

# بیوتکنولوژی در کشاورزی

دکتر عباس سعیدی

رئیس بخش تحقیقات غلات مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر - وزارت کشاورزی

## مقدمه

با استفاده از بیوتکنولوژی و انتقال ژنهایی که پروتئینهای ویروسی را کد (رمزدار) می‌کنند، گیاهان نسبت به بیماریهای ویروسی مقاوم می‌شوند. مکانیزم مقاومت نسبت به ویروس کاملاً شناخته شده نیست، اما تحقیقات در این زمینه همچنان ادامه دارد. آینده تجاری این امر فقط به گیاهان مناطق خاصی که بیماریهای ویروسی در آنجا وجود دارد محدود نمی‌شود، بلکه گیاهانی مانند گندم و حتی کاساوا<sup>۱</sup> در مناطق گرمسیری را نیز شامل می‌شود.

صفتی همچون مقاومت به بیماری یا آفات، ارزش گیاه را افزایش می‌دهد. مطالعات وسیعی با هدف تغییر صفات گیاهان در حال بررسی است که هدف آن بالابردن تولید یا کاهش هزینه‌های کشاورزان است. این صفات برای رفع نیازهای صنایع تبدیلی غذا و مصرف‌کنندگان سودمند است. گیاهان تغییر یافته جدید واجد صفاتی هستند که کمیت غذایی، کیفیت تبدیلی و میل مصرف‌کنندگی آنها را مطلوبتر می‌کند. برای نمونه، نوعی گوجه‌فرنگی که از طریق مهندسی ژنتیک توسط شرکت کالژن<sup>۲</sup> تولید شده، دارای ژنی است که در فرایند رسیدن دخالت می‌کند. این اصلاح نژاد ژنتیکی مدت زمان نرم‌شدن گوجه‌فرنگی را طولانیتر می‌کند. در آینده، ممکن است فراورده‌های دیگری که مبتنی بر درک عمیقتر مکانیزم مولکولی باشد، تولید شود. برای نمونه، کمیت غذایی ذرت را می‌توان از طریق بالابردن مقدار آمینواسیدها (لایسین و متایونین) در بذر بهبود بخشید. پژوهش برای تولید قهوه با کافئین کمتر، آغاز شده است. همچنین تحقیقات برای تولید دانه‌های روغنی با مقدار روغن بالاتر، درصد تغییر یافته در اسیدهای چرب برای بالابردن خاصیت غذایی و بالابردن زمان انبارداری ادامه دارد. ژنهایی که رنگهای گل را کنترل می‌کنند و تنوع گیاهان زینتی را افزایش می‌دهند، در حال بررسی است. بعضی از این ویژگیها به روش به‌نژادی به طریق سنتی تغییر می‌یابند، ولی بیوتکنولوژی می‌تواند بازدهی تغییرات و توسعه محدود تغییرات احتمالی را بالاتر ببرد.

## تعریف بیوتکنولوژی

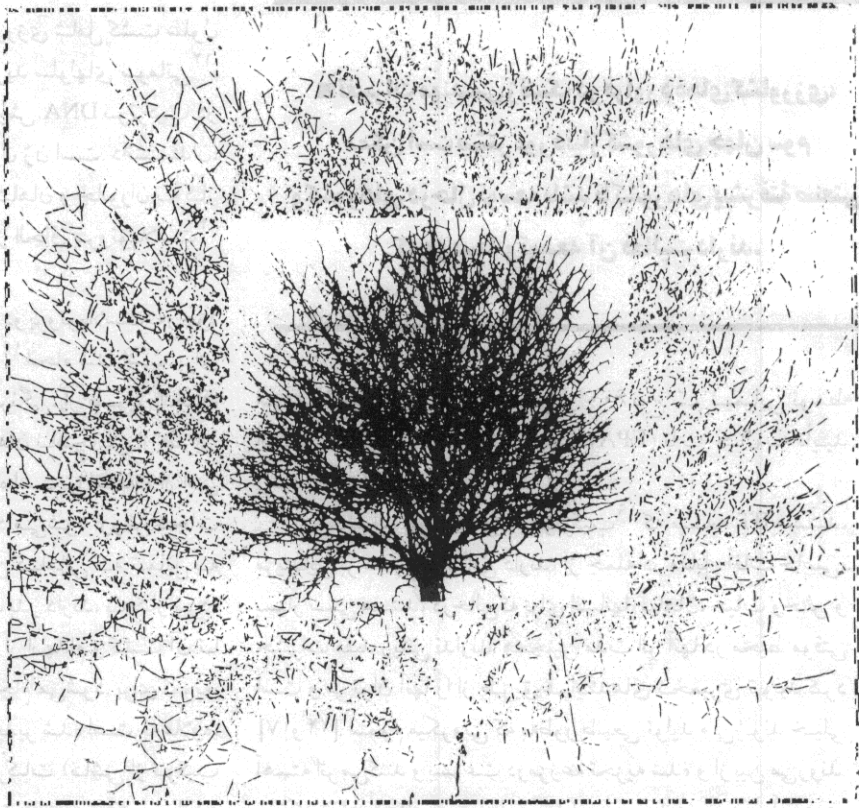
مقاله حاضر، تحت عنوان «بیوتکنولوژی در کشاورزی»، از سلسله مقالاتی است که پیرامون پیشرفتهای بیوتکنولوژی در کشاورزی در فصلنامه بیوتکنولوژی به نگارش درخواهد آمد. در شماره‌های آینده این فصلنامه، سیاستهای اتخاذ شده این تکنولوژی در کشاورزی و تجربه کشورهای موفق ارائه می‌شود. بیوتکنولوژی از جمله کلماتی است که تعریف ثابت و مشخصی برای اوجود ندارد، بلکه هر کشوری با توجه به وضعیت این تکنولوژی در کشورش تعریف

خاص و در نهایت اولویت‌بندی ویژه‌ای را در این راستا انتخاب کرده است.<sup>۳</sup> لیکن با توجه به به‌کارگیری این واژه در این مقاله، به‌طور خلاصه تعریف «دفتر بررسی تکنولوژی»<sup>۴</sup> آمریکا ارائه می‌کنیم. دفتر بررسیهای بیوتکنولوژی آمریکا دو تعریف برای بیوتکنولوژی ارائه داده است؛ (۱) هر روشی که در آن از ارگانیزمهای موجود زنده و یا قسمتی از آنها برای تولید، تغییر فرآورده‌ها، بهینه‌سازی گیاهان یا حیوانات و تولید میکروارگانیزمها استفاده شده باشد، بیوتکنولوژی نامیده می‌شود. این تعریف، روشهای جدید، مانند DNA نو ترکیب و همچنین روشهای قدیم، مانند تخمیر را در بر می‌گیرد؛ (۲) «بیوتکنولوژی نوین» که در آن استفاده صنعتی از DNA و دیگر فرایندهای زیستی بابت بهره‌گیری از پروتئین و یا DNA نو ترکیب و ادغام سلولها برای تولید، مطرح است. در این مقاله، کلمه «بیوتکنولوژی» بیشتر بر اساس تعریف دوم به‌کار گرفته شده است [۵].

بیوتکنولوژی به‌عنوان یکی از جدیدترین فن‌آوریهای که باعث افزایش تولیدات کشاورزی در دهه‌های اخیر شده، مطرح است. برای نمونه، در آمریکا، از سال ۱۹۸۴، استفاده وسیع از کودها، سموم و واریته‌های پرمحصول غلات، تولید سالانه را به میزان ۲ درصد در هکتار افزایش داده است. استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی سبب کاهش شدید استفاده از نیروی انسانی شده است. از سال ۱۹۴۰، در آمریکا، استفاده از نیروی انسانی ۷۵ درصد کاهش یافته، در حالی که تولید در هر هکتار دوبرابر شده است. کاهش نیروی انسانی مورد نیاز برای تولید بیشتر فرآورده‌ها، این امکان را به‌وجود آورد، که قطعات مزارع تا سه برابر رشد کند، در حالی که تعداد مزارع کمتر شده است و سطح زیر کشت، در ۳۴۰ میلیون هکتار ثابت مانده است [۶، ۹].

اهداف پژوهشهای کشاورزی آمریکا، تا حدود ۱۰ سال پیش، تولید حداکثر بود (کمیت تولید در هر هکتار). کشاورزان آمریکایی برای رقابت با تولیدکنندگان کشورهای در حال توسعه (جایی که زمین و کارگر ارزان است)، اقدام به تولید فرآورده‌هایی با کیفیت بهتر کرده‌اند. امروزه، به ایجاد و توسعه تکنولوژیهایی که هزینه تولیدات کشاورزی را کاهش می‌دهد و فرآورده‌های جدید با ارزش افزوده بیشتر را تولید می‌کند، توجه خاصی می‌شود [۲۳]. به‌کارگیری بیوتکنولوژی نوین در کشاورزی، نویددهنده این حرکت است و از جمله کاربردهای آن می‌توان موارد زیر را نام برد:

۱- کاربرد بیوتکنولوژی در کشاورزی موجب افزایش تولید می‌شود. نمونه‌هایی از این تأثیر، تولید فرآورده‌های جدید دامی و خشکی و ... و یا تولید مثل برای به‌دست آوردن گاوهایی با شیردهی بیشتر است؛



■ بیوتکنولوژی به عنوان یکی از جدیدترین فن آوریهای که باعث افزایش تولیدات کشاورزی در دهه اخیر شده، مطرح است.

■ ژاین بالاترین تولید آمینواسیدها و فراورده‌های غذایی تخمیر شده در جهان را داراست.

معنوی<sup>۴</sup> و درک عمومی جامعه دارد.

### کاربردهای بیوتکنولوژی در کشاورزی

بیوتکنولوژی کاربردهای امیدوارکننده بسیاری دارد، اما نه یک راه حل عمومی و نه جایگزینی برای روشهای موجود است، بلکه یک روش کمکی برای حل مشکلات کشاورزی است. برای نمونه، می‌توان با گزینش نسل بهتر<sup>۹</sup>، یا از طریق تزریق هورمون (تولیدشده به روش بیوتکنولوژی)، گوشت کم چربی تولید کرد. همچنین می‌توان حیوانات تغییر ژن یافته<sup>۱۰</sup> با چربی کمتر تولید کرد. بدین سان، می‌توان گیاهان جدیدی را از طریق تلاقی برگشتی، روشهای کشت سلول، یا از طریق روشهای مهندسی ژنتیک به وجود آورد. مهندسی ژنتیک، دامنه صفات جدیدی که می‌تواند (شامل صفاتی از گونه‌های دیگر گیاهان) به یک گیاه منتقل شود، را وسعت بخشد، در نهایت بهترین روش، مجموعه‌ای از روشهای بیوتکنولوژی است.

روشها و مواد تشخیصی در دامداری و داروهای دامی که به تازگی وارد بازار شده است، جزو نخستین فراورده‌های دردست تولید است. همچنین نخستین «آفت‌کش بیولوژیکی»<sup>۱۱</sup> به تأیید قانونی رسیده است. گیاهان تغییر ژن یافته در حال حاضر مرحله آزمایشی خود را در مزرعه می‌گذرانند و تا چند سال آینده وارد بازار خواهند شد. حیوانات تغییر ژن یافته برای استفاده آزمایشگاهی به تولید رسیده است. بیوتکنولوژی، تا پایان این قرن، آمادگی لازم برای ایجاد دامهای تغییر ژن یافته برای تغذیه را خواهد داشت [۵].

۲- به‌کارگیری بیوتکنولوژی در کشاورزی، موجب کاهش هزینه‌های کشاورزی می‌شود، مانند ایجاد گیاهان مقاوم به آفات که استفاده از آفت‌کشهای شیمیایی را به حداقل کاهش می‌دهد؛

۳- به‌کارگیری این تکنولوژی، امکان بالقوه برای تولید غذاهایی با کیفیت بالا، فراورده‌های با ارزش افزوده بیشتر و متناسب با انتظارات مصرف‌کننده و صنایع تبدیلی غذایی<sup>۵</sup> به وجود آورده است. گوشتهای کم چربی، بذرها و روغن با مقدار چربی تغییر یافته یا سبزیهایی با انبارگی طولانیتر، نمونه‌هایی از این امکانات هستند؛

۴- امید می‌رود که بیوتکنولوژی با ارائه گیاهان مقاوم به آفات و امثال آن، روشهایی را برای مقابله و کنترل علفها و آفات در اختیار قرار دهد که برای محیط زیست زیانی نداشته باشد.

شرکتهای کوچک و بزرگ، در صورتی در تحقیق و توسعه بیوتکنولوژی سرمایه‌گذاری می‌کنند که سود حاصل از تولید فراورده‌های تجاری آنها تأمین شود. عواملی که سودآوری این فراورده‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند، عبارت هستند از: تقاضای بازار و سرعت پذیرش این گونه فراورده‌ها از جانب مصرف‌کنندگان، پتانسیل برای فروش دوباره<sup>۶</sup>، وجود قوانین دست و پاگیر و امکان مخالفت عمومی مردم<sup>۷</sup> [۵].

امروزه، در سرتاسر جهان، به‌ویژه در کشورهای توسعه یافته، کاربردهای بیوتکنولوژی در کشاورزی در حال ارزیابی است. جو موجود برای توسعه بیوتکنولوژی کشاورزی در کشورهای مختلف، متفاوت است و به‌ویژه بستگی به تفاوت در قوانین، حقوق مالکیت

## کاربرد در کشاورزی گیاهی

روشهای جدید بیوتکنولوژی در علم کشاورزی شامل کشت سلول و پروتوپلاست گیاه، تولیدمثل گیاهی، هیبرید سلولهای سوماتی<sup>۱۲</sup>، دستکاری و انتقال جنین<sup>۱۳</sup>، استفاده از روش DNA نوترکیب در شناسایی، تعیین ماهیت، انتقال و کنترل ژن است. دانشمندان، بسیاری از این روشها را برای بهینه سازی گیاهان و جانوران به کار برده اند. برای نمونه، بیش از ۴۰ نوع گیاه از الحاق پروتوپلاست<sup>۱۴</sup> تولید شده است.

هیبریدهای سوماتی که به روش الحاق دو پروتوپلاست به وجود می آیند، در بیش از ۳۰ گونه<sup>۱۵</sup> و ۱۲ جنس<sup>۱۶</sup> انجام شده است. برای نمونه، هیبرید سیب زمینی و گوجه فرنگی، از طریق الحاق پروتوپلاست تولید شده است. تزویج گیاهان نامتجانس از طریق هیبرید سلولهای سوماتیک امکان پذیر شده است. با استفاده از این روش، ترکیبات ژنتیکی جدیدی ایجاد می شود. روش نجات جنین<sup>۱۷</sup> برای جلوگیری از انهدام جنین گیاهانی که تمایل به از بین رفتن، پیش از رسیدن یا پیش از رشد بذر دارند، به کار برده می شود. امروزه نجات دانه در حال رشد از انهدام و کشت آن تا رسیدن به یک گیاه کامل، در آزمایشگاه انجام می شود. برای نمونه، هیبرید ذرت با گندم، یا ذرت با جو امکان پذیر شده است. به علاوه، از این روش برای حفظ جنین هیبرید مرکبات (ناشی از ترکیب ژنتیکی) از انهدام، استفاده می شود. از کشت بافت و تکثیر سلولی برای تولید سیب زمینی عاری از ویروس و بیماری، در سطح تجاری استفاده می شود.

در زمینه ژنتیک مولکولی، با استفاده از روشهای مهندسی ژنتیک در کشاورزی، چندین کشف قابل توجه صورت گرفته است. بیوتکنولوژی، روشهای جدید بهینه سازی گیاهان به طور مقرون به صرفه و از طرق مختلف را امکان پذیر ساخته است، برای نمونه؛ افزایش مقاومت در مقابل حشرات و بیماریها، راههای جدید مبارزه با علفهای هرز، مقاومت بیشتر در مقابل فشارهای جوی و محیطی از جمله خشکسالی، سرما، نمک و مواد سمی مثل آلومینیم، استفاده بهتر از مواد مغذی مثل نیتروژن، بهبود کیفی فراورده ها از طریق ایجاد تغییراتی در ویژگیهای موادی مثل اسیدهای چرب، اسیدهای امینه، طعم و مزه و قابلیت حفظ کیفیت به هنگام ذخیره سازی و بهبود در چگونگی متابولیسم گیاهی مثل استفاده از نیتروژن، فتوسنتز، تولید گل و دانه و تقسیم مواد غذایی بین ساقه و دانه [۲].

### الف - کنترل حشرات و بیماریها

آفت کشهای بیولوژیکی، اولین فراورده های حاصل از کاربرد بیوتکنولوژی در کشاورزی هستند که تجاری شده اند. از اوایل سال ۱۹۶۰ تاکنون، بسیاری از آفت کشهای بیولوژیکی که بر اساس نقش یک باکتری به نام باسیلوس تورنزیین سیس<sup>۱۸</sup> (BT) عمل می کنند، مورد استفاده بوده اند [۱۷]. اما آفت کشهای بیولوژیکی، بخش کوچکی از بازار جهانی سموم را که تحت تسلط سموم شیمیایی

## تغییرات مهندسی ژنتیک در فراورده های کشاورزی،

ممکن است بیشتر مورد نیاز کشورهای جهان سوم

و کشورهای در حال توسعه باشد تا کشورهای پیشرفته صنعتی

که در بسط و توسعه آن فعالیت دارند.

است، تشکیل می دهند [۲۸]. بیش از ۶۰۰ نوع سم شیمیایی توسط انجمن حفاظت محیط زیست امریکا (EPA) تا به حال به تأیید رسیده است.

آفت کشهای بیولوژیکی غیرنوترکیب<sup>۱۹</sup> که مشابه BT هستند، مزیهایی بر سموم شیمیایی دارند، از جمله در مقابل آفات خاصی، بسیار سمی هستند، درحالی که برای انسانها، گیاهان، حیات وحش و حشرات مفید زیانی ندارند. همچنین مدت اثر آنها در محیط موقتی است و می توان آنها را از طریق فرایندهای تخمیری تولید کرد [۱۷ و ۱۴]. سموم میکروبی که به طور طبیعی تولید می شوند خیلی آهسته اثر می کنند و بسرعت در مزرعه تجزیه شده و از بین می روند. بیوتکنولوژی امکان بررسی این نقاط ضعف را به وجود می آورد. در نهایت، از طریق مهندسی ژنتیک چند نوع پروتئین در یک میکروارگانیسم تولید می شود و طیف اثر آن وسعت می یابد. ژن کدکننده این اثرات را می توان به گونه ای تغییر داد که مقدار بیشتری از این سموم با بازدهی بیشتری بر علیه آفات تولید شود [۱۴]. به علاوه، می توان فرمول سموم را طوری تهیه کرد که تأثیر آنها در محیط زیست طولانیتر شود. برای نمونه، دو شرکت آمریکایی به نامهای مایکروژن و کروپ ژنتیکس اینترنشنال<sup>۲۰</sup> در حال بررسی روشهای جدید انتقال<sup>۲۱</sup> هستند. شرکت مایکروژن بر روی تولید یک سری از سموم محافظ سبزیها، تحقیق می کند. پژوهشگران مایکروژن، ژن مربوط به سم BT را در باکتری دیگری وارد کردند تا سم بیشتری تولید کند. باکتری پس از تولید سم، از بین می رود، ولی دیواره سلول تثبیت می شود [۲۷]. بدین سان، ذره ای به جای می ماند که حاوی سم بلوری با پوشش محافظ و بادوام است. باکتریهای کشته شده را روی گیاهان اسپری می کنند. آفتهای حساس، هنگام تغذیه از این گیاهان کشته می شوند. هر چند باکتریهای مرده به اندازه باکتریهای زنده پایدار نیستند. اما استفاده از باکتریهای مرده روند تأیید قانونی را راحت تر و سریعتر می کند.

کرم آگروتیس (شب پره زمستانی)<sup>۲۲</sup> یکی از حشرات آسیب رساننده به غلات است که معمولاً به وسیله حشره کشها با آن مبارزه می شود. باکتری BT، پروتئینی تولید می کند که کشنده حشره فوق است، ولی این باکتری معمولاً با گیاه، همزیستی ندارد. اما ژن این پروتئین به نوعی باکتری موجود در خاک به نام پسدوموناس فلونورسنس<sup>۲۳</sup> انتقال داده شده است. این باکتری با ریشه غلات و

## ■ بیوتکنولوژی برای کشاورزی کم‌خرج، که لازمه

### کشورهای جهان سوم است،

بسیار مناسب و مطلوب است. در نهایت، مصرف کود،

مواد شیمیایی و علف‌کشها بسیار کاهش خواهد یافت.

حبوبات نیستند، زیرا باعث نابودی محصول نیز می‌شوند [۲].  
ژن مورد هدف گلیفوسیت در باکتری سالمونلاتیفی موریوم<sup>۲۹</sup>  
نیز وجود دارد. با استفاده از جهش‌زایی<sup>۳۰</sup> و رشد این باکتری، ژن  
مقاوم به گلیفوسیت تهیه شده است. این ژن مقاوم، در نوعی باکتری  
به نام اشیریشیا کولی<sup>۳۱</sup> تکثیر یافته و سپس وارد DNA  
آکروباکتریوم<sup>۳۲</sup> شده است. با انتقال این ژن، وارپته‌های جدیدی از  
ذرت، پنبه و تنباکوی مقاوم به علف‌کش تولید شده‌اند. تاکنون این ژن  
مقاوم، به گوجه‌فرنگی، سویا، پنبه، تنباکو، درختان صنوبر، تبریزی و  
سپیدار انتقال داده شده است<sup>۳۳</sup> [۲].

### ج - مقاومت در مقابل تنشهای محیطی

حدود ۸۰ درصد اختلاف، بین مقدار محصول به‌دست آمده و آنچه  
مورد انتظار است، ناشی از تنشهای محیطی مثل خشکسالی، گرما،  
سرما، اوزون موجود در اتمسفر، نمک و مواد کانی سمی موجود در  
خاک، وجود دارد. بیوتکنولوژی و اصلاح نباتات به روش سنتی، هر  
دو سعی در مقاوم کردن گیاهان نسبت به تنشهای محیطی دارند.

سیب‌زمینی و توت‌فرنگی مقاوم در مقابل یخبندان از طریق  
مهندسی ژنتیکی به‌دست آمده‌اند. بدین ترتیب که بین  
میکروارگانیزمهای تغییر ژن یافته و گیاهان مورد نظر، فعل و انفعالات  
داخلی صورت می‌گیرد. نوعی باکتری به نام پسودوموناس  
سیرنگه<sup>۳۴</sup> به‌طور طبیعی روی سطح گیاهان، به‌ویژه برگ و میوه آنها،  
وجود دارد. بیشتر انواع این باکتری، پروتئینی تولید می‌کنند که در دمای  
کمی بالاتر از صفر درجه اطراف آن بلورهای یخ ایجاد می‌شود. این  
بلورها باعث پاره‌شدن سلولهای گیاهی شده، صدمات ناشی از  
یخبندان ایجاد می‌کند. حذف ژن مربوط به این پروتئین در این  
باکتریها و پاشیدن این باکتریهای تغییر ژن یافته<sup>۳۵</sup> به سطح گیاه باعث  
می‌شود که بلورهای یخ در دماهای پایینتر ایجاد شود. استفاده از این  
روش در مورد سیب‌زمینی و توت‌فرنگی موفقیت‌آمیز بوده است.

### د- تثبیت نیتروژن<sup>۳۶</sup>

میکروارگانیزمهای مفید دیگری مانند باکتریهایی که نیتروژن  
بیشتری تولید می‌کنند در مرحله آزمایشهای مزرعه‌ای هستند. این  
باکتریها داخل گره‌کهای<sup>۳۷</sup> تثبیت‌کننده نیتروژن روی ریشه گیاهان تیره  
نخود و لوبیا زندگی می‌کنند. باکتریها، نیتروژن موجود در هوا را به  
نیتروژن قابل جذب برای استفاده گیاهان تبدیل می‌کنند. پژوهشها برای  
به‌دست آوردن سویه<sup>۳۸</sup> آبی از باکتریهاست که نیتروژن بیشتری تولید  
کند و بتواند با باکتریهای درون خاک در گره‌ک ریشه مقابله کند.

### ه - نشانگرهای مولکولی

دانشمندان از بیوتکنولوژی به‌عنوان وسیله‌ای در پژوهشهای بنیادی  
روی رشد و تکامل گیاهان استفاده می‌کنند. روشهای واکنش  
زنجیره‌ای پلیمرز «PCR»<sup>۳۹</sup> و چندشکلی در قطعات حاصل از  
هضم آنزیمی «RFLP»<sup>۴۰</sup>، امیدواری خاصی در تسریع به‌نژادی به  
روش سنتی نشان می‌دهد و در نهایت به‌نژادی، صفاتی را که

لوبیای سویا همزیستی دارد و وارد کردن این باکتری با ژن انتقالی  
فوق به خاک محل کشت غلات، حشره فوق را کنترل کرده و  
صدمات ناشی از آن را کاهش می‌دهد.

شرکت CGI، روش دیگری برای استفاده از سموم BT را  
بررسی کرده است. CGI از میکروارگانیزمهایی که اندوفیت<sup>۲۴</sup> نام  
دارند، استفاده می‌کند. اندوفیتها داخل دستگاه آوندی گیاهان تکثیر و  
زندگی می‌کنند. پژوهشگران CGI، یک ژن برای سم BT را در ژنوم  
یک اندوفیت وارد و سپس آن را به بذر تلقیح کردند. هنگامی که  
دانه‌ها کاشته شدند، اندوفیتها در درون گیاهان تکثیر شدند. این  
شرکت، ذرت و برنجی را که دارای اندوفیت با ژن BT است، در  
مزرعه آزمایش کرده است. این ژن، ذرت و برنج را در مقابل «کرم  
ساقه‌خوار ذرت»<sup>۲۵</sup> و «کرم ساقه‌خوار برنج»<sup>۲۶</sup> محافظت می‌کند. نتیجه  
این آزمایشها نشان می‌دهد که اندوفیت نه در خارج از گیاه زنده  
می‌ماند و نه به گیاهان تلقیح نشده هم‌جوار منتقل می‌شود. شرکت  
CGI با انعقاد قراردادی با چهار کمپانی بذر، موافقت کرده است که  
اندوفیتها را به فرآورده‌های بذری وارد کند. این شرکت انتظار دارد که  
این تکنولوژی را به گیاهان مهم دیگر نیز تعمیم دهد [۲۸].

آفت‌کشهای بیولوژیکی میکروبی در بازار با سموم شیمیایی و  
در نهایت با گیاهان مقاوم به آفت که ژن BT وارد ژنوم آنها شده  
است، رقابت خواهند کرد. از نکات مثبت آفت‌کشهای بیولوژیکی  
اینکه، آنها می‌توانند به‌گونه‌ای گسترده بر روی وارپته‌های زیادی  
مورد استفاده قرار گیرند، بدون آنکه نیازی به برنامه‌های طولانی  
به‌نژادی برای تولید گیاهان تغییر ژن یافته باشد. از سوی دیگر، هم  
گیاهان دارای اندوفیت و هم گیاهانی که تغییر ژن یافته‌اند در مقابل  
آفات مقاوم هستند و نیازی به اسپری کردن آنها نیست. سازمان  
محیط‌زیست امریکا (EPA) در سال ۱۹۹۱، دو نوع از سموم  
زیستی‌نوترکیب شرکت مایکوژن را تأیید کرد [۵].

### ب - کنترل علفهای هرز

اولین گیاه مقرون به صرفه به‌دست آمده از طریق مهندسی ژنتیک، در  
سال ۱۹۸۵ میلادی تولید شد. یکی از مهمترین مواد کشنده علفهای  
هرز، گلیفوسیت<sup>۲۷</sup> است که در علف‌کش رونداب<sup>۲۸</sup> موجود است.  
این ماده، فعالیت آنزیم خاصی را در بسیاری از گیاهان کم می‌کند، به  
همین دلیل بسیاری از علف‌کشها قابل به‌کارگیری در مزارع کشت

تحت کنترل چند ژن<sup>۴۱</sup> هستند، آسانتر می‌کند. یک نشانگر RFLP یا یک قطعه DNA نشاندار می‌تواند به عنوان وسیله‌ای برای شناخت وراثت بخش خاصی از ژنوم که نشانگر در آنجا قرار دارد، مورد استفاده قرار گیرد. این روش می‌تواند به عنوان یک راهنما برای انتخاب گیاهانی که دارای ویژگیهای خاص ژنتیکی هستند، مورد استفاده قرار گیرد.

یک نمونه خوب استفاده از آنالیز RFLP برای به‌نژادی از طریق تلاقی برگشتی<sup>۴۳</sup> است. طبق روال سنتی، یک گیاه واجد یک ویژگی دلخواه با یک رقم استاندارد هیبرید می‌شود. هدف از این هیبریداسیون انتقال ویژگی دلخواه به رقم استاندارد است. در روش تلاقی برگشتی، نسل حاصل از این هیبرید که دارای ویژگی مورد دلخواه باشد، مجدداً با گیاه رقم استاندارد (والد برگشتی) هیبرید می‌شود. پس از چند نسل، گیاهانی به دست خواهند آمد که تقریباً شبیه به رقم استاندارد خواهد بود، با این تفاوت که دارای ویژگی دلخواه نیز هستند. نشانگرهای RFLP قادرند نسلی را که این ویژگی مورد نظر را به ارث برده و شبیه رقم استاندارد است، مشخص می‌کنند. برای نمونه، گروهی با استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری تخمین زده‌اند که این تفکیک می‌تواند در به‌نژادی گوجه‌فرنگی مورد استفاده قرار گیرد. با استفاده از این روش، تعداد دفعات هیبریداسیون از شش به سه کاهش خواهد یافت<sup>۴۴</sup>

### و- کشت سلولی

سلولهای گیاهی رشد یافته در محیط کشت می‌توانند تأمین‌کننده مواد ارزشمندی باشند. در حال حاضر، این مواد از گیاهان کامل استخراج می‌شوند. برای نمونه، وانیل معمولاً از بذر گیاه وانیل به دست می‌آید. استخراج وانیل از سلولهای گیاهی کشت شده می‌تواند ارزانتر از روشهای سنتی تمام شود [۸ و ۲۶]. همچنین می‌توان گیاهان جدیدی از سلولهای گیاهی کشت شده به دست آورد. برخلاف سلولهای حیوانی، با کشت بعضی سلولهای گیاهی در محیط حاوی مواد غذایی کافی و هورمون، ساقه و ریشه تشکیل می‌شود و سلولها به ارگانیزمهای مستقل مبدل می‌شوند. گیاهان به دست آمده از سلولهای کشت شده، ممکن است به علت جهش، دارای صفات تغییر یافته باشند. این گیاهان جدید را می‌توان از لحاظ صفات مورد نظر، آزمایش کرد. برای نمونه، شرکت فرش ورد<sup>۴۵</sup>، که از ادغام دو شرکت دوپونت و دی. ان. ا. پلانت تکنولوژی<sup>۴۶</sup> تشکیل شده است، در حال فروش هویج و کرفس ثردتر و شیرینتر است. این هویج و کرفس از طریق سلولهای کشت شده به دست آمده‌اند. کمپانی DPT با استفاده از روشهای مشابه در حال به دست آوردن نوعی گوجه‌فرنگی است که مقدار مواد جامد آن بیشتر باشد. این فرآورده برای کمپانیهای تبدیل‌کننده مواد غذایی سودمند است. در ژاپن، وارپته‌ای از برنج دیررس با همین روش، در یک قرارداد مشترک بین شرکت‌های میتسوبیشی و میتسوبیشی کمیکال ایندستریز<sup>۴۷</sup> به دست آمد. وارپته‌ای از برنج ساقه کوتاه نیز توسط شرکت میتسوبیشی تاتسو کمیکال<sup>۴۸</sup> تولید شد [۱۳]. همچنین از این

روش برای تولید گیاهانی همچون سیب‌زمینی عاری از ویروس و یا بیماری استفاده می‌شود.

### کاربردهای بیوتکنولوژی در تبدیل غذایی

هرچند بیوتکنولوژی در صنایع تبدیل غذایی کاربردهای متفاوتی دارد، اما بیشترین کاربرد فعلی آن کاهش هزینه است. با استفاده از بیوتکنولوژی می‌توان تولید فرآورده‌های فعلی را که با روش تخمیر تولید می‌شوند، بهبود بخشید. برای نمونه، می‌توان از ویتامینها و آمینواسیدهای نام برد که از آنها به عنوان ماده افزودنی در غذا و خوراک دامی استفاده می‌شود. همچنین، بیوتکنولوژی می‌تواند برای تولید آنزیمهای تبدیلی غذایی به کار رود. یک آنزیم غذایی به نام کیموزن<sup>۴۹</sup> که در پنیرسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد، در گذشته از شکم گوساله به دست می‌آمد و به عنوان جزئی از یک ترکیب به نام رنت<sup>۵۱</sup> فروخته می‌شده، رنت تهیه شده کیفیتهای متفاوتی داشت و کمبود آن باعث افزایش قیمت در چند سال گذشته شده بود. پژوهشگران شرکت پلایزر<sup>۵۱</sup>، ژن کلکننده کیموزین را به باکتری انتقال دادند. این باکتری تغییر ژن یافته را می‌توان در شبکه‌های بزرگ مخمر، رشد داد تا کیموزین به مقدار زیاد تولید شود. این آنزیم برای استفاده غذایی توسط FDA<sup>۵۲</sup> آمریکا در سال ۱۹۹۰ تأیید شد. میکروارگانیزمها به طور وسیعی در نانوائی کاربرد دارند. در انگلستان، یک خمیر مایه نان تغییر یافته با روش بیوتکنولوژی، برای استفاده در آن کشور به تأیید رسیده است. میکروارگانیزمهای تولید شده توسط مهندسی ژنتیک برای تولید مواد با ارزش افزوده، جدا استخراج شده از گیاهان مورد توجه زیادی قرار دارد. از جمله این فرآورده‌ها، ویتامین، طعم، رنگ، چربی، استروئید و بیوپلیمر هستند [۲۵ و ۲۱ و ۱۲]. در ژاپن، کاربرد بیوتکنولوژی در تبدیل غذایی توجه زیادی را به خود جلب کرده است. ژاپن بالاترین تولید آمینواسیدها و فرآورده‌های غذایی تخمیر شده در جهان را داراست [۱۲].

بیوتکنولوژی در زمینه صنایع غذایی نیز می‌تواند با ارائه فرآورده‌های تغییر ژن یافته، تأثیرات مهمی در بهبود کیفیت و میزان فرآورده‌ها ایجاد کند. مثالهایی از این گونه فرآورده‌ها در جدول شماره یک آمده است. بعضی از این ویژگیها می‌توانند به روش به‌نژادی سنتی تغییر یابند، ولی بیوتکنولوژی می‌تواند بازدهی تغییرات احتمالی و توسعه محدوده آنها را افزایش دهد.

### کاربرد دامی

#### تکنولوژی زاد و تولید مثل

تکنولوژیهای تولید مثل، اثر مهمی در تولید دام دارند. در گذشته، بعضی از تکنولوژیهایی که وابسته به بیوتکنولوژی نیستند، مورد استفاده بوده‌اند. امروزه، در حرفه دامداری، تلقیح مصنوعی با استفاده از اسپرم گاوهایی که از لحاظ ژنتیکی برتر هستند، روشی متداول است. تکنولوژی جداکننده اسپرم برای تعیین نری یا مادگی از طریق تلقیح مصنوعی تاکنون به طور وسیعی مورد استفاده قرار نگرفته است. انتخاب نری یا مادگی برای گاو داران ارزشمند خواهد بود. می‌توان صفات

### گیاهان سفارش داده شده برای استفاده در صنایع غذایی [۳۱]

فرآورده	نوع تغییر	اثر روی مراحل تهیه (Processing)
گوجه فرنگی گوجه فرنگی	افزایش محتویات جامد کاهش میزان Endopolygalacturonase	کاهش هزینه نقل و انتقال، کم شدن میزان آب استخراجی در ضمن تهیه افزایش مدت نگهداری، مزه و طعم بهتر، کاهش نیاز به یخچال در حین نقل و انتقال
ذرت	افزایش میزان اسید آمینوهای خاص	افزایش کیفیت غذایی
هویج شلغم روغنی <sup>۵۳</sup>	شیرینتر و تردتر کاهش میزان اسیدهای چرب اشباع شده	افزایش مدت نگهداری افزایش کیفیت غذایی

طرف کمیته انستیتو ملی بهداشت (NIH) این کشور تأیید شد. تعدادی از انجمنهای کشاورزی به علت نگرانی از اثرات احتمالی سمی بودن هورمون BST، امکان رد آن توسط مصرف کنندگان، اثرات آن روی سلامتی دام و در نهایت تأثیرات بازدهی بیشتر تولید شیر بر روی ادامه حیات کشاورزان دامی حاشیه‌ای، با استفاده از BST مخالفت کردند. این مخالفت باعث تأخیر در استفاده از BST در کشورهای اروپائی نیز شده است [۱ و ۲۰].

هورمونهای رشد دامی برای تولید گوشت بدون چربی در دست مطالعه است. تفاوت ترکیبات بدن در حیوانات هم‌گونه<sup>۵۹</sup> بستگی به مرحله رشد حیوانات، تاریخچه تغذیه‌ای و پایه ژنتیکی آنها دارد. با دستکاری این عوامل از طریق به‌نژادی خاص، مدیریت غذایی و تزریق هورمون، می‌توان گوستهای کم چربی تولید کرد. برای نمونه، گوشت کم چربی توسط اصلاح گاوهای درشت اندام تولید شده است. همچنین نوعی هورمون رشد به نام بورسین<sup>۶۰</sup> (که از تکنیک مهندسی ژنتیک به دست آمده) می‌تواند درخوکها سرعت رشد و بازدهی غذایی را افزایش دهد و گوشت کم چربی تولید کند [۱۹].

#### حیوانات تغییر ژن یافته<sup>۶۱</sup>

روش دیگری به‌جز استفاده از هورمونهای رشد، انتقال مستقیم ژنهای هورمونی رشد به ژنومهای حیوانات است. با انتقال این ژنها، هورمون بیشتری توسط خود حیوان تأمین خواهد شد تا به وسیله تزریق توسط دامدار. مطالعات اولیه نشان داده است که انتقال ژنها به تنهایی کافی نیست، بلکه تنظیم دقیق «نمود ژن» نیز لازم است [۷]. ژنهای دیگری همچون «گیرنده سلولی هورمون استروژن انسانی»<sup>۶۲</sup> و عامل رشد، شبیه انسولین، با هدف رشد سریعتر حیوانات، به گاو انتقال داده شده است [۷ و ۲۰]. با این حال، انتظار نمی‌رود که تا پایان این قرن، دام تغییر ژن یافته برای مصرف غذایی مورد استفاده قرار گیرد. در زمانی نه چندان دور، حیوانات تغییر ژن یافته برای مصارف غیر کشاورزی، مانند مدل برای بیماریهای انسانی و استفاده در آزمایشهای سمیت تولید خواهند شد. برای مثال، موش تغییر ژن یافته، «هموگلوبین داسی شکل انسانی»<sup>۶۳</sup> تولید می‌کند [۲۲]. به موش دیگری که جزو نخستین حیوانات تغییر ژن یافته ثبت شده،

حیوانات ماده را که از لحاظ ژنتیکی برتر هستند، از طریق روشهای انتقال جنین تکثیر کرد. برای نمونه، گاوها بر اثر هورمون تزریق شده، چندین تخمک تولید می‌کنند که از طریق تلقیح مصنوعی بارور و سپس تخمکهای تلقیح شده به نامادری<sup>۵۴</sup> منتقل می‌شود [۲۴].

#### فرآورده‌های بهداشت دام

کاربرد بیوتکنولوژی در فرآورده‌های بهداشت دامی همانند تحقیق و توسعه در فرآورده‌های بهداشت انسانی است و این فرآورده‌ها اغلب توسط یک شرکت تولید می‌شوند. برای نمونه، پادتنهای تک‌دومانی<sup>۵۵</sup> که برای تشخیص بیماریهای انسانی مورد استفاده قرار می‌گیرند، ممکن است به ایجاد روشها و تولید موادی برای تشخیص دامی نیز منجر شوند. واکسنهای دامی جدیدتر و مطمئن تری تولید شده‌اند. در سال ۱۹۸۴، نخستین واکسن دامی از طریق مهندسی ژنتیک تولید شد. این واکسن، گوساله‌ها و بچه‌خوکها را در مقابل بیماری «اسهال نوزاد حیوانات»<sup>۵۶</sup> ایمن می‌کند. در سال ۱۹۸۷ با استفاده از روشهای مهندسی ژنتیک، نوعی واکسن «شبه هاری خوک»<sup>۵۷</sup> در امریکا تولید شد و به تأیید رسید. واکسنهای هاری دیگری در امریکا، کانادا و اروپا در حال آزمایش است [۱۰ و ۱۱ و ۱۹].

هرچند ممکن است امکانات فنی برای تولید فرآورده‌های بهداشت دامی همانند فرآورده‌های بهداشت انسانی باشد و سرمایه‌گذاری لازم روی تحقیق و توسعه در هر مورد یکسان باشند، اما سوددهی آنها یکسان نیست. برخلاف فرآورده‌های بهداشت انسانی، اتخاذ تصمیم در مورد استفاده از فرآورده‌های بهداشت دامی در نهایت یک تصمیم تجاری است.

#### هورمونهای رشد

نوعی هورمون رشد به نام «سوماتوتروپین گاو»<sup>۵۸</sup>، تحریک کننده تولید شیر در گاو است. این هورمون توسط چهار شرکت امریکائی در دست تهیه است. در سال ۱۹۸۱، سازمان غذایی و داروئی امریکا کشف کرد که شیر و گوشت گاوهایی که تحت تأثیر BST بوده‌اند، برای مصرف انسان زیان بخش نیست و این نتیجه در سال ۱۹۹۰ از

ژنهای مهم ایجادکننده سرطان داده شده است [۳۰]. حیوانات تغییرژن یافته در نهایت ممکن است برای تشخیص عامل سرطان زائی در مدت زمان کوتاهتری در مقایسه با زمان فعلی مورد استفاده قرار گیرند و مطالعه انکوژنها<sup>۶۴</sup> (عوامل مولد تومور) را تسهیل کنند. مورد استفاده دیگر غیرکشاورزی حیوانات تغییرژن یافته، ذر تولید پروتئینهای دارویی است، با انتقال ژن و تهیه پروتئین از تصفیه شیر حیوانات [۱۶].

### نتیجه گیری

از جنبه نظری، امروزه انتقال ژن از یک موجود به موجود دیگر امکان پذیر است. موارد محدودی از بیوتکنولوژی در حال حاضر تحقیق و انجام شده است، ولی پیش بینی می شود از سال ۲۰۰۰ میلادی به بعد استفاده از بیوتکنولوژی در موارد گوناگون افزایش یابد، از جمله: در برنامه تولید نسل گیاهی، که منجر به افزایش انواع گوناگون گیاهان با ویژگیهای مرغوب و مطلوب می شود. انتظار می رود که مهندسی ژنتیک مدت زمان انجام تولید نسل گیاهی (از طریق اصلاح نباتات به صورت سنتی) را کاهش دهد.

تغییرات مهندسی ژنتیک در فرآورده های کشاورزی، ممکن است بیشتر مورد نیاز کشورهای جهان سوم و کشورهای در حال توسعه باشد تا کشورهای پیشرفته صنعتی که در بسط و توسعه آن فعالیت دارند. برای نمونه، فرآورده هایی که در مقابل حشرات، بیماریها و علف کشها از طریق مهندسی مقاوم شده اند نیازی به استفاده از سموم شیمیایی ندارند. همچنین این امر موجب صرفه جویی اقتصادی و کاهش آلودگی محیط زیست می شود. به کارگیری این فرآورده ها، نیازی به وسایل و سیستمهای پیچیده و اضافی و آموزش خاص ندارد و این امر خود، بار سنگینی را از دوش این دولتها برمی دارد. بیوتکنولوژی برای کشاورزی کم خرج، که لازمه کشورهای جهان سوم است، بسیار مناسب و مطلوب است. در نهایت، مصرف کود، مواد شیمیایی و علف کشها بسیار کاهش خواهد یافت. ■

### یادداشتها

- 1- Cassava
- 2- Calgene
- ۳- تعریف بیوتکنولوژی از دیدگاههای کشورهای مختلف، موضوع مقاله ای است که در شماره آینده این فصلنامه ارائه خواهد شد.
- 4- Office of Technology Assessment (OTA).
- 5- Food Processors
- ۶- شرکتهای در صورتی سرمایه گذاری می کنند که سودآوری سرمایه گذاری آنها تضمین شده باشد. برای مثال، سرمایه گذاری بر روی واریته (مثلا گندم) تغییرژن یافته در صورتی سودآور خواهد بود که قانون اجازه فروش این فرآورده را فقط به شرکت ایجادکننده آن تا مدت زمان معینی بدهد، در غیر این صورت به خاطر خودگشش بودن گندم، کشاورز یا هر فردی می تواند با خرید مقداری از آن بذر (که نتیجه تحقیقات چندین ساله یک شرکت است) آن را تکثیر کرده به دیگر کشاورزان بفروشد و عملاً سود حاصل از فروش شرکت تولیدکننده این واریته عاید او شود. مسلماً در چنین شرایطی هیچ شرکت خصوصی حاضر به سرمایه گذاری درازمدت در زمینه بیوتکنولوژی و تولید نخواهد بود.

۷- شرکت کالژن، که تولیدکننده گوجه فرنگی تغییرژن یافته است (نوعی گوجه فرنگی که در محیط آزاد عمر درازتری دارد)، به علت عدم مقبولیت این گونه گیاهان تغییر یافته توسط انسان، طوری با مخالفت عمومی روبرو شد که به حد ورشکستگی رسید، تاجایی که ۵۰ درصد سهام خود را به تازگی به شرکت مونساتو فروخته است [۳].

- 8- Intellectual Property Protection
- 9- Selective Breeding
- 10- Transgenic Animals
- 11- Biopesticide
- 12- Somatic Hybridization
- 13- Embryo Manipulation and Transfer
- ۱۴- پروتوپلاست، سلول گیاهی بدون دیواره سلولی است. (با کشت دادن پروتوپلاست به دست آمده از یک بافت گیاهی در محیط آزمایشگاهی، گیاه مشابهی تولید می شود).
- 15- Species
- 16- Genera
- 17- Embryo Rescue
- ۱۸- Bacillus Thuringiensis (BT): نوعی باکتری که در مقابل لارو بسیاری از پروانه ها مانند پروانه بید (butterflies & moths)، نوعی پروتئین سمی تولید می کند.
- 19- Nonrecombinant
- 20- "Mycogen", "Crop Genetics International (CGI)".  
2۱- Delivery: برای به دست آوردن گیاهان تغییرژن یافته، تنها کشف توالی یا تواتر DNA کافی نیست و باید سیستمی وجود داشته باشد که ژن کشف شده به گیاه مورد نظر انتقال داده شود. در حقیقت، ژن مورد نظر نقش باری را دارد که توسط وسیله نقلیه ای (کازم، آگروباکتریوم ...) به گیاه مورد نظر انتقال داده می شود، در این فرایند تجلی و نمود ژن در میزبان نیز ضروری است.
- 22- Agrotis ipsilon (Black Cutworm)
- 23- Pseudomonas Fluoresense
- 24- Endophyte
- 25- European Corn Boter
- 26- Rice Stem Borer
- 27- Glyphosate
- 28- Roundup
- 29- Salmonella Typhimurium
- 30- Mutagenesis
- 31- Escherichia Coli
- 32- Agrobacterium
- ۳۳- یک علف کش معمولاً برای گیاه خاصی به کار می رود و نمی توان از آن برای هر گیاهی استفاده کرد. با استفاده از گیاهان تغییرژن یافته (مقاوم به علف کش) بیم آن می رود که استفاده از علف کشهای شیمیایی بیشتر شود که در نهایت محیط زیست را آلوده می کند. برای نمونه، در سال ۱۹۹۴، شرکت آگرو موفق به فروش ۲/۲ میلیارد دلار علف کش گلفوسینیت شد. این شرکت با جدا کردن ژن PAT از نوعی باکتری موجود در خاک و انتقال آن به گیاهان، موفق شد تا گیاهان را به این علف کش مقاوم کند و فقط علفها از بین بروند [۴].
- 34- Pseudomonas Sytingae
- 35- "Ice-Minus" Organism or Frostban
- 36- Nitrogen Fixation
- 37- Nodule
- 38- Strain
- 39- Polymerase Chain Reaction (PCR)
- 40- Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP)

1986).

- 13- Kagaku Kogyo Nippo, Sept. 13, 1990 P. 9.
- 14- Kim, L., "Biological Pesticides: Present and Future," Agricultural Economics & Technology, Proceedings of the Conference held at Biotech 87, London, may 1987, The World Biotech Report 1987, Vol. 1, No.4, PP. 15-20.
- 15- Mazur, B.J., and Falco, S.C., "The Development of Herbicide Resistant Crops", Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, vol. 40, 1989, PP. 441-470.
- 16- Meade, H., Gates, L., Lacy, E., et al., "Bovine Alpha1-Casein Gene Sequences Direct High Level Expression of Active Human Urokinase in Mouse Milk", Bio/Technology, vol. 8, 1990, PP. 43-446.
- 17- Meeusen, R.L., and Warren, G., "Insect Control With Genetically Engineered Crops," Annual Review of Entomology, vol. 34, 1989, PP. 373-381.
- 18- Morris, C.E., and A.E. Przybyla, eds. 1986. Biotechnology blooms, Food Engineering, July, P. 51-58.
- 19- National Academy of Sciences, Designing Foods: Animal Product Options in the Marketplace (Washington, DC: National Academy Press, 1988).
- 20- "Thumbs Down for Milk Hormone," New Scientist, vol. 127, No.1728, Aug.4, 1990, P. 25.
- 21- Rogers, P.L., and Fleet, G.H., Biotechnology and the Food Industry (New York, NY: Gordon & Breach Science Publishers, 1989).
- 22- Ryan, T.M., Townes, T.M., Reilly, M.D., et al., "Human Sickle Hemoglobin in Transgenic Mice," Science, Vol. 247, 1990, PP. 566-568.
- 23- Schneiderman, H.A., "Innovation in Agriculture," Technology and Agricultural Policy (Washington, DC: National Academy Press, 1990).
- 24- Seidel, G.E., "Geneticists in the Pasture," Technology Review, vol. 92, No. 3, 1989, PP. 43-53.
- 25- Shamel, R.E., and Chow, J.J., "Biotech's Potential Impact on the Chemical Industry," Bio. Technology, vol. 6, 1988, PP. 681-682.
- 26- Shannon, C. "Growing Vanilla Down on the Factory Farm," New Scientist, vol. 129, no.1750, Jan. 5/1991, P.24.
- 27- Thayer, A.M., "Mycogen Poised To Launch New Generation of Biopesticides," Chemical & Engineering News, vol. 68, No. 18, Apr. 30, 1990, PP.18-20.
- 28- Twombly, R., "Firms Foresee High Stakes in Emerging Biopesticide Market," The Scientist, vol.4, No. 14, July 9, 1990, P.1.
- 29- U.S. Department of Commerce, U.S. Industrial Outlook 1991 (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1991).
- 30- Van Brunt, J., "Transgenics: Primed for Research," Bio. Technology, vol. 8, 1990, PP. 725-728.
- 31- Morris and przybyla, 1989.
- 41- Multigeness
- 42- Marker
- 43- Backcrossing
- ۴۴- برای خلوص ژنتیکی، به ۶ نسل تلاقی برگشتی نیاز است.
- 45- Fresh World
- 46- Dupont & DNA Plant Technology (DPT).
- 47- Mitsubishi & Mitsubishi Chemical Industries.
- 48- Mitsui Toatsu Chemical
- 49- Chymosin
- 50- Rennet
- 51- Plizer
- ۵۲- Food and Drug Administration (FDA) سازمان نظارت بر مواد غذایی و دارویی آمریکا. 55 Fed. Reg. 10932
- 53- Rapeseed
- 54- Surrogates
- 55- Monoclonal Antibodies
- 56- Scours
- 57- Swine Pseudorabies Vaccine
- 58- Bovine Somatotropin (BST)
- 59- Species
- 60- Porcine
- 61- Transgenic Animals
- 62- Human Estrogen Receptor
- 63- Human Sickle Cell Hemoglobin
- 64- Oncogenes

#### مراجع

- 1- "Bad Moos", The Economist, Vol. 316, No. 7667, Aug. 11, 1990, PP. 66-70.
- 2- Baumgardt, B.R and M.A. Martin. 1991. Agricultural Biotechnology - Issues and Choices. Purduc univ. Agri. Exp. Station, West Lafayette, Indiana.
- 3- Biotechnology News. 1995 Vol. 15, No.17.
- 4- Biotechnology and Development Monitor. 1995. No.23, June, PP 21-22.
- 5- Biotechnology in a global economy. 1991. Congress of the United States Office of Technology Assessment (OTA).
- 6- Duvick, D.N., "Plant Breeding: Past Achievements and Expectations for the Future", Economic Botany, Vol. 40, 1986, PP. 289-297.
- 7- Erickson, D., "Down on the Pharm," Scientific American, Vol. 263, No.2, 1990, PP. 102-103.
- 8- ESCA genetics Corp., 1990 Annual Report.
- 9- Fehr, W.R., Genetic Contributions to Yield Gains of Five Major Crop Plants (Madison, WI: Crop Science Society of America and American Society of Agronomy, 1984).
- 10- Fox, J.I., "U.S. Test Languishes, Europeans Proceeding", Bio/Technology. Vol. 8, 1990, P.495.
- 11- Gershon, D., "Better Late Than Never for Start of Tests," Nature, Vol.346, 1990. P. 785.
- 12- Harlander, S.K., and Labuza, T.P. (eds.), Biotechnology in Food Processing (Park Ridge, NJ: Noyes Publications,