Archive of SID

همایش محصولات تراریخته درخدمت
تولید غذای سالم، حفاظت از محیط زیست و توسعه پایدار
دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان- ۴ آذر ۱۳۹۵

اخلاق و ایمنی زیستی در تولید محصولات تراریخته

مهدی محب‌الدینی*[۱]، رقیه فتحی[۲]، کریم فرمان‌پور کلالق[۲]

۱- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی.

۲- دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

Email: mohebodini@uma.ac.ir

چکیده

زیست فناوری ابزاری قدرتمند برای استقلال و پیشرفت جوامع است زیرا نقش بسزایی در ایجاد امنیت غذایی، فقر زدایی، استفاده‌ی بهینه از منابع تجدیدناپذیر و حفظ محیط زیست دارد. اما همانند تمام فناوری های نوین، زیست‌فناوری نیز با نگرانی‌ها و گاهاً سختگیری‌هایی در جوامع مختلف از جنبه‌های زیست محیطی، سلامت و اخلاق و غیره مواجه است. البته برخی از نگرانی‌ها مبنای علمی نداشته و صرفاً به علت جدید و ناآشنا بودن این فناوریست و با گذر زمان و آشکارتر شدن فواید آن مبدل به اعتماد خواهد شد. آنچه مسلم است هیچ یک از فناوری‌ها کاملاً بی‌نقص نیستند همانطور که روش‌های سنتی نیز اشکالاتی دارند. لذا هر فناوری که بتواند مشکلی از مشکلات بشر را حل کند و نسبت به سایر فناوری ها مشکل خاصی را ایجاد نکند، استفاده از آن ضروری و اخلاقی است و مخالفت غیر منطقی با آن به همان اندازه غیر اخلاقی می‌باشد. در نتیجه لازم است با دید منصفانه و منطقی فواید و مخاطرات زیست فناوری را بررسی کرده و ضمن بهره‌مندی از جنبه‌های مثبت آن ، به تحقیق و پژوهش در جهت برطرف کردن جنبه‌های منفی آن بپردازیم.

کلمات کلیدی: ایمنی زیستی، محصولات تراریخته، امنیت غذایی، تنوع زیستی

۱–مقدمه

بیوتکنولوژی یا فناوری زیستی یکی از پدیده‌های نوین علمی است که در سال‌های اخیر در سراسر جهان گسترش و پیشرفت فزاینده‌ای داشته‌است. این فناوری در اغلب زمینه‌های علمی ازجمله پزشکی، زیست‌شناسی، زمین‌شناسی، صنعت، باستان‌شناسی و دیگر علوم مورد استفاده قرارگرفته و در اغلب موارد دستاوردهای بسیار مهم و ارزشمندی را به‌بارآورده است.کشاورزی نیز به عنوان یکی از مهم‌ترین ارکان جامعه‌ی بشری از این فناوری نوین بهره‌مند بوده و امروزه پژوهشگران و دانشمندان در اغلب کشورهای جهان با استفاده از روش‌ها و تکنیک‌های پیشرفته‌ی فناوری زیستی درحال تلاش جهت دستیابی به یک سیستم تولید

پایدار در کشاورزی می‌باشند (۲) زیرا با افزایش روزافزون جمعیت جهان، نیاز به غذای بیشتر کاملاً محسوس است. در حال حاضر بیش از ۸۰۰ میلیون نفر در جهان دچار سوء تغذیه و فقر غذایی هستند (۱۵) و از طرفی ۷۰٪ مردم فقیر دنیا برای معیشت خود

www.SID.ir

Archive of SID

مستقیم یا غیر مستقیم به کشاورزی وابسته‌اند، اما کشاورزی در جهان با چالش‌های متعددی ازجمله تغییرات آب و هوا، رشد جمعیت و رقابت بر سر زمین‌های زراعی، کمبود منابع آبی و شوری خاک و غیره مواجه است. تولید غذای سالم وقتی ارزشمند است که با کمترین تاثیر سوء بر محیط‌زیست و کمترین استفاده از منابع تجدیدناپذیر همراه باشد (۱۶). مهندسی ژنتیک ابزار کارآمدی برای این اهداف است زیرا بارفع موانع موجود در روش‌های سنتی اصلاح نباتات ، امکان استفاده از منابع عظیم ژنتیکی دنیا را برای اصلاح گیاهان فراهم ساخته است. این فناوری از طریق انتقال ژن‌های مقاومت به آفات و بیماری‌ها، علف‌کش، تنش خشکی، سرما و شوری خاک، همچنین افزایش عمر انباری و مقاومت به تنش‌های مکانیکی در حین جابه‌جایی و حمل و نقل، نقش بسزایی در بهبود کیفی و کمی محصولات کشاورزی خواهد داشت (۱۱).

۲-فواید و کاربردهای محصولات تراریخته

۲-۱ مقاومت به علف‌کش

تا کنون تعداد زیادی گیاه تراریخته‌ی مقاوم به علف‌کش ایجاد شده که به کشاورزان امکان مبارزه با علف‌های هرز را در سطح وسیع می‌دهد. از جمله گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی، پنبه، ذرت،کلزا، گل اطلسی و غیره را می‌**توان** نام برد. علف‌کش گلایفوسیت یکی از علف‌کش‌های شناخته شده و ایمن برای محیط زیست است که از طریق بلوکه کردن آنزیم EPSPS که در بیوسنتز اسیدهای آمینه نقش دارد، باعث ازبین رفتن علف‌های هرز می‌شود. گیاهان تراریخته‌ی مقاوم به گلایفوسیت، با انتقال ژن EPSPS ایجاد شده‌اند که در آن‌ها این آنزیم به مقدار زیادی تولید شده و در نتیجه اثر کشندگی گلایفوسیت را خنثی می‌کند. این گیاهان تراریخته باعث کاهش هزینه‌های کارگری وجین کردن، افزایش عملکرد و افزایش درآمد زارعین می‌گردد (۴).

۲-۲ مقاومت به آفات و بیماری‌های گیاهی

مهمترین استفاده از مهندسی ژنتیک گیاهی و کاربرد آن تاکنون در خصوص ایجاد ارقام گیاهی مقاوم به آفات می‌باشد. به علت آثار زیان‌بار سموم شیمیایی بر سلامت انسان و محیط زیست، و هزینه‌ی زیاد و تاثیر ناپایدار آن، دانشمندان زیست فناوری با انتقال ژن دلتا اندوتوکسین (cry) از باکتری Bacillus thuringiensis به برخی گیاهان از جمله پنبه، سویا، برنج و ذرت باعث مقاومت آن‌ها به حشرات آفت شده‌اند. همچنین برای ایجاد مقاومت به بیماری‌های گیاهی که اکثراً منشا ویروسی دارند، با انتقال ژن سنتز پوشش پروتئینی ویروس موزاییک توتون (TMV) به داخل ژنوم گیاه سبب مقاومت به ویروس TMV شدند همچنین همچنین با استفاده از RNA ماهواره‌ای بسیاری از گیاهان تراریخت را به بیماری موزاییک خیار مقاوم کرده‌اند(۴).

www.SID.ir

Archive of SID

۲-۳ مقاومت به تنش‌های غیرزیستی

ایجاد مقاومت در برابر تنش‌های محیطی ازجمله تنش خشکی، سرما، گرما، شوری خاک، فلزات سنگین نیز از طریق زیست فناوری به انجام رسیده است. مقاومت به سرما از طریق انتقال ژن مربوط به آنزیم گلیسرول فسفات اسیل ترانسفراز از گیاه آرابیدوپسیس حاصل شد، انتقال ژن باکتریایی سنتز مانیتول نیز موجب مقاومت به خشکی در گیاهان شد.

۲-۴ بهبود کیفی محصولات

افزایش مواد مغذی و ویتامین‌ها، همچنین حفظ کیفیت محصولات در حین حمل‌ونقل از طریق فناوری زیستی به اثبات رسیده است. کاهش سنتز اتیلن در گوجه‌فرنگی تراریخت با استفاده از آر.ان.ا آنتی‌سنس که بر ضد آنزیم ACC سینتاز عمل می‌کند باعث شد گوجه‌فرنگی‌های تراریخت علاوه بر اینکه بتواند زمان بیشتری بر روی بوته بماند و مواد بیشتری جذب کند بلکه پس از برداشت هم عمر انباری بیشتری برخوردار هستند. همچنین برنج تراریخته‌ای که حاوی بتاکاروتن و آهن بیشتری است نقش بسزایی در بهبود جیره‌ی غذایی انسان داشته است.

۲-۵ کاربرد پزشکی و دارویی

گیاهان تراریخت به عنوان بیورآکتورهای مفیدی برای تولید ارزان و فراوان یک درشت مولکول نوترکیب و فعال مثل ترکیبات خونی، واکسن ها، فاکتور های رشد، آنتی بادی‌ها و آنزیم ها مطرح می باشند (۱۴). تا به حال چندین پروتئین دارویی مختلف از طریق گیاهان تراریخت، تولید و تجاری شده است (۱۳). استفاده از گیاهان برای تولید پروتئین‌های دارویی، ایمن‌تر از سیستم‌های میکروبی و حیوانی می‌باشد. در ایران نیز دستاوردهای ارزشمندی در جهت تولید ترکیبات دارویی از گیاهان تراریخت حاصل شده است ازجمله تولید آنتی‌بادی‌های تک دمنی V_{HH} در توتون و کلزا، پروتئین نوترکیب tPA در توتون، بیان ژن اینترفرون گامای انسانی در کلزا و پروانسولین در کاهو و توتون (۱).

از دیگر فواید زیست فناوری می‌شود به موارد زیر اشاره کرد:

- افزایش میزان تولید محصولات کشاورزی و کاهش هزینه‌های تولید.
- افزایش آستانه‌ی تحمل محصولات کشاورزی به تغییرات آب و هوا
- استفاده از گیاهان تراریخته به عنوان کارخانه‌ی زیستی تولید مواد خام برای مصارف صنعتی
- تولید محصولاتی که به عنوان واکسن‌های خوراکی مصرف می‌شوند.
- کاهش تهاجم به منابع طبیعی و جنگل‌ها برای تبدیل آن‌ها به مزارع کم بازده.
- کاهش آلودگی آب رودخانه‌ها به علت کاهش مصرف سموم شیمیایی.
- افزایش تنوع ژنتیکی به علت امکان ورود دوباره‌ی واریته‌هایی که به علت حساسیت به آفات و بیماری‌ها حذف شده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID

۳-ملاحظات ابراز شده در مورد محصولات تراریخته

۳-۱ کاهش تنوع زیستی

این تصور وجود دارد که برخی صفات وارد شده به گیاهان زراعی از طریق روش‌های مهندسی ژنتیک، باعث کاهش تنوع زیستی خواهد شد، به طور مثال وجود ژن مقاومت به علف‌کش در گیاه مورد نظر منجر به تمایل کشاورزان به استفاده‌ی بی‌رویه از علف کش خواهد شد و این خود موجب حذف بیش از حد علف‌های هرز و اخلال در اکوسیستم و چرخه‌ی غذایی موجود در طبیعت خواهد گردید. همچنین به علت روی‌آوردن کشاورزان به محصولات تراریخت، سایر ارقام از چرخه‌ی کشت حذف خواهد شد. در پاسخ به این نگرانی‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: تحقیقات نشان می‌دهد که در کشاورزی تراریخته، نیاز به مصرف علف‌کش و سموم به میزان ۳۳٪ کمتر از محصولات غیر تراریخت است (۱۲). این محصولات علاوه بر صرفه جویی در هزینه های تولید و کاهش فرسایش خاک ناشی از عملیات کشاورزی، بلکه موجب افزایش قابل توجهی در عملکرد محصول و موجب کاهش استفاده از علف‌کش ها می شود (۱۰) همچنین آنچه مسلم است مزرعه، یک اکوسیستم نیست و برای داشتن یک کشت و کار موفق، نیازمند به کاهش تنوع زیستی علف‌های هرز و آفات هدف در مزرعه می‌باشیم (۳) همچنان‌که در کشاورزی غیر تراریخت نیز شاهد کاهش تنوع زیستی در مزرعه هستیم (۵).

۳-۲ ایجاد آفات و بیماری‌های مقاوم به گیاهان تراریخته

یکی دیگر از نگرانی‌ها در مورد محصولات تراریخته، مقاوم شدن آفات و بیماری‌ها به ژن مقاومت منتقل شده به گیاه و در نتیجه شکسته شدن مقاومت گیاه به آفات و بیماری‌های مورد نظر پس از چند نسل می‌باشد. یعنی ممکن است به مرور زمان و در جریان انتخاب طبیعی، نژادهای بسیار مقاومی ایجاد شود که کنترل آن‌ها با سایر روش‌ها هم ممکن نباشد. گفته می‌شود که برای جلوگیری از این پدیده می‌توان ژن‌های نوترکیب را به نحوی به گیاهان انتقال داد که میزان تظاهر آنها بسیار بالا بوده و با کنترل صد درصدی، احتمال فرار آفت بسیار پایین بیاید (۴).

۳-۳ جریان ژن به علف‌های هرز

عده ای از محققان بر این باورند که ممکن است ژن‌های عامل مقاومت به علف‌کش ازطریق دانه‌ی گرده به ارقام مجاور خود منتقل شده و یا با انتقال به علف‌های هرز باعث تبدیل آن‌ها به ابر علف‌هرز شوند (۷). اما می‌توان با روش‌های جدا سازی در مزرعه (۹) و یا با استفاده از نرعقیمی و یا ایجاد تاخیر در گلدهی تا حد زیادی از این اتفاق جلوگیری کرد. به اضافه‌ی اینکه طبق تحقیقات اخیر، شواهدی از تاثیر منفی ژن تراریخته به گیاهان دیگر گزارش نشده است (۱۷).

۳-۴ تاثیر بر موجودات غیرهدف

www.SID.ir

Archive of SID

منتقدان محصوات تراریخت معتقدند ممکن است ژن‌های ایجاد کننده‌ی مقاومت به آفات و بیماری‌ها بر جمعیت سایر میکروآرگانیسم‌ها و حشرات تاثیر منفی داشته‌باشد. به طور مثال ممکن است پروتئین حاصل از ژن Bt که برای ایجاد مقاومت به آفات، به گیاهان مختلف منتقل می‌شود علاوه بر حشرات آفت، برخی حشرات مفید را هم از بین ببرد.

۳-۵ احتمال ایجاد سمیت و حساسیت در انسان و دام

یکی دیگر از نگرانی های مطرح شده در مورد گیاهان تراریخته، امکان سمی بودن پروتئین نوترکیب تولید شده در گیاه برای انسان و دام ، یا احتمال ایجاد مواد سمی در اثر ترکیب پروتئین مذکور، با پروتئین ها و ترکیبات موجود در گیاه می باشد اما لازم به ذکر است که تا کنون هیچ شواهدی مبنی بر وقوع این پدیده در گیاهان تراریخته مشاهده نشده است. یکی دیگر از نگرانی‌های مهم در خصوص محصولات تراریخته احتمال حساسیت زایی پروتئین نوترکیب به تنهایی و یا در اثر ترکیب شدن این پروتئین با سایر ترکیبات موجود در محصول می باشد. مهم‌ترین نمونه‌ی این ناهنجاری، حساسیت‌زایی سویای تراریخت می‌باشد. که در اثر انتقال ژن سنتز آمینواسید متیونین و سیستئین از گیاه نات برزیلی به سویا اتفاق افتاد. از نمونه‌های دیگر حساسیت‌زایی محصولات تراریخته در سطح آزمایشگاه، می‌توان به افزایش میزان سورالین که یک ماده‌ی حساسیت زا است در تولید کرفس تراریخته که با هدف افزایش مقاومت این گیاه به آفات صورت گرفته بود اشاره کرد. البته لازم به ذکر است در گونه‌ای سیب‌زمینی که با روش های سنتی اصلاح نباتات ، تولید شده بود نیز افزایش میزان سولانین مشاهده شده است (۴).

۳-۶ مقاومت به آنتی‌بیوتیک‌ها

در مراحل مختلف آزمایشگاهی تولید محصولات تراریخته، از ژن مقاومت به آنتی‌بیوتیک باکتریایی به عنوان ژن انتخابگر استفاده می‌شود. این ژن ها باعث سنتز آنزیم‌هایی می‌شود که آنتی‌بیوتیک هدف را غیر فعال نموده یا از بین می‌برد. اما در مرحله‌ی کشت مزرعه‌ای، این ژن مورد نیاز نیست و ممکن است مقادیر کمی از آنزیم‌های مقاومت‌زا در بخش خوراکی گیاه تراریخت تولید شود و در نهایت به عنوان جزئی از محصول نهایی و به عنوان غذا مورد استفاده قرار می‌گیرد (۴) یا اینکه ممکن است میکروارگانیسم‌های خاک، زن موجود در گیاهان تراریخت را جذب کنند و باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک ایجاد شود. باکتری‌ها در شرایط آزمایشگاهی، به طور طبیعی قادر به جذب مواد ژنتیکی از سایر موجودات حتی در غلظت خیلی کم مثلاً $۱۰^{-۴}$ تا $۱۰^{-۸}$ هستند (۸) اما هیچ شواهدی از و قوع این اتفاق در مزرعه گزارش نشده است (۶).

۴-راهکارهای علمی کاهش مخاطرات

- برای کاهش خطرات انتقال ناخواسته‌ی ژن از گیاه تراریخت به گیاهان یا موجودات دیگر، می‌توان محل کشت گیاهان تراریخته را از گیاهان دیگر جدا کرده و حتی بعد از استخراج مواد نوترکیب، گیاه را معدوم کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

- استفاده از وراثت سیتوپلاسمی برای انتقال ژن‌های مورد نظر که در نتیجه مانع انتقال ژن توسط دانه‌ی گرده شود.
- تنظیم تاریخ کشت با هدف غیر هم‌زمان کردن گلدهی و گرده‌افشانی دو والد.
- حذف ژن انتخابگر انتخابی پس از انجام عمل انتخاب با استفاده از نوترکیبی جایگاه اختصاصی یا نوترکیبی.
- انتقال ژن به کلروپلاست به دلیل اینکه تنها از طریق والد ماده منتقل می‌شود، احتمال فرار ژن را از طریق گرده‌افشانی کاهش می‌دهد.

۵-نتیجه‌گیری

استفاده از گیاهان تراریخته به عنوان یکی از دستاوردهای زیست فناوری، در حال حاضر و بالاخص در آینده‌ی نزدیک یکی از کارآمد ترین راهکارها برای تامین امنیت غذایی، تولید فرآورده‌ها دارویی، حفظ محیط زیست و استفاده‌ی بهینه از منابع تجدیدناپذیر خواهد بود. از این رو تقریباً همه‌ی کشورها، چه توسعه یافته و چه کشورهای در حال توسعه، در حوزه‌ی زیست فناوری فعال هستند. رشد ۷۴ برابری سطح زیر کشت محصولات تراریخته در بین سال‌های ۲۰۰۸- ۱۹۹۶ موجب شده است تا فناوری محصولات تراریخته به عنوان سریع‌ترین فناوری مورد پذیرش و استفاده شده در عرصه‌ی محصولات زراعی شناخته شود. اما همانند تمام فناوری های نوین، زیست‌فناوری نیز با نگرانی‌ها و گاهاً سختگیری‌هایی در جوامع مختلف از جنبه‌های زیست محیطی، سلامت و اخلاق و غیره مواجه است. در نتیجه لازم است با دید منصفانه و منطقی فواید و مخاطرات زیست فناوری را بررسی کرده و ضمن بهره‌مندی از جنبه‌های مثبت آن ، به تحقیق و پژوهش در جهت برطرف کردن جنبه‌های منفی آن بپردازیم.

۶-منابع

۱. جلالی جواران، مختار؛ محب‌الدینی، مهدی؛ معصومی اصل، اسد؛ سیفی نبی آباد، حیدر؛ علیزاده، هوشنگ؛ مهبودی، فریدون و همکاران، ۱۳۸۹، موفقیت‌های کشاورزی مولکولی در ایران، *مجله‌ی بیوتکنولوژی کشاورزی*، سال اول، دوره۱، شماره‌ی ۱، صص ۴۸-۱۹.

۲. رانجان، آر، ۱۹۹۶، *گیاهان تراریخته (ترانسژنیک)*، ترجمه‌ی اصغر حیدری و بابک پاکدامن، ۱۳۸۳، چاپ اول، تهران: انتشارات سبز اندیشان.

۳. رهنما، حسن، ۱۳۸۷، اخلاق زیستی و تولید محصولات تراریخته، *فصلنامه‌ی اخلاق در علوم و فناوری*، سال سوم، شماره‌های ۲ و ۱، صص ۱۴- ۱.

۴. صالحی جوزانی، غلامرضا؛ توحیدفر، مسعود؛ صادقی، اکرم، ۱۳۸۹، *ایمنی زیستی محصولات تراریخته*، چاپ اول، کرج: انتشارات پژوهشکده‌ی بیوتکنولوژی کشاورزی.

www.SID.ir

Archive of SID

5. Ammann K.. Effects of biotechnology on biodiversity: herbicide tolerant and insect-resistant GM crops. Trends Biotechno, 23, 2005,388–94.
6. Badosa E, Moreno C, Montesinos E. Lack of detection of ampicillin resistance gene transfer from Bt176
7. transgenic corn to culturable bacteria under field conditions. FEMS Microbiol Ecol, 48, 2004, 169–78.
8. Cavan G, Biss P, Moss SR Herbicide resistance and gene flow in wild-oats (Avena fatua and Avena sterilis ssp. ludoviciana). Annals of Applied Biology 133, 1988, 207-217
9. Ceccherini M, Pote J, Kay E, et al. Degradation and transformability of DNA from transgenic leaves. ppl Environ Microbiol, 69, 2003, 673–8.
10. Clark EA., Environmental risks of genetic engineering. Euphytica,2011 148: 47–60.
11. Devose Y, Maeseele P, Reheul D, Speyboeck LN, Waele DD (2008). Ethics in the societal debate on genetically modified organisms: A request for sense and sensibility. Journal of Agricultural and Environmental Ethics 21:29
12. Falk MC, Chassy BM, Harlander SK, Hoban TJ, McGloughlin MN, Akhlaghi AR (2002). Food biotechnology: benefits and concerns. American Society for Nutritional Sciences 1384- 1390.
13. Fernandez Cornejo J, Caswell M (2007). The first decade of genetically engineered crops in the United States. United States Department of Agriculture. Economic Research Service. Washington. DC. Available at: http://www.ers.usda.gov/publications/EIB11.
14. Fischer R, Emans N (2000) Molecular farming of pharmaceutical proteins. Transgenic Research 9:279–299
15. Fischer R, Stoger E, Schillberg S, Christou P, Twyman RM (2004) Plant-based production of biopharmaceuticals. Plant Biology 7:152–158.
16. Flowers TJ (2004). Improving crop salt tolerance. Journal of Experimental Botany 55: 307-319.
17. Jaffe G. (2004). Regulating transgenic crops: a comparative analysis of different regulatory processes. Transgenic Res, 13, 5–19.
18. Kwit C, Moon HS, Warwick SI, Stewart Jr, CN. (2011). Transgene introgression in crop relatives: molecular evidence and mitigation strategies. Trends Biotechnol, 29, 284–93.

www.SID.ir