

مجله ایمنی زیستی

دوره پنجم، شماره دوم، پاییز ۹۱

## زیست فناوری برای توسعه پایدار

بابک ناخدا\* و مهرشاد زین العابدینی

پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران

b.nakhoda@abrii.ac.ir

### چکیده

در سال ۲۰۵۰ میلادی جمعیت جهان از ۹ میلیارد نفر فراتر خواهد رفت. سازمان خواروبار جهانی پیش بینی کرده است که تولید غذا باید تا آن هنگام حداقل ۷۰ درصد افزایش یابد تا تعداد گرسنگان در همین سطح امروز باقی بماند. فقر و گرسنگی و سوء تغذیه ریشه بسیاری از بیماری‌ها و همچنین معضلات فرهنگی و نابسامانی‌های اجتماعی در جوامع بشری است. دسترسی به غذای کافی و سالم، آب آشامیدنی سالم و هوای پاک از بدیهی‌ترین حقوق همه انسان‌ها و تولید و تامین این نیازها برای شهروندان، وظیفه ذاتی همه دولت‌هاست. از طرفی حفظ محیط زیست در کنار فعالیت‌های تولیدی کشاورزی و صنعتی از اهمیت فراوانی برخوردار است. متأسفانه در جوامع انسانی این هدف‌ها در بسیاری از موارد با هم در تضاد قرار می‌گیرند. برای مثال استفاده از سموم و کودهای شیمیایی برای افزایش تولید محصولات کشاورزی، خطرهای فراوانی را متوجه سلامت انسان‌ها و محیط زیست می‌کند. آلودگی خاک و آب‌های سطحی و زیرزمینی در نتیجه مصرف بدون ملاحظه این مواد و باقیمانده سموم در غذای روزمره ما تهدید بزرگی برای زندگی بر روی این کره خاکی است. خوشبختانه استفاده از فناوری زیستی یا بیوتکنولوژی و به‌ویژه مهندسی ژنتیک، با بهره‌گیری از پیشرفته‌ترین دستاوردهای انسانی در حوزه زیست شناسی سلولی و مولکولی و با الهام از طبیعت این تضاد را به حداقل می‌رساند. در این مقاله تلاش کرده‌ایم تا با تاکید بر اهمیت توسعه پایدار برای حفظ سلامت انسان، محیط زیست و نسل‌های آینده و بر شمردن خطرهایی که آن را تهدید می‌کند، به اهمیت نقش بیوتکنولوژی مدرن و مهندسی ژنتیک در حفظ محیط زیست، حفظ و بهره‌برداری پایدار از منابع در راستای دستیابی به توسعه پایدار پردازیم.

**واژه‌های کلیدی:** بیوتکنولوژی، مهندسی ژنتیک، توسعه پایدار، محیط زیست.

## تعریف زیست فناوری<sup>۱</sup>

گسترده‌گی و تنوع کاربردهای زیست فناوری، تعریفی واحد برای آن را کمی مشکل ساخته است. به طور کلی زیست فناوری را می‌توان مترادف مهندسی ژنتیک و علم استفاده از موجودات زنده یا عوامل زیستی (میکروارگانیسم‌ها، یاخته‌های گیاهی و جانوری و آنزیم‌ها و...) برای تولید کالا و خدمات در کشاورزی، صنایع غذایی، دارویی، پزشکی و سایر صنایع تعریف کرد. اما آنچه ما امروزه به عنوان زیست فناوری مدرن از آن یاد می‌کنیم در واقع استفاده از فناوری دی.ان.ای نو ترکیب در تولید انواع میکروارگانیسم‌ها و یا گیاهان با صفات برتر نسبت به ارقام زراعی معمول و با ارزش افزوده بیشتر نسبت به آنها است.

## توسعه پایدار

در سال ۱۹۹۲ در «کنفرانس زمین» توسعه پایدار به عنوان رفع نیازهای نسل حاضر بدون مصالحه با نسل‌های آینده درباره نیازهای آنها تعریف شد. منظور از توسعه پایدار تولید همگام و همراه با طبیعت و با دیدگاه دوستدار

و سازگار با محیط زیست و با کمترین اثرهای سو و یا تهدید برای اکوسیستم‌های طبیعی و نسل‌های آینده است. واژه توسعه پایدار بعد از کنفرانس ریو در سال ۱۹۹۲ در محافل علمی فراگیر شد (۱).

توسعه پایدار استفاده از منابع، هدایت سرمایه‌گذاری‌ها و سمت‌گیری توسعه فناوری را به گونه‌ای تغییر می‌دهد که با نیازهای حال و آینده سازگار باشد و به پنج نیاز اساسی شامل تلفیق حفاظت و توسعه، تامین نیازهای اولیه زیستی انسان، دستیابی به عدالت اجتماعی، خودمختاری و تنوع فرهنگی و حفظ یگانگی اکولوژیک پاسخ گوید. توسعه پایدار توسعه‌ای است که نیازهای فعلی خود را بدون خدشه به توانایی نسل آینده برآورد ساخته و نیازهای خود را پاسخ گوید. بدین ترتیب حق هر نسل در برخورداری از همان مقدار سرمایه طبیعی که در اختیار دیگر نسل‌ها قرار داشته، به رسمیت شناخته شده و استفاده از سرمایه طبیعی در حد بهره آن مجاز شمرده می‌شود. در چنین وضعیتی مطلوبیت و امکانات موجود در طول زمان کاهش نمی‌یابد و به توانایی اکوسیستم‌ها برای تداوم کارکرد در آینده نامحدود مربوط می‌شود بدون آنکه به

<sup>۱</sup> Biotechnology

به‌ویژه حفظ گونه‌ها باید به‌عنوان جز لاینفک حفظ سلامت محیط زیست انسانی و عنصر حیاتی در بهبود وضعیت اقتصادی کلیه جوامع در نظر گرفته شود (۲). با این توجیه هر تهدیدی که گونه‌ها را در معرض خطر نابودی قرار دهد، تهدیدی برای کل بشریت خواهد بود. به‌طور کلی توسعه پایدار با مفهوم سنتی توسعه که در اصل بر محور رشد اقتصادی متمرکز شده است، تفاوت‌های اساسی دارد. توسعه پایدار از حدود اقتصادی صرف فراتر رفته و عوامل اجتماعی شامل تغذیه، بهداشت، شرایط زندگی و تمامی ابعاد فرهنگی و معنوی فردی مانند خلاقیت، کیفیت زندگی و حقوق اولیه را در بر می‌گیرد. توسعه پایدار زمینه‌های مختلفی را مورد توجه قرار می‌دهد: اثر گازهای گلخانه‌ای، تغییرات آب و هوایی، تخریب لایه ازن، تخریب زمین، کاهش منابع غیر تجدیدپذیر، آلودگی هوای شهرها و ...

#### **اهمیت زیست فناوری در اسناد بالادستی نظام و توسعه اقتصادی کشور**

زیست فناوری مدرن بدون هیچ تردیدی نقش اساسی در توسعه اقتصادی کشورهای جهان ایفا کرده است. با توجه به ارزش افزوده

تحلیل منابع و یا فشار بیش از حد بر منابع منجر شود. این مفهوم تلاش می‌کند تا به نحو روشن‌تری نتایج آینده رفتارهای کنونی را مورد توجه قرار دهد. بنابراین توسعه پایدار درک درست از تعامل، در نظام به هم پیوسته فرایندهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی و شامل توسعه‌ای همه‌جانبه در کلیه بخش‌ها است، که در عین انجام کلیه فعالیت‌ها، کمترین آسیب زیست محیطی به منابع مورد استفاده وارد شود. به‌عنوان مثال یکی از نتایج برجسته کنفرانس ریو، کنوانسیون تنوع زیستی بود. این کنوانسیون بین‌المللی از کلیه اعضا می‌خواهد که در حفظ تنوع زیستی و بهره‌برداری پایدار و غیر مخاطره‌آمیز از آن و همچنین مشارکت عادلانه در منافع حاصل از استفاده از تنوع زیستی با هم همکاری کنند (۲). این اهداف عوامل کلیدی توسعه پایدار هستند. بر اساس آمار سازمان‌های جهانی، زندگی ۱/۲ میلیارد نفر از فقیرترین مردم جهان به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم به منابع طبیعی و وحشی وابسته است. به‌عنوان مثال بر اساس آمار بانک جهانی بیش از دو میلیارد نفر در جهان به طب سنتی و گیاهان دارویی متکی هستند. بنابراین حفظ تنوع زیستی و

و مزیت نسبی بالای محصولات و فرآورده‌های حاصل از زیست‌فناوری، به پشتوانه این فناوری کشورهایی مانند فیلیپین، هندوستان و پاکستان با کشت محصولاتی مانند ذرت و پنبه تراریخته از واردکننده این محصولات به صادرکننده تبدیل شده‌اند. کشورهایمانند کوبا و آرژانتین با سرمایه‌گذاری روی تولید داروهای نو ترکیب و گیاهان تراریخته، علاوه بر تولید میلیون‌ها فرصت شغلی در داخل کشور، با صادرات این محصولات رشد اقتصادی خیره‌کننده‌ای را در سال‌های اخیر کسب کرده‌اند. به‌عنوان مثال کوبا از طریق ایجاد شرکت هربر و راه‌اندازی خط تولید داروهای نو ترکیب، در سال ۱۹۹۸ حدود ۲۹۰ میلیون دلار واکسن هپاتیت B و دیگر محصولات دارویی را به ۳۴ کشور دنیا صادر کرد. این شرکت هم‌اکنون در ۵۰ کشور دنیا نمایندگی دارد.

به واسطه این مزیت‌ها، کشت محصولات تراریخته در جهان در سال ۲۰۱۳ رکوردی تاریخی از خود به جای گذاشت و با رشدی بیش از ۱۰۰ برابری نسبت به سال ۱۹۹۵ از ۱/۷ میلیون هکتار به بیش از ۱۷۵ میلیون هکتار در ۲۸ کشور دنیا رسید (۳). این سرعت

رشد حیرت‌انگیز سطح زیر کشت محصولات تراریخته، زیست‌فناوری و مهندسی ژنتیک را به‌عنوان سریع‌ترین فناوری مورد پذیرش در تاریخ کشاورزی مدرن تبدیل کرده است (۳). این توسعه سریع سطح زیر کشت به وضوح حکایت از موفقیت محصولات تراریخته در عرصه مزارع و شرایط طبیعی زارعین داشته و در عین حال نشان‌دهنده استقبال وسیع کشاورزان از این محصولات است. آخرین گزارش سرویس بین‌المللی دستیابی به و استفاده از زیست‌فناوری<sup>۲</sup> (ISAAA) در مورد محصولات تراریخته به نقل از سایت مرکز اطلاعات بیوتکنولوژی ایران<sup>۳</sup> حاکی از آن است که در سال ۲۰۱۳ رکورد ۱۸ میلیون کشاورز کشت‌کننده محصولات تراریخته ثبت شده است که نسبت به سال ۲۰۱۲، افزایش ۰/۷ میلیونی را نشان می‌دهد (۳). نکته قابل توجه این است که بیش از ۹۰ درصد و یا بیش از ۱۶/۵ میلیون نفر از آنان، کشاورزان خرده‌پای فقیر از کشورهای در حال توسعه بوده‌اند. این کشاورزان در اجتناب از شرایط خطر تبحر دارند و بهره‌وری را از طریق کشت

<sup>۲</sup> International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications

<sup>۳</sup> Iran Biotechnology Information Center (IRBIC), www.irbic.ir

## "ناخدا و زین العابدینی، زیست فناوری برای توسعه پایدار"

گرسنگی از طریق کمک به بیش از ۱۶/۵ میلیون کشاورز خرده‌پا و بیش از ۶۵ میلیون خانواده‌های تحت پوشش این کشاورزان که جزو فقیرترین مردم جهان محسوب می‌شوند. همان‌گونه که پیش‌بینی می‌شد اولین ذرت تراریخته مقاوم به خشکی با موفقیت به بازار عرضه شد و در سال ۲۰۱۳ توسط ۲۰۰۰ کشاورز آمریکایی در ۵۰ هزار هکتار کشت شد. پیش‌بینی می‌شود برنج طلایی و برنج تراریخته مقاوم به آفات نیز قبل از سال ۲۰۱۵ تجاری شوند. این موضوع موجب بهره‌مندی بیش از یک میلیارد نفر که تنها در آسیا به نوعی دست‌اندرکار کشت و کار و تولید برنج هستند، خواهد شد. با توجه به آمار و ارقام فوق‌درمی‌یابیم که زیست‌فناوری نقش مهمی را در پایداری تولید و کاهش اثرهای تغییرات آب و هوایی ایفا کرده است (۳). بنابر این محصولات تراریخته می‌توانند از طریق افزایش بهره‌وری زراعی، سهم به‌سزایی در نیل به اهداف هزاره یعنی کاهش تعداد فقرا، حفظ تنوع زیستی و توسعه پایدار داشته باشند (۲).

در بعد حفاظت از گونه‌های با ارزش و در معرض خطر گیاهی و جانوری نیز

بیشتر در زمین‌های خود (محدود کردن کشت محصولات زراعی به همان زمین‌های مزروعی موجود و در نتیجه حفظ جنگل‌ها و تنوع زیستی) بهبود می‌بخشند. در سال ۲۰۱۳ حدود ۷/۵ میلیون کشاورز خرده‌پا در چین و ۷/۳ میلیون کشاورز دیگر در هند کشت تقریبی ۱۵ میلیون هکتار پنبه تراریخته مقاوم به آفات را به دلیل مزایای قابل توجه این محصول انتخاب کردند. در سال ۲۰۱۳ تقریباً ۴۰۰ هزار کشاورز خرده‌پا در فیلیپین از مزایای ذرت تراریخته استفاده کردند (۳). در طی شانزده سال از ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۲ میلادی محصولات تراریخته از راه‌های زیر به امنیت غذایی، تولید پایدار و کاهش اثرهای سوناشی از تغییرات اقلیمی کمک کرده‌اند: افزایش تولیدات زراعی به ارزش ۱۱۶/۹ میلیارد دلار؛ تامین محیط زیست بهتر از طریق کاهش مصرف ۴۹۷ میلیون کیلوگرم ماده مؤثر حشره‌کش‌های شیمیایی؛ کاهش تولید ۲۶/۷ میلیارد کیلوگرم گازکربنیک تنها در سال ۲۰۱۲ که معادل حذف حدود ۱۱/۸ میلیون اتومبیل از جاده‌هاست؛ حفظ تنوع زیستی از طریق صرفه‌جویی در کشت ۱۲۳ میلیون هکتار زمین از ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۲ و کمک به رفع فقر و

زیست‌فناوری از پتانسیل بسیار بالایی برخوردار است. یکی از مثال‌های بارز در این زمینه تلاش پژوهشگران محیط زیست کشورمان برای حفاظت نسل یوزپلنگ ایرانی، لاله واژگون و سوسن چلچراغ از خطر انقراض و همچنین تلاش برای احیا و باززایی نسل ببر مازندران با استفاده از روش‌های نوین مهندسی ژنتیک است. در این زمینه از روش‌های کلونینگ و رشد سلول‌های سوماتیک و تولید سلول‌های بنیادین می‌توان نام برد.

جالب توجه آن‌که برخی مسایل علمی و آرزوهای بشر که تا همین چند سال پیش در حد داستان‌های علمی تخیلی غیر واقعی و دست نیافتنی به نظر می‌رسیدند، اکنون با پیشرفت‌های شگرف در عرصه علوم ژنتیک و زیست‌شناسی سلولی مولکولی بسیار دست‌یافتنی شده‌اند. از جمله به احیا نسل ببر تاسمانی و ماموت‌های سیبری می‌توان اشاره کرد. از نمونه‌های بارز دیگری در عالم گیاهی که هم‌اکنون پژوهشگران بسیاری درگیر پروژه‌های بین‌المللی آن هستند می‌توان از تلاش برای تولید گیاه برنج با مسیر فتوسنتزی چهارکربنه در کنسرسیونم برنج چهار کربنه

(C4 Rice Consortium) در موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج در فیلیپین و همچنین تلاش برای افزایش پتانسیل عملکرد گندم از طریق دستکاری ژنتیک آنزیم فتوسنتزی روبیسکو برای افزایش میل ترکیبی آن با گاز کربنیک و کاهش تنفس نوری در مگا پروژه گندم (Global Wheat Program) در موسسه بین‌المللی تحقیقات ذرت و گندم (سیمیت) در مکزیک نام برد (۲). نتایج این پژوهش‌ها می‌تواند با افزایش کارایی گیاهان در بهره‌وری بهینه از منابع تولید از جمله آب، مواد غذایی و نور خورشید، تولید جهانی غذا را متحول کند.

بنابر آخرین گزارش ارائه شده در مجله معتبر علمی ساینس دانشمندان به تازگی موفق به ساخت اولین کروموزوم مصنوعی و انتقال موفقیت‌آمیز آن به مخمر شده‌اند که این خود انقلابی در علم ژنتیک مولکولی محسوب شده و می‌تواند عالم صنعت و پزشکی را متحول کند (۴). کروموزوم ساخته شده تمام عملکردهای کروموزوم طبیعی را دارد. این پروژه گسترده‌ترین تغییر کروموزومی است که تاکنون انجام شده است و نقطه عطف آن، یکپارچه‌سازی کروموزوم در یک سلول مخمر

### تهدیدها و خطرهای توسعه پایدار

- به طور کلی مهم ترین تهدیدها و خطرهای توسعه پایدار را می توان به شرح زیر برشمرد.
- بهره برداری بی رویه از منابع طبیعی و سایر نهاده های تولید.
  - مصرف بی رویه سموم و کودهای شیمیایی و آلودگی محیط زیست و تهدید سلامت انسان ها.
  - تهدید و نابودی تنوع زیستی.
  - تخریب جنگل ها و زیستگاه های طبیعی.
  - ضایعات محصولات کشاورزی و مواد غذایی و تولید انبوه زباله.

### نقش و اهمیت فناوری های نوین و

#### زیست فناوری در دستیابی به توسعه پایدار

آنچه امروزه ملاک تمایز کشورهای توسعه یافته و پیشرفته از کشورهای توسعه نیافته یا عقب مانده محسوب می شود، میزان بهره گیری آنها از فناوری در ابعاد مختلف توسعه، به خصوص توسعه فناوری است. توسعه در شرایط فعلی جهان، بدون دستیابی به فناوری پیشرفته امکان پذیر نیست. تفاوتی که امروز بین جهان در حال توسعه و جهان توسعه یافته وجود دارد براساس سرمایه، حجم تجارت،

زنده است. این پروژه گام مهمی در ساخت ژنوم کامل مخمر مصنوعی محسوب می شود و مهم ترین کاربرد آن در ژن تراپی و صنعت داروسازی، به ویژه داروی ضد مالاریا است. یکی دیگر از مهم ترین کاربردهای این روش، بهینه سازی حیوانات و محصولات کشاورزی تراریخته و تولید سوخت زیستی است (۴).

با توجه به توانمندی های زیست فناوری و مهندسی ژنتیک، توجه ویژه به این فناوری به صراحت مورد تاکید مقام معظم رهبری قرار گرفته و منجر به تدوین و ابلاغ سند زیست فناوری جمهوری اسلامی ایران شد.

خوشبختانه ایران از جنبه پژوهشی در حوزه مهندسی ژنتیک و ایمنی زیستی جایگاه برتری را در بین کشورهای جهان سوم و در بین کشورهای منطقه دارا است. امید است در آینده ای نه چندان دور با تولید ملی و کشت و بهره برداری از محصولات تراریخته داخلی، علاوه بر جلوگیری از واردات بی رویه محصولات غذایی، کود و سموم شیمیایی خطرناک، علاوه بر صرفه جویی کلان ارزی و اشتغال زایی، مردم کشورمان از غذایی سالم تر، و جسمی سالم تر برخوردار شوند.

منابع طبیعی و حتی تجهیزات صنعتی نیست، بلکه معیار اصلی تفاوت بین دنیای پیشرفته صنعتی و جهان غیر صنعتی، فناوری و به‌ویژه فناوری پیشرفته است. مهم‌ترین دلیل این امر هم این است که ارزش افزوده و قدرت رقابت در حوزه فناوری‌های پیشرفته به مراتب از فناوری‌های غیرپیشرفته بالاتر است. در فناوری‌های غیرپیشرفته و پایین دست آنقدر رقابت شدید است که محصولات و خدمات و فرآورده‌های تولیدی از ارزش افزوده چندانی برخوردار نیستند. این مسأله را شاید بتوان به رقابت در بازار کار تشبیه کرد، بدین صورت که در سطوح پایین‌تر طبقات اجتماعی و تحصیلات متوسطه رقابت برای کار به دلیل تعداد زیاد متقاضیان به مراتب شدیدتر و درآمد به مراتب کمتر از سطوح بالای تحصیلات تکمیلی و دارندگان درجه دکتری است. در حوزه فناوری هم وضعیت به همین صورت است، محصولاتی که از فناوری‌های پیشرفته در تولید آن‌ها استفاده شده باشد به مراتب گران‌تر از کالاهای غیر فناورانه در بازار به فروش می‌رسند و مشتریان بیشتری دارند. این ارزش افزوده بالا باعث سرمایه‌گذاری کلان کشورهای پیشرفته در حوزه پژوهش و

توسعه فناوری‌های پیشرفته در کشورهای صنعتی پیشرفته شده است که در همین راستا تولید علم نیز در این کشورها به مراتب بالاتر است؛ ولی قطعاً هدف نهایی آن‌ها تولید علم و مقاله نیست و آنچه اهمیت و ارزش سرمایه‌گذاری دارد، قابلیت تبدیل این علم به ثروت از طریق تولید فناوری و تولید محصولات فناورانه و تسخیر بازارهای جهانی است. بدین ترتیب کشورهایمانند سوئیس بدون بهره‌مندی از منابع غنی و سرمایه‌های طبیعی، تنها با رشد فناوری خود توانسته‌اند به قدرت اقتصادی در دنیا تبدیل شوند.

یکی از این فناوری‌های پیشرفته، زیست‌فناوری است که به مدد پیشرفت‌های چشم‌گیر در حوزه زیست‌شناسی سلولی و مولکولی توانمندی‌های فراوانی را برای تولید محصولات متنوع در دسترس بشر قرار داده است. با توجه به روند رو به رشد افزایش جمعیت، تأمین مواد غذایی برای این جمعیت فزاینده بسیار حایز اهمیت است و این امر باید از طریق کشاورزی پایدار رخ دهد. یکی از ابزارهای کاربردی جهت رسیدن به توسعه پایدار در کشاورزی، استفاده از فناوری‌های نوین به خصوص زیست‌فناوری در کشاورزی



جمله مثال‌های کاربردی این حوزه علمی است. از سال ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۴ در خلال یک دوره ۸ ساله، ۲۰۵۳ آزمایش مزرعه‌ای منجر به معرفی گیاهان تراریخته به اکوسیستم‌های طبیعی در سرتاسر کره زمین شده است (۵).

امروزه در اصلاح نباتات روش‌های مهندسی ژنتیک به سرعت جایگزین روش‌های قدیمی و متداول اصلاح نباتات سنتی شده و به ابزار اصلی در برنامه‌های اصلاحی و بهبود گیاهان تبدیل شده‌اند. یکی از ویژگی‌های مهم محصولات تراریخته دارا بودن بیش از یک صفت بهبود یافته است که با روش‌های سنتی اصلاح نباتات بسیار وقت گیر و پیچیده است. توجه به این نکته هم بسیار مهم است که با پیشرفت علوم ژنتیک و زیست‌شناسی سلولی و مولکولی امکان انتقال ژن‌های سودمند از سایر موجودات و میکروارگانیسم‌ها به گیاهان و موجودات هدف به راحتی امکان پذیر شده که در اصلاح نباتات سنتی به هیچ وجه مقدور نیست. به طوری که امروزه انجام تلاقی‌های دور بین گیاهان گونه‌های مختلف برای انتقال صفات مفید به گونه‌های زراعی به راحتی امکان پذیر شده است.

به عنوان مثال برنج طلایی با قابلیت تولید

است. زیست فناوری در حوزه کشاورزی به انسان این توانایی را داده است تا با الهام از طبیعت و بهره‌گیری از موجودات زنده، هم بر بسیاری از مشکلات تولید در بخش کشاورزی مانند آفات و بیماری‌ها و تنش‌های غیر زیستی مانند شوری و خشکی فایز آید؛ هم کیفیت محصول را بهبود بخشد و کمبود عناصر غذایی مهم مانند آهن، روی و ویتامین‌ها را جبران کند و هم به حفظ طبیعت و محیط زیست از شر سموم و کودهای شیمیایی خطرناک کمک کرده، موجب حفظ و افزایش تنوع زیستی و کاهش ضایعات کشاورزی شود و در عین حال سلامت انسان‌ها را نیز تامین و تضمین کند. تولید انواع واریته‌های گیاهی پرمحصول مقاوم در برابر آفات و بیماری‌های گیاهی و علف‌های هرز، بدون نیاز و یا با مصرف بسیار کم‌تر سموم شیمیایی (که بسیاری از آنها دارای دوز کشنده بالایی بوده و تا سال‌ها در طبیعت باقی می‌مانند)، تولید گیاهان با خاصیت کودپذیری بهتر و قدرت تولید بالاتر عناصر غذایی مهم مورد نیاز انسان، و تولید محصولات غذایی با قابلیت انبارمانی بالا به کمک ابزار و فناوری‌های پیشرفته ژنتیک مولکولی و مهندسی ژنتیک از

پیش ماده ویتامین A می تواند سالیانه جان ۵۰۰۰۰۰۰ کودک را در سرتاسر جهان از خطر کوری ناشی از کمبود این ویتامین حیاتی نجات دهد. تولید و تجاری سازی گوجه فرنگی با عمر انبارمانی بالا، خسارت و میزان ضایعات پس از برداشت این محصول را در حد چشم گیری کاهش داده است.

زیست فناوری در عین حال در سایر حوزه های علمی مانند پزشکی و داروسازی، محیط زیست و صنعت و معدن از جایگاه ویژه ای برخوردار بوده و دارای کاربردهای فراوان و ارزش افزوده چشم گیری است.

### حل مشکل زباله های شهری

امروزه شاید کمتر کسی باشد که از مضرات بی شمار زباله های شهری، صنعتی و بیمارستانی بر محیط زیست و اثرهای مخرب و حتی غیرقابل برگشت آنها بر تنوع زیستی، تخریب جنگل ها و نابودی گونه های گیاهی و جانوری و حتی میکروارگانیزم های مفید بی اطلاع باشد. هر چند معطل زباله های پلاستیکی تا حدود زیادی به کمک زیست فناوری و با جایگزینی و استفاده از پلاستیک های زیست تخریب پذیر به جای

پلاستیک های معمولی مشتق از ترکیبات نفتی قابل حل به نظر برسد ولی خطر زباله های تولید شده در مناطق شهری و صنعتی کماکان به قوت خود باقی و با توسعه این جوامع، به طور روز افزون در حال افزایش است. به مدد زیست فناوری و با مهندسی ژنتیک، میکروارگانیزم های مفید و حتی با دستکاری ژنتیک میکروارگانیزم های مضر برای سلامت انسان و محیط زیست، دانشمندان موفق به تولید سویه هایی از میکروارگانیزم ها شده اند که قادرند زباله های تولید شده در شهرها و مناطق صنعتی را به مواد زیست تخریب پذیر و مفید برای طبیعت تبدیل کنند و از آنها فرآورده ها و تولیدات جانبی سودمندی برای طبیعت و انسان نیز استحصال کنند.

### تولید سوخت های زیستی

شاید بسیاری از مردم مطالبی در مورد تولید بیوگاز و متانول از پسماندهای غذایی و کشاورزی شنیده باشند. این عرصه نیز توسط زیست فناوری و مهندسی ژنتیک متحول گشته و زیست فناوری با دست ورزی ژنتیک ژن های باکتری های عامل تولید ترکیبات سوختی، کارایی آنها را برای تولید سوخت نسبت به

### جمع بندی

بهره‌برداری بهینه و مناسب و سازگار با طبیعت از منابع طبیعی، محیط زیست، آب و خاک و سایر نهاده‌ها برای تولید پایدار شرط لازم و ضروری برای ادامه بقا انسان و سایر موجودات بر روی این کره خاکی است. هر اقدام انسان که به نوعی محیط زیست را با تهدید مواجه سازد، تهدیدی علیه سلامت و بقا نسل انسان بر روی زمین است. بنابراین بشر باید تمامی تلاش خود را در راه حفظ محیط زیست و رفع خطرهای آن در راستای توسعه پایدار و حفظ منابع برای نسل‌های آینده به کار ببندد. در این میان زیست فناوری مدرن و مهندسی ژنتیک به‌عنوان ابزاری کارآمد می‌تواند به انسان برای تولید پایدار و رسیدن به اهداف هزاره در جهت توسعه پایدار کمک فراوانی کند.

سویه‌های متداول به مراتب بهبود بخشیده‌اند. استفاده از سویه‌های تراریخته باکتری‌ها برای تولید سوخت و کودهای زیستی از زیاله و پسماندهای کشاورزی نه تنها به سلامت و حفظ محیط زیست در راستای توسعه پایدار کمک می‌کند بلکه برای کشاورزان نیز دارای ارزش افزوده فراوانی است که به اقتصاد روستایی و معیشت خانوارهای روستایی کمک شایان توجهی می‌کند. با توجه به اتمام سوخت‌های فسیلی در آینده‌ای نزدیک و از طرف دیگر آلودگی‌زایی این قبیل سوخت‌های متداول، یافتن راهکارهای جدیدی به‌عنوان سوخت‌های جایگزین و تجدیدپذیر می‌تواند برای کشور بسیار حیاتی و استراتژیک باشد. در ابعاد جهانی نیز در سال‌های اخیر سوخت‌های تجدیدپذیر جایگاه ویژه‌ای در سیاست‌گذاری‌های انرژی و اشتغال کشورهای مختلف پیدا کرده است.

## References

## منابع مورد استفاده

۱. ضرابی، اصغر و مهری اذانی (۱۳۸۰)، توسعه پایدار در جهان صنعتی و در حال توسعه، تهران، مجله رشد آموزش جغرافیا، شماره ۵۹.
۲. مهرشاد زین العابدینی، بابک ناخدا، پرستو مجیدیان، نیر اعظم خوش خلق سیما و سید الیاس مرتضوی (۱۳۹۰) تنوع زیستی، مهندسی ژنتیک و توسعه پایدار. مجله ایمنی زیستی. دوره چهارم، شماره اول، پاییز ۹۰.
۳. قره‌یاضی، بهزاد و نغمه عبیری (۱۳۹۲) خلاصه‌ای از وضعیت جهانی محصولات تراریخته در انتهای سال ۲۰۱۳. ترجمه. نویسنده. کلایو جیمز، انتشارات سرویس بین‌المللی دستیابی به و استفاده از بیوتکنولوژی، ۲۰۱۳.
4. Annaluru Narayana et al. (2014) Total Synthesis of a Functional Designer Eukaryotic Chromosome. Published Online March 27 2014. Science DOI: 10.1126/science.1249252
5. Krattiger, A. F. and Rosemarin, A. (1994) Biosafety for sustainable agriculture: sharing biotechnology regulatory experiences of the Western Hemisphere. Stockholm Environment Institute.