اثرات زیست – محیطی گیاهان تراریخته با تأکید بر جنبه‌های ایمنی

فیروزه علویان [*۱]

۱*- دانشیار، فیزیولوژی پزشکی، گروه علوم پایه، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: f.alavian@cfu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۰

چکیده

با پیشرفت بیوتکنولوژی کشاورزی، بسیاری از محصولات اصلاح‌شده ژنتیکی در سطح گسترده تولید و تجاری شده‌اند تا نیازهای جمعیت رو به افزایش جهان را برآورده کنند. پس از تجاری سازی سریع محصولات تراریخته هر ساله در سرا سر جهان، نگرانی در مورد ایمنی زیستی این محصولات؛ ازجمله خطرات احتمالی بر روی سلامت انسان و نگرانی‌های زیست‌محیطی مطرح‌شده است؛ زیرا بسیاری از محققان به این عقیده که صنعت بیوتکنولوژی، بدون قید و شرط ایمن است، اعتماد چندانی ندارند. آن‌ها باوجود قبول فواید انکارناپذیر محصولات تراریخته، نگران خطرات احتمالی نیز هستند؛ موضوعی که در این مقاله به آن خواهیم پرداخت. تحقیق حاضر از نوع مروری است و بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده از منابع انگلیسی‌زبان گوگل اسکولار[۱]، ساینس دایرکت[۲] و پاب مد[۳]؛ و با استفاده از کلمات کلیدی زیست – محیطی، تراریخته، ایمنی و خطر انجام شد. تحقیقات ایمنی زیست – محیطی، ضمن بر شمردن مزایای گیاهان تراریخته، خطرات بالقوه مرتبط با ترکیبات ترانس ژن خاص، مانند جریان تراریخته درون و بین‌گونه‌ای، ماندگاری و عواقب تراریخته‌ها، اثرات غیر هدف این ژن‌ها در میزبان‌های ناخواسته، تهدید ورود تراریخته به مخزن ژن طبیعی، تکامل جهش‌یافته‌ها و از دست دادن تنوع زیستی را شناسایی کرده است و استراتژی‌های مدیریت در برابر تراریخته‌ها، تدارک دیده‌شده است. بحث در مورد نوآوری یا استراتژی‌های احتمالی برای کاهش اثرات سوء مداخلات فناوری و توسعه استراتژی‌های مؤثر برای حفاظت منابع بیولوژیکی هدف مهمی است که در این مقاله سعی شده است به چالش کشیده شود.

کلمات کلیدی

"زیست‌محیطی"، "تراریخته"، "ایمنی"، "خطر"

۱- مقدمه

بیوتکنولوژی منجر به گام‌های بزرگی در کشاورزی؛ با توجه به افزایش تولید، بهبود کیفیت و افزایش ارزش گیاهان زراعی شده است. بهره‌وری بالاتر، کلید کاهش فقر در کشورهای درحال‌توسعه؛ به‌ویژه در مناطق روستایی است. همچنین، رشد جمعیت منجر به افزایش مستمر تقاضای جهانی برای غذا شده است. بااین‌وجود، کاهش هم‌زمان در زمین‌های زراعی، کمبود آب، خطرات ناشی از استفاده از علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها جهان را با چالش خاصی مواجه کرده است. علاوه بر این، تقاضای مصرف‌کننده برای بهبود کیفیت غذا، توانایی غذا برای ارتقای سلامت و همچنین تقاضا برای چنین غذایی که با استانداردهای ایمنی مطلوب مطابقت دارد، افزایش‌یافته است (Steinwand & Ronald, 2020; Turnbull, Lillemo, & Hvoslef-Eide, 2021).

در طول سال‌ها، بیوتکنولوژی به‌عنوان یک ابزار توانمند اصلی برای بهبود کیفیت و کمیت غذا با افزایش تولید مواد غذایی که از محصولات اصلاح‌شده ژنتیکی (GM[۴]) مشتق شده‌اند، ظاهرشده است. از ویژگی‌های مهم این‌گونه مواد غذایی می‌توان به عملکرد بهتر، نیاز به مقدار کمتر مواد شیمیایی کشاورزی مانند کاربرد کمتر آفت‌کش، حشره‌کش و کود، ذخیره‌سازی بهتر و شرایط پردازش آسان، بهبود محتوای غذایی، دادن خواص ویژه به غذا، افزایش ماندگاری آن‌ها و مقاومت در برابر تنش‌های مختلف زیستی و غیر زیستی اشاره کرد (Padikasan, Chinnannan, Kumar, & Subramaniyan, 2018).

[1] Google scholar
[2] Science Direct
[3] PubMed
[4] Genetically Modified

درحالی‌که فناوری تغییر ژنوم گیاهان به‌تدریج اصلاح‌شده و به‌طور فزاینده‌ای اجراشده است، تجاری‌سازی محصولات تراریخته رشد کرده است. گیاهان تراریخته تجاری شده امروزی با استفاده از تبدیل باواسطه آگروباکتریوم تومه فاسینس[1] یا تبدیل باواسطه تفنگ ژنی تولید می‌شوند. اخیراً، پیشرفت‌های تدریجی بیوتکنولوژی‌ها، مانند استفاده از پروتئین فلورسنت سبز (GFP[2]) به‌عنوان یک نشانگر قابل انتخاب نیز توسعه‌یافته است که در بررسی تغییرات بیان ژن‌های اصلاح‌شده مورداستفاده قرار می‌گیرد (Hossain & Bakhsh, 2020). علیرغم افزایش دانش در مورد اصلاح ژنتیکی گیاهان، نگرانی‌ها در مورد ایمنی زیست‌محیطی و مواد غذایی فراتر از عقلانیت علمی افزایش‌یافته است. درحالی‌که چندین خطر مرتبط با محصولات و مواد غذایی تراریخته شناسایی‌شده است، مطبوعات عمومی که توسط گروه‌های اعتراضی رنگارنگ تحریک‌شده‌اند، عموم مردم را با احساس خطر قریب‌الوقوع مواجه کرده‌اند (Vega Rodríguez et al., 2022). تحقیقات ایمنی زیست‌محیطی، خطرات بالقوه مرتبط با ترکیبات ترانس ژن خاص؛ مانند جریان تراریخته درون و بین‌گونه‌ای و ماندگاری و عواقب تراریخته‌ها در میزبان‌های ناخواسته غیر هدف را شناسایی کرده است. استراتژی‌های مدیریت مقاومت برای تراریخته‌های مقاوم به حشرات و آفت‌کش‌ها نیز موردمطالعه قرارگرفته است. تحقیقات ایمنی زیستی مواد غذایی بر سمیت و حساسیت‌زایی محصولات تراریخته متمرکزشده است. بااین‌حال، کشت فزاینده محصولات تراریخته طیف وسیعی از نگرانی‌ها را با توجه به ایمنی مواد غذایی و اثرات زیست‌محیطی ایجاد کرده است. مسئله اصلی تهدید ورود تراریخته به مخزن ژن طبیعی، تکامل جهش‌یافته‌ها و از دست دادن تنوع زیستی است (Bandyopadhyay, 2018). طبق نظر کنوانسیون تنوع زیستی (CBD[3])، ایمنی زیستی اصطلاحی است که برای توصیف تلاش‌ها برای کاهش و حذف خطرات بالقوه ناشی از بیوتکنولوژی و محصولات آن استفاده می‌شود. بحث جهانی در مورد محصولات دستکاری‌شده ژنتیکی (محصولات تراریخته) در حال حاضر تمرکز خود را از اینکه آیا باید از آن استفاده کرد یا نه به نحوه استفاده ایمن از آن تغییر داده است. ازآنجایی‌که اغلب محصولات تراریخته برای کشت تجاری تأیید می‌شوند، نگرانی فزاینده‌ای در مورد تأثیر و خطر بالقوه آن‌ها برای سلامت انسان و به‌ویژه برای محیط‌زیست وجود دارد. همچنین، خطر قریب‌الوقوع لقاح متقاطع که منجر به آلودگی ژرم پلاسم طبیعی می‌شود و درنتیجه خطر اختلال در تنوع زیستی وجود دارد (Bandyopadhyay, 2018). شواهد موجود مؤید این نکته هستند که ابزارهای بیوتکنولوژیکی مانند مهندسی ژنتیک و فناوری DNA نوترکیب ارزش خود را در دستیابی به اهداف توسعه پایدار ثابت کرده‌اند و از پتانسیل زیادی برای کاهش تأثیر تغییرات آب‌وهوایی نیز برخوردار بوده و راه‌های جدیدی را برای کشاورزی هوشمند اقلیم معرفی کرده است. بااین‌حال، در حین انجام این کار، ما باید مراقب ذینفع نهایی باشیم، چه برای تنوع زیستی و چه فناوری؛ یعنی انسان و محیط‌زیست. تحقق همه این خواسته‌های متناقض به‌طور هم‌زمان نیازمند چارچوبی مفصل و جامع شامل پروتکل‌های قوی در مورد طراحی، تولید، جابجایی و انتقال ایمن محصولات تراریخته است. با در نظر گرفتن این موضوع، بحث در مورد نوآوری یا استراتژی‌های احتمالی برای کاهش اثرات سوء مداخلات فناوری و توسعه استراتژی‌های مؤثر برای حفاظت و حفظ منابع بیولوژیکی هدف مهمی است که در این مقاله سعی شده است به چالش کشیده شود (Bawa & Anilakumar, 2013; Hilbeck et al., 2011).

۲- روش انجام تحقیق

در مقاله مروری حاضر، جمع‌آوری اطلاعات به کمک کلمات کلیدی زیست – محیطی، تراریخته، ایمنی و خطر؛ و به کمک مقالات منابع اطلاعاتی گوگل اسکولار، پاب مد و ساینس دایرکت انجام شد. مقالات استفاده‌شده مربوط به فاصله زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۲۲ هستند. از ۱۱۴ مقاله موردبررسی، ۷۵ مقاله حذف شد و از اطلاعات ۳۹ مقاله باقی‌مانده در نگارش این مقاله استفاده شد. مقالاتی که با هدف نگارش مقاله ارتباط نداشتند، از ادامه مطالعه حذف شدند.

۳- نتایج

۳-۱. تاریخچه استفاده از تراریخته‌ها و احساس خطر

اولین محصول تراریخته گیاهی در اواسط دهه ۱۹۸۰ با استفاده از آگروباکتریوم تولید شد (Organization, 2000). از این باکتری برای انتقال ژن به درون ژنوم گیاه استفاده می‌شود. در حالت طبیعی، آگروباکتریوم با انتقال ژن در گیاهان تومور ایجاد می‌کند. بسیاری از گونه‌های گیاهی ازجمله تنباکو و آرابیدوپسیس تالیانا[4] را می‌توان به‌طورمعمول با استفاده از این روش تغییر شکل داد. بااین‌وجود، اکثر گیاهان زراعی برای تبدیل معمولی، با آگروباکتریوم سازگار نیستند (Hansen & Chilton, 2000). در سال ۱۹۸۷ این مشکل با اختراع تفنگ ژنی برطرف شد. این اختراع همچنین به‌عنوان بمباران ریز پرتابه شناخته می‌شود. تفنگ ژنی از ذرات میکرومتری پوشیده شده با DNA استفاده می‌کند که برای سوراخ کردن سلول‌های گیاهی به‌طور تصادفی شتاب می‌گیرند (Klein, Wolf, Wu, & Sanford, 1987). تقریباً تمام گیاهان تراریخته تجاری موجود، همگی با استفاده از آگروباکتریوم یا تبدیل سلولی باواسطه تفنگ ژنی و به دنبال آن بازسازی با استفاده از کشت بافت تولید می‌شوند (Klein et al., 1987; Organization, 2000). تا سال ۱۹۹۹، بحث‌وجدل پیرامون محصولات دستکاری‌شده ژنتیکی (GM) به‌طور مبهم در میان کسانی که درگیر در جنبش زیست‌محیطی بودند – حداقل در ایالات‌متحده وجود داشت. تا آن زمان، تولید و تجاری‌سازی محصولات تراریخته در این کشور و برخی کشورها، بی‌سروصدا پیش می‌رفت تا جایی که نزدیک به نیمی از سویا و پنبه و بیش از یک‌سوم ذرت در ایالات‌متحده از نوع تراریخته بودند. در همان دوره، محققان طور فعال در حال انجام آزمایش و انتشار تحقیقات در مورد تغییر شکل گیاهان و ایمنی زیستی بودند. سکوت در همه جبهه‌ها به‌طور ناگهانی در سال ۱۹۹۸ با تبلیغ پیرامون یافته‌های تحقیقات علمی شکسته شد. اولین ضربه زمانی وارد شد که آرپاد پوستای، ایمونولوژیست اسکاتلندی در تلویزیون بریتانیا ظاهر شد و اعلام کرد که سیب‌زمینی‌های تراریخته برای موش‌ها سمی هستند و سیستم ایمنی آن‌ها را به خطر می‌اندازند. مصاحبه تلویزیونی او توجه رسانه‌ها را بر محصولات تراریخته متمرکز کرد و خشم فزاینده اروپا و آمریکا علیه چنین محصولات و مواد غذایی را برانگیخت (Ewen & Pusztai, 1999). همچنین، در ماه مه ۱۹۹۹ در مجله بریتانیایی Nature مقاله‌ای منتشر شد که نویسندگان گزارش کردند گرده حاصل از ذرت تراریخته، ژن رمزکننده مقاومت نسبت به حشرات (پروانه مونارک) را کد می‌کند

[1] Agrobacterium tumefaciens
[2] Green fluorescent protein
[3] Convention on Biological Diversity
[4] Arabidopsis thaliana

(Losey, Rayor, & Carter, 1999). نتیجه کلی اثرات نامناسب محصولات تراریخته، توقف تولید و استفاده از محصولات اصلاح‌شده ژنتیکی بود.

۳-۲. مزایای زیست‌محیطی

به‌مرور و انجام مطالعات بیشتر، اثرات خاص و مناسب محصولات تراریخته موردتوجه قرار گرفت. بدون شک منبع اصلی و منحصربه‌فرد تغذیه جهان، کشاورزی است، اما به دلیل روش‌های سنتی کشت و برداشت، بسیاری از مسائل زیست‌محیطی مانند آلودگی آب آشامیدنی، تخریب خاک، فرسایش و کاهش تنوع زیستی تقریباً توسط تکنیک اصلاح ژنتیکی یا همان MG قابل‌حل است (Jacobsen, Sørensen, Pedersen, & Weiner, 2013). این روش همچنین با تولید محصولات مقاوم به حشرات، مزایای زیادی را در مورد محیط‌زیست نشان می‌دهد؛ ازجمله کاهش استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی سمی در اتمسفر. مواد شیمیایی مانند ارگانوفسفرها و پیرتروئیدهای مصنوعی برای موجودات زنده بسیار خطرناک بودند که با استفاده از این تکنیک، قرار گرفتن در معرض این مواد سمی را کاهش می‌دهد. این تنها مزیت تراریخته‌ها نیست، خاک مزارع نیز متراکم شده است که درنتیجه مسائل مربوط به خاک مانند فرسایش خاک نیز حل‌شده است و مواد آلی خاک نیز بهبود می‌یابد (Azadi et al., 2016). کشاورزان با استفاده از کشت‌هایی که نسبت به علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌های مقاومت دارند، مزایای اقتصادی متعددی به دست آورده‌اند. اساساً، هنگام بررسی مزایای اقتصادی GMs، پنج چیز مختلف اندازه‌گیری می‌شود که شامل عملکرد، مقدار آفت‌کشی، هزینه‌های آفت‌کشی، کل هزینه‌های تولید و درآمد کشاورز در واحد سطح است. پس از اتخاذ این روش، هزینه‌های مربوط به علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها کاهش یافت و باعث بهبود درآمد محصول، کیفیت تغذیه‌ای غذا و بسیاری موارد دیگر شد (Jones, McFarlane, Park, & Tranter, 2017). ماندگاری طولانی، بازدهی بالا و قیمت مقرون‌به‌صرفه غذاهای تراریخته، فاکتورهای اقتصادی سودمندی را برای تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان فراهم می‌کند (Chow, Norris, & Benjamin, 2016). در کشورهای توسعه‌یافته، علف‌کش‌های تراریخته برای محصولات کشاورزی به‌عنوان صرفه‌جویی در بودجه مربوط به نیروی کار موردنیاز برای کنترل گیاهان عمل می‌کنند (Jacobsen et al., 2013). در محصولات غیر تراریخته، کاربرد آفت‌کش‌ها، گازهای گلخانه‌ای خطرناکی را که خاک و هوا را آلوده می‌کنند، در معرض دید قرار می‌دهد و این سمیت برای محیط‌زیست را می‌توان با استفاده از محصولات اصلاح‌شده ژنتیکی کنترل کرد. استفاده کمتر از مواد شیمیایی در محصولات تراریخته نه‌تنها برای محیط‌زیست مطلوب است بلکه به کاهش سرمایه‌گذاری کشاورزان برای کشت محصولات نیز کمک می‌کند (Chow et al., 2016). با افزایش جمعیت جهان نیاز به نیازهای اساسی بشر مانند مصرف مواد غذایی ازجمله شیر، گوشت و سبزی‌های نیز افزایش‌یافته است. منبع اصلی این ماده غذایی محصولات زراعی و همچنین حیوانات مفید هستند. محصولات تراریخته کشت‌شده برای مصرف خوراک دام شامل سویا، ذرت، دانه روغنی کلزا، پنبه‌دانه و سایر غلات هستند. با توجه به تشدید تقاضای مصرف غذا در جهان، نیاز به تقویت تولید چنین مواد خامی وجود دارد که به‌عنوان خوراک دام عمل می‌کند که فناوری تراریخته نقش کافی در ایجاد مواد خوراکی مانند ذرت، پنبه‌دانه، سویا و سایر مواد برای دام دارد (Van Eenennaam & Young, 2017). ازجمله موارد خاص دیگر می‌توان به شواهدی مانند توقف کدگذاری ژن برای یک آلرژن شناخته‌شده در بادام‌زمینی یا سایر محصولات آلرژی‌زا که سبب توقف بیان آن آلرژن است؛ و تغییر در صفات محصول، مانند تغییر فیزیولوژی که منجر به تولید مواد مغذی‌تر، سوخت‌های جایگزین و تسهیل تحویل دارویی می‌شود. همچنین، تولید «برنج طلایی» که سرشار از ویتامین A است (Ye et al., 2000). بدون شک، چنین اصلاح ژنتیکی هم دقیق و هم نقش قابل‌توجهی در بهبود وضعیت کلی جهان دارد؛ ولی بااین‌وجود، ایمنی و خطرات مربوط به این فنّاوری چالش‌برانگیز است (Losey et al., 1999). ازآنجایی‌که مواد غذایی تراریخته به‌طور گسترده برای افزایش سمیت و آلرژی‌زایی آزمایش‌شده‌اند، نکته کلیدی تعیین اهمیت خطرات آن‌ها در مقابل فواید آن‌ها است.

۳-۳. ایمنی زیست‌محیطی و بهداشتی

ارزیابی ریسک فناوری‌های کشاورزی و غذایی مفهوم جدیدی نیست. هر نوآوری در تولید مواد غذایی با مجموعه‌ای از خطرات بالقوه همراه بوده است. این موارد از افزایش قرار گرفتن در معرض آفت‌کش‌ها در کشاورزی معمولی تا قرار گرفتن در معرض بیشتر پاتوژن‌ها در کشاورزی ارگانیک متغیر است. خطرات مرتبط با تراریخته‌ها مشابه خطرهای هیبریداسیون محصولات، سنگ اصلی اولین انقلاب سبز است. تکنیک‌های هیبریداسیون مرسوم منجر به انواع جدیدی از محصولات می‌شود که حاوی صدها تا هزاران ژن معروف هستند. ژن‌های جدید می‌توانند اثرات متعدد غیرمنتظره‌ای بر اکولوژی، فیزیولوژی و ارزش غذایی محصولات داشته باشند. در مقابل، GM شامل انتقال یک تا چندین ژن با اثرات قابل پیش‌بینی تر و مطالعه آسان‌تر است (Vega Rodríguez et al., 2022). در ارزیابی ریسک بیوتکنولوژی، اثرات بالقوه بر روی سلامت محیط‌زیست و انسان در نظر گرفته می‌شود. به‌طورکلی، این ارزیابی‌های ریسک نسبت به محصولات و مواد غذایی معمولی سخت‌تر است. نگرانی‌های اکولوژیکی که در حال حاضر موردبحث است عبارت‌اند از افزایش تهاجم (مشکلی در کشاورزی که در آن بذرهای جمع‌آوری نشده از محصول سال گذشته جوانه می‌زنند و در محصول فعلی رشد می‌کنند)، هیبریداسیون درون و بین‌گونه‌ای، آسیب به ارگانیسم‌های غیر هدف و مدیریت مقاومت است (Prakash, Verma, Bhatia, & Tiwary, 2011).

۳-۳-۱. ایمنی زیستی اکولوژیکی

با کشف و استفاده از ژن‌های جدید توسط صنعت بیوتکنولوژی، محصولات زراعی مجموعه‌ای از توانایی‌های جدید را خواهند داشت و در مناطق جغرافیایی جدید رشد خواهند کرد. در مورد محصولاتی مانند یونجه، آفتابگردان، کانولا (Canola) و برنج که دارای بعضی از ویژگی‌های علف‌های هرز هستند، برخی استدلال کرده‌اند که آن‌ها تراریخته هستند. صفات می‌توانند به خود محصول اجازه دهد تا به علف‌های هرز اجازه رشد بیشتر را دهد و مهاجم‌پذیرتر شود (Regal, 1994). این موضوع در مورد بسیاری از محصولاتی که به‌شدت اهلی شده و برای مناطقی که در آن کشت می‌شوند (مانند سویا و ذرت در ایالات‌متحده و کانادا) مشکلی ایجاد نمی‌کند؛ زیرا آن‌ها ویژگی‌های لازم برای بقای خارج از کشاورزی را ندارند (Warwick, Beckie, & Small, 1999). با توجه به اینکه گیاهان ترانس ژنی ایجادشده‌اند که به علف‌کش‌ها مقاوم هستند، احتمال فرار ژن از این گیاهان به گیاهان

هرز و مقاوم شدن آن‌ها به آفات و آفت‌کش‌ها وجود دارد که این امر می‌تواند در کشاورزی ایجاد مزاحمت و اختلال کند. (Warwick et al., 1999). به‌عنوان‌مثال، گزارش‌شده است که انتقال گرده گیاه کلم تراریخته به گیاهان وحشی مزارع اطراف سبب تغییر ساختار ژنتیکی آن‌ها می‌شود (Chandler & Dunwell, 2008). همچنین، برخی سموم گیاهان تراریخته که وارد خاک می‌شوند (مانند سم ایجاد مقاومت در برابر حشرات) می‌توانند سبب آسیب به موجودات زنده مفید خاک شوند. این سموم با ترکیبات خاک پیوند برقرار می‌کنند، مدت طولانی در خاک باقی می‌مانند و سبب مرگ لارو حشرات می‌شوند (Zakavi & Tohidfar, 2018). از سوی دیگر، برخی گیاهان تراریخته قدرت از بین بردن حشرات رادارند. دراین‌بین، هر دو حشرات مفید و مضر؛ ازجمله زنبورها از بین می‌روند. با توجه به نقش مهم حشرات در گرده‌افشانی و ... استفاده گسترده از گیاهان تراریخته، ممکن است آسیب‌های جبران‌ناپذیری بر محیط‌زیست و ساکنان آن وارد کند (Mishra & Kumari, 2018). نگرانی دیگر کاهش تنوع زیستی است. درنتیجه دست‌کاری ژن‌ها و یا فرار ژن از انواع تراریخته به نمونه‌های وحشی، امکان دارد برخی از موجودات زنده در مقایسه با بقیه قدرت رقابت بیشتری کسب کنند و در این رقابت، گونه‌هایی که حضور آن‌ها برای تکمیل چرخه‌های موجود در طبیعت ضروری است، از بین برود. گیاهان هر منطقه در طی سالیان طولانی در ارتباط با سایر موجودات محلی و شرایط آب و هوایی موجود تغییر کرده‌اند و با محیط خود سازش یافته‌اند. با از بین رفتن ذخایر ژنتیکی و جایگزینی گیاهان محلی با انواع تراریخته، این ارتباط، سازش و ذخایر باارزش، نابود می‌شوند و طبیعتاً جایگزینی آن‌ها به زمانی طولانی نیاز دارد (Zakavi & Tohidfar, 2018).

۳-۴. هیبریداسیون درون‌گونه‌ای

هیبریداسیون درون‌گونه‌ای زمانی رخ دهد که محصولات تراریخته در مجاورت گونه‌های غیر تراریخته از همان نوع رشد کنند. صرفه‌جویی در بذر حاصل از برداشت سال قبل، باعث می‌شود که مواد تراریخته به‌طور ناخواسته پایدار بمانند. ذرت و سایر محصولات غلاتی که با باد گرده‌افشانی می‌شوند، پتانسیل انتقال ژن‌ها را به همنوعان مجاور (از همان گونه) دارند، خواه محصولGM باشد یا معمولی. این مشکل خصوصاً برای کشاورزان ارگانیک است که باید اطمینان حاصل کنند که محصولاتشان تراریخته نیست، اما اگر مواد تراریخته در برداشت‌هایشان یافت شود، ممکن است ضررهای اقتصادی زیادی متحمل شوند. این امکان نیز وجود دارد که محصولات تراریخته بتوانند به‌سرعت صفات افزایش‌دهنده (انباشته شدن ژن‌ها) را تجمیع کنند که می‌تواند منجر به مشکلات ناخواسته جدید و بالقوه شود (Mikhaylova & Kuluev, 2018).

۳-۵. هیبریداسیون بین‌گونه‌ای و پایداری تراریخته

هیبریداسیون بین گونه‌های نزدیک می‌تواند حالتی از جریان ژن، از گیاه تراریخته به جمعیت گیاهان وحشی باشد. اگر این گیاه زراعی وحشی، علف هرز باشد، تراریخته می‌تواند در بدترین حالت سبب افزایش فراوانی علف هرز شود؛ اما شاید در بعیدترین سناریو، علف هرز بتواند مهاجم‌تر و رقابتی‌تر شود و در زمانی نسبتاً کوتاه به اکوسیستم‌های طبیعی آسیب برساند (Raybould & Gray, 1993). هیبریداسیون بین‌گونه‌ای به شرایط مختلفی بستگی دارد تا امکان جریان ژن بین گونه‌های مرتبط فراهم شود. گونه تراریخته و وحشی باید تا حدودی ارتباط خویشاوندی داشته باشند. ازآنجایی‌که محصولات ذرت و سویا هیچ خویشاوندی ندارند، هیچ خطری برای جریان ژن بین‌گونه‌ای در آن‌ها وجود ندارند. محصولات یونجه و برنج نمونه‌هایی از گونه‌های زراعی هستند که خویشاوندی نزدیک دارند (Raybould & Gray, 1993; Warwick et al., 1999) و این مجتمع‌های گونه‌ای می‌توانند کانون مطالعات جریان ژنی آینده باشند که آیا امکان هیبریداسیون بین‌گونه‌ای در آن‌ها وجود دارد یا نه. از شرایط دیگر، نزدیک بودن به‌اندازه کافی فاصله بین گونه‌ها؛ و هم‌زمان بودن گلدهی تا دو گونه در دوره‌های مشابه در طول سال است (Adler, Wikler, Wyndham, Linder, & Schmitt, 1993).

۳-۶. اثر بر ارگانیسم‌های غیر هدف

محصولات تراریخته که تراریخته‌های حشره‌کش را برای کنترل آفات کشاورزی بیان می‌کنند، ممکن است بر ارگانیسم‌های غیر هدف نیز تأثیر بگذارند. سه مطالعه با استفاده از ذرت تبدیل‌شده با یک تراریخته حشره‌کش، شواهدی از اثرات غیر هدف احتمالی را گزارش کرده‌اند؛ به‌طوری‌که یک نمونه شکارچی حشره، ضمن تغذیه از کرم ذرت اروپایی (Ostrinia nubilalis) که از ذرت تراریخته با ژن کد کننده مقاومت به حشرات از Bacillus thuringiensis (Bt) پرورش می‌یابد، در مقایسه با کرم‌های ذرت پرورش‌یافته روی گیاهان ایزوژن (غیر تولیدکننده Bt) از میزان تلفات بالاتری رنج می‌برد (Hilbeck, Baumgartner, Fried, & Bigler, 1998). در مطالعه دیگر، لاروهای پروانه (Danaus plexippus) که برگ‌های علف شیر (Asclepias curassavica) را با گرده‌های ذرت حاوی Bt مصرف می‌کردند، در مقایسه با لاروهایی که برگ‌های گرده ذرت غیرتراریخته را مصرف می‌کردند، میزان تغذیه، رشد و بقای خود را کاهش دادند. در این گزارش، نویسندگان به این نتیجه رسیدند که ذرت Bt می‌تواند برای جمعیت‌های غیر هدف خطرناک باشد (Losey et al., 1999).

۳-۷. مدیریت مقاومت

مقاومت در برابر پروتئین‌های تراریخته توسط آفات حشره می‌تواند مدت‌زمان رشد یک گونه تراریخته حشره‌کش را محدود کند. شب‌پره پشت الماس (diamondback moth)، آفتی مهم برای محصولات براسیکا (Brassica) در سرتاسر جهان، اولین آفت ثبت‌شده‌ای بود که مقاومت در برابر سموم Bt را ایجاد کرد. این یافته به‌شدت اثربخشی محصولات Bt را در آینده محدود می‌کند (Tabashnik, Liu, Finson, Masson, & Heckel, 1997). استراتژی‌های مدیریت مقاومت مختلفی برای به تأخیر انداختن شروع مقاومت پیشنهادشده‌اند. استقرار یک رویداد تراریخته با بیان بالا همراه با پناهگاهی غیر تراریخته، رایج‌ترین روش مورداستفاده است. پناهگاه به آفات حساس به Bt اجازه می‌دهد تا روی مواد غیر تراریخته زنده بمانند و با افراد مقاوم به Bt جفت‌گیری کنند. هدف این استراتژی حفظ ژن‌های مقاومت مغلوب Bt در سطوح پایین در جمعیت‌های هدف و درنتیجه محدود کردن سرعتی است که کل جمعیت مقاومت Bt را کسب می‌کنند. اثربخشی این استراتژی به‌اندازه پناهگاه، طراحی پناهگاه (مخلوط با تراریخته یا جداگانه)، میزان سم‌پاشی پناهگاه با آفت‌کش‌ها و سرعت مهاجرت آفات حشرات بستگی دارد (Shelton, Tang, Roush, Metz, & Earle, 2000). البته، این عوامل باید تجزیه‌وتحلیل شوند تا اطمینان

حاصل شود که مقاومت به‌دست‌آمده استفاده از این فناوری بالقوه مفید را محدود نخواهد کرد.

۳-۸. ایمنی زیستی مواد غذایی

۳-۸-۱. سمیت

هر ترکیبی که وارد عرضه مواد غذایی می‌شود، ازنظر ایمن بودن موردبررسی دقیق قرار می‌گیرد. به‌عنوان‌مثال، یک محصول تراریخته بالقوه سمی مانند سم Bt باید ازنظر ایمنی همان استانداردهایی را داشته باشد که برای هر محصول آفت‌کش بیوشیمیایی اعمال می‌شود. همچنین، این محصولات باید ازنظر فراهمی زیستی و هر گونه اثرات غیرمنتظره‌ای که در طول فرآیند تبدیل رخ می‌دهد، آزمایش شوند. آزمایش سمیت غذا زمانی ضروری می‌شود که گیاه ترکیبات ذاتی را بیش‌ازحد تولید کند یا زمانی که محصول تراریخته دارای سطح مشخصی از سمیت باشد. نمونه‌ای از یکی از این محصولات ژنی که نیاز به آزمایش دارد، پروتئین‌های مرتبط با بیماری‌زایی گیاهی هستند. این دسته از پروتئین‌ها زمانی که بیش‌ازحد بیان می‌شوند، معمولاً منجر به یک یا چند نوع مقاومت به آفات یا بیماری‌ها می‌شوند. بااین‌حال، ازآنجایی‌که این ترکیبات عوامل آنتی‌بیولوژیکی طبیعی هستند، برای اثبات ایمنی مصرف آن‌ها توسط انسان، نیاز به یک سری آزمایش تأییدکننده است (Leffel, Mabon, & Stewart Jr, 1997; Munawar, Akram, Javed, & Shahid, 2021). برخی از دانشمندان استدلال کرده‌اند که محصولات پروتئینی تنها منبع بالقوه سمیت در گیاهان تراریخته نیستند. آن‌ها فرض می‌کنند که اثرات ثانویه پلیوتروپیک[1] (زمانی که یک ژن اثرات فنوتیپی و ظاهری متفاوتی ایجاد کند) یا جهش ژن می‌توانند باعث خطرات پیش‌بینی‌نشده؛ ازجمله سمیت و در دسترس بودن محدود مواد مغذی شوند (Conner & Jacobs, 1999). مطالعه‌ای که باعث واکنش شدید اروپا علیه غذاهای تراریخته شد، در مصاحبه‌ای که توسط آرپاد پوشتای در تلویزیون بریتانیا ارائه شد، اعلام شد. شواهد تجربی برای این پدیده (۱۱) بعداً منتشر شد. پوشتای و همکاران (۱۹۹۹) ۳ گروه موش صحرایی را در نظر گرفتند. نوع وحشی، نوع وحشی تغذیه‌شده با غذای حاوی لکتین و نوع وحشی تغذیه‌شده با سیب‌زمینی تراریخته که پروتئین لکتین را بیان می‌کردند. لکتین‌ها به دلیل خاصیت آفت‌کشی که دارند موردتوجه تجاری هستند. این دانشمندان گزارش دادند که تنها گروهی که از سیب‌زمینی تراریخته تغذیه می‌کردند آسیب روده را تجربه کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که فرآیند تبدیل ژنتیکی خود باعث ایجاد عوارض مشاهده‌شده می‌شود (Ewen & Pusztai, 2001). ناگفته نماند که این مطالعه به دلیل عدم وجود یک گروه کنترل تغذیه‌کننده با سیب‌زمینی تراریخته که ژن لکتین را بیان نمی‌کند و عدم رژیم غذایی متعادل، موردانتقاد شدید قرارگرفته است (۳۷).

۳-۸-۲. آلرژی‌زایی

یکی دیگر از نگرانی‌های مربوط به ایمنی مواد غذایی، پتانسیل مواد غذایی تراریخته برای واردکردن آلرژن‌ها به مواد غذایی است. اگر آلرژی‌زایی ترکیب مشخص باشد، فرآیند ارزیابی ساده است. محصولات ژنی که به‌طورمعمول آلرژی‌زا نیستند، هنگامی‌که در یک گیاه تراریخته بیان شوند، ناگهان آلرژی‌زا نمی‌شوند. به‌عنوان‌مثال، ازآنجاکه هیچ مورد شناخته‌شده‌ای از آلرژی به فریتین گیاهی وجود ندارد، برنج تراریخته غنی‌شده با آهن هیچ خطر حساسیت‌زایی ندارد (Goto, Yoshihara, Shigemoto, Toki, & Takaiwa, 1999). اگر محصول ژن یک آلرژن شناخته‌شده باشد، در یک گیاه تراریخته نیز آلرژن خواهد بود. به‌عنوان‌مثال، هنگامی‌که آلبومین آجیل برزیلی برای افزایش محتوای متیونین در سویا بیان شد، مشخص شد که افراد مصرف‌کننده این نوع سویای تراریخته، به آن واکنش نشان می‌دهند؛ بنابراین، افرادی که به آجیل برزیلی آلرژی دارند، اکنون به این خط از دانه‌های سویا نیز حساسیت دارند، حتی اگر قبلاً به سویای بومی حساسیت نداشتند (Nordlee, Taylor, Townsend, Thomas, & Bush, 1996). درنهایت، به خاطر ایمنی، این نمونه سویا تجاری نشد. اکثر آلرژن‌های غذایی شناخته‌شده ازنظر هضم پایدار هستند؛ بنابراین، آزمایش پایداری پروتئین در طول فرآیند هضم یکی از راه‌های شناسایی آلرژن‌های بالقوه است. اگر پروتئینی در معده و روده کوچک تجزیه شود، بعید است که به سلول‌های ایمنی برسد و باعث واکنش حساسیت مفرط شود. پروتئین‌های پایدار باید بیشتر موردبررسی قرار گیرند. این آزمایش‌ها را می‌توان با مقایسه شباهت توالی با آلرژن‌های شناخته‌شده همراه کرد. پروتئین‌های جدید با شباهت توالی قابل‌توجه را می‌توان برای واکنش‌پذیری با سرم افراد مبتلابه آلرژی هموLوگ آزمایش کرد. اگرچه ممکن است این آزمایش‌ها در شناسایی آلرژی‌زایی بالقوه جامع نباشند، تنوع محدود غذاهای منبع نشان می‌دهد که اکثریت قریب به‌اتفاق پروتئین‌های تراریخته برای مصرف بی‌خطر خواهند بود (Fleischer et al., 2021; Lehrer, Horner, Reese, & Taylor, 1996).

۳-۹. ارزیابی ریسک محصولات تراریخته

ارزیابی ریسک محصولات تراریخته، اثرات نامطلوب محصولات تراریخته یا محصولات مشتق شده را بر موجودات غیر هدف و/یا محیط‌زیست شناسایی می‌کند که شامل چند مرحله هماهنگ مانند شناسایی و طبقه بندی ریسک است. اولین و مهمترین عمل یعنی شناسایی ریسک شامل شناسایی خطر یا خطرات احتمالی برای جمعیت هدف یا محیط‌زیست در صورت استفاده از محصولات تراریخته و محصولات مرتبط است. به دنبال آن مشخصه‌بندی کلی ریسک انجام می‌شود، یعنی تأثیر مستقیم یا غیرمستقیم آن، مزمن یا حاد، فوری یا تاخیری و غیره. در نهایت، طبقه‌بندی ریسک انجام می‌شود که شامل گروه‌بندی ریسک‌های شناسایی‌شده و به خوبی مشخص‌شده در دسته‌های مختلف است. اثرات منفی محصول تراریخته بر روی سلامت شامل اثرات نامطلوب بر جمعیت هدف و جمعیت غیر هدف، تکامل مقاومت یا تجدید حیات در جمعیت هدف آفت/پاتوژن، جریان تراریخته به گونه دیگر و غیره است (شکل ۱). در فرآیند ارزیابی ریسک در صورت شناسایی خطر بالقوه، اقدامات مناسب برای رفع آن انجام می‌شود. همچنین، درحالی‌که آزمایشهای مزرعه‌ای گامی ضروری در ارزیابی محصولات تراریخته هستند، اما به خودی خود کافی نیستند. تجزیه‌وتحلیل جامع‌تری موردنیاز است که بایستی شامل ارزیابی مزایا و خطرات نسبی محصولات تراریخته برای سایر اکوسیستم‌ها و برای مردم باشد. ارزیابی ریسک جامع می‌تواند به مردم این امکان را بدهد که از مزایای قابل‌توجهی از محصولات تراریخته بهره ببرند؛ درحالی‌که از خطرات جدی آن اجتناب می‌کنند یا آن را کاهش می‌دهند.

۳-۱۰. مدیریت ریسک در استفاده از محصولات تراریخته

1 Pleiotropy

مدیریت ریسک شامل تکنیک‌های استراتژیک برای کاهش اثرات نامطلوب محصولات تراریخته و محصولات مرتبط بر روی مصرف‌کننده‌ها یا محیط‌زیست و همچنین کاهش شانس توسعه مقاومت در جمعیت آفات هدف است. چندین تاکتیک مانند استفاده از حشره‌کش‌های جایگزین یا مخلوط، با روش‌های مختلف می‌توانند به‌طور مؤثر برای به حداقل رساندن خطر ایجاد مقاومت حشره‌کش در حشرات به کار گرفته شود. این تکنیک‌ها همچنین برای جلوگیری از مشکل تجدید حیات در حشرات مفید هستند. به‌طور مشابه، برای به حداقل رساندن یا جلوگیری از خطر ایجاد علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش و تکامل علف‌های هرز از تکنیک‌های مختلفی استفاده‌شده است. چرخش علف‌کش‌ها یا استفاده از آن‌ها در ترکیب به‌طور مؤثر شانس ایجاد مقاومت در برابر علف‌کش‌ها را در علف‌های هرز کاهش می‌دهد. تناوب زراعی تکنیک دیگری است که می‌تواند برای کاهش این خطر استفاده شود (Prakash et al., 2011). درواقع، پیش‌ازاین، غذاهای تراریخته بر افزایش عملکرد و سایر خواص زراعی تمرکز داشتند که در درجه اول به نفع شرکت‌های کشاورزی و کشاورزان بود؛ و ازنظر اقتصادی به‌صرفه؛ اما نسل جدید غذاهای تراریخته بر مزایای سلامتی مصرف‌کننده تأکید می‌کنند که سیاستی مناسب در جهت ارتقاء سلامت زیستی محیطی است.

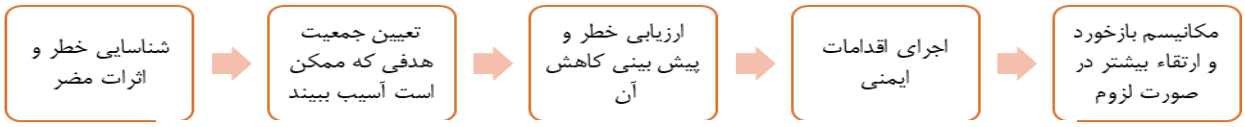
۳-۱۱. سنجیدن خطرات و منافع

فهرستی از خطرات و مزایا چارچوبی را فراهم می‌کند که غربالگری ترکیبات، محصول و زمینه زیست‌محیطی را که احتمالاً نسبتاً خوش‌خیم یا خطرناک هستند، آسان‌تر می‌کند. بااین‌حال، ساخت چنین فهرست‌هایی تنها اولین گام در ارزیابی ریسک است.

برخی از خطرات و مزایای بالقوه اصلاحات خاص محصولات تراریخته در جدول ۱ معرفی‌شده است.

٤- نتیجه‌گیری

هدف اصلی این پژوهش معرفی جنبه‌های ایمنی زیست – محیطی گیاهان تراریخته است. پیشرفت‌های مدرن در بیوتکنولوژی، شیوه زندگی را به‌ویژه در تأمین نیازهای تغذیه‌ای، علوفه، فیبر و سوخت با استفاده از محصولات تراریخته متحول کرده است. بااین‌حال، گروهی از فعالان اجتماعی و دوستداران محیط‌زیست همواره با استفاده از محصولات تراریخته به دلیل اثرات بی‌سابقه آن بر اکوسیستم و سلامت انسان مخالف هستند؛ بنابراین، باید تلاشی هماهنگ برای شناسایی نگرانی‌ها و خطرات معتبر و ارائه اطلاعات قابل‌اعتماد و مفید به مردم صورت گیرد و دانشمندان باید برای رفع ابهام در مورد محصولات و غذاهای تراریخته عمل کنند. پیش‌ازاین، غذاهای تراریخته بر افزایش عملکرد و سایر خواص زراعی تمرکز داشتند که در درجه اول به نفع شرکت‌های کشاورزی و کشاورزان بود. نسل جدید غذاهای تراریخته بر مزایای سلامتی مصرف‌کننده تأکید می‌کنند. تنها با این محصولات جدید است که عموم مردم استفاده از اصلاح ژنتیکی غذاها را خواهند پذیرفت و در اینجاست که همپوشانی علم تغذیه، اکولوژی و بیوتکنولوژی گیاهی بیشتر آشکار خواهد شد.



شکل ۱- مراحل ارزیابی ریسک محصولات تراریخته

اصلاح GM	مزایا	خطرات
مقاومت در برابر علف‌کش در ذرت، پنبه و سایر محصولات زراعی	**کاهش مصرف علف‌کش‌ها**	**کاهش تنوع زیستی در مزرعه که ممکن است خدمات اکولوژیکی ارائه‌شده توسط اکوسیستم‌های کشاورزی را کاهش دهد.**
ذرت مقاوم به سم Bt	**کاهش استفاده از حشره‌کش‌ها برای کنترل حشرات پخش‌کننده عوامل بیماری‌زا**	**کشته شدن موجودات غیر هدف**
مقاومت در برابر ویروس	**حفاظت در برابر ویروس**	**ایجاد ویروس‌های جدید را تسهیل می‌کند. ژن‌ها را به اکوسیستم‌های غیر کشاورزی منتقل می‌کند.**
سنتز ویتامین A یا سایر مواد مغذی	**کمک به تغذیه**	**در صورت تولید یک ماده مغذی یا پروتئین محدودکننده محیط‌زیست، اکوسیستم‌های محلی محدود می‌شوند.**
تثبیت نیتروژن توسط غیر حبوبات	**کاهش انرژی مصرفی**	**مازاد نیتروژن جو سبب تضعیف سلامت انسان و کاهش تنوع زیستی است.**
مقاومت در برابر کم‌آبی	**کاهش مصرف آب در گیاهانی همچون برنج و ذرت**	–
مقاومت در برابر شوری	**امکان کشت گیاهان در مناطق با خاک شور و افزایش تولید در جهت مبارزه با فقر**	–
کاهش گازهای گلخانه‌ای	**جلوگیری از گرم شدن زمین**	–
افزایش کیفیت خاک	**جلوگیری از فرسایش خاک، نگهداری بهتر رطوبت در خاک و افزایش ظرفیت مواد آلی خاک**	–
تولیدات زیستی مانند دارو و واکسن	**تولید سریع و انبوه داروهای کنترل‌کننده بیماری‌هایی مانند هپاتیت B، جبران کمبود ویتامین B12، تولید آنتی‌بادی و تولید آنتی‌اکسیدان‌ها**	**برخی عوارض جانبی (که البته برای هر دارویی قابل پیش‌بینی است).**

جدول ۱. نمونه‌هایی از مزایای بالقوه زیست‌محیطی و خطرات محصولات منتخب GM

منابع

- Adler, LS, Wikler, K, Wyndham, FS, Linder, CR, & Schmitt, J. 1993. Potential for persistence of genes escaped from canola: germination cues in crop, wild, and crop-wild hybrid Brassica rapa. Functional Ecology, 736-745.
- Azadi, Hossein, Samiee, Atry, Mahmoudi, Hossein, Jouzi, Zeynab, Rafiaani Khachak, Parisa, De Maeyer, Philippe, & Witlox, Frank. 2016. Genetically modified crops and small-scale farmers: main opportunities and challenges. Critical reviews in biotechnology, 36(3), 434-446.
- Bandyopadhyay, Debashis. 2018. Genetically modified crops, agriculture and biosafety Securing our natural wealth (pp. 81-91): Springer.
- Bawa, AS, & Anilakumar, KR. 2013. Genetically modified foods: safety, risks and public concerns—a review. Journal of food science and technology, 50(6), 1035-1046.
- Chandler, Stephen, & Dunwell, Jim M. 2008. Gene flow, risk assessment and the environmental release of transgenic plants. Critical reviews in plant sciences, 27(1), 25-49.
- Chow, Steve, Norris, Julian F, & Benjamin, G. 2016. Insight into the genetically modified foods: concerns of safety to food development (Part II). Science, 2016(e00270).
- Conner, Anthony J, & Jacobs, Jeanne ME. 1999. Genetic engineering of crops as potential source of genetic hazard in the human diet. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 443(1-2), 223-234.
- Ewen, Stanley WB, & Pusztai, Arpad. 1999. Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing Galanthus nivalis lectin on rat small intestine. The Lancet, 354(9187), 1353-1354.
- Ewen, Stanley WB, & Pusztai, Arpad. 2001. Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing Galanthus nivalis lectin on rat small intestine. Alternatives Journal, 27(3), 14-14.
- Fleischer, David M, Chan, Edmond S, Venter, Carina, Spergel, Jonathan M, Abrams, Elissa M, Stukus, David, . . . Greenhawt, Matthew. 2021. A consensus approach to the primary prevention of food allergy through nutrition: guidance from the American Academy of Allergy, Asthma, and Immunology; American College of Allergy, Asthma, and Immunology; and the Canadian Society for Allergy and Clinical Immunology. The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice, 9(1), 22-43. e24.
- Goto, Fumiyuki, Yoshihara, Toshihiro, Shigemoto, Naoki, Toki, Seiichi, & Takaiwa, Fumio. 1999. Iron fortification of rice seed by the soybean ferritin gene. Nature biotechnology, 17(3), 282-286.
- Hansen, G, & Chilton, MD. 2000. Lessons in gene transfer to plants by a gifted microbe. Plant Biotechnology, 21-57.
- Hilbeck, Angelika, Baumgartner, Martin, Fried, Padruot M, & Bigler, Franz. 1998. Effects of transgenic Bacillus thuringiensis corn-fed prey on mortality and development time of immature Chrysoperla cornea (Neuroptera: Chrysopidae). Environmental entomology, 27(2), 480-487.
- Hilbeck, Angelika, Meier, Matthias, Römbke, Jörg, Jänsch, Stephan, Teichmann, Hanka, & Tappeser, Beatrix. 2011. Environmental risk assessment of genetically modified plants-concepts and controversies. Environmental Sciences Europe, 23(1), 1-12.
- Hossain, Md Jakir, & Bakhsh, Allah. 2020. Development and applications of transplastomic plants; a way towards eco-friendly agriculture Environment, climate, plant and vegetation growth (pp. 285-322): Springer.
- Jacobsen, Sven-Erik, Sørensen, Marten, Pedersen, Søren Marcus, & Weiner, Jacob. 2013. Feeding the world: genetically modified crops versus agricultural biodiversity. Agronomy for sustainable development, 33(4), 651-662.
- Jones, Philip J, McFarlane, Ian D, Park, Julian R, & Tranter, Richard B. 2017. Assessing the potential economic benefits to farmers from various GM crops becoming available in the European Union by 2025: Results from an expert survey. Agricultural Systems, 155, 158-167.
- Klein, Ted M, Wolf, Edward D, Wu, Ray, & Sanford, John C. 1987. High-velocity microprojectiles for delivering nucleic acids into living cells. Nature, 327(6117), 70-73.
- Leffel, Staci M, Mabon, Stephen A, & Stewart Jr, C Neal. 1997. Applications of green fluorescent protein in plants. Biotechniques, 23(5), 912-918.

- Lehrer, Samuel B, Horner, W Elliott, Reese, Gerald, & Taylor, Steven. 1996. Why are some proteins allergenic? Implications for biotechnology. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 36(6), 553-564.
- Losey, John E, Rayor, Linda S, & Carter, Maureen E. 1999. Transgenic pollen harms monarch larvae. Nature, 399(6733), 214-214.
- Mikhaylova, Elena V, & Kuluev, Bulat R. 2018. Potential for gene flow from genetically modified Brassica napus on the territory of Russia. Environmental monitoring and assessment, 190(9), 1-10.
- Mishra, M, & Kumari, S. 2018. Biosafety issues related to genetically engineered crops. MOJ Res Rev, 1(6), 272-276.
- Munawar, Aneeqa, Akram, Muhammad Sohail, Javed, Muhammad Tariq, & Shahid, Muhammad. 2021. Polychlorinated biphenyls (PCBs): Characteristics, toxicity, phytoremediation, and use of transgenic plants for PCBs degradation Handbook of bioremediation (pp. 677-687): Elsevier.
- Nordlee, Julie A, Taylor, Steve L, Townsend, Jeffrey A, Thomas, Laurie A, & Bush, Robert K. 1996. Identification of a Brazil-nut allergen in transgenic soybeans. New England Journal of Medicine, 334(11), 688-692.
- Organization, World Health. 2000. Safety aspects of genetically modified foods of plant origin: report of a joint FAO/WHO expert consultation on foods derived from biotechnology.
- Padikasan, Indra A, Chinnannan, Karthik, Kumar, Sathiya, & Subramaniyan, Govindaraju. 2018. Agricultural biotechnology: engineering plants for improved productivity and quality Omics Technologies and Bio-Engineering (pp. 87-104): Elsevier.
- Prakash, Dhan, Verma, Sonika, Bhatia, Ranjana, & Tiwary, Bhupindera N. 2011. Risks and precautions of genetically modified organisms. International Scholarly Research Notices, 2011.
- Raybould, AF, & Gray, AJ. 1993. Genetically modified crops and hybridization with wild relatives: a UK perspective. Journal of Applied Ecology, 199-219.
- Regal, Philip J. 1994. Scientific principles for ecologically based risk assessment of transgenic organisms. Molecular Ecology, 3(1), 5-13.
- Shelton, Anthony M, Tang, Juliet D, Roush, Richard T, Metz, Timothy D, & Earle, Elizabeth D. 2000. Field tests on managing resistance to Bt-engineered plants. Nature biotechnology, 18(3), 339-342.
- Steinwand, Michael A, & Ronald, Pamela C. 2020. Crop biotechnology and the future of food. Nature Food, 1(5), 273-283.
- Tabashnik, Bruce E, Liu, Yong-Biao, Finson, Naomi, Masson, Luke, & Heckel, David G. 1997. One gene in diamondback moth confers resistance to four Bacillus thuringiensis toxins. Proceedings of the National Academy of Sciences, 94(5), 1640-1644.
- Turnbull, Crystal, Lillemo, Morten, & Hvoslef-Eide, Trine AK. 2021. Global regulation of genetically modified crops amid the gene edited crop boom–a review. Frontiers in Plant Science, 12, 258.
- Van Eenennaam, AL, & Young, AE. 2017. Detection of dietary DNA, protein, and glyphosate in meat, milk, and eggs. Journal of Animal Science, 95(7), 3247-3269.
- Vega Rodríguez, Angelo, Rodríguez-Oramas, Cristina, Sanjuán Velázquez, Esther, Hardisson de la Torre, Arturo, Rubio Armendáriz, Carmen, & Carrascosa Iruzubieta, Conrado. 2022. Myths and Realities about Genetically Modified Food: A Risk-Benefit Analysis. Applied Sciences, 12(6), 2861.
- Warwick, Suzanne I, Beckie, Hugh J, & Small, Ernest. 1999. Transgenic crops: new weed problems for Canada? Phytoprotection, 80(2), 71-84.
- Ye, Xudong, Al-Babili, Salim, Kloti, Andreas, Zhang, Jing, Lucca, Paola, Beyer, Peter, & Potrykus, Ingo. 2000. Engineering the provitamin A (β-carotene) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) rice endosperm. Science, 287(5451), 303-305.
- Zakavi, Maryam, & Tohidfar, Masoud. 2018. Effect of pesticides in the reduction of biodiversity of beneficial insects. Journal of Biosafety, 10(4), 73-83.

Bio-environmental effects of transgenic plants with emphasis on safety aspects

Firoozeh Alavian[1]
1* Associate Professor, Medical Physiology, Department of Basic Sciences, Farhangian University, Tehran, Iran
*Email Address: f.alavian@cfu.ac.ir

Abstract

Introduction

With the advancement of agricultural biotechnology, many genetically modified crops have been mass-produced and commercialized to meet the needs of the world's growing population. Following the rapid commercialization of transgenic products each year worldwide, concerns have been raised about the biosafety of these products; Potential risks to human health, and environmental concerns. The global debate over genetically engineered products (transgenic products) has shifted its focus from whether or not they should be used to safe use. As most transgenic crops are approved for commercial cultivation, there is growing concern about their potential impact and risk to human health, and in particular to the environment. Also, there is an imminent risk of cross-fertilization, which leads to contamination of normal germplasm and thus the risk of biodiversity disruption. Transgenic crops are one of the noblest inventions of the 21st century through genetic engineering by modifying the genetic structure of crops to enrich them with one or more important economic characteristics such as improving quality traits, increasing herbicide tolerance, and stress resistance. Various biological and non-biological have been developed. These products have helped humans to meet the various challenges posed by population growth, but the development of these products may pose a serious threat to the environment. Environmental safety research has introduced potential risks associated with specific transgenic compounds; non-target transgenic streams within and between species and the persistence and consequences of transgenics in unwanted hosts. Resistance management strategies for insect and pesticide-resistant transgenics have also been studied. Also, food biosafety research has focused on the toxicity and allergenicity of transgenic products. Discussing possible innovations or strategies to reduce the effects of technological interventions and developing effective strategies for the conservation and conservation of biological resources is an important goal that this article seeks to challenge.

Methodology

In the present review article, data collection was using the keywords ecological, transgenic, safety, and risk done with the help of articles from Google Scholar, PubMed, and Science Direct information sources.The articles used are from 1987 to 2022. Out of 114 reviewed articles, 75 articles were deleted and the information from the remaining 39 articles was used in writing this article. Articles that were not related to the purpose of writing the article were removed from further study.

Results

Agriculture is the main and unique source of nutrition in the world, but due to traditional cultivation methods, many environmental issues such as drinking water pollution, soil degradation, erosion, and biodiversity reduction can be solved almost by genetic modification. But, every innovation in food production has been associated with a set of potential risks. These range from increased pesticide exposure in conventional agriculture to exposure to more pathogens in organic farming. New genes can have numerous unexpected effects on product ecology, physiology, and nutritional value.In biotechnology risk assessment, potential effects on environmental and human health are considered. The ecological concerns currently being discussed include increased invasion (a problem in agriculture where uncollected seeds germinate from last year's crop and grow in the current crop), intra-species and interspecific hybridization, the possibility of sensitization, and a change in material taste. Dietary quality changes, toxicity, carcinogenicity, decreased immunity, favorable conditions for the growth of emerging bacteria and viruses, and horizontal gene transfer (transfer of genetic material between cells or organisms of unrelated species such as bacteria and viruses and production of new strains Pathogenesis, development of antibiotic-resistant genes, reactivation of inactive pathogenic viruses, damage to non-target organisms, biodiversity loss, and resistance management. Risk management

includes strategic techniques to reduce the adverse effects of transgenic and related products on consumers or the environment, as well as to reduce the chances of developing resistance in the target pest population. Several tactics, such as the use of alternative or mixed insecticides, can be used in a variety of ways to effectively minimize the risk of insecticide resistance in insects. These techniques are also useful in preventing the problem of regeneration in insects. Similarly, various techniques have been used to minimize or prevent the risk of herbicide-resistant weeds and weed development. Spinning herbicides or using them in combination effectively reduces the chances of herbicide resistance in weeds. Crop rotation is another technique that can be used to reduce this risk. In fact, in the past, transgenic foods focused on increasing yields and other agricultural properties, which were primarily beneficial to agricultural companies and economically viable. But the new generation of transgenic foods emphasizes the health benefits of the consumer, which is the right policy to promote environmental health.Risk assessment of transgenic crops identifies the adverse effects of transgenic crops or derived products on non-target organisms and/or the environment, which includes several coordinated steps such as risk identification and classification. The first and most important step is to identify the risk, including identifying potential hazards or hazards to the target population or the environment if transgenic and related products are used. This is followed by a general characterization of the risk, ie it's a direct or indirect impact, chronic or acute, immediate or delayed, and so on. Finally, risk classification is performed, including grouping identified and well-defined risks into different categories. Negative effects of the transgenic crop on health include adverse effects on target and non-target populations, development of resistance or regeneration in the target population of pest/pathogen, transgenic flow in other species, etc.

Conclusion

The main purpose of this study is to introduce the bio-environmental safety aspects of transgenic plants. Modern advances in biotechnology have revolutionized the way of life, especially in meeting nutritional needs, fodder, fiber, and fuel using transgenic products. However, a group of social activists and environmentalists have always opposed the use of transgenic products because of their unprecedented effects on ecosystems and human health. Therefore, a concerted effort should be made to identify credible concerns and risks and to provide reliable and useful information to the public, and scientists should work to resolve ambiguities about transgenic products and foods. Previously, transgenic foods focused on increasing yields and other agricultural properties, which primarily benefited agricultural companies and farmers. The new generation of transgenic foods emphasizes the health benefits of the consumer. It is only with these new products that the general public will accept the use of a genetic modification of foods, and this is where the overlap of nutrition, ecology, and plant biotechnology will become more apparent.

Keywords

Environmental; Transgenic; Safety; Danger