầu hoặc củ cải đường, có các loài cỏ dại liên quan chặt chẽ, tính trạng kháng thuốc diệt cỏ có thể lan vào quần thể cỏ dại bằng cách thụ phấn chéo (Murphy, 2004). Ở những vùng nông dân sử dụng rộng rãi loại cây trồng chuyển gen chống chịu thuốc trừ cỏ (HT) và họ đã phụ thuộc vào việc sử dụng thuốc trừ cỏ glyphosate và hiện nay, có khoảng 41 loài cỏ dại kháng glyphosate trên toàn thế giới (Brookes and Barfoot, 2018b). Tuy nhiên, hiện nay, nhiều quốc gia ban hành lệnh cấm sử dụng thuốc diệt cỏ glyphosate vì lý do ảnh hưởng đến sức khoẻ con người và các quốc gia khác đang xem xét về lệnh cấm này. Vì vậy, xu hướng sử dụng thuốc trừ cỏ thế hệ mới lành tính hơn có thể được thay thế glyphosate và mang đến cơ hội diệt cỏ khác không hoàn toàn phụ thuộc vào glyphosate.

3.4.2. An toàn thực phẩm

Mặc dù các giống cây trồng biến đổi gen trước khi đưa ra thị trường đều có một quá trình kiểm duyệt nhưng những lo ngại về loại cây trồng này cũng có những cơ sở nhất định. Các protein được mã hoá bởi các gen ngoại lai có thể hoạt động như chất gây dị ứng hoặc thay đổi mức độ nội tại của chất gây dị ứng (Arora and Mishra, 2001). Ví dụ như giống đậu nành chuyển gen làm giàu methionine từ cây đậu Brazil có chất gây dị ứng trong thực phẩm được chế biến (Nordlee *et al.*, 1996) và dừng quá trình sản xuất; giống đậu chuyển gen mã hoá chất ức chế enzyme alpha-amylase để chống lại sự tấn công của mọt. Các protein chuyển gen đã phản ứng kích thích miễn dịch, làm cho chuột bị viêm phổi sau khi ăn, trong khi cây bản địa thì không (Prescott *et al.*, 2005).

3.4.3. Ảnh hưởng đến môi trường và đa dạng sinh học

Mặc dù cây trồng biến đổi gen mang lại một số lợi ích về môi trường, tuy nhiên nó cũng tiềm ẩn những rủi ro. Những lo ngại khi trồng cây chuyển gen có thể dẫn đến việc nông dân canh tác độc canh nhiều hơn thay vì luân canh cây trồng để có thể giảm sử dụng phân bón, giảm việc gây thiệt hại của côn trùng hay kiểm soát cỏ dại bằng biện pháp canh tác. Trồng cây biến đổi gen làm cho nông dân hoàn toàn phụ thuộc vào việc sử dụng thuốc diệt cỏ, thuốc và lượng phân bón nhiều sẽ rửa trôi ra dòng chảy và ảnh hưởng đến các loại cây cỏ khác, nhất là cây non. Bên cạnh đó, việc độc canh cây trồng cũng có thể dẫn đến sự bùng phát côn trùng hoặc mầm bệnh gây hại. Cây trồng kháng sâu cũng có khả năng tiêu diệt các loài thiên địch của côn trùng gây hại nên làm ảnh hưởng đến chuỗi thức ăn trong tự nhiên

(National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2016).

IV. KẾT LUẬN

Ứng dụng của công nghệ sinh học hiện đại trong việc tạo ra giống mới với các tính trạng mong muốn thông qua công nghệ ADN tái tổ hợp đang được áp dụng rộng rãi trên thế giới cũng như ở Việt Nam. Chúng ta không thể phủ nhận rằng, việc áp dụng cây trồng biến đổi gen đã mang lại lợi ích về môi trường, kinh tế và xã hội cho người sản xuất cũng như tiêu dùng. Cây trồng biến đổi gen mang các tính trạng vượt trội như có khả năng kháng sâu bệnh, năng suất cao hơn hoặc chứa nhiều chất dinh dưỡng hơn đang được trồng phổ biến trên thế giới cũng như ở Việt Nam. Sản phẩm của chúng đã và đang là nguồn cung cấp nguyên liệu dồi dào cho nhiều ngành sản xuất khác, nhất là ngành chăn nuôi. Thêm vào đó, trồng cây biến đổi gen giúp giảm thải CO₂, phốtpho, đạm urê vào môi trường, cũng như giảm các tác động tiêu cực lên hệ sinh thái thông qua việc giảm sử dụng thuốc bảo vệ thực vật. Tuy nhiên, sử dụng cây trồng biến đổi gen cũng có tính rủi ro nhất định, cần được đánh giá kỹ trước khi phổ biến rộng rãi, nhất là khi dùng làm lương thực, thực phẩm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Bộ Nông nghiệp và PTNT, 2020. *Danh mục Thực vật biến đổi gen sử dụng làm Thực phẩm, Thức ăn chăn nuôi*, ngày truy cập: 10/6/2020. Truy cập từ: <http://www.agrobiotech.gov.vn/>.

Phạm Công Hoạt, Nguyễn Thị Bích Ngọc, Phạm Lê Anh Tuấn, Lê Huỳnh Thanh Phương, Phạm Văn Tiềm, 2020. Triển vọng ứng dụng công nghệ chỉnh sửa gen (CRISPR/Cas) phục vụ chọn tạo giống cây trồng, vật nuôi tại Việt Nam. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, Số 1+2: 61-63.

Thạch Minh Khai, 2017. *Báo cáo ngành phân bón vô cơ*. Công ty chứng khoán FPT.

Ngô Thị Thanh Tâm, 2017. *Báo cáo ngành đường*. Công ty chứng khoán FPT.

Tổng cục Thống kê, 2017. *Số liệu thống kê năm 2017*, ngày truy cập 10/6/2020. Truy cập từ: <https://www.gso.gov.vn/SLTK/>.

Vinanet, 2019. *Nhập khẩu ngô 6 tháng đầu năm 2019 đều sụt giảm ở cả lượng và trị giá* (Bài viết của Hương Nguyễn 13/08/2019), ngày truy cập 05/6/2020. Truy cập từ: <http://vinanet.vn/thuong-mai-cha/nhap-khau-ngo-6-thang-dau-nam-2019-deu-sut-giam-o-ca-luong-va-tri-gia-715820.html>.

Aristilde, L., M.L. Reed, R.A. Wilkes, T. Youngster, M.A. Kukrugya, V. Katz and C.R.S. Sasaki, 2017. Glyphosate-Induced Specific and Widespread Perturbations in the Metabolome of Soil

Pseudomonas Species. *Species. Front. Environ. Sci.*, 5: 34.

Arora, L. and A. Narula, 2017. Gene Editing and Crop Improvement Using CRISPR-Cas9 System. *Front. Plant Sci.*, 8:1932.

Arora, N. and A. Mishra, 2001. Safety assessment of genetically modified food crops. *Indian J Allergy Asthma Immunol*, 25: 53-60.

Bi, Y.-M., S. Kant, J. Clark, S. Gidda, F. Ming, J. Xu, A. Rochon, B.J. Shelp, L. Hao, R. Zhao, R.T. Mullen, T. Zhu and S.J. Rothstein, 2019. Increased nitrogen-use efficiency in transgenic rice plants over-expressing a nitrogen-responsive early nodulin gene identified from rice expression profiling. *Plant, Cell and Environment*, 32: 1749-1760.

Brookes G. and P. Barfoot, 2018a. Environmental impacts of genetically modified (GM) crop use 1996-2016: Impacts on pesticide use and carbon emissions. *GM Crops Food*, 9: 109-139.

Brookes, G. and P. Barfoot, 2018b. *GM crops: global socio-economic and environmental impacts 1996-2016*. UK. PG Economics Ltd, 1-204.

Crickmore, N., D.R. Zeigler, J. Feitelson, E. Schnepf, J. Van Rie, D. Lereclus, J. Bum and D.H. Dean, 1998. Revision of the nomenclature for the *Bacillus thuringiensis* pesticidal crystal proteins. *Microbiol Mol Biol Review*, 62: 807-813.

Etherton, T.D., 2003. Cải thiện ngành công nghiệp chăn nuôi nhờ công nghệ sinh học. Trong Công nghệ sinh học Nông nghiệp (Bản dịch từ tiếng Anh). *Tạp chí Điện tử của Bộ ngoại giao Hoa Kỳ*, 8(3): 62-69.

FAO, 2017. *Pesticides indicators*, accessed on 17 April 2020. Available from: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/EP/visualize>.

Green, J.M., and M.D.K. Owen, 2011. Herbicide-Resistant Crops: Utilities and Limitations for Herbicide-Resistant Weed Management. *J Agric Food Chem.*, 59: 5819-5829.

Hefferon, K.L., 2016. Food Security of Genetically Modified Foods. *In Reference Module in Food Science*. Elsevier.

Ibrahim, M.A., N. Griko, M. Junker and L.A. Bulla, 2010. *Bacillus thuringiensis*: A genomics and proteomics perspective. *Bioeng Bugs*, 1: 31-50.

ISAAA, 2017. *Brief 53-2017. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years*, accessed on 09 April 2020. Available from: <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/53/executivesummary/default.asp>.

ISAAA, 2018. *Brief 54-2018: Executive Summary: Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2018. Biotech Crops Continue to Help Meet the Challenges of Increased Population and Climate Change*, accessed

- on 09 April 2020. Available from: <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/54/>.
- ISAAA**, 2020. *Pocket K No. 1: Q and A About Genetically Modified Crops. Genetically Modified Crops - Take Part in the Dialogue*, accessed on 09 April 2020. Available from: <http://www.isaaa.org/resources/publications/pocketk/1/>.
- James, C.**, 2015. *Brief 51-2015. 20th Anniversary (1996 to 2015) of the Global Commercialization of Biotech Crops and Biotech Crop Highlights in 2015*. ISAAA, accessed on 09 April 2020. Available from: <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/51/download/isaaa-brief-51-2015.pdf>.
- Johnson, D. and S. O'Connor**, 2015. *These charts show every genetically modified food people already eat in the U.S.*, accessed on 09 April 2020. Available from: <https://time.com/3840073/gmo-food-charts/>.
- Katirae, L. and K.H. von Mogel**, 2015. *Infographic: Crop Modification Techniques* in Biology Fortified, accessed on 15 May 2020. Available from: <https://biofortified.org/portfolio/crop-modification-techniques/>.
- Kuwano, M., T. Mimura, F. Takaiwa and K.T. Yoshida**, 2009. Generation of stable 'low phytic acid' transgenic rice through antisense repression of the 1D-myo-inositol 3-phosphate synthase gene (RINO1) using the 18-kDa oleosin promoter. *Plant Biotechnology Journal*, 7: 96-105.
- Liu, A.-L., J. Zou, C.-F. Liu, X.-Y. Zhou, X.-W. Zhang, G.-Y. Luo and X.-B. Chen**, 2013. Over-expression of OsHsfA7 enhanced salt and drought tolerance in transgenic rice. *BMB Rep.*, 46: 31-36.
- Murphy, D.J.**, 2004. *Chapter 3 Overview of Applications of Plant Biotechnology. In The Handbook of Plant Biotechnology*. Wiley Online Library. [Accessed 09 April 2020]. <https://doi.org/10.1002/0470869143.kc002>.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine**, 2016. Agronomic and environmental effects of genetically engineered crops. Genetically engineered crops: experiences and prospects. *National Academies Press*. pp. 97-170.
- Nordlee, J.A., S.L. Taylor, J.A. Townsend, L.A. Thomas and R.K. Bush**, 1996. Identification of a Brazil-Nut Allergen in Transgenic Soybeans. *N Engl J Med.*, 334: 688-692.
- Prescott, V.E., P.M. Campbell, A. Moore, J. Mattes, M.C. Rothenberg, P.S. Foster, T.J.V. Higgins and S.P. Hogan**, 2005. Transgenic expression of bean alpha-amylase inhibitor in peas results in altered structure and immunogenicity. *J. Agric. Food Chem.*, 53: 9023-9030.
- Reetz, H.F.**, 2016. *Fertilizers and their Efficient Use*. IFA. France.
- Sharma, A., V. Kumar, B. Shahzad, M. Tanveer, G.P.S. Sidhu, N. Handa, S.K. Kohli, P. Yadav, A.S. Bali, R.D. Parihar, O.I. Dar, K. Singh, S. Jasrotia, P. Bakshi, M. Ramakrishnan, S. Kumar, R. Bhardwaj and A.K. Thukral**, 2019. Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN Applied Sciences*, 1: 1446.
- Tabashnik, B.E., T. Brévault and Y. Carrière**, 2013. Insect resistance to Bt crops: lessons from the first billion acres. *Nature Biotechnology*, 31: 510-521.
- Zhang, H., J. Zhang, P. Wei, B. Zhang, F. Gou, Z. Feng, Y. Mao, L. Yang, H. Zhang, N. Xu, and J.-K. Zhu**, 2014. The CRISPR/Cas9 system produces specific and homozygous targeted gene editing in rice in one generation. *Plant Biotechnology Journal*, 12: 797-807.
- Zhou, J., X. Xin, Y. He, H. Chen, Q. Li, X. Tang, Z. Zhong, K. Deng, X. Zheng, S. A. Akher, G. Cai, Y. Qi and Y. Zhang**, 2019. Multiplex QTL editing of grain-related genes improves yield in elite rice varieties. *Plant Cell Reports*, 38: 475-485.

Genetically modified crops in the context of modern agriculture - benefits and risks

Luu Thi Thuy Hai, Huynh Nga, Nguyen Phuong Thuy, Le Truc Linh

Abstract

Genetically modified crops (GMC) bear desirable phenotypes such as herbicide resistance, insect resistance, disease resistance, quality improvement, increase in tolerance to adverse environmental conditions such as drought and salinity tolerance. Many countries have accepted and widely cultivated them in the world. Planting GMC is an effective solution in modern agriculture to improve productivity, overcome the negative impacts of climate change, and decrease the use of crop protection chemicals; thereby contribute to maintain and reduce environmental pollution. They also produce products that contain higher nutrients or have a variety of colors used in decoration. Therefore, GMC have been providing certain economic and environmental benefits, providing raw materials for other manufacturing industries. However, the potential risks of GMC on human health and environment should not be overlooked.

Keywords: Gene-editing crop, GMC, benefits, risks

Ngày nhận bài: 02/5/2020

Ngày phản biện: 22/5/2020

Người phản biện: TS. Nguyễn Anh Vũ

Ngày duyệt đăng: 19/6/2020