Archive of SID

مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی جلد ۳ شماره ۲ صفحه‌های ۱۹۵ تا ۲۰۸ (۱۳۹۷)

مهندسی ژنتیک و امنیت غذایی[1]

مطهره محسن‌پور، سمیرا کهک و بهزاد قره‌یاضی[2،3]

چکیده

امنیت غذایی یکی از مهمترین چالش‌های بشر برای مقابله با تهدیدهای تغییر اقلیم و رشد جمعیت است. سرمایه‌گذاری در پژوهش‌های کشاورزی به‌ویژه تنوع ژنتیکی، پروژه‌های توالی‌یابی کامل ژنگان[4]، شناسایی ژن‌های مهم زراعی و دیگر نوآوری‌های علمی در زمینه زیست‌فناوری گیاهی می‌تواند ابزاری قدرتمند برای مقابله با این چالش در نظر گرفته شود. در طول تاریخ، کشاورزان با گزینش بهترین محصول خود برای کشت سال آتی، ناخودآگاه به بهبود ژنتیک محصول کمک کرده‌اند. بهنژادگران سنتی نیز با استفاده از دانش ژنتیک به موفقیت‌هایی در بهبود کمی و کیفی محصول‌های زراعی دست‌یافته‌اند ولی "روش‌های سنتی بهنژادی گیاهان" با محدودیت‌هایی مواجه است. مهندسی ژنتیک ابزاری مکمل، اما قدرتمند است که می‌تواند جهت رفع این محدودیت‌ها به بهنژادگران کمک کند و سریع‌ترین فناوری مورد پذیرش در تاریخ کشاورزی به‌شمار می‌آید. پیشرفت‌های اخیر در مهندسی ژنتیک مانند ظهور و کاربر کریسپر-کس۹[5] و تلن[6] برای ویرایش ژنگان و ژن درایو[7]، انقلاب جدیدی در تحول‌های موجود ایجاد کرده است. این فناوری‌ها می‌توانند برای اصلاح موجودها بدون باقی‌گذاشتن ژن انتقالی (تراژن[8]) در محصول پایانی مورد استفاده قرار گیرند. از این‌رو، روش‌های نظارتی کمتری در کشورهای مختلف در مورد محصول آن‌ها اعمال می‌شود. از سوی دیگر "زیست‌شناسی مصنوعی[9]" فرصتی است برای طراحی مسیرهای متابولیکی برای تولید محصول‌هایی که هرگز پیش از این وجود نداشته یا تولید نشده است. افزایش تقاضا و بازار برای این محصول‌ها موفقیت این فناوری‌های روبه رشد را در تولید مواد غذایی و صنعتی در سال‌های آینده تضمین می‌کند. در این مقاله، به بررسی این فناوری‌ها، برنامه‌های کاربردی آن‌ها برای دستیابی به امنیت غذایی، رعایت ایمنی‌زیستی، چشم‌اندازهای آینده و چالش‌های پیش‌رو خواهیم پرداخت.

واژه‌های کلیدی: تغییرهای اقلیمی و رشد جمعیت، زیست‌شناسی مصنوعی، زیست‌فناوری، محصول‌های تراریخت، ویرایش ژنگانی.

مقدمه

جهانی که امروزه در آن زندگی می‌کنیم با جهان یک سده گذشته تفاوت بسیاری دارد. جهانی پر جمعیت و با منابع محدود، با فناوری‌های پیشرفته‌ای که در سده گذشته اثری از آن‌ها وجود نداشت. اگر با خود فکر کنیم که جهان در سال ۲۰۵۰ یا حتی ۲۱۰۰ به چه شکل خواهد بود، شاید بیش از پیش تلاش کنیم تا با جهانی امن و دوستدار طبیعت مواجه شویم که به میزان کافی غذای سالم، مغذی و در دسترس و آب کافی و سالم در آن وجود داشته و دسترسی موثر به دارو و درمان برای همه امکان‌پذیر است. به وضوح می‌توان پیش‌بینی کرد که پیشرفت‌های مهندسی ژنتیک و زیست‌شناسی مصنوعی به طرز چشمگیری جهان آینده را زیر تاثیر قرار خواهد داد. بنابراین امروزه به همکاری نزدیک پژوهشگران رشته‌های مختلف، قانون‌گذاران و رهبران

۱- تاریخ دریافت: ۹۶/۷/۸ تاریخ پذیرش: ۹۷/۴/۷

۲- نویسنده مسئول، پست الکترونیک: ghareyazie@yahoo.com

۳- به ترتیب استادیار پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی-سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، دانشجوی دکتری دانشگاه گیلان و استاد پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی-سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی.

4. Genom 5. CRISPR-Cas9 6. TALEN 7. Gene drive 8. Transgene 9. Synthetic biology

www.SID.ir

Archive of SID

فکری جامعه نیاز است تا با دقت شگفتی‌ها و ملاحظه‌هایی که انتظار می‌رود در آینده با آن‌ها مواجه شویم را بررسی و برای پیشرفت کشور همگام با پیشرفت‌های جهانی برنامه‌ریزی کنند.

کشف ساختار دی‌اُکسی ریبونوکلئیک اسید (دی.ان.اِ، عامل فیزیکی وراثت و تعیین صفت‌ها)[1] دو رشته‌ای، بیشتر از ۶۰ سال است که تصور بشر را در مورد زیست متحول کرده و باعث تلاش برای درک بیشترِ برنامه‌ریزی ژنتیک شده است. در ابتدا دانشمندان به این مسئله علاقه‌مند شدند که بدانند توالی‌های نوکلئوتید سه‌تایی ژن‌ها (کدون‌ها) چگونه و در چه شرایطی به مولکول‌های ریبونوکلئیک اسید پیام‌آور[2] رونویسی می‌شوند و چگونه این مولکول به وسیله سیستم ریبوزومی به آمینو اسیدها ترجمه می‌شود تا پروتئین‌ها و صفت‌ها را شکل دهد. اواخر دهه ۱۹۵۰ شاهد کشف اسرار کد ژنتیک بودیم که در دهه ۱۹۶۰ با شناسایی اصول تنظیم و بیان ژن دنبال شد و منجر به ایجاد روش‌های همسانه‌سازی ژن و دی.ان.اِی نوترکیب در دهه ۱۹۷۰ شد. با پیشرفت فرایندهای انتقال ژن و ابداع روش واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (پی سی آر[3]) در دهه ۱۹۸۰، مهندسی ژنتیک در مسیر اصلی پژوهشی و کاربردی شدن قرار گرفت. این موضوع با ابداع روش‌های توالی‌یابی دی.ان.اِ و فناوری‌های پیشرفته اُمیکس و بیوانفورماتیک ارتقا یافت که راه را برای توالی‌یابی و رمزگشایی ژنگان‌های کامل در دهه ۱۹۹۰ و پس از آن هموار ساخت (۴). از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ محصول‌های مهندسی ژنتیک شده (تراریخت) به روش‌های مختلفی بر امنیت غذایی، کشاورزی و توسعه پایدار، تغییر اقلیم/محیط زیست موثر بوده‌اند (۶). فناوری مهندسی ژنتیک و تولید محصول‌های تراریخت در این مدت باعث افزایش تولید محصول غذایی به ارزش ۱۵۰ میلیارد دلار آمریکا شده‌اند. کاهش هزینه‌های تولید با به‌کارگیری گیاهان تراریختی که نیاز به مصرف سم‌های آفت‌کش ندارند و به دلیل کاهش خسارت آفت‌ها و کنترل موثرتر علف‌های هرز و تحمل به خشکی محصول بالاتری تولید می‌کنند، سبب ایجاد انگیزه برای کشاورزان داخلی خواهد شد که می‌تواند مانند بسیاری از کشورها که با کشت و توسعه محصول‌های تراریخت اقتصاد خود را متحول کرده‌اند، سبب خودکفایی کشور در محصول‌های راهبردی شده و خروج ارز از کشور را کاهش دهد. کاهش فرسایش خاک از طریق انجام کشت بدون خاک‌ورزی و کاهش استفاده از تراکتور و ادوات کشاورزی نیز نه تنها به حفظ خاک کمک کرده بلکه هزینه‌های تولید را نیز کاهش می‌دهد. امروزه با ظهور ویرایش ژنگانی و زیست‌شناسی مصنوعی باید در انتظار تحول دیگری در تولید محصول‌های زراعی بود. تقاضای رو به رشد و متنوع صفت‌های خروجی جدید با نیاز به کاهش ورودی‌ها و بهبود پایداری زراعت مقارن است (۱۳). از سوی دیگر سازمان ملل، امنیت غذایی را دسترسی همه مردم به غذای کافی در تمام اوقات برای داشتن یک جسم سالم می‌دانند. طبق این تعریف موجود بودن غذا، دسترسی به غذا و پایداری در دریافت غذا سه عنصر اصلی هستند. در این مقاله فناوری مهندسی ژنتیک را در کنار سایر روش‌ها چه سنتی و چه نوین معرفی کرده و با اشاره به برخی از مزایای آن در راستای تامین امنیت غذایی، بر نیاز به توجه بیشتر تصمیم‌سازان و اندیشمندان کشور برای به‌کارگیری این علوم در جهت تامین غذای سالم و پایدار تاکید خواهد شد.

بهنژادی گیاهان و مهندسی ژنتیک

بهبود محصول‌های زراعی با استفاده از علم ژنتیک پیشینه‌ای تاریخی دارد و انسان در کشاورزی سنتی همواره به دنبال گزینش بهترین گیاه یا بذر برای کشت در سال آتی زراعی خود بوده است. با شناخت علم ژنتیک، بهنژادگران، با اطلاع از ژن‌های گیاهی به گزینش صفت‌های موردنظر خود اقدام کرده و در این نوع بهبود ژنتیک، که بهنژادی سنتی نام گرفته است، ترکیب ژنتیکی گیاهان با ایجاد تلاقی و گزینش ترکیب‌های برتر ژنتیکی بهبود می‌یابد. بهنژادی گیاهان تلاش کرده تا قابلیت‌های پنهان محصول‌های کشاورزی را برای افزایش تولید بروز دهد و با انقلاب سبز مردم زیادی در نقاط مختلف دنیا از گرسنگی نجات یابند. انقلاب سبز که با زحمت‌های مرحوم دکتر نورمن بورلاگ (پدر انقلاب سبز و برنده جایزه نوبل صلح ۱۹۷۰) میسر شد، در کنار

1. DNA 2. mRNA 3. PCR

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده از ظرفیت‌های آب، زمین و استفاده صحیح از کود و سم، تحول مهمی در کشاورزی ایجاد کرد. ولی این روش همواره با محدودیت‌هایی نیز مواجه بوده است. در این روش نه تنها گیاهان باید از نظر جنسی سازگار و دارای قابلیت تلاقی باشند، بلکه بسیاری از صفت‌های ناخواسته نیز با این تلاقی به نسل بعد منتقل خواهد شد که این موضوع در بهنژادی از طریق جهش‌زایی که از اشعه یا مواد شیمیایی جهش‌زا برای بهبود ژنتیک محصول‌های کشاورزی استفاده می‌شود، آشکارتر است (۱۰).

اگر به ماهیت موجودهای زنده بنگرید خواهید دید که ماده ژنتیک و رمزهای سازنده آن‌ها در همه موجودها چه انسان، گیاه، حیوان و حتی میکروارگانیسم‌ها یکسان است و این موهبت الهی استفاده از منابع ژنتیک گسترده طبیعت را به صورت هدف‌دار و بدون محدودیت برای دستیابی به محصول‌هایی با ویژگی‌های برتر امکان‌پذیر می‌سازد. در خشک‌ترین کویرها و شورترین شوره‌زارها نیز گیاهانی می‌رویند که توجه به ماهیت ژنتیکی آن‌ها و استفاده از آن‌ها در محصول‌های زراعی، تحولی در تولید محصول‌ها در زمین‌های کشت‌ناپذیر فراهم خواهد کرد یا نیاز به مصرف نهاده‌های کشاورزی مانند آب را در زراعت رایج به وضوح کاهش می‌دهد. استفاده از این منابع ژنتیکی با استفاده از بهنژادی و جهش‌زایی و مانند آن ممکن نیست ولی مهندسی ژنتیک، بشر را قادر به بهره‌گیری از پتانسیل ژنتیک طبیعت کرده است. مهندسی ژنتیک که بر اساس تعریف ارائه شده توسط انجمن ایمنی‌زیستی به مفهوم جداسازی ژن‌ها (دی.ان.اِ) یا سایر عناصر موثر در عمل ژن‌ها از هر موجود زنده و انتقال آن به هر موجود زنده دیگر پس از اعمال تغییر یا حتی بدون اعمال تغییر و بدون محدودیت است، در واقع نوع دیگری از بهنژادی است. در مهندسی ژنتیک از آنجایی که نیاز به تلاقی نیست محدودیت انتقال ژن از گونه‌هایی با سازگاری جنسی، رفع شده و بنابراین می‌توان از ژن‌های با ارزش هر موجودی برای انتقال به گیاه استفاده کرد. همچنین این روش بسیار اختصاصی است زیرا می‌تواند تنها صفت مورد نظر را به گیاه انتقال داده و از انتقال همزمان صفت‌های ناخواسته جلوگیری کند (۱۰، ۲۰). روش مهندسی ژنتیک را به‌طور ساده می‌توان در چند مرحله خلاصه کرد. مرحله اول شناسایی ژن یا توالی ایجاد کننده صفت مفید و واکاوی‌های بیوانفورماتیک برای اطمینان از حساسیت‌زا نبودن و سمّی نبودن آن است؛ مرحله دوم، استخراج دی.ان.اِ یا آر.ان.ای پیامبر از موجود مورد نظری است که حاوی ژن شناسایی شده است؛ مرحله سوم همسانه‌سازی ژن است که در مراحلی ژن دلخواه از سایر ژن‌ها جداسازی شده و سپس میلیون‌ها نسخه از آن ایجاد می‌شود، مرحله چهارم طراحی حامل ژن است؛ بدین معنا که ژن مورد نظر بتواند در موجودی متفاوت، عمل اختصاصی خود را انجام داده و صفت مورد نظر را بروز دهد. این کار با برش‌های آنزیمی و افزودن نواحی تنظیمی مناسب به ژن انجام می‌شود. مرحله پنجم انتقال ژن است. از آن‌جا که گیاهان از میلیون‌ها یاخته[1] تشکیل شده‌اند، انتقال یک نسخه از تراژن به هر یک از یاخته‌های گیاهِ کامل، غیرممکن است. بنابراین برای مثال می‌توان از کشت بافت گیاهی برای تکثیر توده‌ای از یاخته‌های تمایز نیافته به نام پینه[2] استفاده کرده و ژن مورد نظر را به این یاخته‌ها منتقل کرد. ژن جدید با روش‌های مختلفی به این یاخته‌ها منتقل می‌شود که اگروباکتریوم و زیست‌پرتابی از معروف‌ترین آن‌ها هستند. هدف اصلی هر کدام از این روش‌ها انتقال ژن یا ژن‌های جدید به داخل یاخته و پیوستن آن‌ها به ژنگان است. یاخته‌های گیاهی پس از انتقال ژن، باززایی شده و گیاهان تراریخت را ایجاد می‌کنند. مرحله ششم شامل ارزیابی‌های مولکولی و واکاوی محصول گیاهان حاصل، از نظر ایجاد صفت مورد نظر و ارزیابی‌های ایمنی‌زیستی، است تا در نهایت محصولی با برترین کیفیت، سالم و اقتصادی تولید شود.

همراه شدن مهندسی ژنتیک با ارزیابی‌های ایمنی‌زیستی بیش از پیش ارزش محصول‌های حاصل از این فناوری را از نظر سلامت انسان و محیط زیست به رخ می‌کشد، زیرا محصول‌های بهنژاد شده حاصل از سایر روش‌ها هیچگاه چنین بررسی‌های دقیقی را نگذرانده‌اند و این در حالی است که در روش‌های بهنژادی سنتی در مقایسه با مهندسی ژنتیک تغییرهای ژنتیک بسیار گسترده‌تر، تصادفی‌تر و ناشناخته‌تر هستند.

1. Cell
2. Callus

www.SID.ir

Archive of SID

سلامت انسان و محیط زیست در رابطه با محصول‌های تراریخت

مرکزهای علمی، دانشگاه‌های متعدد مستقل و معتبر و نهادهای نظارتی به این نتیجه رسیده‌اند که محصول‌های تراریخت برای مصرف انسان و محیط زیست ایمن هستند (۱۲). پژوهش‌های این محصول‌ها از نظر سلامت بررسی شده‌اند که یکی از جالب‌توجه‌ترین آن‌ها گزارش اتحادیه اروپاست. این گزارش محصول مشارکت ۵۰۰ گروه پژوهشی مستقل در ۱۳۰ پژوهش در ۲۵ سال با هزینه ۳۰۰ میلیون یورو است که در نهایت نتیجه گرفته است که محصول‌های تراریخت مانند فرآورده‌های کشاورزی سنتی سالم هستند. نکته این است که گزارش کمیسیون اروپا در مورد غذاهای حاصل از مهندسی ژنتیک برپایه پژوهش‌های مستقل از شرکت‌های فناوری زیستی انجام شده است (۵).

در اروپا برای جامعه علمی به طور کامل روشن است که غذاهای حاصل از محصول‌های تراریخت بی‌خطر هستند. مشاور علمی کمیسیون اروپا گفته است: "مصرف غذاهای تراریخت بیشتر از مصرف غذاهایی که به شیوه مرسوم تولید می‌شوند، خطر ندارد."

بررسی و جمع‌بندی ۱۷۸۳ مقاله علمی معتبر که به بررسی اثرهای غذاهای تراریخت بر سلامت انسان و محیط زیست در فاصله سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۲ پرداخته بودند نیز به وضوح نشان داد که به طور خلاصه، غذاهای بهنژاد شده از گسترده‌ترین موضوع‌هایی است که تاکنون بررسی و مطالعه شده‌اند و تاکنون هیچ مدرک معتبری وجود ندارد که تهدید محصول‌های تراریخت را بر محیط‌زیست و سلامت نشان دهد. نتیجه نهایی این مقاله که در مجله‌ای معتبر[1] به چاپ رسیده دلیل بی‌اعتمادی مردم به محصول‌های تراریخت را در دروغ‌های روانشناسی، سیاسی و بحث‌های کاذب نهفته دانسته است، که البته مورد قبول همگان نیست. این نتیجه‌گیری مبنی بر سلامت محصول‌های تراریخت برآیندی از پژوهش‌های مختلف و مستقل انجام شده در دنیا در ارتباط با محصول‌های تراریخت در دهه گذشته بوده و از یافته‌های مرتبط با پژوهش‌های محصول‌های تراریخت که به‌صورت مقاله‌های عمومی، مقاله‌هایی مرتبط با اثرهای زیست‌محیطی و مقاله‌هایی در زمینه ایمنی مصرف و قابلیت ردیابی آن‌ها پژوهش و نگاشته شده‌اند، حاصل شده است (۲۱).

بالاترین انجمن پزشکی انگلستان، متنی با عنوان بررسی جامع اطلاعات مربوط به غذاهای تغییر ژنتیکی یافته، منتشر کرده است. در این متن آمده که غذاهای تولید شده از محصول‌های بهنژاد شده توسط صدها میلیون نفر در سرتاسر دنیا به مدت ۱۵ سال مصرف شده‌اند و هیچ گزارش یا شکایتی از بیمار وجود ندارد این در حالی است که بیشتر مصرف‌کنندگان در کشورهایی مانند آمریکا بوده‌اند که مردم آن‌ها بیشتر شکایت می‌کنند (۱۷). دیوان عالی فرانسه نیز اعلام کرد دولت هیچ مدرک معتبری در مورد آسیب محصول‌های تراریخت به انسان یا محیط زیست ندارد.

نتایج یک پژوهش جدید نشان می‌دهد که گیاهان تراریخت به‌صورت طبیعی نیز در طبیعت تولید شده و مورد استفاده انسان قرار گرفته‌اند. نتایج یک پژوهش علمی جدید که در سال ۲۰۱۵ میلادی در شماره ۱۱۲ مجله علمی بسیار معتبر PNAS[2] منتشر شده است، نشان می‌دهد که گیاه سیب‌زمینی شیرین یک گیاه تراریخت است که حدود هشت هزار سال پیش از طریق انتقال یک ژن از یک باکتری خاکزی موسوم به باکتری آگروباکتریوم در طبیعت تراریخت شده است. سیب‌زمینی شیرین[3] گیاهی از تیره پیچک‌سانان[4] است و هزاران سال است در سبد غذایی انسان در سرتاسر جهان قرار دارد. این گیاه دارای ژنی است که از باکتری به گیاه منتقل شده است و نوعی هورمون رشد در گیاه تولید می‌کند. این کشف از طریق مقایسه رمز ژنتیک گیاه سیب‌زمینی شیرین با رمز ژنتیک باکتری حاصل شده است. با مقایسه این رمزها و رمزهای مشابه در بین موجودهای مختلف که نشان‌دهنده منشأ یکسان آن‌هاست کشف می‌شود. مقایسه رمز ژنتیک گیاه سیب‌زمینی شیرین و باکتری آگروباکتریوم نشان داد که

1. Critical reviews in biotechnology
2. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)
3. *Ipomoea batatas*
4. Convolvulaceae

www.SID.ir

Archive of SID

توالی یک ژن موجود در گیاه درست مشابه توالی ژنی است که پیش از این در باکتری آگروباکتریوم کشف شده بود. از آن‌جا که پیش از این کشف شده بود که باکتری یاد شده به‌منزله یک مهندس ژنتیک طبیعی عمل می‌کند و به‌صورت قسمتی از چرخه زندگی خود به انتقال ژن به یاخته‌های گیاه می‌پردازد و یاخته‌های گیاه را وادار به تولید مواد قندی ویژه‌ای موسوم به اوپین‌ها می‌کند که مورد نیاز و مصرف باکتری قرار می‌گیرد، انتقال ژن یاد شده در نتیجه عمل همین باکتری، طبیعی‌ترین فرضی است که به ذهن دانشمندان وارد می‌شود. به هر حال، نتایج پژوهش یاد شده نشان داد که این همان اتفاقی است که رخ داده است (۱۹).

در تحلیل جامعی از پژوهش‌های مربوط به سلامت دام‌ها که ۱۰۰ میلیارد حیوان را شامل می‌شد و در مجموع تریلیون‌ها وعده غذایی از محصول‌های تغییر شکل‌یافته ژنتیک را می‌خوردند در نهایت مشاهده شد که تغذیه با محصول‌های تراریخت تأثیر منفی بر حیوان‌ها ندارد و آن‌ها از نظر تغذیه با حیوان‌هایی که با محصول‌های تراریخت تغذیه نشده‌اند، برابر هستند (۲۸). در پروژه‌ای با حمایت مالی اتحادیه اروپا نشان داده شد که هیچ دلیل علمی برای افزایش دوره تغذیه آزمایش‌های حیوانی ۹۰ روزه محصول‌های تراریخت با آزمایش‌های طولانی‌تر وجود ندارد و هر دو در این اصل مشترک‌اند که تغذیه موش‌ها با محصول‌های تراریخت هیچ اثر بدی در پی نداشته است.

سازمان بهداشت جهانی در پاسخ به سوأل "آیا غذاهای ناشی از محصول‌های تراریخت سالم و بی‌زیان هستند"؟ به این شرح پاسخ داده است: "موجودهای تراریخت مختلف دارای ژن‌های متفاوتی هستند که با روش‌های مختلفی منتقل شده‌اند. این امر به این مفهوم است که ایمنی غذاهای ناشی از هر یک از موجودهای تراریخت باید به صورت مورد به مورد ارزیابی شود". در ادامه آمده است غذاهای ناشی از موجودهای تراریختی که امروزه در بازار جهانی یافت می‌شوند مورد بررسی و تجزیه و تحلیل‌های مختلف و تخمین احتمال خطر قرار گرفته و تایید شده‌اند و خطری برای سلامتی انسان ندارند. افزون بر این در کشورهایی که این محصول‌ها تأیید و مصرف شده‌اند هیچ اثر بدی بر سلامتی انسان دیده نشده است.

طبق جدیدترین گزارش منتشر شده از سوی سازمان بهداشت جهانی و سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد، "علفکش گلایفوسیت" مورد استفاده در کشاورزی و محصول‌های مهندسی ژنتیک، ایمن است و باعث بروز هیچ‌گونه بیماری و سرطان نمی‌شود. گلایفوسیت یک علف‌کش سیستمیک با نام تجاری رانداپ است. این علف‌کش در خاک دوامی ندارد و میکروب‌های خاک به سرعت آن را در حکم یک ماده غذایی مصرف می‌کنند. این علفکش جزو پرکاربردترین و مهمترین علفکش‌ها است که در اغلب مزرعه‌های کشاورزی استفاده می‌شود. البته پیش از این احتمال داده می‌شد که باقیمانده سم گلایفوسیت در محصول‌های غذایی مهندسی ژنتیک باعث بروز نوعی سرطان شود، اما با پژوهش‌هایی که دانشمندان انجام دادند، هیچ‌گونه مدرکی بر وجود ارتباط بین کاربرد گلایفوسیت و محصول‌های تراریخت و بروز سرطان مشاهده نشد. به‌طوری که سازمان بهداشت جهانی و سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (فائو) نیز در بیانیه‌ای اعلام کرد که میزان گلایفوسیت مورد استفاده در سم‌های کشاورزی، سرطان‌زا نیست و گلایفوسیت مورد استفاده در محصول‌های مهندسی ژنتیک نیز مطمئن و غیرسرطان‌زا است.

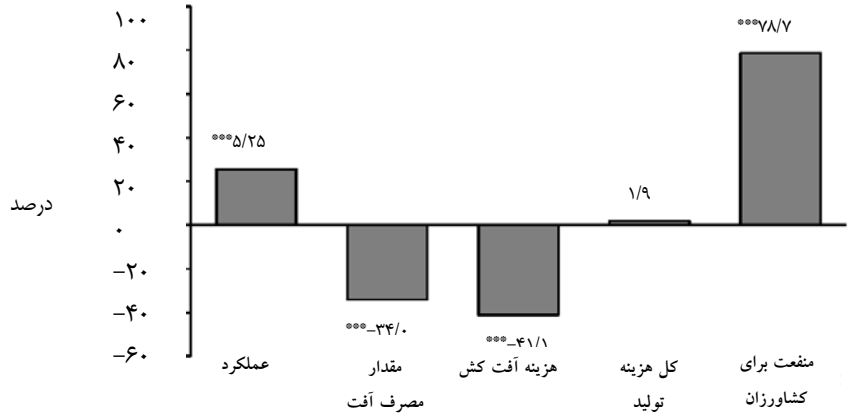
نتایج یک فراواکاوی انجام شده روی تنوع ژنتیک رقم‌های زراعی در دوره‌های مختلف که حاصل بررسی ۲۰ مقاله علمی معتبر بود نشان داد که تنوع ژنتیک در محصول‌های زراعی روند مشخصی ندارد، به‌طوری که در سال ۱۹۵۰ تا ۱۹۶۰ یک کاهش شدید و بعد از آن روند افزایشی نشان داده است (۲۶). همچنین بررسی‌های علمی نشان داد که در سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۰ که ۷۲٪ از زمین‌های کشت پنبه را پنبه تراریخت تشکیل می‌داد به جای کاهش تنوع، کاهش یکنواختی (افزایش تنوع) مشاهده شد و ۲۸٪ کاهش یکنواختی پنبه گزارش شد. مطالعه دیگری که بر روی ۳۱۲ گونه انجام شده بود نشان داد که محصول‌های تراریخت می‌توانند ژن‌های سودمند را وارد چرخه استفاده کنند و باعث افزایش تنوع زیستی شوند (۱۸).

www.SID.ir

Archive of SID

یک واکاوی که در سال ۲۰۱۴ در مجله پلاس وان[1] منتشر شد، به بررسی اثرهای زراعی و اقتصادی محصول‌های بهنژاد شده پرداخته است. این پژوهش با بررسی ۱۴۷ مقاله علمی معتبر ثابت می‌کند که فناوری محصول‌های حاصل از مهندسی ژنتیک، استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی را ۳۷٪ کاهش داده است. همچنین میزان محصول ۲۲٪ افزایش داشته و افزایش سود کشاورزان ۶۸٪ بوده است (شکل ۱). این پژوهش که شاهدی قوی از سودمندی‌های محصول‌های تراریخت برای کشاورزان در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه را نشان می‌دهد اظهار امیدواری کرده است که انتشار این نتایج، افزایش اعتماد عمومی به این فناوری را در پی داشته باشد (۱۸).

در سال ۲۰۱۶ آکادمی‌های ملی علوم، مهندسی و پزشکی آمریکا با جمع‌بندی نتایج ۹۰۰ پژوهش درباره محصول‌های تراریخت از سال ۱۹۹۶ گزارشی را منتشر کردند که بر اساس نتیجه این پژوهش، به دلیل خطرهای احتمالی برای سلامت انسان و محیط زیست محصول‌های مهندسی ژنتیک و محصول‌های بهنژاد شده به روش سنتی هیچ تفاوتی ندارند.



شکل ۱- اثرهای به کارگیری محصول تراریخت (۱۸).

صد و نه برنده جایزه نوبل در پیامی برای صلح سبز نوشتند: "هجوم رسانه‌ای علیه غذاهای حاصل از محصول‌های تراریخت را کنار بگذارید." این دانشمندان، غذاها و موجودهای بهنژاد شده را راهی مطمئن برای تأمین نیازهای جمعیت روز افزون جهان دانستند. این ۱۰۹ برنده جایزه نوبل در نامه‌ای که به‌صورت آنلاین ارسال شد و در واشنگتن دی سی به صورت رسمی در یک کنفرانس خبری از آن پرده برداشتند، اظهار می‌کنند که مخالف‌ها راه رساندن خوراک مغذی به افراد نیازمند را سد کرده‌اند و با اشاره به این‌که برنج طلایی دارای پتانسیل کاهش یا ریشه‌کنی بیشتر مرگ‌ها و بیماری‌های ناشی از کمبود ویتامین است، استدلال کرده‌اند که مهندسی ژنتیک رویکرد مناسبی برای انتقال ریزمغذی‌های ضروری به مردم هستند. نامه‌نگاری این دانشمندان برای رفع تردید از مهندسی ژنتیک به حجم عظیمی از اخبار نادرست اشاره کرده و دکتر رابرتس یکی از نویسندگان این نامه مطرح کرده است که به برخی از دانشمندان گیاه‌شناس به دلیل دیدگاه‌هایشان آن‌چنان حمله می‌شود که سکوت پیشه کرده‌اند. این گروه برندگان نوبل نوشتند: "حتی اگر آژانس‌های نظارتی و علمی در سراسر جهان چندین بار و همیشه محصول‌ها و غذاهای بهبودیافته از طریق زیست‌فناوری را ایمن‌تر از محصول‌ها و غذاهای حاصل از هر روش دیگرِ تولید ارزیابی نکرده باشند، آن‌ها را به همان اندازه ایمن ارزیابی کرده‌اند و در مورد پیامد منفی مصرف آن‌ها برای سلامت انسان یا حیوان حتی یک مورد تایید شده نیز وجود نداشته

1. PLOS ONE

www.SID.ir

Archive of SID

است و همچنین به طور مکرر ثابت شده که تاثیر زیست‌محیطی تراریخت‌ها نه تنها آسیب چندانی به محیط زیست نمی‌زند است و همچنین به طور مکرر ثابت شده که تاثیر زیست‌محیطی تراریخت‌ها نه تنها آسیب چندانی به محیط زیست نمی‌زنـد بلکـه مـوهبتی برای تنوع زیستی جهانی است".

اثرهای زراعی و اقتصادی محصول‌های تراریخت

مزیت‌ها و برتری‌های فناوری مهندسی ژنتیک در مقایسه با بهنژادی گیاهان سنتی است که آن را تبـدیل بـه سـریع‌تـرین فناوری پذیرفته شده در طول تاریخ کشاورزی کرده است. سطح زیر کشت محصول‌های تراریخـت از ابتـدای تجاری‌سـازی در سـال ۱۹۹۶ تا انتهای سال ۲۰۱۷ میلادی ۱۱۲ برابر شد و از ۱/۷ میلیون هکتار در سال ۱۹۹۶ به ۱۸۹/۸ میلیون هکتـار در سـال ۲۰۱۷ رسید. این افزایش منحصر به فرد سطح زیر کشت، فناوری تراریخت را تبدیل به سریع‌ترین فناوری پذیرفته شده در سـال‌های اخیـر کرده است. حتی آمارها نشان می‌دهند که در سال ۲۰۱۷ تنوع محصول‌های تراریخت از چهار محصـول اصـلی ذرت، سـویا، پنبـه و کلزا فراتر رفته و محصول‌های تراریخت متنوع‌تری برای مصـرف‌کننده‌ها در سراسـر جهـان فـراهم شـده اسـت. چغندرقنـد، خربـزه درختی، کدو، بادمجان و سیب‌زمینی محصول‌های تراریخت جدیدی هستند که از سال ۲۰۱۶ به تولید تجاری رسـیدند و در اختیـار مصرف‌کننده‌ها قرار گرفتند. بادمجان هم پرمصرف‌ترین صیفی در آسیا و سیب‌زمینی چهارمین محصول اصـلی کشـاورزی در جهـان است که رقم‌های تراریخت آن کشت می‌شوند و به مصرف می‌رسند. در سال ۲۰۱۶، ۲۶ کشور، شامل ۱۹ کشور در حال توسـعه و ۷ کشور صنعتی، محصول‌های تراریخت را کشت کردند. از کل سطح زیر کشت محصول‌های تراریخـت، ۹۹/۶ میلیـون هکتـار، معـادل ۵۴٪، در کشورهای در حال توسعه و ۸۵/۵ میلیون هکتار، معادل ۴۶٪، در کشورهای صـنعتی زیـر کشـت محصـول‌هـای تراریخـت رفت. سویا با ۹۱/۴ میلیون هکتار، معادل ۵۰٪ از کل سطح زیر کشت محصول‌های تراریخت، بیشترین سطح زیر کشـت را بـه خـود اختصاص داد. در سال ۲۰۱۶ براساس کل سطح زیـر کشـت هـر محصـول ۷۸٪ از سـویا، ۶۴٪ از پنبـه، ۲۶٪ از ذرت و ۲۴٪ از کلـزا تراریخت بودند. سطح زیر کشت محصول‌های دارای صـفت‌هـای چندگانـه در سـال ۲۰۱۶ بـه ۷۵/۴ میلیـون هکتـار رسـید و ۲۹٪، افزایش داشت و ۴۱٪ کل سطح زیر کشت محصول‌های تراریخت را به خـود اختصـاص داد. ۹۱٪ سـطح زیـر کشـت محصـول‌هـای تراریخت در پنج کشور قرار گرفته است. از میان آن‌ها برزیل، آرژانتین و هند، کشـورهای در حـال توسـعه هسـتند و ایالـات متحـده آمریکا و کانادا دو کشور صنعتی هستند. ایالات متحده آمریکا بـا ۷۲/۹ میلیـون هکتـار بیشـترین سـطح زیـر کشـت محصـول‌هـای تراریخت را در سال ۲۰۱۶ به خود اختصاص داد. برزیل با ۴۹/۱ میلیون هکتـار، آرژانتـین بـا ۲۳/۸ میلیـون هکتـار، کانـادا بـا ۱۱/۶ میلیون هکتار و هند با ۱۰/۸ میلیون هکتار رتبه‌های دوم تا پنجم را به خود اختصـاص دادنـد و در مجمـوع ۱۶۸/۲ میلیـون هکتـار، معادل ۹۱٪ از کل زمین‌های اختصاص داده شده به محصول‌های تراریخت را زیر کشت این محصول‌ها بردند (۱۴، ۱۵).

ارزش جهانی بازار بذر تراریخت در سال ۲۰۱۶، ۱۵/۸ میلیارد دلار برآورد شده بود که در مقایسه بـا سـال پـیش از آن ۳٪ افزایش داشت. این مقدار، ۱۵/۸ میلیارد دلار آمریکا، معادل ۲۲٪ از بازار ۷۳/۵ میلیارد دلـاری بـازار جهـانی سـم و ۳۵٪ از بـازار ۴۵ میلیارد دلاری بـذرهای تجـاری در جهـان در سـال ۲۰۱۶ بـود. تخمـین زده می‌شـود کـه درآمـد حاصـل از کشـت بـذرها و سـایر محصول‌های تراریخت، بیش از ده برابر ارزش بذر تراریخت بوده است. ارزش محصول‌های تراریخت نهایی کـه بـه طـور مسـتقیم بـه مصرف انسان یا دام می‌رسند ۲۳۰ میلیارد دلار در هر سال تخمین زده می‌شود. تولید محصول به مقدار ۵۷۴ میلیـون تـن بـه ارزش ۱۶۷/۸ میلیارد دلار آمریکا در سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۵ و ۷۵ میلیون تن به ارزش ۱۵/۴ میلیارد دلـار آمریکـا تنهـا در سـال ۲۰۱۵ افزایش پیدا کرد (۱۴). ارزش جهانی بذر تراریخت در سال ۲۰۱۷ نیز ۱۷/۲ میلیارد دلار برآورد شده است و پیش‌بینـی می‌شـود کـه تا سال ۲۰۲۵ افزایشی در حدود ۱۰/۵٪ داشته باشد (۱۵).

www.SID.ir

Archive of SID

فرصت‌هایی بر اساس گیاهان زراعی تراریخت مقاوم به حشره‌ها برای مدیریت تلفیقی آفت‌ها

تردیدی نیست که مقاومت ژنتیکیِ گیاه میزبان، اقدام پیشگیرانه‌ای است که نقش مهمی در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفت‌ها ایفا می‌کند. گیاهان تراریخت مقاوم به حشره‌ها، سودمندی‌های بسیاری در مقایسه با بهنژادی مرسوم دارند، از جمله آن‌که رقم‌های جدید بسیار سریعتر از بهنژادی سنتی به دست می‌آیند. افزون بر این، میزان مقاومتِ دست‌یافتنی در گیاهان تراریخت به طور معمول بالاتر از میزان مقاومتی است که به طور طبیعی در ذخیره‌ی ژنی یک گونه گیاهی یافت می‌شود. دلیل این امر این است که می‌توان ژن‌ها را از منابع بسیاری وارد کرد و انتقال با هم صفت‌های نامطلوب[1] را به کمینه رساند (۱۶، ۲۶). گیاهان زراعی تراریخت و مقاوم به حشره‌ها بسیار کمتر از زمانی که از سمپاشی آفت‌کش‌ها استفاده می‌شود باعث از بین رفتن موجودهای زنده غیر هدف می‌شوند (۱۶). افزون بر این، آفت‌هایی مانند ساقه‌خواران که از اجزا گیاهان تغذیه می‌کنند و دسترسی به آن‌ها از طریق سمپاشی با آفت‌کش ممکن نیست، در برابر آفت‌کش حاصل از تغییر ژنی قرار می‌گیرند و به کمک این فناوری هدف قرار گرفته می‌شوند (۱۶، ۲۷). از آن جا که این سم‌ها پیوسته در بافت‌های گیاهی بیان می‌شوند، حشره‌های هدف در تمام دوره آلودگی[2] و نیز در طول آسیب‌پذیرترین مراحل زندگی‌شان در برابر این سم‌ها هستند (۱۶، ۲۷). لازم است گفته شود که مقاومت حاصل از بیان ژن انتقالی در گیاهانِ Bt برای حشره هدف بسیار اختصاصی‌تر از اغلب آفت‌کش‌ها عمل می‌کند، زیرا سم‌های Bt اختصاصی تنها برای گونه‌های اندکی در یک یا دو راسته از حشره‌ها سمیّت دارند (۱۱). با ظهور فناوری‌های جدیدتری همچون کنترل بر پایه آر.ان.اِ مداخله‌گر[3] اختصاصی بودن را می‌توان باز هم افزایش داد (۲۳).

تأثیرهای مدیریت تلفیقی آفت‌ها به علت تغییر استفاده از حشره‌کش‌ها در کشت گیاهان زراعی تراریخت

تغییر در رژیم سمپاشی حشره‌کش‌ها در کشت گیاهان تراریخت مقاوم به آفت‌ها پیامدهای متعددی بر عملکرد بوم نظام خواهد داشت. دست‌کم در دو حالت راه برای بهبود مدیریت تلفیقی آفت‌ها باز می‌شود:

۱- استفاده از حشره‌کش‌ها در مقدارها یا دفعه‌های کمتر، امکان بهره‌بردن از فعالیت بالای دشمنان طبیعی را در کنترل آفت‌ها و همچنین در کنترل علف‌های هرز (از طریق فعالیت شکارگران دانه و گیاه‌خواران ویژه علف‌های هرز) افزایش می‌دهد.

۲- تیمار نبود سمپاشی یا سمپاشی به دفعه‌های کمتر امکان زمان‌بندی بهتر سمپاشی را فراهم می‌کند و به این ترتیب می‌توان از دشمنان طبیعیِ آفت‌های اصلی حفاظت کرد (آزادی بیشتر در گزینش فاصله‌های سمپاشی).

مشخص شده است که کاهش استفاده از آفت‌کش‌های گسترده اثر[4] برای دشمنان طبیعیِ آفت‌ها سودمند است. به این ترتیب انتظار می‌رود که سهم دشمنان طبیعی در کنترل طبیعی آفت‌های این گیاهان زراعی افزایش یابد (۲۵). به این ترتیب این مسئله باید تعداد یا میزان شیوع ثانویه آفت‌ها را کاهش دهد و از خطر افزایش مقاومت بکاهد (شکل ۲).

استفاده مخالفان تراریخت از روانشناسی هراس‌افکنی

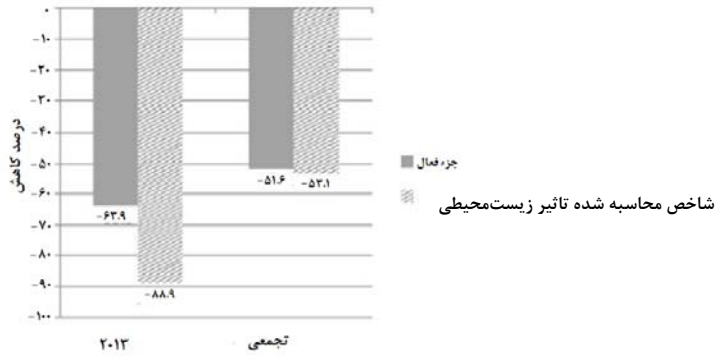
در مطالعه‌ای که در یک مجله معتبر[5] به چاپ رسیده است این‌گونه عنوان می‌شود که موارد مخالفت با محصول‌های تراریخت نشان می‌دهند که شهود می‌تواند به انتشار باورهایی که به کلی متناقض با شواهد هستند کمک کند. ذهن شهودی آن‌قدر مجهز نیست که به پرسش‌های پیچیده‌ای مانند "فناوری زیستی چیست؟"، "چگونه کار می‌کند؟" یا مهمتر از همه "آیا خطرناک است؟" بپردازد. توانایی درک این مسائل و با قضاوت عاقلانه و منصفانه نیازمند تلاش زیاد است و حتی در آن صورت نیز ذهن مستعد بازگشت به تفکر جهت‌دار است. عوام اغلب نمی‌توانند وقت و انرژی زیادی صرف تحصیل فناوری پیچیده کنند یا فقط به این کار علاقه‌مند نیستند. بنابراین، عوام در رو به رو شدن با اطلاعات مربوط به محصول‌های تراریخت و خطرهای همراه آن و هنگام ارزیابی این اطلاعات بیشتر به ذهن شهودی خود تکیه می‌کنند. در نتیجه، عوام آن دسته از تصورها در رابطه با محصول‌های

1. Linkage drag 2. Infestation period 3. RNAi-based control 4. Broad-spectrum
5. Trends in Plant Science

www.SID.ir

Archive of SID

تراریخت را ترجیح می‌دهند که بیشتر همسو با انتظارهای مشاهده شده آن‌هاست و درک و یادآوری آن‌ها راحتتر است. گروه‌های ضد محصول‌های تراریخت توانسته‌اند به باورهای افراد تلنگر بزنند بنابراین، فعالیت‌های خود را برای ذهن آنان بسیار جذاب می‌کنند (۸).



شکل ۲- کاهش مصرف حشره‌کش‌ها و شاخص محاسبه شده تاثیر زیست‌محیطی (EIQ) با استفاده از ذرت تراریخت مقاوم به حشره‌ها در کشورهایی که این طرح را در سال ۲۰۱۳ اتخاذ کرده‌اند و میزان تجمع در بین سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳. (۸).

جعل اطلاعات توسط مخالفان محصول‌های تراریخت

مخالفان تراریخت به دلیل این‌که مدرک علمی و معتبری برای ادعاهای خود ندارند، به جعل اطلاعات روی می‌آورند تا جایی که این اطلاعات نادرست و غیرعلمی مبنای قضاوت و تصمیم‌گیری و سوء استفاده عده‌ای قرار می‌گیرد که آگاهانه و ناآگاهانه سبب هراس‌افکنی در مردم شده و ملتی را از مزایای چشم‌گیر فناوری بر بهبود کیفیت زندگی آن‌ها و پیشرفت کشور محروم می‌سازند. به تازگی مقاله یک گروه پژوهشی ایتالیایی با رهبری دکتر فدریکو اینفاسلی در دانشگاه ناپل "فدریکو II" توسط یک مجله[1] به دلیل سرقت علمی برگشت داده شده است. تحلیل‌های مختلف اخیر نشان می‌دهند که این گروه، نتایج پژوهش‌های خود را دستکاری می‌کرده‌اند؛ از جمله عکس‌های ساختگی از ژل‌های دی.ان.اِ که در این مقاله به کار رفته است (۳). مقاله‌های این گروه پژوهشی به‌طور گسترده برای این ادعا در حوزه سیاسی استفاده شده‌اند که محصول‌های حاصل از مهندسی ژنتیک (تراریخت) خطرناک هستند و دکتر اینفاسلی این ادعاها را مطرح کرده است. یافته‌های مقاله آن‌ها بر خلاف تاییدیه‌های رسمی سازمان بهداشت جهانی و سازمان‌های غذا و دارو در کشورهای مختلف دنیاست که این محصولات در آن‌ها پس از مرحله‌های ارزیابی متعدد، مجوز دریافت کرده و مصرف می‌شوند.

تنها مستندی که مخالفان تراریخت آن را مبنای اثرهای زیانبار محصول تراریخت می‌دانند مقاله سرالینی و همکاران[2] (۲۴) است (شکل۳). بررسی‌های نهایی، که مرجع ایمنی غذایی اروپا (اداره نظارت بر سلامت غذای اروپا) در سال ۲۰۱۲ از مقاله سرالینی و همکاران کرده است آن را فاقد کیفیت لازم برای اثبات ایمن نبودن ذرت تراریخت و علف‌کش رانداپ دانسته است و اعلام کرده که این مرجع نیازی به بررسی مجدد این نوع ذرت تراریخت نمی‌داند و به سرالینی توصیه کرده است که برای ادعای خود شواهد علمی ارائه کند. نتیجه این‌که این مقاله که در سال ۲۰۱۲ منتشر شده بود در نوامبر ۲۰۱۳ مجله منتشر کننده آن اعلام کرد مقاله فاقد درجه اعتبار است." لازم است گفته شود، این مرجع درباره واکنش جامعه علمی در برابر ادعاهای سرالینی درباره تراریخت‌ها گفت: نژاد موش‌هایی که در این آزمایش استفاده شده مستعد ابتلا به سرطان هستند و در حالت عادی بدون مصرف تراریخت هم به این بیماری مبتلا می‌شوند. از طرفی باید حجم جمعیت نمونه‌های آزمایشی بالا باشد و باید آزمایش‌ها را تکرار کرد تا از نتایج تصادفی جلوگیری شود، اما آزمایش وی هیچ تکراری نداشته و آماری که استنتاج کرده تصادفی است. مقاله‌ای در یک مجله معتبر[3] به چاپ رسیده که با حمایت مالی بنیاد علوم روسیه انجام شده است. نویسندگان این مقاله اظهار داشته‌اند که

1. Food and Nutrition Sciences 2. Seralini *et al.* 3. Critical Reviews in Biotechnology (Impact factor: 7.178).

www.SID.ir

Archive of SID

این مقاله توسط حمایت مالی هیچ شرکت خصوصی یا لابی‌گری هیچ نهادی نگاشته نشده است و هیئت پیشتیبانی مالی به هیچ‌وجه در تهیه آن دخالت نداشته‌اند. در این مقاله آمده است که درک و افکار عمومی منفی کلی درباره استفاده از موجودها حاصل از مهندسی ژنتیک (محصول‌های تراریخت) در تولید غذا، هم در کشورهای توسعه یافته و هم در کشورهای در حال توسعه، دشواری‌های شدیدی را برای تولید و تجاری‌سازی این محصول ها ایجاد کرده است. تعدادی از مقاله‌های منتشر شده مباحثی را به راه انداخته‌اند که ادعا می‌کنند محصول‌های تراریخت به دلیل برخی سازوکارهایی که تاکنون ناشناخته مانده‌اند، می‌توانند سبب بروز خطرهایی برای سلامتی مصرف کننده شوند. در این مقاله نشان داده شده است که برخی از مقاله‌هایی که به شدت بر دیدگاه عموم درباره محصول‌های تراریخت تأثیر منفی گذاشته‌اند و حتی به اقدام‌های سیاسی مانند تحریم محصول‌های تراریخت دامن زده‌اند، کاستی‌های مشترکی در ارزیابی آماری داده‌ها دارند و سپس با توضیح علت این کاستی‌ها، نتیجه‌گیری کرده‌اند که داده‌های ارائه شده در این مقاله‌ها هیچ گونه شواهدی از آسیب‌زایی محصول‌های تراریخت نشان نمی‌دهند. آن‌ها در نتیجه‌گیری مقاله اظهار شوربختی کرده‌اند که مقاله‌ای مانند، مقاله سرالینی با وجود این‌که برگشت داده شده است، بحث عمومی به راه می‌اندازد و سبب ایجاد احساس ترس طولانی‌مدت می‌شود. نویسندگان این مقاله اعتقاد دارند که سیاستگذاران، رسانه‌ها و عموم مردم نباید به تک مقاله‌هایی که درباره ملاحظه‌های مربوط به سلامت محصول‌های تراریخت وجود دارد توجه کنند مگر این‌که از تجزیه‌های معتبر آماری برخوردار بوده و بررسی‌های مستقل دیگری نتایج آن‌ها را تأیید کرده باشند (۲۲).

شکل ۳- مقاله رد شده سرالینی و همکاران (۲۴) که مخالفان تراریخت به آن استناد می‌کنند.

قانون‌ها و مقررات مربوط به محصول‌های تراریخت

در سال ۱۳۸۲، الحاق جمهوری اسلامی ایران به پروتکل ایمنی زیستی کارتاهنا به‌طور رسمی به تصویب مجلس شورای اسلامی رسید و پس از آن در سال ۱۳۸۸ قانون ملی ایمنی زیستی که سازوکار بررسی و صدور مجوز برای محصول‌های تراریخت را در بردارد، به تصویب مجلس شورای اسلامی رسید و توسط رئیس جمهور وقت برای اجرا، ابلاغ شد. در ادامه و پس از حدود ۶ سال تأخیر آیین‌نامه اجرایی بند ب ماده ۷ قانون ملی ایمنی زیستی که مشتمل بر مقررات مربوط به ترابری و برچسب‌گذاری این محصول‌ها است، پس از تصویب در شورای ملی ایمنی زیستی تصویب و ابلاغ شد. ارزیابی‌های ایمنی زیستی محصول‌های تراریخت بر اساس پروتکل ایمنی زیستی کارتاهنا و بر اساس نوع محصول‌ها فرق می‌کند. بدین ترتیب تمامی زیرساخت‌های قانونی مورد نیاز در رابطه با این محصول‌ها در جمهوری اسلامی ایران موجود است. در قانون ملی ایمنی زیستی "شورای ملی ایمنی زیستی" با

www.SID.ir

Archive of SID

ریاست معاون اول رئیس جمهور و عضویت وزیران جهاد کشاورزی، بهداشت درمان و آموزش پزشکی، علوم، تحقیقات و فناوری، رئیس سازمان حفاظت محیط زیست، نماینده انجمن‌های علمی و نماینده اعضای هیئت علمی و نظارت دو نماینده مجلس تعریف شده است. این شورا مسایل متعددی را در حوزه ایمنی زیستی کشور در دستور کار دارد. بر اساس قانون ایمنی زیستی- ماده ۲، کلیه امور مربوط به تولید، رهاسازی، نقل و انتقال داخلی و فرامرزی، صادرات، واردات، عرضه، خرید، فروش، مصرف و استفاده از موجودهای زنده تغییرشکل‌یافته ژنتیکی با رعایت مفاد این قانون مجاز است و دولت مکلف است تمهیدات لازم را برای انجام این امور از طریق بخش‌های غیردولتی فراهم آورد. از سوی دیگر، در قانون ملی ایمنی زیستی ۳ دستگاه دارای صلاحیت (دربرگیرنده وزارت جهاد کشاورزی، وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی و سازمان حفاظت محیط زیست) معرفی شده که هر کدام در حوزه‌ای خاص، مسئول بررسی محصول‌های تراریخت و صادر کردن مجوز در حوزه محصول‌های تراریخت هستند.

نتیجه‌گیری

چشم‌انداز استفاده هر چه بیشتر از فناوری‌های نوین و برنامه‌های کاربردی آن‌ها برای دستیابی به امنیت غذایی با رعایت اصول ایمنی‌زیستی در آینده جامعه بشری وسیع و روشن است. یکی از مهمترین چالش‌های بشر برای مقابله با تهدیدهای رشد جمعیت و تغییرهای اقلیمی، تامین امنیت غذایی است. توجه بیشتر به پژوهش‌های کشاورزی و نوآوری‌های علمی در زمینه زیست‌فناوری گیاهی ابزاری قدرتمند برای مقابله با این چالش فراهم خواهد کرد. خودکفایی در تولیدهای کشاورزی، امنیت غذایی، سلامت و ایمنی انسان و جلوگیری از تخریب محیط‌زیست از جمله سودمندی‌های محصول‌های تراریخت است. کشت محصول‌های تراریخت مقاوم به آفت‌ها و بیماری‌ها می‌تواند از مصرف سم‌ها و آفت‌کش‌های زیانبار شیمیایی جلوگیری کند و با کشت گیاهان متحمل به خشکی می‌توان بحران آب را کاهش داده و آن را مدیریت کرد. گیاهانی که خواص تغذیه‌ای آن‌ها بهبود یافته و مواردی مانند گیاه‌پالایی که در آن گیاهان تراریخت قادرند مواد آلاینده را ازخاک و آب حذف کنند و بسیاری از مثال‌های ارزشمند دیگر، همگی نشان‌دهنده اهمیت محصول‌های تراریخت در سلامت محیط‌زیست، انسان و مزایای ارزشمند این محصول‌ها برای افزایش کیفیت زندگی جامعه خواهند بود. پیشرفت‌های اخیر در مهندسی ژنتیک مانند ویرایش ژنگان، ژن درایو و زیست‌شناسی مصنوعی با افزایش تقاضا و بازار برای محصول‌های حاصل از این فناوری‌ها همراه بوده و تضمین موفقیت این فناوری‌های روبه رشد را در تولید مواد غذایی و صنعتی در سال‌های آینده به همراه خواهد داشت.

زمانی که تنش بین سنت و نوآوری علمی از نظر اطلاعاتی به درستی واکاوی و مدیریت نشود، از ایجاد گفتگویی سازنده و در نهایت پیشرفت جلوگیری به عمل می‌آید. انسان‌های پیشرو، کاشفان، مخترعان و نوآوران نسل‌های گذشته به ما نشان دادند بهترین شیوه برای پیدا کردن مسیر در اقیانوس‌های ناشناخته و پرموج علوم جدید اتخاذ نکردن دیدگاه بیش از حد بدبینانه و شکایت از جهت وزش باد یا بیش از حد خوش‌بین بودن و انتظار تغییر جهت وزش باد را داشتن است. واقع‌بینانه عمل کردن و تنظیم بادبان‌ها بهترین راه است. به شکلی واقع‌بینانه باید بادهای تغییردهنده را قبول و بادبان‌هایمان را به گونه‌ای تنظیم کنیم که تاثیر مثبتی بر سرنوشت ما در پنجاه سال آینده و در ورای آن بر جای بگذارد. تاریخ به ما نشان می‌دهد زمانی که علم و تدبیر به شکل هماهنگ با هم ترکیب می‌شوند پیشرفت‌های بزرگی حاصل خواهد شد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱- افراز، ف.، ب. قره‌یاضی، ن. خوش خلق سیما، ه. لطف الهیان، س. ع. حسینی و ا. نعمتی. ۱۳۸۷. ارزیابی تاثیر برنج تراریخته مقاوم به آفات طارم مولایی بر رشد، پارامترهای شیمیایی خون و سلامت جوجه های گوشتی تجارتی. فصل‌نامه ایمنی زیستی ۱۶-۹:(۲)۱.

۲- جوان، ی. ۱۳۸۹. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی گرایش بیوتکنولوژی - تأثیر کشت برنج طارم مولایی تراریخته مقاوم به آفات بر میکروفلور خاک- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران.

3. Abbott, A. 2016. GM-crop papers spark probe. Nature 529: 268–269, doi: 10. 1038/nature. 2016.19183.
4. Altpeter, F., N.M. Springer, L.E. Bartley, A.E. Blechl, T.P. Brutnell, V. Citovsky and *et al*. 2016. Advancing crop transformation in the era of genome editing. The Plant Cell 28(7): 1510-1520.
5. Anonymous. 2010. A Decade of EU-Funded GMO Research 2001-2010. European Commission, Brussels.
6. Anonymous. 2010. Ec report on "a decade of eu-funded gmo research" describes "tailored" bioenergy crop research project. Retriverd from http://www.isaaa.org/kc/cropbiotechupdate/article/default.asp?ID=7082.
7. Baum, J.A., T. Bogaert, W. Clinton, G.R. Heck, P. Feldmann, O. Ilagan and *et al*. 2007. Control of coleopteran insect pests through RNA interference. Nature Biotechnol. 25(11):1322.
8. Blancke S, F.V. Breusegem, G.D. Jaeger, J. Braeckman and M.V. Montagu. 2015. Fatal attraction: the intuitive appeal of GMO opposition. Trends Plant Sci. 20(4):414-418.
9. Brooks, G. and P. Barfoot. 2016. Environmental impacts of genetically modified (GM) crop use 1996-2014: Impacts on pesticide use and carbon emissions. GM Crops Food. J. 7(2): 84-116.
10. Conko, G., D.L. Kershen, H. Miller and W.A. Parrott. 2016. A risk-based approach to the regulation of genetically engineered organisms. Nature Biotechnol. 34(5):493-503.
11. De Maagd, R.A., D. Bosch and W. Stiekema. 1999. Bacillus thuringiensis toxin-mediated insect resistance in plants. Trends Plant Sci. 4(1):9-13.
12. DeFrancesco, L. 2013. How safe does transgenic food need to be? Nature Biotechnol. 31: 794-802.
13. Fesenko, E. and R. Edwards. 2014. Plant synthetic biology: a new platform for industrial biotechnology. J. Exper. Bot. 65(8):1927-1937.
14. James C 2016. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2016. ISAAA Brief 52, ISBN: 978-1-892456-66-4.
15. James C 2017. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2017. ISAAA Brief 53, ISBN: 978-1-892456-6-4.
16. Jouanin, L., Bonadé-Bottino, M., Girard, C., Morrot, G., & Giband, M. 1998. Transgenic plants for insect resistance. Plant Sci. 131(1): 1-11.
17. Key S, Ma J, Drake P. 2008. Genetically modified plants and human health. J. R. Soc. Med. 2008: 101: 290–298. *DOI 10.1258/jrsm.2008.070372.*
18. Klumper W, Qaim M. 2014. A Meta-Analysis of the Impacts of Genetically Modified Crops. PLOS One 9: (11) e111629.
19. Kyndt T, Quispe D, Zhai H, Jarret R, Ghislain M, Liu Q, and *et al*. 2015. The genome of cultivated sweet potato contains Agrobacterium T-DNAs with expressed genes: An example of a naturally transgenic food crop. Proc. Nat. Acad. Sci. 112(18): 5844-5849.
20. Nogue, F., K. Mara, C., J.M. Casacuberta. 2016. Genome engineering and plant breeding: Impact on trait discovery and development. Plant Cell Rep. 35(7): 1475-1486.
21. Nicolia, A. A. Manzo, F. Veronesi, D. Rosellini. 2013. An overview of the last 10 years of genetically engineered crop safety research. Crit. Rev. Biotechnol. 1549-7801. DOI: 10.3109/07388551.2013.823595.

www.SID.ir

Archive of SID

22. Panchin, A.Y. and A.I. Tuzhikov. 2016. Published GMO studies find no evidence of harm when corrected for multiple comparisons. Critical Reviews in Biotechnology, DOI: 10.3109/07388551.2015.1130684. http://dx.doi.org/10.3109/07388551.2015.1130684.
23. Ramon, M., Y. Devos, A. Lanzoni, Y. Liu. A. Gomes, A. Gennaro and E.Waigmann. 2014. RNAi-based GM plants: food for thought for risk assessors. Plant Biotechnol. J. 12(9): 1271-1273.
24. Seralini, G.E., E. Clair, R. Mensage, S. Gress, N. Defarge, M. Malatesta, D. Hennequin and J.S. de Vendomois. 2012. RETRACTED: Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. Food and Chemical Toxicity. J. 50(11): 4221-4231.
25. Sisterson, M.S., R.W. Biggs, N.M. Manhardt, Y. Carrière T.J. Dennehy and B.E. Tabashnik. 2007. Effects of transgenic Bt cotton on insecticide use and abundance of two generalist predators. Entomologia Experim. Appl. 124(3): 305-311.
26. Smith, C.M. 2005. Plant resistance to artropode, molecular and conventional approachspringer, Dordrecht, Springer, Dordrecht, The Netherlands.
27. Thies, J.E. and M.H. Devare. 2007. An ecological assessment of transgenic crops. J. Development Studies 43(1): 97-129.
28. Van Eenennaam, A.L. and A.E. Young. 2014. Prevalence and impacts of genetically engineered feedstuffs on livestock populations. J. Animal Sci. 92(10): 4255-4278.

www.SID.ir

Archive

Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 3(2):196-208 (2018)

Genetic Engineering and Food Security

M. Mohsenpour[1], S. Kahak and B. Ghareyazie[1, 2]

Food security is one of the most important challenges with respect to the climate change and population growth. Investment in agricultural research in particular in the field of plant biotechnology can be considered as a powerful tool to comfront, these challenges. Historically, farmers used to harvest their best crop and save it as "seed" for planting in the next season. Plant breeders used the genetic knowledge to improve plants using different techniques. However, in spite of admirable achievements in producing more quality food in less land, traditional plant breeding techniques suffer from different limitations. Genetic engineering that can overcome the mentioned problems is considered as a complementary but more powerful tool to assist plant breeders to comfront their challenges and it is considered the fastest adopted technology in the history of agriculture. Recent advances in genetic engineering such as the advent and application of CRISPR-Cas9 and TALEN for genome editing and gene drive have revolutionized already existing revolutionary technology. These techniques can be used for the improvement of organisms without leaving any transgene inside the final product and hence are required less stringent regulatory procedures in different countries. "Synthetic Biology" provides the opportunity to design from scratch metabolic pathways to produce entirely new products never existed or produce already existing products in closed rooms with new methodologies. Increasing demand and market for these new products guarantee the successful mainstream of this new technology into food and industrially used material for years to come. In this article, these technologies, their applications for attainment of food security, safety considerations and future prospects and challenges, they may be facing, are reviewed.

Key words: Biotechnology, Climate change and population growth, Genetically modified crops, Genome editing, Synthetic biology.

1. Corresponding author, Email: ghareyazie@yahoo.com
2. Assistant Professor of Institute of Agricultural Biotechnology, Ph.D. Student of Guilan University and Professor of Institute of Agricultural Biotechnology, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir