

اخلاق زیستی و تولید محصولات تراریخته

دکتر حسن رهنما*

پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی - کرج

چکیده

زمینه: بیوتکنولوژی کشاورزی و بویژه مهندسی ژنتیک با تولید محصولات تراریخته فرصتی برای کاهش فقر، ایجاد امنیت غذایی، رفع سوء تغذیه و جلوگیری از تخریب منابع طبیعی و افزایش توانایی در اصلاح نباتات ایجاد نموده است. با این وجود، ورود بیوتکنولوژی در تحقیقات کشاورزی و تولید محصولات تراریخته، در بسیاری از کشورها با چالش‌هایی از جنبه‌های اخلاقی، اجتماعی، فرهنگی، زیست محیطی، ایمنی‌زیستی، تجاری و اعتقادی مواجه شده است. آنچه مسلم است هر فناوری در کنار مزایای فراوان خود، مواردی از خطر یا ریسک را نیز به همراه دارد. این موضوع ذات هر فناوری بوده و در واقع هیچ یک از فناوری‌ها به‌طور ۱۰۰ درصد ایمن نیستند. بدیهی است، زمانی که یک فناوری جدید بتواند مشکلی از مشکلات بشر را حل نموده و نسبت به سایر فناوری‌ها مشکل خاصی ایجاد نماید، بهره‌گیری از آن اخلاقی خواهد بود. استدلال‌های غیرمنطقی و غیرعلمی جهت مخالفت با یک فناوری جدید هم به همان اندازه غیراخلاقی است. به همین دلیل اگر محصولات تراریخته بتوانند به هر طریقی مشکلات ناشی از روش‌های کشاورزی سنتی را به حداقل رسانده بدون اینکه خود مشکل جدیدی ایجاد کنند، از نظر فنی و اخلاقی استفاده از آنها ارجحیت خواهد داشت. به هر حال، دیدگاه‌های اخلاقی در مورد محصولات تراریخته بیشتر مبتنی بر قضاوت‌های ارزشی بوده و چندان مبنای علمی ندارد و این ارزش‌ها و معیارها احتمالاً با گذشت زمان و تغییر شرایط و تغییر نظام‌های شناختی تغییر خواهد کرد. نگرانی‌های علمی در مورد این دسته از محصولات هم با استدلال‌های علمی به‌راحتی قابل حل است.

نتیجه‌گیری: در این مقاله جنبه‌های اخلاق زیستی مربوط به گسترش و بکارگیری گیاهان تراریخته، توان این فناوری در رفع گرسنگی جهان، تأثیر آن بر سلامت و بهداشت جامعه، مخاطرات و فواید زیست محیطی، تأثیر بر تنوع زیستی و سایر جنبه‌های اقتصادی - اجتماعی این فناوری مرور خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: اخلاق زیستی، کشاورزی، محصولات تراریخته، مهندسی ژنتیک

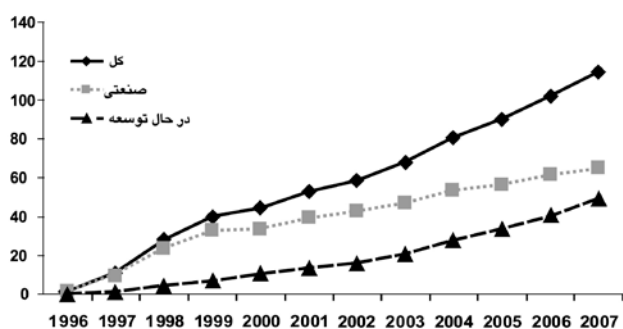
سر آغاز

گیاهان منتقل شود. بنابراین، در این فناوری امکان اصلاح گیاهان با انتقال ژن‌های مقاومت به آفات و بیماری‌ها، علف‌کش‌ها، تنش‌های غیرزیستی (خشکی، شوری و سرما) و همچنین بهبود کیفیت غذایی، انبارداری، محتوی غذایی و ... فراهم شده است. محصولات تراریخته همچنین می‌توانند در تولید ترکیبات صنعتی و دارویی (تولید پروتئین‌های درمانی، واکسن‌ها و آنتی‌بادی‌ها)، افزایش تولید متابولیت‌های دارویی، پاکسازی محیط زیست از انواع آلاینده‌ها و ... مورد استفاده قرار گیرند. کاربردهای فراوان دیگری برای این فناوری

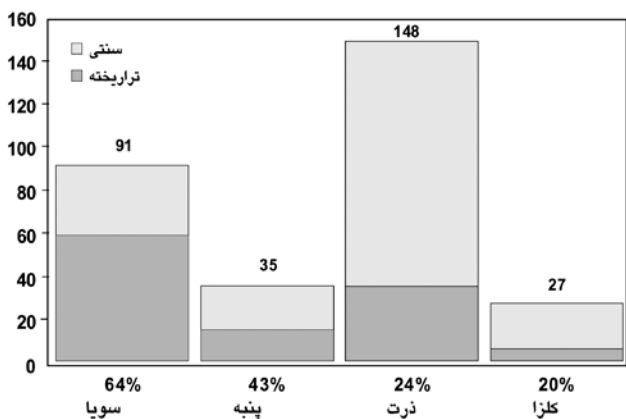
در سال‌های اخیر، بیوتکنولوژی و مهندسی ژنتیک^۱ تحولی عظیم در کشاورزی، پزشکی، صنعت، محیط زیست و ... ایجاد نموده است. مهندسی ژنتیک با رفع موانع موجود در روش‌های سنتی اصلاح نباتات امکان استفاده از منابع عظیم ژنتیکی موجود در دنیا را برای اصلاح گیاهان فراهم ساخته است. این فناوری منجر به تولید محصولات تراریخته^۲ شده که در آن DNA خارجی می‌تواند از هر منبعی به

دکتر حسن رهنما: اخلاق زیستی و تولید محصولات تراریخته

اقدام به کشت این محصولات نمودند که ۹۰٪ آنها کشاورزان کوچک و فقیر کشورهای در حال توسعه بوده‌اند. بیشترین سطح زیر کشت این محصولات مربوط به آمریکا و پس از آن آرژانتین، برزیل، کانادا، هند، چین، پاراگوئه، آفریقای جنوبی، اروگوئه، فیلیپین، استرالیا، اسپانیا، مکزیک، کلمبیا، فرانسه، هندوراس، جمهوری چک، پرتغال، آلمان، اسلواکی، رومانی و لهستان می‌باشد (۴).



شکل ۱: سطح زیر کشت (میلیون هکتار) محصولات تراریخته در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۷ (۴)



شکل ۲: میزان پذیرش جهانی برای محصولات تراریخته مهم (میلیون هکتار) در سال ۲۰۰۷ (۴)

با توجه به گسترش تولید و تجارت این محصولات در دنیا، به نظر می‌رسد که در سال‌های آتی کاربرد تجاری و اقتصادی محصولات تراریخته در کشاورزی و تولید غذا بسیار تعیین کننده باشد. بنابراین برخورد آگاهانه با این محصولات می‌تواند ضمن رفع نگرانی‌ها، کشور را در جهت استفاده ایمن از این فناوری بهره‌مند نماید.

پیش‌بینی شده که در سال‌های آینده شاهد ورود آن در عرصه تجارت خواهیم بود (۱).

در سال‌های اخیر، واژه بیوتکنولوژی و بویژه مهندسی ژنتیک با مباحث و مجادلاتی همراه بوده است. بیشتر بحث‌هایی که توسط مخالفان این فناوری صورت می‌گیرد این است که این فناوری غیرطبیعی می‌باشد. نگرانی‌هایی هم در زمینه آثار اقتصادی، اجتماعی، بهداشتی، زیست محیطی و ... این محصولات مطرح است. آنچه مسلم است، تمامی ابداعات، اختراعات و فناوری‌ها در کنار مزایای فراوان خود، مواردی از خطر یا ریسک را نیز به همراه دارند. این موضوع ذات هر فناوری بوده و در واقع هیچ یک از فناوری‌ها ۱۰۰ درصد ایمن نیستند. سازمان‌های نظارتی با مقایسه و آنالیز سود - زیان یک فناوری و پذیرش درصدی از خطرات احتمالی^۳، استفاده از آن را پیشنهاد می‌کنند. بدیهی است هر چه میزان فواید و سودمندی یک فناوری بر مخاطرات آن چیرگی داشته باشد با آسودگی بیشتری می‌توان از آن استفاده نمود. این امر در مورد گیاهان زراعی تراریخته که با استفاده از روش‌های جدید مهندسی ژنتیک، حاوی صفات جدیدی شده‌اند و حتی گیاهانی که با روش‌های سنتی اصلاح شده‌اند نیز مطرح می‌باشد (۲).

در این مقاله ضمن بررسی سودمندی و مخاطرات احتمالی محصولات تراریخته، نگرانی‌های اخلاقی در این زمینه مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت.

تولید جهانی محصولات تراریخته

اگرچه اولین محصول تجاری تراریخته (گوجه‌فرنگی) در سال ۱۹۹۴ کشت شد، ولی سال ۱۹۹۶ اولین سالی بود که سطح قابل توجهی (۱/۶۶ میلیون هکتار) از زمین‌های زراعی دنیا زیر کشت محصولات تراریخته قرار گرفت. از آن پس کشت این محصولات هر ساله افزایش قابل توجهی داشته به طوری که در سال ۲۰۰۷ سطح زیر کشت آنها بالغ بر ۱۱۴ میلیون هکتار رسیده است (شکل ۱) (۳ و ۴). پیش‌بینی می‌شود که سطح زیر کشت این محصولات تا سال ۲۰۱۵ به حدود ۲۰۰ میلیون هکتار برسد. بیشترین سطح زیر کشت محصولات تراریخته دنیا به چهار محصول سویا، ذرت، پنبه و کلزا اختصاص دارد (شکل ۲). در سال ۲۰۰۷ بیش از ۱۰ میلیون کشاورز در سراسر دنیا

فصلنامه‌ی اخلاق در علوم و فناوری، سال سوم، شماره‌های ۱ و ۲، ۱۳۸۷

فواید و مخاطرات

مهندسی ژنتیک ابزاری قدرتمند برای اصلاح گیاهان در کشاورزی و تولید فرآورده‌های غذایی محسوب می‌شود. با این وجود، به علت نبودن این فناوری مردم احساس متفاوتی نسبت به آن دارند. مخالفان این فناوری با دلایل متعددی از جمله خطرات ناشناخته این فناوری برای انسان و محیط زیست به مخالفت با آن می‌پردازند. اما برخی هم همانند سایر پیشرفت‌های علمی، به منظور اطمینان از سودمندی این فناوری برای جامعه، ضروری است که ارزیابی دقیقی در این زمینه صورت گیرد. نگرانی‌های مربوط به محصولات تراریخته بیانگر لزوم ارزیابی در بسیاری از موارد از جمله در بخش اجتماعی است. سؤالات اصلی که در این زمینه مطرح بوده و باید پاسخ داده شود عبارتند از:

۱. آیا این راهکار راه حلی برای رفع گرسنگی جهان محسوب می‌شود؟

۲. چه خطراتی برای سلامت انسان و محیط زیست دارد؟

۳. آیا سود حاصل از این فناوری به یکسان بین گروه‌های مختلف تقسیم می‌شود (۵)؟

تراریخته‌ها و گرسنگی انسان

با وجودی که در حال حاضر غذای کافی برای جمعیت جهان وجود دارد ولی باز هم بیش از ۸۰۰ میلیون نفر در جهان دچار سوء تغذیه و فقر غذایی هستند. پیش‌بینی می‌شود که جمعیت جهان (با نرخ رشد ۱/۷ درصد) در سال ۲۰۵۰ به ۹/۳ میلیارد نفر برسد (۶). یک پنجم مردم دنیا (۱/۴ میلیارد نفر) در فقر مطلق و با درآمدی کمتر از یک دلار در روز زندگی می‌کنند (۷). از طرف دیگر کشورهای در حال توسعه که در برخی موارد ۵۰ تا ۸۰ درصد جمعیت آن به امور کشاورزی مشغولند کمترین درآمد کشاورزی و بالاترین نرخ رشد جمعیتی (۲/۶٪) را دارند. لذا حدود ۷۰٪ مردم فقیر دنیا برای معیشت خود مستقیم یا غیرمستقیم به کشاورزی وابسته‌اند (۸). برای تغذیه این جمعیت و میلیون‌ها نفری که هر ساله به آن اضافه می‌شود تمامی روش‌های ممکن برای افزایش ذخایر جهانی غذا از جمله افزایش سطح زیر کشت، اصلاح روش‌های کشت، استفاده از ارقام اصلاح شده

و اصلاح روش‌های حفاظت از محصولات را باید بکار گرفت. لذا امنیت غذایی مهم‌ترین چالش کشورها بویژه کشورهای در حال توسعه است. به همین دلیل استفاده از علوم و فنون پیشرفته تنها راه دستیابی به تولید پایدار کشاورزی محسوب می‌شود. در کنار تمامی روش‌های موجود برای افزایش امنیت غذایی، استفاده از محصولات زراعی دستوری شده ژنتیکی هم می‌تواند به این امر کمک کند.

یک نظر عمومی این است که تغییر و تحول در کشاورزی یک ضرورت اخلاقی برای کاهش فقر و گرسنگی و ایجاد عدالت در بسیاری از کشورهای فقیر دنیا می‌باشد (۹). به عقیده توماس مالتوس، تغذیه یک جمعیت ۱۰ میلیاردی در آینده نزدیک یک توجیه اخلاقی برای استفاده از بیوتکنولوژی است (۱۰).

با وجودی که تحقیقات کشاورزی و نقش آن در تولید غذا ذاتاً پسندیده می‌باشد اما عده‌ای بر این باورند که این دیدگاه با ابداع روش‌های دستوری ژنتیکی تا حدی تغییر پیدا کرده است. به عقیده این افراد فناوری‌های جدید به دلیل ماهیتشان چالشی در زمینه وجود ارزش‌ها و نظام‌های ارزشی ایجاد نموده است. به علاوه، تلاش برای تولید غذا برای جمعیت در حال افزایش واقعیتی است که باید مورد توجه قرار گیرد. اما بحث در مورد نگرانی‌های موجود در زمینه تولید غذا باید با احتیاط همراه باشد چون اطلاعات کمی در زمینه چگونگی تأثیر محصولات تراریخته بر کشاورزی پایدار وجود دارد (۱۱).

در سیستم‌های کشاورزی موجود، دو راهکار برای افزایش تولیدات کشاورزی و غذایی وجود دارد: ۱. افزایش فشردگی کشاورزی در مناطقی که در حال کشاورزی است و ۲. گسترش سطح زیر کشت. در زراعت فشردگی^۴ از نهاده‌های زیادی مانند بذرهای اصلاح شده، کودهای شیمیایی، ماشین‌آلات و ... استفاده می‌شود تا بتوان حداکثر عملکرد را در واحد سطح به‌دست آورد. در زراعت فشردگی تخریب محیط زیست تشدید می‌گردد در صورتی که حالت دوم منجر به حذف اکوسیستم‌ها (مانند جنگل‌ها) و تنوع زیستی آنها می‌شود. از نظر تئوری، کشت محصولات تراریخته می‌تواند با استفاده از سیستم زراعت فشردگی میزان تولیدات کشاورزی را افزایش و میزان گرسنگی را کاهش دهد در حالی که باعث حفاظت محیط زیست می‌گردد. اما محصولات تراریخته تا چه حد در رفع گرسنگی نقش دارند؟ با توجه به اینکه گرسنگی به

برای محیط زیست ایجاد شود. با این وجود، دانشمندان ذکر می‌کنند که دو رگ گیری خارجی محصولات تراریخته مشابه ارقام اصلاح شده با روش سنتی می‌باشد (نه کمتر نه بیشتر) و بنابراین تأثیر جریان ژن بستگی به خود صفت ژنتیکی دارد و ارتباطی به روش اصلاحی ندارد. ضمن اینکه می‌توان با بکارگیری روش‌های مناسب از این اتفاق جلوگیری کرد (۱۸).

از طرف دیگر به نظر می‌رسد که مهم‌ترین خطر احتمالی زیست محیطی، مربوط به استفاده از خود علف‌کش باشد. یعنی اینکه با ایجاد علف‌های هرز متحمل یا مقاوم، مصرف علف‌کش به شدت افزایش یابد. از طرف دیگر ممکن است که با ایجاد و معرفی ارقام مقاوم به علف‌کش (مانند سویای مقاوم به علف‌کش) تمایل کشاورزان به استفاده بی‌محابا از علف‌کش و در نتیجه مصرف آن افزایش جدی یافته که به نوبه خود موجب آلودگی بیشتر محیط زیست خواهد شد. در پاسخ این دسته از طرفداران محیط زیست می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: براساس آمار منتشره توسط مرکز ملی سیاست‌گذاری غذا و کشاورزی در آمریکا میزان مصرف علف‌کش در گیاهان تراریخته نسبت به محصولات غیرتراریخته مشابه خود ۲۵ - ۳۳٪ کمتر است (۱۹، ۲۰). در نتیجه در سال ۱۹۹۹ در آمریکا تعداد ۱۹ میلیون سمپاشی کمتر از سال ۱۹۹۶ در سویا صورت گرفته و ۲۱۶ میلیون دلار از این بابت صرفه‌جویی شده است. گزارش‌های اخیر در اروپا هم نشان داده که مصرف علف‌کش در گیاهان مقاوم به علف‌کش در این کشورها در اغلب موارد به نصف کاهش پیدا کرده است (۲۱). بنابراین، اصل این ادعا که گیاه تراریخته مقاوم به علف‌کش موجب افزایش این نوع سموم خواهد شد، بی‌پایه است.

از طرف دیگر، در مهندسی گیاهان برای مقاومت به علف‌کش، به‌طور طبیعی و منطقی، گیاهان به علف‌کش‌هایی مقاوم می‌شوند که براساس مطالعات و گزارش‌ها از کم خطرترین، سالم‌ترین و محیط زیست دوستانه‌ترین نوع علف‌کش‌های زیست تخریب‌پذیر هستند. بنابراین، علف‌کش‌های استفاده شده برای محصولات زراعی مقاوم به علف‌کش در بسیاری از موارد نسبت به علف‌کش‌هایی که برای گیاهان معمولی استفاده می‌شود مشکلات زیست محیطی کمتر و کارایی بالاتری دارند. مقاومت به آفات و بیماری‌ها یکی دیگر از زمینه‌های فناوری

عوامل مختلفی از جمله فقر، عدم توزیع عادلانه غذا، عدم ثبات سیاسی و ... بستگی دارد، بنابراین هر چند تراریخته‌ها تنها راه حل برای رفع گرسنگی و کمبود غذا محسوب نمی‌شوند ولی یکی از راهکارها برای دستیابی به این هدف بوده و اخلاق ایجاد می‌کند هر نوع فناوری که کمک به رفع گرسنگی نماید باید مورد توجه قرار گیرد (۱۱). در این میان فناوری‌هایی مانند محصولات تراریخته، در صورتی که آثار سوء زیست محیطی روش‌های مرسوم کشاورزی را نداشته باشند در اولویت خواهند بود.

تراریخته‌ها و محیط زیست

به عقیده پولین (۱۲) بحث علمی در مورد محیط زیست یک بحث سیاسی یا اقتصادی نیست بلکه نوعی ارتباط شخصی ما با محیط زیست است. آیا محیط زیست باید بدلیل ارزش‌های اخلاقی ذاتی مورد حفاظت قرار گیرد یا اینکه چون منبع ارزشمندی برای بشر است باید حفظ گردد؟ به‌طور کلی، تضاد آشکاری بین نیازهای بشری و توجه به طبیعت وجود دارد که این امر یک موضوع کلیدی در توسعه و گسترش محصولات تراریخته محسوب می‌شود. آنچه مسلم است، کشاورزی امروزی به علت وابستگی به مواد شیمیایی جهت بهینه‌سازی شرایط غذایی خاک، وابستگی به بذر ارقام مناسب، استفاده از آفت‌کش‌ها و سموم شیمیایی برای کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، آثار بسیار سویی بر محیط زیست دارد (۱۳، ۱۴).

دستورزی ژنتیکی گیاهان زراعی با وارد کردن ژن‌های مربوط به تحمل تنش‌های زنده و غیرزنده ضمن افزایش و بهبود تولیدات کشاورزی از نظر اخلاقی هم سازگاری بالایی با محیط زیست دارد. با این وجود، مخالفان محصولات تراریخته عقیده دارند که این فناوری هم مانند فناوری‌های قبلی با محیط زیست ناسازگار است (۱۵). آیا این فناوری باعث تقویت کشاورزی پایدار می‌شود؟

فرار ژن و ابر علف هرزها: این احتمال وجود دارد که تراژن‌های^۵ موجود در محصولات تراریخته از طریق دانه‌های گرده به ارقام مجاور خود منتقل شده و یا با انتقال به علف‌های هرز باعث تبدیل آنها به ابر علف هرز^۶ شوند (۱۶، ۱۷). به همین دلیل مخالفان این فناوری نگران آنند که با تولید ناخواسته این دسته از علف‌های هرز بحران‌های جدی

آنچه مسلم است، هدف از کشاورزی تولید غذا است. بنابراین، دستیابی به این هدف باعث می‌شود که کشاورز تا آنجا که ممکن است از رشد و فعالیت سایر موجودات زنده‌ای که باعث خسارت به محصول می‌شود ممانعت به عمل آورد. یک مزرعه (چه سنتی و چه ارگانیک) یک اکوسیستم طبیعی نیست. ثابت شده است که هر چند در کشورهای توسعه یافته بیشتر امور کشاورزی تحت شرایط سختگیرانه‌ای انجام می‌شود ولی باز هم کشاورزی اثرات زیادی بر محیط دارد. بنابراین در کشاورزی سنتی هم تنوع زیستی به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۲۴). به هر حال باید در تصمیم‌گیری‌های اخلاقی در مورد استفاده از محصولات تراریخته به تمامی این موارد توجه نمود.

تراریخته‌ها و سلامت انسان

گیاهان منبع اصلی غذای انسان محسوب می‌شوند لذا هر گونه دستورزی ژنتیکی در آنها باید از جنبه سلامت و ایمنی غذایی مورد توجه قرار گیرد. متأسفانه یکی از نگرانی‌هایی که گاه توسط برخی رسانه‌ها و افراد غیرمتخصص و ناآگاه به آن دامن زده می‌شود این است که سلامت انسان با مصرف محصولات تراریخته و فرآورده‌های ناشی از آنها به شدت به مخاطره می‌افتد (۲۵، ۲۶، ۲۷). این امر باعث شد که در ابتدای ورود این دسته از فرآورده‌های غذایی به بازار، رستوران‌های زنجیره‌ای در برخی از کشورها غذاهای تراریخته را از منوی غذایی خود خارج کنند، مدارس فرآورده‌های تراریخته را ممنوع سازند و تقاضا برای استفاده از غذاهای ارگانیک در فروشگاه‌ها افزایش یابد (۲۸). حتی دستفروش‌ها هم با وجودی که اقدام به فروش سیگار، الکل، غذاهای چرب و شیرینی (که همگی آنها برای سلامت انسان خطرناکند) می‌نمودند، فرآورده‌های تراریخته را ممنوع کردند (۲۴). هر چند آنالیز سود، زیان در زمانی که زندگی انسان مورد بحث است چندان منطقی نیست اما چنین برخوردهای دوگانه‌ای هم از نظر اخلاقی به هیچ وجه قابل پذیرش نمی‌باشد.

آیا ترس از ایمنی غذا که توسط برخی از منتقدان محصولات تراریخته مطرح می‌شود، صحت دارد؟ هر چند مسؤولان نظارتی در بسیاری از کشورها هیچ مدرکی دال بر خطر دستورزی ژنتیکی از نظر ایمنی غذایی پیدا نکرده‌اند، با این وجود، سازمان‌های نظارتی و مخالفان

تراریخته است که نگرانی‌هایی را به همراه داشته است. به علت آثار بسیار سوء آفت‌کش‌ها بر سلامتی انسان و محیط زیست و از طرف دیگر به علت بی‌اثر بودن کنترل شیمیایی آفات، استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی از نظر زیست محیطی و اخلاقی مطلوب نیست (۲۲). در این راستا مهندسی ژنتیک می‌تواند راه‌های علاجی برای این موضوع بوده و ضمن هدف‌گیری دقیق مدیریت آفات، از آثار مخرب زیست محیطی سموم شیمیایی جلوگیری نماید. مهندسی ژنتیک توانسته است با انتقال ژن‌های مقاومت (به‌عنوان مثال ژن Bt از باکتری *Bacillus thuringiensis*) به گیاهانی مانند پنبه، ذرت، برنج و ... آنها را در مقابل آفات و بیماری‌ها مقاوم نماید. با انتقال این ژن، گیاهان تنها در مقابل آفت هدف مقاومت نشان می‌دهند. بدین ترتیب بر خلاف روش سمپاشی که تمامی موجودات زنده (مفید و مضر) مزرعه در اثر سم از بین می‌روند در این روش فقط آفت مورد نظر از بین رفته و سایر موجودات در امان می‌مانند. بنابراین، این فناوری علاوه بر صرفه‌جویی در هزینه سمپاشی، بسیار سازگار با محیط زیست است. طبق برآوردهای انجام شده، فروش جهانی محصولات تراریخته در سال ۲۰۰۷ بالغ بر ۶/۹ میلیارد دلار بود که این امر باعث کاهش ۱۵ درصدی مصرف آفت‌کش و لذا کاهش اثرات زیان‌آور آن بر محیط زیست شده است (۴).

تنوع زیستی^۱: به عقیده Hardon (۲۳) برخورد تجاری با ژرم پلاسم‌هایی که در کشاورزی سنتی به عنوان یک منبع عمومی با ارزش مورد توجه هستند نوعی سرقت زیستی محسوب شده و غیراخلاقی است. این تصور وجود دارد که برخی از صفات وارد شده به گیاهان زراعی از طریق روش‌های مهندسی ژنتیک، تنوع زیستی را به مخاطره خواهد انداخت. برای مثال، استفاده از علف‌کش برای گیاهان متحمل به علف‌کش ممکن است جمعیت علف‌های هرز را به حدی کاهش دهد که تأثیر منفی بر موجودات مختلفی که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم از این علف‌های هرز به عنوان غذا استفاده می‌کنند، داشته باشد. همچنین به علت رویکرد کشاورزان به این محصولات جدید، سایر محصولات از سیستم کشاورزی حذف شده و بتدریج از بین بروند. با این وجود، برخی هم بر این باورند که توسعه محصولات تراریخته به علت افزایش نیاز به ژن‌های خارجی باعث افزایش تنوع زیستی خواهد شد.

ذرت دارای یک ژن خارجی مقاومت به آمپی سیلین بود و تنها کشور فرانسه استفاده از این محصول را در بین کشورهای اروپایی پذیرفت (۳۰).

یکی از موارد استاندارد در ارزیابی ایمنی استفاده از نشانگرهای انتخابی، تعیین ایمنی و سلامت پروتئین‌های رمز شده بوسیله این ژن‌ها می‌باشد. در مورد ژن‌های مقاومت به آنتی‌بیوتیک محققان باید به سؤالات دیگری هم پاسخ دهند: استفاده درمانی آنتی‌بیوتیک مورد نظر چیست و میزان استفاده از این آنتی‌بیوتیک چقدر است؟ احتمال به خطر افتادن درمان‌های دارویی به علت غیرمؤثر بودن دوز آنتی‌بیوتیک در نتیجه مصرف گیاهان تراریخته، چقدر است؟ مقاومت معمول باکتری‌های طبیعی موجود در دستگاه گوارش و محیط به این آنتی‌بیوتیک چقدر است؟ احتمال اینکه ژن‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک بتوانند از گیاهان تراریخته به میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و غیربیماری‌زا منتقل شوند و همچنین احتمال بیان این ژن‌ها در میکروارگانیسم‌ها چقدر است (۳۰).

سازمان بهداشت جهانی (WHO) اعلام نمود که ژن‌های مقاومت به آنتی‌بیوتیک ایمن هستند (۳۱)؛ اما از آنجایی که استفاده از ژن‌های مقاومت به آنتی‌بیوتیک‌هایی که مصرف درمانی زیادی دارند ممکن است خطرناک باشد، استفاده از آنها در تولید گیاهان تراریخته ممنوع است. ترسی که در این زمینه وجود دارد این است که این ژن‌ها از گیاهان حاوی آنها وارد جمعیت‌های وحشی گیاهی و یا جمعیت‌های باکتریایی شده و باعث برتری آنها در محیط زیست طبیعی شان گردد. بررسی‌های انجام شده وقوع این احتمال را بسیار پایین می‌داند. بنابراین، عدم استفاده از ژن‌های مقاومت به آنتی‌بیوتیک‌های مورد استفاده در درمان انسان از جنبه اخلاقی هم بسیار مورد پذیرش است. آنچه مسلم است، در روش‌های کشاورزی سنتی هم سلامت انسان مورد تحدید است. برای مثال، تولید تجاری بسیاری از محصولات زراعی و باغی (از جمله خیار، گوجه‌فرنگی، موز و ...) نیازمند استفاده مقادیر زیاد انواع سم و آفت‌کش می‌باشد که باعث آلودگی محیط زیست می‌گردد و باقیمانده این سموم در بدن کارگران و محصولات کشاورزی باقی می‌ماند. آیا از نظر اخلاقی تولید یک رقم زراعی تراریخته‌ای که منجر به کاهش مصرف سموم شیمیایی شده و در

محصولات تراریخته بر این باورند که برخی از صفات ژنتیکی وارد شده با روش دستورزی ژنتیکی ممکن است باعث ایجاد مشکلاتی گردند. تصور می‌شود که وجود ژن‌های خارجی ممکن است با تغییر مسیر متابولیسمی گیاه باعث سنتز ترکیبات ناشناخته، سمی یا حساسیت‌زای جدیدی شود. هر چند این موضوع ممکن است در برخی موارد واقعیت داشته باشد ولی، پس از یک دهه کشت این گیاهان در مقیاس وسیع در جهان هیچ موردی از مشکل ایمنی غذایی محصولات تراریخته‌ای که امروزه تولید می‌شوند ذکر نشده است، واقعیتی که امروزه حتی بوسیله منتقدان این فناوری هم تأیید می‌شود (۲۳).

طبق قوانین، در مرحله ارزیابی مخاطرات احتمالی محصولات تراریخته محققان باید به سؤالات متعددی پاسخ دهند. پس از گذراندن مراحل سخت ارزیابی است که اجازه رهاسازی و استفاده از این محصولات صادر می‌شود. در ادامه به‌طور مختصر چند نمونه از نگرانی‌ها مورد بحث قرار می‌گیرند.

حساسیت‌زایی و سمی بودن غذاهای تراریخته هم یکی دیگر از نگرانی‌ها است. ژن‌های جدید وارد شده به محصول زراعی ممکن است با تولید پروتئین‌های جدید باعث حساسیت‌زایی شده و یا با القای تغییرات متابولیسمی در گیاهان میزان ترکیبات حساسیت‌زا یا سمی گیاه را افزایش دهد. به همین منظور جهت بررسی سلامت غذاهای حاصل از محصولات تراریخته آزمایش‌های متعددی انجام می‌شود. همچنین با انجام آزمون این همانی^۸، ترکیبات کلیدی و مهم آن محصول تراریخته با رقم والدی مقایسه شده و در صورتی که میزان تغییرات در حد مجاز باشد اجازه استفاده از آن محصول تراریخته داده می‌شود. به عنوان مثال بررسی این همانی در مورد محصولات زراعی مقاوم به علف‌کش و محصولات BT تاکنون هیچ تفاوت قابل ملاحظه‌ای از نظر ترکیب یا تولید مواد مضر برای سلامت انسان نشان نداده است (۲۹، ۳).

بسیاری از محصولات تراریخته در موقع کشت و کار هم دارای ژن‌های مقاومت به آنتی‌بیوتیک هستند. ژن‌هایی که در مرحله تولید این گونه محصولات نقش کلیدی دارند. اما حضور این ژن‌ها در مراحل بعدی ضروری نیست. همین امر باعث برگشت ذرت تراریخته مقاوم به کرم ساقه‌خوار تولیدی شرکت سیبا گایگی در اروپا گردید. این

نتیجه سلامت انسان را بهبود می‌بخشد قابل پذیرش نیست؟ Pretty (۱۱) (با وجودی که معتقد است راه‌های بهتری نسبت به مهندسی ژنتیک برای تولید غذای جمعیت روز افزون بشری وجود دارد) ذکر می‌کند که موزه‌های تراریخته مقاوم به نماتد در کشاورزی پایدار بسیار دارای اهمیت هستند.

بنابراین، از نظر متخصصان، دلیلی مبنی بر تردید در سلامت افزودنی‌های تراریخته که امروزه مصرف می‌شود، وجود ندارد. برعکس در بسیاری از موارد این فناوری کیفیت غذایی را به شدت افزایش داده است. به عنوان مثال، غذای غالب بسیاری از مردم کشورهای جنوب شرقی آسیا برنج است. به علت کمبود ویتامین A موجود در برنج، حدود ۲۵۰ هزار نفر از بچه‌ها در این کشورها سالانه به علت کمبود ویتامین A دچار نابینایی می‌شوند که این تعداد در کل دنیا به ۵۰۰۰۰۰ نفر می‌رسد (یعنی ۶۰ نفر در هر ساعت). حدود دو میلیون نفر هم سالانه در دنیا در نتیجه کمبود این ویتامین می‌میرند (۳۲). محققان توانسته‌اند با دستوری ژنتیکی برنج، تولید ویتامین A را در این گیاه القا نمایند (۳۳). هر چند شاید این محصول تنها راه برای رفع کمبود ویتامین A نباشد، اما یک راهکار مهم برای حل مشکل کمبود ویتامین A در این کشورها است. در این صورت، آیا استفاده از این گیاهان و نجات میلیون‌ها نفر از مردم فقیر دنیا غیراخلاقی است؟

تراریخته‌ها: آثار اقتصادی - اجتماعی

کشاورزی همواره یک قدرت اقتصادی مهم در تجارت کشورها بوده است. ظهور فناوری‌های جدید از جمله بیوتکنولوژی و مهندسی ژنتیک نقش بسیار زیادی در توسعه کشاورزی دنیا داشته است (۳۴). عقیده عموم بر این است که تحقیقات علمی بخودی خود پسندیده‌اند اما دانشی اهمیت بیشتری دارد که سودمندتر باشد. گفته می‌شود که استفاده از بیوتکنولوژی کشاورزی بسیار سودمند است. اما منظور از سودمندی چیست؟ آیا منظور تنها کاهش هزینه کارگری با استفاده از محصولات مقاوم به علف‌کش بجای وجین، یا کاهش مصرف آفت‌کش در نتیجه استفاده از گیاهان مقاوم به آفات است؟ آیا این امر منجر به بیکاری در بین مردم (بویژه زنان) و فقر بیشتر نمی‌شود؟ عدم سودمندی - سودمندی از نظر عموم به این معنی است که محصولات تراریخته باید برآورنده نیازهای اصلی جامعه باشند. یک

محصول تراریخته می‌تواند نیازهای اجتماعی را به چند طریق برآورده کند: ۱. با ارائه غذای سالم‌تر ۲. با کاهش اثرات زیست محیطی کشاورزی ۳. با تولید مواد خام ارزان‌تر و یا ۴. با بهبود اوضاع کشورهای در حال توسعه و تغذیه جمعیت جهان (۳۵).

با توجه به موفقیت‌های تجاری محصولات تراریخته در آمریکا و سایر کشورها، تردیدی در مورد قدرت تجاری این محصولات وجود ندارد. یکی از مزایای آن تسهیل روش‌های مدیریت کشاورزی است که باعث کاهش هزینه تولید می‌گردد. به علاوه، مدیریت علف‌های هرز در نتیجه استفاده از محصولات مقاوم به علف‌کش باعث کاهش عملیات کشاورزی شده و بدین وسیله فرسایش خاک کاهش می‌یابد و این امر هم برای کشاورز و هم برای محیط زیست مفید است. گزارش‌های اخیراً در اروپا نشان می‌دهد که محصولات تراریخته باعث افزایش قابل توجهی در عملکرد، کاهش استفاده از آفت‌کش و لذا صرفه‌جویی در هزینه می‌گردند. تمامی این موارد بیانگر سودمندی این فناوری است (۳۵، ۳۶).

جنبه‌های اقتصادی - بیشتر تحقیقات بیوتکنولوژی توسط شرکت‌های خصوصی انجام شده و یا مورد حمایت آنها می‌باشد. این شرکت‌ها به امید دستیابی به درآمدهای صادراتی بیشتر حاصل از فروش محصولات یا تکنولوژی، علاقمند هستند که در زمینه نیازهای کشور خود دست به انجام تحقیق بزنند. چنین ارتباطی بین بیوتکنولوژی و تجارت به این معنی است که اولین هدف شرکت‌ها نفع اقتصادی است نه منافع انسانی و زیست محیطی. این امر یک پدیده جدیدی نیست. چندین دهه است که به تحقیقات (چه در سطح ملی و چه بین‌المللی) با هدف فرصت‌های تجاری نگاه می‌شود و بیوتکنولوژی هم از این امر مستثنی نیست.

در ۸۰٪ از محصولات زراعی، دستکاری‌های ژنتیکی به‌منظور ایجاد مقاومت به علف‌کش صورت گرفته است. ۲۰٪ باقیمانده محصولات تراریخته به‌منظور مقاومت به آفات و بیماری‌ها دست‌ورزی شده‌اند. کشاورزانی که از موادشیمیایی استفاده می‌کنند با استفاده از محصولات تراریخته مقاوم به آفت هزینه کارگری آنها کاهش یافته است. از آنجایی که ۸۰٪ محصولات زراعی تراریخته تنها به خاطر مقاومت به علف‌کش مهندسی شده‌اند عجیب نیست که ۵ شرکت بزرگ بیوتکنولوژی دنیا (مونسانتو، آسترا - زنکا، دوپونت، نووارتیس و

یکی از فناوری‌های چالش برانگیز دیگر در این حوزه، فناوری پایانبر^۹ است (۳۸). این فناوری نگرانی‌های اخلاقی جدی را مطرح نموده است. در این فناوری بذرهای پس از یک دوره کشت، برای کشت‌های بعدی قابل استفاده نیستند. این موضوع باعث وابستگی شدید کشاورزان به شرکت‌های تهیه‌کننده این بذرهای شده و در صورت استفاده از این فناوری در یک منطقه امکان استفاده از بذرهای تولید شده در مزرعه شخصی وجود نخواهد داشت. در نتیجه، هر چند این فناوری از پخش طبیعی تراژن‌ها جلوگیری به عمل می‌آورد، ولی باعث تقابل و تضاد اخلاق تجارت و اخلاق بشردوستی می‌شود.

شرکت‌های خصوصی سهم عمده‌ای در تحقیقات بیوتکنولوژی دارند. گفته می‌شود که ۹۰٪ تولید محصولات تراریخته در دست شرکت‌های خصوصی است. این شرکت‌ها با استفاده از حق امتیاز استفاده از محصولات تراریخته سود سرشاری نصیب خود کرده‌اند. شرکت‌هایی مانند مونساتو مدعی هستند که حق ثبت و مالکیت معنوی جبران منصفانه‌ای برای هزینه‌ای است که آنها صرف این فناوری نموده‌اند. اگر شرکت‌ها نتوانند از امتیاز ثبت محصولات تولیدی خود جهت فروش انحصاری آن برای یک دوره مشخص استفاده کنند آیا انگیزه‌ای برای آنها برای تحقیقات وجود خواهد داشت. اما بسیاری از دانشمندان بر این عقیده‌اند که اشکال حیات (مانند ژرم پلاسم و لاین‌های سلولی) باید در اختیار همه باشد نه اینکه ثبت خصوصی گردد. آنها عقیده دارند که منابع زیستی مالکیت خصوصی ندارد. با این وجود، حق مالکیت در هیچ جامعه‌ای به دلیل اصل عدالت به‌طور مطلق رعایت نمی‌شود. جامعه می‌تواند به‌منظور "تمایل عمومی"، "نیاز اجتماعی" و "منفعت عمومی" حق مالکیت را ضبط کند. همچنین اگر موضوع ثبت "خطری برای اخلاق عمومی" داشته باشد، طبق قانون ثبت مشکل‌ساز بوده و لذا باید از ثبت برخی موجودات مانع به عمل آورد (۳۷).

بنابراین، لازم است در ارزیابی محصولات تراریخته، ضمن اینکه جنبه‌های سلامتی و زیست محیطی آنها مورد ارزیابی قرار گیرد، نگاهی جامع به جنبه‌های اقتصادی، مالکیت معنوی، اجتماعی و ملی آن هم داشت. باید بررسی شود که اعطای حق مالکیت استفاده از این فناوری به شخص چه محاسن و معایبی می‌تواند داشته باشد. مزایای اجتماعی و ملی بهره‌گیری از این فناوری چیست؟ و اینکه چه کسی

آونتیس) شرکت‌های تولیدکننده موادشیمیایی باشند. این شرکت‌ها تقریباً ۱۰٪ فروش بذرهای تراریخته و ۲۵٪ فروش تجاری بذر را در اختیار دارند (۳۵).

حداقل از سال ۱۹۹۶ زمانی که شرکت مونساتو اولین محصول تراریخته (سویای RR) را عرضه نمود، بر بازار فروش بذرهای تراریخته حاکمیت یافت. این شرکت تا حد زیادی بدلیل اصلی‌ترین محصول تولیدی خود (رانداپ) بیش از ۵/۵ میلیارد دلار در سال درآمد دارد که این مبلغ بیش از تولید ناخالص ملی بسیاری از کشورهای در حال توسعه می‌باشد. سویای RR حدود ۵۸٪ کل محصولات تراریخته را شامل می‌شود و پس از آن ذرت، پنبه و کانولا قرار دارند. آرژانتین، آمریکا و کانادا از عمده‌ترین مصرف‌کنندگان بذرهای تراریخته هستند. در آرژانتین، ۹۵٪ کل سویای زیر کشت و در آمریکا ۵۴٪ آن تراریخته است. بدون در نظر گرفتن سایر درآمدهای مونساتو، فروش سال ۲۰۰۰ رانداپ ۳ بیلیون دلار بوده که بیشتر آن صرف محصولات تراریخته RR شده است. در چنین شرایطی حق مصرف‌کننده تا چه حد مورد توجه قرار می‌گیرد (۳۵)؟

مالکیت معنوی - مالکیت معنوی از جمله مباحث اصلی در بیوتکنولوژی مدرن محسوب می‌شود. از نظر قانونی مالکیت فناوری بذرهای تراریخته از طریق ثبت کردن آن حفظ می‌شود. همانند حق کپی رایت با استفاده از قانون حق مالکیت معنوی (IPR) بهره‌برداری از یک فناوری برای مدت محدود (مثلاً ۱۷ سال) به درخواست‌کننده اعطا می‌شود. با این وجود امروزه بسیاری از کشورها از جمله آمریکا اجازه داده‌اند که IPR از فروش اختراعات حفاظت نماید. در آمریکا، از سال ۱۹۸۰ شرکت‌های مختلف بیوتکنولوژی اقدام به ثبت ژن‌ها و سایر مواد بیولوژیکی نموده‌اند. در اروپا، قوانین سازمان تجارت جهانی از آنها حمایت می‌کند. تخلف از این ثبت‌ها و توافق‌ها هزینه بسیار سنگینی دارد. مثلاً وقتی مونساتو مدعی شد که شرکت Canadian Percy Schmeiser بدون مجوز از کانولای RR (مقاوم به علف‌کش) استفاده نموده است دادگاه این شرکت را به پرداخت ۲۰۰۰۰ دلار جریمه محکوم نمود. بر عکس شرکت Schmeiser ادعا می‌کرد که نه تنها اقدام به کشت این گیاهان نکرده بلکه از رانداپ هم استفاده نموده است و این گیاهان RR گیاهانی بودند که از مزارع مجاور وارد این منطقه شده‌اند (۳۷).

مجوز استفاده از این فناوری را اعطا نموده و چه کسی از آن بهره‌مند می‌شود.

حق انتخاب مصرف‌کننده

فرآورده‌های حاصل از محصولات تراریخته، تاکنون نفوذ زیادی در بازارهای جهان داشته‌اند. از جمله این محصولات می‌توان به سویا، ذرت، کلزا و فرآورده‌های آنها اشاره نمود. به منظور شناسایی فرآورده‌های حاصل از محصولات تراریخته و با هدف حق انتخاب مصرف‌کنندگان، روش برچسب زنی^۱ مرسوم است (۳۹). با این وجود، اجرای این روش بسیار مشکل است. اول اینکه، قوانین برچسب زنی در کشورهای مختلف متفاوت است. برای مثال، در آمریکا، مشتقات محصولات تراریخته نباید برچسب زنی شوند. به عنوان مثال، روغن‌ها و پروتئین‌های حاصل از گیاهان سویای تراریخته متحمل به علف‌کش از آن جمله‌اند. در آمریکا این تفکیک بین محصولات تراریخته و غذاهای تراریخته به خوبی انجام شده است. در سایر کشورها، فرآورده‌های تغییر نیافته گیاهان تراریخته هم باید به نحوی برچسب زنی شوند که منشأ آنها مشخص باشد. بنابراین، مصرف‌کننده دچار سردرگمی خواهد بود.

مشکل دیگر این است که زنجیره‌های اقتصادی تا چه اندازه باید در امر برچسب زنی متعهد باشند؟ برای مثال، آیا لازم است که رستوران‌ها در منوی غذایی خود موادی را که از محصولات زراعی تراریخته تهیه شده‌اند مشخص نمایند؟ در حال حاضر، بسیاری ادعا می‌کنند که غذای آنها عاری از GM است، در حالی که دیگرانی که سیاست‌های حمایتی متفاوتی دارند بیان می‌کنند که نمی‌توانند تضمین کنند که محصولاتشان عاری از GM باشد. در اینجا است که تعارض بین اخلاق شخصی (و بنابراین انتخاب شخصی) و سیاست عمومی ایجاد می‌شود و راه حل این مشکل دشوار می‌گردد (۲۴).

با این وجود، وقتی راهکار مناسبی اتخاذ شود زمینه انتخاب شخصی فراهم خواهد شد. در کشورهایی مانند بریتانیا که محصولات زراعی اصلاح شده با روش دستورزی ژنتیکی به عنوان محصولات غیر ارگانیک شناخته می‌شوند، این نگرانی برای کشاورزان ارگانیک وجود دارد که این محصولات ممکن است با محصولات غیر ارگانیک شان

مخلوط شوند. بنابراین، به عنوان مثال، کشاورزی که اقدام به کشت ذرت شیرین ارگانیک در نزدیکی یا سمت باد یک محصول ذرت تراریخته می‌نماید مطمئناً با مشکل گرده‌افشانی ذرت خود با ذرت تراریخته مواجه خواهد بود. بنابراین، نگرانی موجود این است که درصد توده‌های آلوده با این روش، محدوده مجاز برای تأیید ارگانیک بودن را مشخص خواهد کرد. به همین دلیل در بریتانیا یعنی در جایی که این روش برخورد با محصولات زراعی تراریخته در جامعه کشاورزی ارگانیک وجود دارد، قوانین مربوط به کشت ارقام زراعی تراریخته باید این اطمینان را ایجاد نماید که درآمد کشاورزان ارگانیک را تحت تأثیر قرار ندهد (۲۴).

نگرانی‌های بنیادی اخلاقی

علاوه بر موارد فوق، عده‌ای هم بر ماهیت فناوری مهندسی ژنتیک ایراد وارد کرده‌اند. این نگرانی‌ها که بیشتر به اعتقادات مذهبی و باورهای فرهنگی استوار است چندان مبنای علمی ندارد. با این وجود پاسخگویی به این نگرانی‌ها می‌تواند در توسعه و پیشرفت گیاهان و محصولات تراریخته کمک فراوانی بنماید. برخی از این موارد نگرانی به‌طور مختصر ذکر می‌شود:

غیرطبیعی بودن - برخی عقیده دارند که فرآورده‌های حاصل از مهندسی ژنتیک غیرطبیعی هستند. باید گفت که اولاً منظور از طبیعی بودن چیست؟ آیا هر چیزی که طبیعی باشد خوب است؟ اگر طبیعی بودن به این معناست که تمام چیزهای ساخته بشر غیرطبیعی است در این صورت بسیاری از مواردی که امروزه در زندگی انسان طبیعی به نظر می‌رسند را باید کنار گذاشت. بسیاری از چیزهای طبیعی مانند مار، عقرب، گیاهان سمی و بلایای طبیعی (از جمله زمین لرزه، طوفان و گردباد، امواج جزر و مدی، گدازه‌های آتشفشانی و انواع بیماری‌ها) و ... خطرناکند. به علاوه، اساساً خود کشاورزی هم غیرطبیعی است. تمامی محصولات زراعی که در حال حاضر کشت می‌شوند نتیجه اصلاح و انتخاب گیاهان برتر می‌باشد. بنابراین، به نظر می‌رسد که مثال‌های فوق برای رد این استدلال‌ها کافی باشد (۳۴).

تجاوز به حریم گونه‌ها - نکته دیگر در بحث مربوط به نگرانی‌های بنیادی در مهندسی ژنتیک این است که این فناوری باعث عبور از مرز

بزرگترین نگرانی عمومی اختلاط ژن‌های انسانی و حیوانی است. وارد کردن ژن مربوط به هورمون رشد انسانی به خوک شاید با مخالفت زیادی همراه باشد ولی از آنجایی که بسیاری از تحقیقات در زمینه حیوانات تراریخته با هدف شناخت بیماری‌های انسانی انجام می‌شود، واردسازی ژن‌های انسانی بسیار عمومیت خواهد داشت. در مورد گیاهان هم شاید وارد کردن ژن‌های حیوانی و انسانی به گیاهان چندان مورد پذیرش نباشد. با این وجود، انعکاس این نگرانی عمومی باعث شده که برخی از کشورها فرآورده‌هایی را که دارای ژن انسانی یا حیوانی (حیواناتی که از نظر مذهبی خوردنشان حرام است) می‌باشند یا وقتی که یک ژن حیوانی وارد گیاه یا میکروب شده است را برچسب‌زنی نمایند. به هر حال پاسخ‌گویی مناسب به این ابهامات راهگشا خواهد بود.

دخالت در کار خدا - در نهایت اینکه کسانی هستند که این فعالیت‌ها را "خارج از محدوده" نوع بشر می‌دانند. آیا دست‌ورزی‌های ژنتیکی انسان را قادر می‌سازد که در آینده‌ای دور، دست به تغییر طبیعت بزند و بنابراین به مرزهایی که هرگز نباید از آن عبور نمود (خط قرمز) تجاوز کند؟ گفته می‌شود که دانشمندان "اشکال جدیدی از حیات را خلق می‌کنند". مفهوم این سخن این است که دخالت بی‌جای ما در طبیعت گناه بوده و خلاف خواست خدایی می‌باشد. با وجود چنین اعتقادات متعصبانه‌ای، بعید است که بتوان با شواهد و استدلال‌های زیستی خلاف این اعتقادات بر این باورها غلبه نمود. مرز وظایف خدایی و انسانی کجاست؟ این مرز چندان مشخص نیست و می‌توان گفت که تمامی فعالیت‌های بشری به نحوی با وظایف خدایی همپوشانی دارد.

تغییر طبیعت و توازن خلقت - برخی از نظرات مذهبی متعصبانه بر این مبنی استوارند که گونه‌ها را باید بدون هیچ گونه تغییری به حال خود گذاشت. گاهی این نظر مطرح است که ژن‌های یک موجود بخشی از طبیعت و هویت آن موجود بوده و دست‌ورزی ژنتیکی باعث آسیب به ماهیت آن می‌گردد. عده‌ای هم عقیده دارند که ما نباید زیبایی و توازن خلقت را بر هم بزنیم. در این نظریه، هر ژن بخشی از شبکه پیچیده حیات است و انتقال آن به موجود دیگر باعث تخریب آن شبکه شده و لذا ممکن است "توازن طبیعت" به هم بخورد.

گونه‌ها می‌شود. این عده عقیده دارند که عبور از مرز گونه‌ها غیرطبیعی و غیراخلاقی بوده و تخطی از قوانین الهی می‌باشد. اما باید بخاطر داشت که طبقه‌بندی و مرزبندی بین موجودات یک مفهوم قراردادی است. نظریه قطعیت به اشکال حیات به عنوان مواردی ثابت و تغییرناپذیری نگاه می‌کند که توسط خداوند مشخص شده است اما تئوری تکامل مبتنی بر پویایی حیات است. بنابراین، بر اساس فرضیه واگرایی و همگرایی تکامل، موجودات زنده در طول تکامل به تدریج ایجاد شده‌اند. اگر به مفهوم گونه و وجود مرز بین گونه‌ای اعتقاد داشته باشیم باید بپذیریم که مثلاً انسان دارای ژنوم منحصر به فردی است. در حالی که چنین نیست. ژنوم انسان دارای مقادیر زیادی DNA می‌باشد که از سایر موجودات دریافت کرده است و لذا تکامل ما مرهون اجداد مشترک ما می‌باشد. مثلاً مشخص شده که بین ژنوم انسان و اورانگوتان بیش از ۹۳٪ تشابه وجود دارد. در واقع انسان و اورانگوتان در ۲۵ میلیون سال قبل دارای جد مشترکی بوده‌اند. مسیر تکاملی انسان و شامپانزه هم نزدیک به ۵ تا ۶ میلیون سال قبل از هم جدا شده است. ژنوم انسان و شامپانزه بسیار شبیه هم است و بیش از ۹۹٪ شباهت دارند و تفاوت‌ها در اثر جهش یا تغییرات جزئی حاصل شده است. مثال‌های متعددی در زمینه وجود دورگ‌گیری‌های بین گونه‌ای در طبیعت وجود دارد: جفت‌گیری اسب و الاغ و تولد قاطر، دورگ‌گیری گندم و چاودار و تولید تریتیکاله از آن جمله می‌باشد.

مهندسی ژنتیک امکان تبادل ژنتیکی بین موجودات مختلف را فراهم ساخته است. اما آیا با انتقال یک یا چند ژن از یک موجود به موجود دیگر ماهیت موجود پذیرنده از بین خواهد رفت؟ مطمئناً چنین نیست؟ اختلال در ماهیت یک گونه نیازمند تغییر در بیش از یک ژن است. پستاندارانی مانند موش دارای بیش از ۵۰۰۰۰ ژن هستند و تغییر تعداد معدودی از این ژن‌ها باعث تجاوز به حریم (اخلال در ماهیت) گونه نمی‌شود. از طرف دیگر خود طبیعت هم همواره در حال تغییر دادن خود است و این تغییرات همیشه وجود دارد بویژه وقتی که فشارها و تغییرات محیطی هم عامل تحریک‌کننده آن هستند. بر این اساس شاید تراریخته‌ها باعث سرعت روند تکامل می‌شوند.

یا این وجود، این احساس در بین عموم وجود دارد که تبادل ژنتیکی در بین موجودات ممکن است منجر به آثار سوء و ناشناخته‌ای شود.

نتیجه‌گیری

بپذیرند؛ همچنانکه همین جنبه‌های اخلاقی باعث شده که برخی به سیب‌زمینی یا حیوانات تراریخته با دیده تردید نگاه کنند.

ممکن است در برخی موارد اجباری برای استفاده از فناوری تراریخته جهت رفع گرسنگی بشر وجود داشته باشد، اما باید در چنین مواردی ارزیابی‌های کافی انجام شده و در صورت مزیت و برتری، استفاده از آنها را ترویج نمود. سازمان ملل (UN) و سایر سازمان‌های بین‌المللی اعلام نموده‌اند که دنیای امروز آنچنان با بحران و امنیت غذایی مواجه است که نمی‌تواند از محصولات تراریخته اجتناب نماید. در هیچ یک از این ارزیابی‌ها محصولات تراریخته به عنوان تنها راه حل ذکر نشده‌اند اما به عنوان یک عامل مهم در حل این مشکلات مطرح هستند. آنچه مسلم است، تولید غذا در آینده باید افزایش پیدا کند. در این شرایط استفاده از روش‌های کشاورزی فشرده یعنی افزایش استفاده از مواد شیمیایی کشاورزی و مکانیزاسیون آثار تخریبی بیشتری بر محیط زیست گذاشته و تنوع زیستی را به شدت کاهش خواهد داد. در چنین شرایطی، اگر محصولات تراریخته به هر طریقی این اثرات سوء را کاهش داده بدون اینکه خودشان مشکلات دیگری ایجاد نمایند، از نظر فنی و اخلاقی استفاده از آنها ارجحیت خواهد داشت.

آثار مخرب انقلاب قبلی در کشاورزی، صنعت و چالش‌های ایجاد شده برای ارزش‌ها براهتی به فراموشی سپرده شده است. اما انقلاب تراریخته هر چند ممکن است چندان شاخص نباشد، ولی تا زمانی که ترس و نگرانی عمومی در این زمینه کاهش پیدا نکند همچنان چالش برانگیز خواهد بود. تنها با ادامه تحقیقات پایه در زمینه مخاطرات و فواید تراریخته‌ها و اطلاع‌رسانی درست و کافی در این زمینه است که جامعه با فواید مهندسی ژنتیک در کشاورزی آشنا شده و رویکردها تغییر خواهد یافت.

آنچه مسلم است، دیدگاه‌های اخلاقی در مورد محصولات تراریخته بیشتر مبتنی بر قضاوت‌های ارزشی بوده و مبنای علمی ندارد و این ارزش‌ها و معیارها احتمالاً با گذشت زمان و تغییر شرایط و تغییر نظام‌های شناختی تغییر خواهد کرد. نگرانی‌های علمی در مورد این دسته از محصولات هم با استدلال‌های علمی براهتی قابل حل است. آنچه مسلم است اتخاذ سیاست‌های منطقی و آینده نگر در سطح ملی می‌تواند ضمن اجتناب از مخاطرات احتمالی این فناوری، مردم را از مزایای آن بهره‌مند نماید.

در قرن اخیر بشر با چالش‌های متعددی روبرو است که از مهم‌ترین آنها می‌توان به تهیه و تولید غذا برای جمعیت در حال افزایش، رفع فقر و گرسنگی و حفاظت از محیط زیست اشاره نمود. به منظور تغذیه و رفع گرسنگی جمعیت در حال رشد جهان، ضروری است که تولید و توزیع غذا بهبود پیدا کرده و در کنار آن آثار مخرب زیست محیطی کاهش یابد. این امر مستلزم استفاده از یافته‌های علمی و فناوری‌های جدید می‌باشد. استفاده از گیاهان تراریخته به‌عنوان یکی از دستاوردهای بیوتکنولوژی کشاورزی در سال‌های اخیر به عنوان راهکاری برای حل برخی از مشکلات بشر در این حوزه مطرح شده است. همانند هر فناوری جدید، استفاده از محصولات تراریخته سؤالات و نگرانی‌هایی از جنبه، بهداشتی، اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و اخلاقی ایجاد نموده است. علت بهره‌گیری از این فناوری چیست؟ پیامدهای انتخاب ما چه خواهد بود؟ آیا اساساً استفاده از آن مفید و ضروری است؟ چگونه می‌توان از مزایای این فناوری بهره‌مند شد؟ استفاده از موجودات تراریخته چه خطراتی می‌تواند برای سلامت انسان و محیط زیست داشته باشد؟ چه کنترل‌ها و بررسی‌های اخلاقی، اجتماعی و حقوقی باید در این زمینه از تحقیقات انجام شود؟ چه آثار فردی، اجتماعی و فرهنگی ناخواسته‌ای می‌تواند ایجاد شود؟ چه کسی به این فناوری دسترسی خواهد داشت؟ و سؤالات متعدد دیگر.

آنچه مسلم است هر فناوری در کنار مزایا و فواید خود، معایب و نگرانی‌هایی نیز به همراه دارد. با آنالیز سود - زیان یک فناوری و مقایسه آن با سایر فناوری‌های موجود و بکارگیری روش‌های مناسب برای به حداقل رساندن مخاطرات می‌توان از مزایای بی‌شمار فناوری‌های نوین بهره‌مند شد. زمانی که یک فناوری جدید می‌تواند مشکلی از مشکلات بشر را حل نموده و نسبت به سایر فناوری‌ها مشکل خاصی ایجاد ننماید، بدیهی است بهره‌گیری از آن اخلاقی خواهد بود و برعکس، استدلال‌های غیرمنطقی و غیرعلمی جهت مخالفت با یک فناوری جدید هم به همان اندازه غیراخلاقی می‌باشد. برای بسیاری از مردم جنبه‌های اخلاقی و ارزشی مهندسی ژنتیک اهمیت دارد. به همین دلیل، برای مثال، ارزیابی‌های اخلاقی باعث شده که بسیاری از مردم تولید انسولین حاصل از موجودات تراریخته را

واژه‌نامه

1. Genetic engineering:	هندسی ژنتیک	6. Super Weeds	ابر علف هرز
2. Transgenic crops	محصولات تراریخته	7. Biodiversity	تنوع زیستی
3. Risk	خطر	8. Substantial equivalence	این همانی
4. Intensive Farming	زراعت فشرده	9. Terminator technology	فناوری پایانبیر
5. Transgene	تراژن	10. Labeling	بر چسب‌زنی

منابع

- 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.
- Brookes G, Barfoot P (2007). GM crops: global socio-economic and environmental impacts 1996-2006. PG Economics Ltd. UK. p:118.
- Lemaux PG (2008). Genetically engineered plants and foods: A scientist's analysis of the issues (Part I). Annual Review of Plant Biology 59:771-812.
- James C (2007). Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops. Available at: www.isaaa.org.
- Robinson J (1999). Ethics and transgenic crops: a review. Electronic Journal of Biotechnology. Available at: <http://www.ejb.org/content/vol2/issue2/full/3>.
- Flowers TJ (2004). Improving crop salt tolerance. Journal of Experimental Botany 55: 307-319.
- World Bank (2008). Available at: www.worldbank.org.
- McCalla A, Ayres W (1997). Rural development: From vision to action. World Bank Publications. Available at: www.worldbank.org.
- Ortiz R (1988). Critical role of plant biotechnology for the genetic improvement of food crops: perspectives for the next millennium. Electronic Journal of Biotechnology 1: 3. Available at: <http://www.ejb.org>.
- Borlaug N (1997). Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead. Plant Tissue Culture and Biotechnology 3:119-127.
- Pretty J (1999). Sustainable farming will put food on all our tables. Guardian Weekly, 14th March. pp. 26.
- Pullin A (1996). The science of the environment. In, Birth to death, science and bioethics. Eds. D.C. Thomasma and T. Kushner, Cambridge University Press, Cambridge. pp: 339- 347.
- Carson R (1963). Silent spring. Hamish Hamilton. London. pp: 304.
- Mellanby K (1967). Pesticides and pollution. William Collins Sons and Co., Glasgow. pp: 219.
- Rifkin J (1998). The biotech century. Victor Gollanz. London. pp: 272.
- Kling J (1996). Could transgenic supercrops one day breed superweeds? Science 274:180-181.
- Cavan G, Biss P, Moss SR (1988). Herbicide resistance and gene flow in wild-oats (*Avena fatua* and *Avena sterilis* ssp. *ludoviciana*). Annals of Applied Biology 133: 207-217.
- Clark EA (2006). Environmental risks of genetic engineering. Euphytica 148: 47-60.

19. 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>.
20. Sankula S, Marmon G, Blumenthal E (2005). Biotechnology-derived crops planted in 2004 – Impacts on US agriculture. National Center for Food and Agricultural Policy. Washington DC. Available at: <http://www.ncfap.org/whatwedo/pdf/2004biotechimpacts.pdf>.
21. Kleter GA, Harris C, Stephenson G, Unsworth J. Comparison of herbicide regimes and the associated potential environmental effects of glyphosate-resistant crops versus what they replace in Europe. *Pest Management Science* (in press).
22. Pimentel D (1995). Amounts of pesticides reaching target hosts: environmental impacts and ethics. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 8:17-29.
23. Hardon JJ (1997). Ethical issues in plant breeding, biotechnology and conservation. In *Ethics and equity in conservation and use of genetic resources for sustainable food security*. Proceedings of a workshop to develop guidelines for the CGIAR, 21-25 April. Foz do Iguacu. Brazil. IPGRI. pp: 43-50.
24. Bryant J, Velle LBI, Searle J (2005). Introduction to bioethics. John Wiley and Sons, UK. pp: 85-143.
25. Anon (1999). Seriously silly. Angst about GM foods is creating a farcical double standard in our thinking. *New Scientist*. 27th February. pp: 3.
26. Ort DR (1997). Pros and cons of foreign genes in crops. *Nature* 385:290.
27. Coghlan A, Concar D, MacKenzie D (1999). Frankenfears. *New Scientist*. 20th February. 1999. pp: 4-5.
28. Ward L. Hall S (1999). GM foods off school menus. *Guardian Weekly*. 7th March. pp: 8.
29. Niga K, Cockburn A, Crevelc RWR, Debruyned E, Grafstroeme R, Hammerlingf U, Kimberg I, Knudsenh I, Kuiperi HA, Peijnenburgi AACM, Penninksj AH, Poulsenh M, Schauzuk M, Wall JM (2004). Assessment of the safety of foods derived from genetically modified (GM) crops. *Food and Chemical Toxicology* 42: 1047–1088.
30. Ramessar KK, Peremarti A, Gomez-Galera S, Naqvi S, Moralejo M, Munoz P, Capell T and Christou T (2007). Biosafety and risk assessment framework for selectable marker genes in transgenic crop plants: a case of the science not supporting the politics. *Transgenic Res* 16:261–280.
31. World Health Organization (WHO) (1994). Health aspects of markers in genetically modified plants. Report of a WHO workshop. World Health Organization. Geneva.
32. World Health Organization (WHO) (2007). Micronutrient deficiencies, Vitamin A deficiency. Available at: <http://www.who.int/nutrition/topics/vad/en/>.
33. Paine JA, Shipton CA, Chaggar S, Howells RM, Kennedy MJ (2005). Improving the nutritional value of Golden Rice through increased provitamin A content. *Nature Biotechnology* 23:429–30.
34. Macer D (1995). Food, plant biotechnology and ethics, International Bioethics Committee (IBC) Report, United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (UNESCO). pp: 23.

35. Madsen KH and Sandoo P (2000). Ethical reflection on herbicide-resistant crops. *Pest Management Science* 613: 18-25.
36. Devose Y, Maesele 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* 21:29-61.
37. Shrader FK (2005). Property rights and genetic engineering: Developing nations at risk. *Science and Engineering Ethics* 11: 137-149.
38. Service RF (1998). Seed-sterilizing 'Terminator Technology' sows discord. *Science* 282:850-851.
39. Raab C and Grobe D (2003). Labeling genetically engineered food: The consumer right to know? *AgBioForum* 6: 155-161