

# روند تولید و کشت گیاهان تراریخت

و

## چشم اندازهای توسعه‌ای آنها

نویسندگان: سید مهدی علوی

مؤسسه تحقیقات بیوتکنولوژی کشاورزی

دکتر محمد علی ملبوبی

مرکز ملی تحقیقات مهندسی ژنتیک و تکنولوژی زیستی

### چکیده

براساس آمار موجود، اولین آزمایش مزرعه‌ای گیاهان تراریخت (*transgenic*) در سال ۱۹۸۶ انجام شد و تا سال ۱۹۹۷ در ۴۵ کشور جهان ۲۵۰۰۰ آزمایش مزرعه‌ای روی بیش از ۴۰۰۰ گیاه تراریخت از ۶۰ گونه مختلف انجام گرفته است. به رغم این واقعیت که استفاده از گیاهان تراریخت یکی از راه‌حلهای مهم در ایجاد امنیت غذایی و اقتصادی در کشورهای در حال توسعه محسوب می‌شود، آمار و اطلاعات ارائه شده حاکی از آن است که این کشورها از این فناوری کمترین بهره را برده‌اند. تاکنون بیشتر مطالعات در مورد گیاهان مهم اقتصادی مانند ذرت، کلزا، گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی، سویا، پنبه و توتون بوده است. در نتیجه انتقال ژن، صفاتی مانند مقاومت به علف‌کش، مقاومت به حشرات و ویروسها و تغییر کیفیت محصول در گیاهان تراریخت حاصل، بروز کرده است. افزایش سریع سطح زیر کشت گیاهان تراریخت از ۲/۸ میلیون هکتار در سال ۱۹۹۶ به ۲۷/۸ میلیون هکتار در سال ۱۹۹۸ (حدود ۱۰ برابر) بسیار چشمگیر بوده و مبین توفیق به‌کارگیری این فناوری جدید است. اخیراً افزایش سطح زیر کشت تا ۴۴/۲ میلیون هکتار در سال ۲۰۰۰ گزارش شده است. گیاهان تراریخت نه تنها از افت محصول (به دلیل تنشهای محیطی) جلوگیری می‌کنند، بلکه با کاهش مصرف سموم و کودهای شیمیایی در توسعه پایدار نقش به‌سزایی دارند. در این مقاله، جزئیات فعالیتهای مربوط به ایجاد و رهاسازی گیاهان تراریخت در کشورهای صنعتی و در حال توسعه و ارزیابی اقتصادی این‌گونه گیاهان بحث شده است. بدیهی است که با کمک تحلیل اطلاعات موجود و تجربیات به‌دست‌آمده در دو دهه اخیر بهتر می‌توان راه را برگزید و تصمیم گرفت.

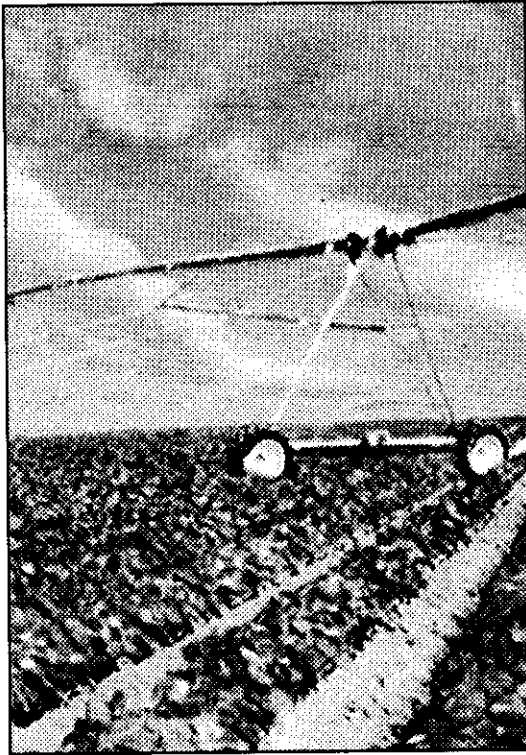
## مقدمه

در حال حاضر، جمعیت جهان به بیش از ۶ میلیارد نفر رسیده است و بنابر تخمین بیش از ۱/۳ میلیارد نفر از آنان غذای کافی ندارند<sup>۱</sup>. تقریباً ۵۰ درصد مردم فقیر دنیا در آسیا، ۲۵ درصد در آفریقا، ۱۲ درصد در امریکای لاتین و بقیه آنها در دیگر نقاط جهان به سر می‌برند. در حال حاضر، میزان رشد جمعیت در کشورهای در حال توسعه ۱/۹ درصد، در کشورهای صنعتی ۰/۱ درصد و میانگین آن در جهان برابر ۱ گزارش شده است. با در نظر گرفتن میزان رشد جمعیت در جهان، متخصصان بین‌المللی به این نتیجه رسیده‌اند که برای برآوردن نیازهای غذایی جمعیت ۱۱ میلیاردی جهان در سال ۲۰۵۰، تولید غذا باید دو تا سه برابر شود<sup>۲</sup>؛ و این در حالی است که آمار و ارقام نشان می‌دهند میزان رشد سالانه افزایش عملکرد محصولات دانه‌ای از ۲/۱ درصد طی سالهای دهه ۸۰ به یک درصد در دهه ۹۰ کاهش یافته است<sup>۳</sup>. از سوی دیگر، تنشهای غیرزیستی (حرارت، شوری و ...) و عملیات کشاورزی غیراصولی، به کاهش ۱۰ تا ۳۰ درصدی قابلیت تولید زمینهای زراعی منجر شده است. در همین حال، «فرسایش» خود به تنهایی مسبب نابودی سالیانه ۲۳ میلیارد تن خاک سطحی زمین است<sup>۳</sup>.

ناکارایی روشهای موجود و در برخی موارد نامتناسب بودن آنها، جست‌وجوی راه‌حلهای جدید را اجتناب‌ناپذیر کرده است. در دو دهه اخیر، زیست‌فناوری (بیوتکنولوژی) کشاورزی به‌ویژه در مورد گیاهان تراریخت، چشم‌اندازهای امیدوارکننده‌ای را گشوده است. رشد تصاعدی سطح زیر کشت و بازار جهانی گیاهان تراریخت و محصولات آنها بهترین گواه این مدعا هستند. از سال ۱۹۹۶ تا سال ۱۹۹۸ سطح زیر کشت از ۲/۸ میلیون هکتار به ۲۷/۸ میلیون هکتار یعنی حدود ۱۰ برابر افزایش یافته است (شکل ۱). به همین ترتیب، درآمد حاصل از فروش محصولات گیاهان تراریخت از ۷۵ میلیون دلار در سال ۱۹۹۵ به ۱/۵ میلیارد دلار در سال ۱۹۹۸ (یعنی ۲۰ برابر) افزایش یافته است (شکل ۲).

در این مقاله، وضعیت گیاهان تراریخت در هر یک از سه مقطع تولید، آزمایش مزرعه‌ای و تجاری نمودن (زیر کشت انبوه بردن) جداگانه بحث و تحلیل می‌شود. در این تحلیل سعی شده است وضعیت فعلی گیاهان تراریخت در جهان و در کشورهای در حال توسعه با هم مقایسه شود. به‌رغم آنکه مشکلات پیشگفته، بیشتر گریبانگیر کشورهای در حال توسعه است، این کشورها کمترین بهره را از گیاهان تراریخت برده‌اند؛ و این نکته‌ای است که باید بدان توجه کرد.

به هر صورت، تجارب ارزنده‌ای که تا امروز از تولید، آزمایشهای مزرعه‌ای و تجاری نمودن گیاهان تراریخت حاصل شده راهنمای خوبی برای کشورهای است که تاکنون دست به این‌گونه تحقیقات نزده‌اند. بدیهی است این تجارب کلیه بخشهای مرتبط با کشاورزی را بهره‌مند خواهد ساخت. مثلاً، دولت‌ها با سرمایه‌گذاری مؤثرتر، بخش خصوصی با اطمینان از



سرمایه‌گذاری درازمدت در امر تحقیق و توسعه، کشاورزان در مقام کاربران فناوری و بالاخره مصرف‌کنندگان از طریق کاهش تلفات پس از برداشت، از غذای بیشتر و مطمئن‌تر برخوردار می‌شوند. به علاوه به محیط زیست نیز، به سبب کاهش وابستگی به مصرف کود و سموم شیمیایی، آسیب کمتری وارد خواهد شد.

## مقایسه وضعیت گیاهان تراریخت در جهان و در کشورهای در حال توسعه

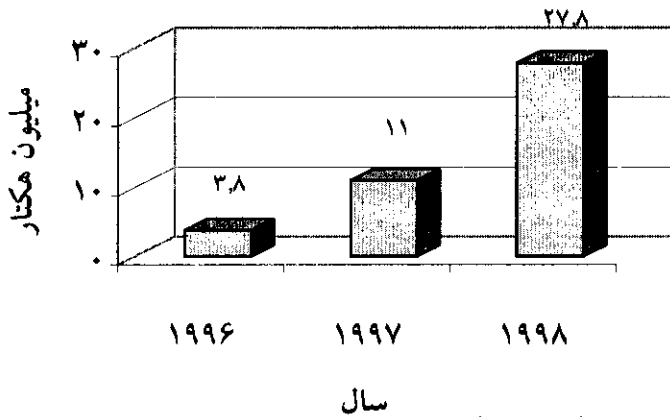
### الف. ایجاد گیاهان تراریخت

با دستیابی به روشهای مهندسی ژنتیک برای جداسازی ژنها از منابع باکتریایی، گیاهی، جانوری و ...، و همچنین یافتن روشهای انتقال ژن به گیاهان زراعی مقدمات لازم برای ایجاد گیاهان تراریخت فراهم گردید. در این میان می‌توان از انتقال ژن با واسطه آگروباکتریوم به گیاهان دولپه‌ای و یا با تفنگ ژنی (روش بیولیستیک) و ریزتزیقی به گیاهان تک‌لپه‌ای نام برد. مزیت مهم روشهای مهندسی ژنتیک، قابلیت انتقال یک یا چند ژن موردنظر از منابع حیاتی مختلف (باکتری، گیاه، جانور و ...) به گیاه به صورت دست‌ورزی شده و با خصوصیات دلخواه است.

جدول ۱. تعداد آزمایشهای مزرعه‌ای گیاهان تراریخت در دنیا، امریکا و کانادا از سال ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۷ (اقتباس از منبع ۴)

| تعداد آزمایشهای مزرعه‌ای در سالهای | امریکا | کانادا | جهان  |
|------------------------------------|--------|--------|-------|
| ۱۹۸۶-۱۹۹۵                          | ۷۳۶۸   | ۲۳۱۲   | ۱۵۰۰۰ |
| ۱۹۹۶-۱۹۹۷                          | ۶۷۸۵   | ۱۴۳۵   | ۱۰۰۰۰ |
| جمع                                | ۱۴۱۵۳  | ۳۷۴۷   | ۲۵۰۰۰ |

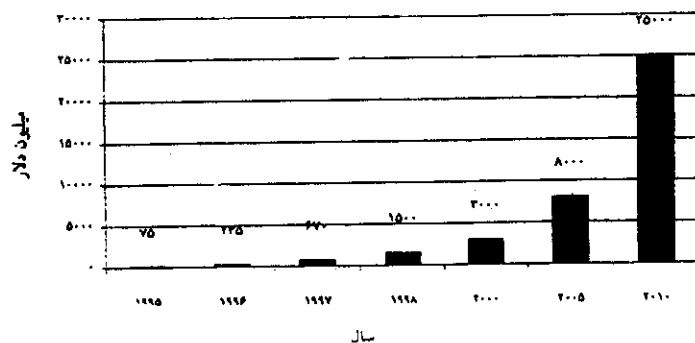
شکل ۱. رشد تصاعدی سطح زیر کشت گیاهان تراریخت در جهان



جدول ۲. سطح زیر کشت گیاهان تراریخت در کشورهای صنعتی (برحسب میلیون هکتار) در سالهای ۱۹۹۷ و ۱۹۹۸ به تفکیک نام کشورها (نقل از منبع ۵)

| کشور          | ۱۹۹۷ درصد | ۱۹۹۸ درصد | ۱۹۹۹ درصد |
|---------------|-----------|-----------|-----------|
| امریکا        | ۸/۱       | ۲۰/۵      | ۷۲        |
| آرژانتین      | ۱/۴       | ۴/۳       | ۱۷        |
| کانادا        | ۱/۳       | ۲/۸       | ۱۰        |
| استرالیا      | ۰/۱       | ۰/۱       | ۱         |
| مکزیک         | کمتر از ۱ | کمتر از ۱ | کمتر از ۱ |
| اسپانیا       | ۰         | کمتر از ۱ | کمتر از ۱ |
| فرانسه        | ۰         | کمتر از ۱ | کمتر از ۱ |
| آفریقای جنوبی | ۰         | کمتر از ۱ | ۱         |
| چین           | ۰         | کمتر از ۱ | ۰/۳       |
| کل            | ۱۱        | ۲۷/۸      | ۳۹/۹      |

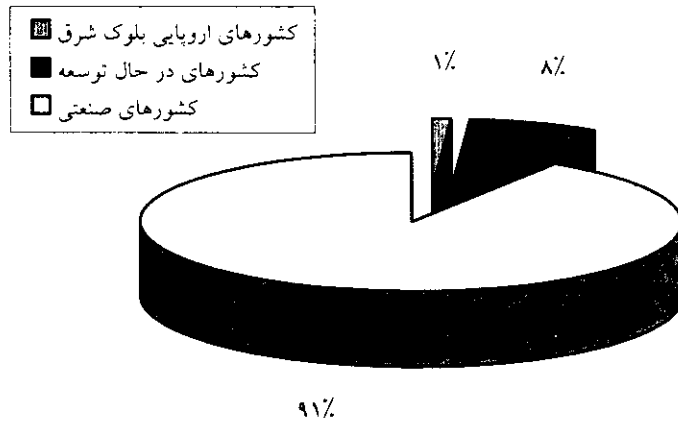
شکل ۲. رشد تصاعدی درآمد حاصل از گیاهان تراریخت



جدول ۳. دسته‌بندی صفات عمده ابرازشده در گیاهان تراریخت  
از سال ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۵ (نقل از منبع ۳)

| تعداد آزمایشهای مزرعه‌ای     | نام صفت انتقال یافته | تعداد آزمایشهای مزرعه‌ای       | نام صفت انتقال یافته   |
|------------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------|
| ۲۴۴                          | مقاومت به ویروس      | ۵۹۰                            | مقاومت به علف‌کش       |
| Alfalfa mosaic               |                      | 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid |                        |
| Cucumber mosaic              |                      | Asulam                         |                        |
| Papaya ringspot              |                      | Atrazine                       |                        |
| Plum pox                     |                      | Bromoxynil                     |                        |
| Potato leafroll              |                      | Fosametin                      |                        |
| Potato virus X               |                      |                                |                        |
| Potato virus Y               |                      | Glufosinate/Phosphinothricin   |                        |
| Rice stipe                   |                      | Glyphosate                     |                        |
| Soybean mosaic               |                      | Pyridine                       |                        |
| Sweet potato feathery mottle |                      | Sulfonylurea                   |                        |
| Tobacco etch                 |                      | ۵۷۰                            | افزایش کیفیت محصول     |
| Tobacco mosaic               |                      |                                | تأخیر در رسیدن میوه    |
| Tomato mosaic                |                      |                                | افزایش وزن خشک         |
| Watermelon mosaic 2          |                      |                                | بهبودسازی فرایند       |
| Zucchini yellow mosaic       |                      |                                | افزایش مواد جامد محلول |
| ۱۷۲                          | دیگر صفات            |                                | افزایش محصول           |

شکل ۳. درصد سهم کشورهای مختلف از تولید گیاهان تراریخت در سالهای ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۵



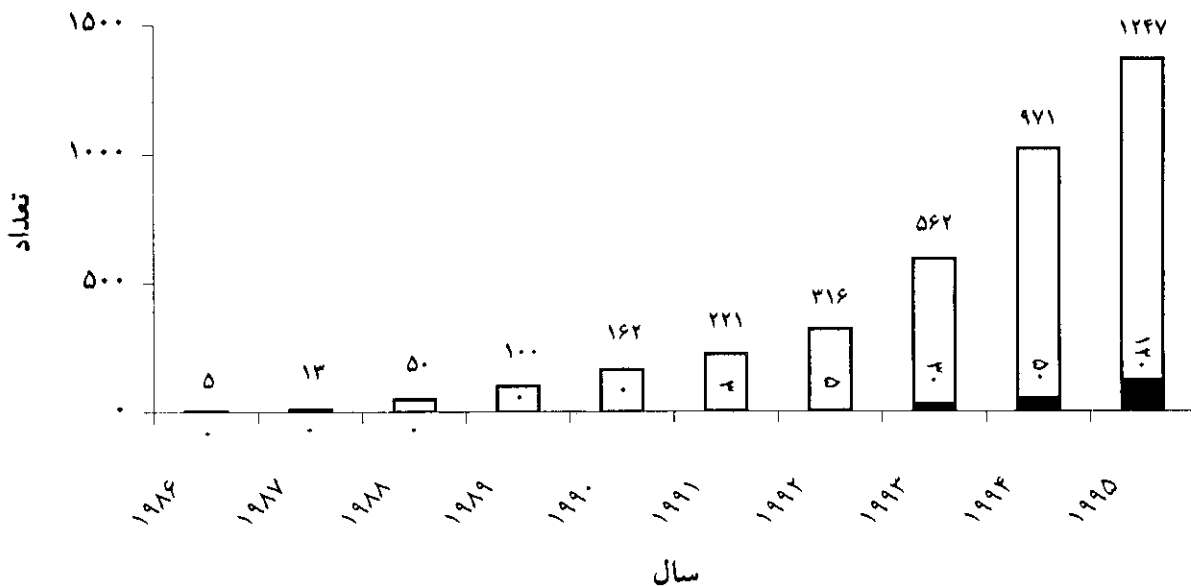
کانادا، اتحادیه اروپا و آسیا، مجموعاً ۳۳۲۰ مورد (۹۱ درصد) از تعداد کل ۳۶۴۷ گیاه تراریخت ایجادشده در دنیا را به خود اختصاص داده بودند و سهم کشورهای در حال توسعه تنها ۸ درصد بود (شکل ۳). بین کشورهای در حال توسعه، امریکای لاتین ۵ درصد، آسیا ۲ درصد، آفریقا ۱ درصد و کشورهای اروپای شرقی و روسیه نیز ۱ درصد از این میزان را به خود اختصاص داده‌اند. در بین کشورهای صنعتی امریکای شمالی، اروپا و آسیا، بخش اعظم آزمایشها (تقریباً ۷۴ درصد) در امریکا و کانادا، ۲۴ درصد در کشورهای اروپایی و کمتر از ۳ درصد در کشورهای

اولین گزارشها مربوط به سال ۱۹۸۶ است که در امریکا و فرانسه صفت مقاومت به علف‌کش (herbicide tolerance) به توتون منتقل گردید. در سال ۱۹۸۷، کشورهای بلژیک، انگلستان و شیلی نیز به جمع کشورهای ایجادکننده گیاهان تراریخت پیوستند و تا سال ۱۹۹۰ مجموعاً ۱۰ کشور دست به این‌گونه آزمایشها زدند<sup>۴،۲</sup>.

در اوایل دهه ۹۰، جمهوری خلق چین اولین توتون مقاوم به ویروس را به جهان معرفی کرد. داده‌های موجود حاکی از آن است که بین سالهای ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۵، کشورهای صنعتی امریکا،

| نام صفت انتقال یافته                           | تعداد آزمایشهای مزرعه‌ای | نام صفت انتقال یافته           | تعداد آزمایشهای مزرعه‌ای |
|--|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| تغییر میزان روغن                               |                          | تغییر میزان روغن               |                          |
| تغییر میزان phytase                            |                          | تغییر میزان پروتئین ذخیره دانه |                          |
| تغییر متابولیسم نشاسته                         |                          | تغییر متابولیسم نشاسته         |                          |
| مقاومت به جهش                                  |                          | مقاومت به جهش                  |                          |
| مقاومت به حشرات                                | ۴۹۳                      | مقاومت به حشرات                |                          |
| پروتئین ضد تغذیه                               |                          | پروتئین ضد تغذیه               |                          |
| پروتئین سمی Bt                                 |                          | پروتئین سمی Bt                 |                          |
| مقاومت به قارچ                                 |                          | مقاومت به قارچ                 |                          |
| ۶۲ ژنهای نشانگر                                |                          | ۶۲ ژنهای نشانگر                |                          |
| Acetyltransferase                              |                          | Acetyltransferase              |                          |
| Chitinase/glucanase                            |                          | Chitinase/glucanase            |                          |
| Lysozyme                                       |                          | Lysozyme                       |                          |
| Osmotin  |                          | Osmotin                        |                          |
| تولید مواد شیمیایی یا دارویی خاص:              |                          |                                |                          |
| Enkephalins                                    |                          |                                |                          |
| اسیدهای چرب                                    |                          |                                |                          |
| آلبومین سرم انسان                              |                          |                                |                          |
| قندها (مثال monomers, thermoplastic polymers)  |                          |                                |                          |
| واکسنها (مثال hepatitis, bacterial infections) |                          |                                |                          |
| - مقاومت به باکتریها Cercopin                  |                          |                                |                          |
| - مقاومت به تنشهای غیرزیستی                    |                          |                                |                          |
| Chloramphenicol                                |                          |                                |                          |
| Gentamycin                                     |                          |                                |                          |
| GUS  |                          |                                |                          |
| Cucumber mosaic                                |                          |                                |                          |
| Hygromycin                                     |                          |                                |                          |
| Kanamycin                                      |                          |                                |                          |
| Neomycin                                       |                          |                                |                          |
| Mannose  |                          |                                |                          |
| Xylose   |                          |                                |                          |

شکل ۴. تعداد گیاهان تراریخت بدست آمده در جهان و در کشورهای در حال توسعه



است.

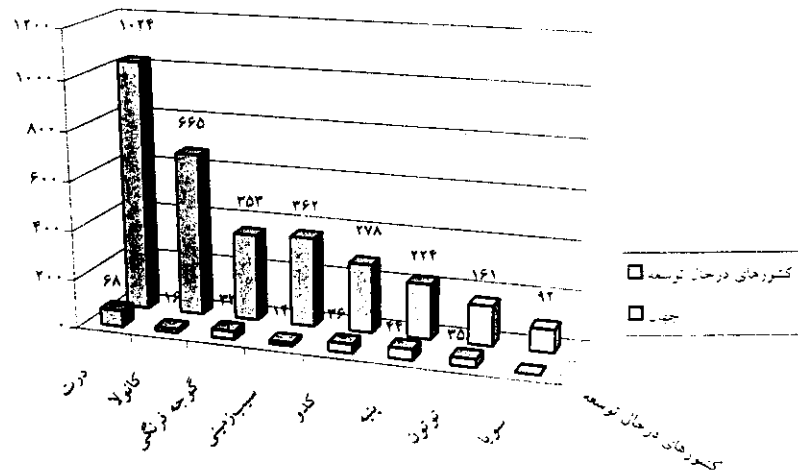
ب. آزمایشهای مزرعه‌ای گیاهان تراریخت طی دوازده سال اخیر (۱۹۸۶-۱۹۹۷) انتقال ژن به بیش از ۷۰ گونه صورت گرفته است و از این میان دستکم ۶۰ گونه (مشمول بر بیش از ۴۰۰۰ گیاه تراریخت مختلف) آزمایش مزرعه‌ای شده‌اند

استرالیا، ژاپن و نیوزیلند انجام پذیرفته است<sup>۳</sup>. شکل ۴ به خوبی رشد تصاعدی تعداد گیاهان تراریخت تولیدشده در سطح آزمایشگاه را به تفکیک سال در طول یک دهه نشان می‌دهد. تأخیر هرساله (۱۹۸۶-۱۹۹۰) و سهم ناچیز کشورهای در حال توسعه، شاخصی از سطح نامطلوب فعالیتهای پژوهشی در حال اجرای این کشورها در ایجاد گیاهان تراریخت

جدول ۵. تعداد آزمایشهای مزرعه‌ای گیاهان تراریخت در جهان و کشورهای در حال توسعه  
بین سالهای ۱۹۹۷ و ۱۹۹۸ (نقل از منبع ۳)

| سویا | توتون | پنبه | کدو | سیب‌زمینی | گوجه‌فرنگی | کائولا | ذرت  |             |
|------|-------|------|-----|-----------|------------|--------|------|-------------|
| ۹۲   | ۱۶۱   | ۲۲۴  | ۲۷۸ | ۳۶۲       | ۳۵۳        | ۶۶۵    | ۱۰۲۴ | جهان        |
| ۰    | ۳۵    | ۴۴   | ۳۶  | ۱۴        | ۳۳         | ۱۶     | ۶۸   | درحال توسعه |

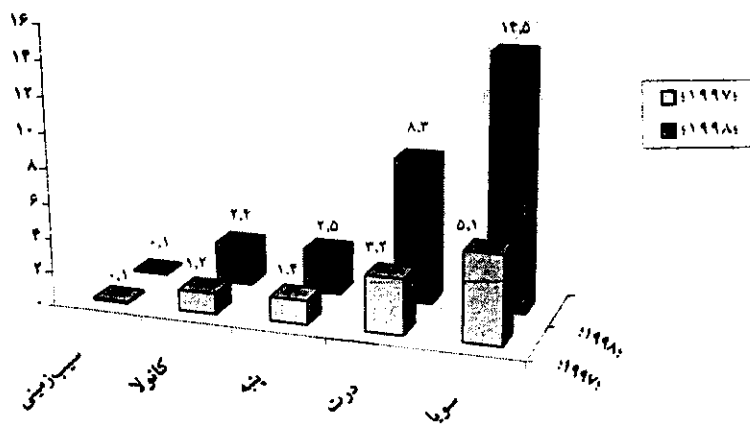
شکل ۵. تعداد آزمایشهای مزرعه‌ای گیاهان تراریخت در جهان و در کشورهای  
در حال توسعه بین سالهای ۱۹۹۷ تا ۱۹۹۸



جدول ۶. سطوح زیر کشت گیاهان تراریخت در جهان بین سالهای ۱۹۹۷ و ۱۹۹۸ (نقل از منبع ۵)

|      | سویا | ذرت | پنبه | کائولا | سیب‌زمینی |
|------|------|-----|------|--------|-----------|
| ۱۹۹۷ | ۵/۱  | ۳/۲ | ۱/۴  | ۱/۲    | ۰/۱       |
| ۱۹۹۸ | ۱۲/۵ | ۸/۳ | ۲/۵  | ۲/۴    | ۰/۱       |

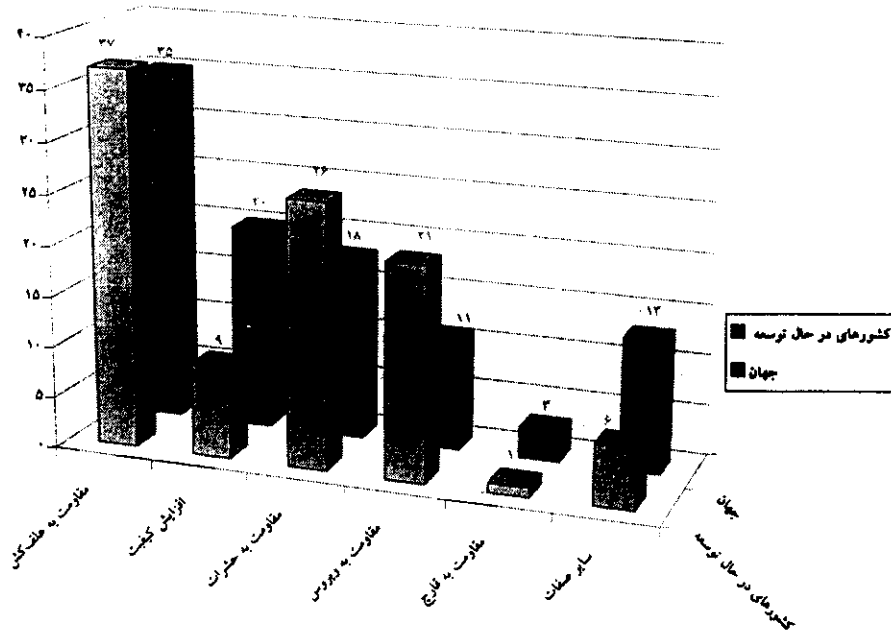
شکل ۶. سطوح زیر کشت گیاهان تراریخت در جهان



جدول ۷. توزیع (نمودار) و درصد (جدول) صفات بروزیافته در گیاهان تراریخت تحت آزمایش در جهان و کشورهای در حال توسعه بین سالهای ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۵ (نقل از منبع ۳)

| مقاومت به علفکش | افزایش کیفیت | مقاومت به حشرات | مقاومت به ویروس | مقاومت به قارچ | سایر صفات |
|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------|
| ٪۳۵             | ٪۲۰          | ٪۱۸             | ٪۱۱             | ٪۳             | ٪۱۳       |
| ٪۳۷             | ٪۹           | ٪۲۶             | ٪۲۱             | ٪۱             | ٪۶        |

شکل ۷. درصد صفات بروز کرده در گیاهان تراریخت در جهان و در کشورهای در حال توسعه



لیست کشت‌کننده گیاهان تراریخت عمده شده است (جدول ۲). اگر چه چین هنوز سهمی در حدود ۱ درصد از کل سطح زیر کشت را دارد، لیکن پیش‌بینی می‌شود که رشد تصاعدی این شاخص را در آن کشور شاهد باشیم.

سهم سطح زیر کشت گیاهان تراریخت در کشورهای صنعتی نسبت به کل سطح زیر کشت گیاهان تراریخت در جهان از ۵۷ درصد در سال ۱۹۹۶ به ۸۶ درصد در سال ۱۹۹۷ افزایش یافته است، یعنی سهم کشورهای در حال توسعه، از ۴۳ درصد در سال ۱۹۹۶ به ۱۴ درصد در سال ۱۹۹۷ کاهش داشته است.<sup>۴</sup> در سال ۱۹۹۸، سهم کشورهای صنعتی و در حال توسعه به ترتیب ۸۴ و ۱۶ درصد بوده است.<sup>۵</sup> در این سال، امریکا با سطح زیر کشت ۲۰/۵ میلیون هکتار (۷۴ درصد) بیشترین بهره را از گیاهان تراریخت برده است. پس از آن، آرژانتین با ۴/۳ میلیون هکتار (۱۵ درصد)، کانادا با ۲/۸ میلیون هکتار (۱۰ درصد) و استرالیا و مکزیک مجموعاً با کمتر از یک درصد در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند (جدول ۲). به‌طور کلی بین سالهای ۱۹۹۷ تا ۱۹۹۸ رشد سطح زیر کشت در کشورهای صنعتی ۵ برابر رشد این شاخص در کشورهای در حال توسعه بوده است.

که ۸ گونه آنها (ذرت، کانولا (canola)، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، سویا، پنبه، توتون و هندوانه) بیشترین تعداد آزمایش را به خود اختصاص داده‌اند.<sup>۴</sup> از این تعداد، ۱۵۰۰۰ (۶۰ درصد) در ۱۰ سال اول یعنی بین سالهای ۱۹۸۶-۱۹۹۵ و ۱۰۰۰۰ آزمایش دیگر (۴۰ درصد) در دو سال بعد (بین سالهای ۱۹۹۶-۱۹۹۷) به اجرا درآمده‌اند (جدول ۱).

تعداد کم آزمایشهای مزرعه‌ای گیاهان تراریخت در کشورهای در حال توسعه، نشانی دیگر از عدم توجه این کشورها در بهره‌گیری از این فناوری است. از ۲۵۰۰۰ مورد آزمایش مزرعه‌ای گیاهان تراریخت، تنها ۱۷۹۰۰ مورد در امریکا و کانادا به‌وقوع پیوسته است (جدول ۱).

### ج. سطح زیرکشت گیاهان تراریخت

افزایش سریع سطح زیر کشت به‌ویژه در سالهای ۱۹۹۶، ۱۹۹۷ و ۱۹۹۸ به ترتیب ۲/۸، ۱۱ و ۲۷/۸ میلیون هکتار بوده است، که قابل توجه می‌باشد. رشد این شاخص در سالهای ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰ به ترتیب به ۳۹/۹ و ۴۴/۲ میلیون هکتار، نشانه‌ای از استقبال کشاورزان از این فناوری می‌باشد (به بخش مزایای اقتصادی مراجعه شود). تلاشهای اخیر در چین باعث حضور این کشور در

## توزیع و مقایسه گیاهان تراریخت از نظر نوع گیاه و نوع صفت ایجاد شده

نگاهی به آمار ارائه شده تا سال ۱۹۹۵ نشان می دهد انتقال ژن بیشتر در مورد گیاهانی صورت گرفته است که ارزش افزوده اقتصادی بالاتری داشته و از نظر فنی آسانتر قابل تراریخت شدن می باشند. به طور کلی، هم در سطح جهان و هم در کشورهای در حال توسعه گیاهان ذرت، کانولا، پنبه، سویا، سیب زمینی، گوجه فرنگی، توتون، کدو و هندوانه بیش از گیاهان دیگر (مانند غلات، میوه ها و ...) تراریخت و آزمایش مزرعه ای شده اند.<sup>۳</sup> همان طور که در شکل ۵ نشان داده شده است ذرت تراریخت به ترتیب ۳۳ درصد (۱۰۲۴ مورد) و ۲۷ درصد (۶۸ مورد) از گیاهان تراریخت جهان و کشورهای در حال توسعه را به خود اختصاص داده است. دانه های روغنی کانولا که ۲۱ درصد از کل گیاهان تراریخت (اعم از گیاهان تولید شده و آنهایی که مراحل آزمایش مزرعه ای را پشت سر گذاشته اند) را تشکیل می دهد، بیشتر در کشور کانادا (کشت کننده عمده این گیاه در جهان) مد نظر بوده است و به همین دلیل درصد بسیار پایینی (۷ درصد) از گیاهان تراریخت کشورهای در حال توسعه را شامل می شود.<sup>۴</sup> انتخاب و ترجیح گیاه بر مبنای ارزش افزوده اقتصادی در ارتباط با سطح زیر کشت به طور روشنتری دیده می شود: سویا، ذرت، پنبه و کانولا که چهار گیاه مهم اقتصادی (دانه های روغنی و پروتئینی) محسوب می شوند به ترتیب در صدر قرار دارند و تقریباً ۹۰ درصد سطح زیر کشت گیاهان تراریخت را تشکیل می دهند.<sup>۵</sup> رشد ۲ تا ۳ برابری سطوح زیر کشت هر یک از این گیاهان در شکل ۶ نشان داده شده است.

در سالهای ۱۹۹۷ و ۱۹۹۸ سویای تراریخت بیشترین سطح زیر کشت جهانی (به ترتیب ۴۶ درصد و ۵۲ درصد) را به خود اختصاص داده است. ذرت که در سال ۱۹۹۶ از نظر سطح زیر کشت در مرتبه چهارم دنیا قرار داشت (۱۰ درصد) در سال ۱۹۹۷ در ردیف دومین گیاه تراریخت قرار گرفت (۳/۲ میلیون هکتار معادل ۲۵ درصد).<sup>۴</sup> در سال ۱۹۹۸ نیز ذرت با سطح زیر کشت ۸/۳ میلیون هکتار در ردیف دومین گیاه تراریخت قرار داشت و ۳۰ درصد کل سطح زیر کشت این گیاهان را تشکیل داده بود.<sup>۵</sup> در این سال پنبه و کانولا به ترتیب با سطح زیر کشت ۲/۵ و ۲/۴ میلیون هکتار، از گیاهان تراریخت مهم محسوب می شدند.<sup>۵</sup> انتخاب گیاه به ارزش اقتصادی آن گیاه برای هر کشور نیز بستگی دارد. مثلاً ذرت در آمریکا، کانولا در کانادا، پنبه در استرالیا، افریقای جنوبی و پاکستان بیشتر از دیگر گیاهان تراریخت تولید و کشت شده اند.<sup>۵</sup>

همین ارجحیت در مورد صفت های ابراز شده در گیاهان تراریخت نیز مشاهده می شود. دسته بندی این صفات در جدول ۳ آمده است. مقاومت به علف کش که از لحاظ افزایش عملکرد گیاه و کاهش هزینه های مربوط به نیروی انسانی و جین کننده گیاهان اهمیت دارد، ۳۷ درصد کل گیاهان تراریخت تا سال ۱۹۹۵ را

تشکیل می دهد (شکل ۷). پس از ابراز صفاتی که موجب افزایش کیفیت محصول می شوند، صفت مقاومت به حشرات، ویروسها و قارچها بیشتر مورد توجه بوده اند (شکل ۷). کشت گیاهانی که این صفات را بروز می دهند نه تنها باعث کاهش هزینه های مربوط به خرید و مصرف سموم و کودهای شیمیایی می شود، بلکه در کاهش آلودگی محیط زیست نیز بسیار مؤثر است. شاید مسئله کاهش هزینه های ارزی را بتوان دلیل اصلی رویکرد کشورهای در حال توسعه به صفات مقاومت به تنش های زیستی (بر اثر وجود علفهای هرز، حشرات، ویروسها و قارچها) دانست.

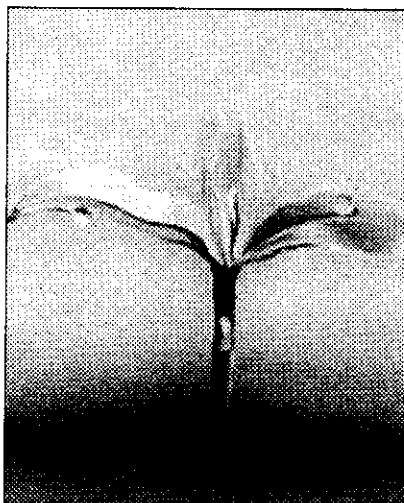
در سال ۱۹۹۸، صفاتی که بیشتر مورد توجه بوده اند از این قرار بود: تحمل نسبت به علف کش (۷۱ درصد) و مقاومت به حشرات (۲۸ درصد). تغییر صفات کیفی نیز در کمتر از یک درصد گیاهان تراریخت گزارش شده است.<sup>۵</sup>

با در نظر گرفتن سهم جهانی گیاهان تراریخت بر اساس کشورها، نوع گیاه زراعی و صفت ابراز شده و نوسانات عمده ای که بین سالهای ۱۹۹۶، ۱۹۹۷ و ۱۹۹۸ ایجاد شده اند می توان موارد زیر را نتیجه گرفت:

۱. مناطق زیر کشت گیاهان تراریخت در کشورهای صنعتی تقریباً ۶ برابر بیشتر از کشورهای در حال توسعه بوده است.<sup>۵</sup>
۲. سویا، ذرت، پنبه و کانولا که حدود ۹۰ درصد سطح زیر کشت گیاهان تراریخت را تشکیل داده اند. گیاهان با ارزش افزوده اقتصادی بالایی اند.
۳. به طور کلی ۹۹ درصد سطح زیر کشت گیاهان تراریخت اختصاص به گیاهانی دارد که در آنها صفات تک زنی مثل مقاومت به تنش های زیستی انتقال یافته است.

## ارزیابی مزایای اقتصادی کاربرد گیاهان تراریخت

همان طور که در بخش های پیشین اشاره شد، پس از ایجاد مقاومت به علف کشها، بیشترین سهم صفات انتقال یافته به گیاهان با استفاده





از فنون مهندسی ژنتیک، به ایجاد مقاومتهای گوناگون در مقابل عوامل تنش‌زای زیستی تعلق می‌گیرد. این امر به‌خوبی نشان‌دهنده حجم وسیع خساراتی است که از ناحیه آفات و بیماریها بر پیکره اقتصاد کشورها وارد می‌آید. آمار و ارقام گویای این حقیقت‌اند که کاهش سالیانه تولیدات کشاورزی در جهان به دلیل تنشهای زیستی مثل هجوم حشرات، بیماریها و علفهای هرز مجموعاً، به ۳۶ درصد می‌رسد. این در حالی است که هزینه‌های هنگفتی نیز صرف خرید سموم شیمیایی در جهان می‌شود، به‌طوری‌که حشره‌کشها با رقمی معادل ۸/۱ میلیارد دلار رتبه دوم فروش سموم شیمیایی را در سطح جهان به‌خود اختصاص داده‌اند<sup>۴</sup>. از این‌رو می‌توان دریافت که گیاهان تراریخت نه تنها با کاهش هزینه‌های مبارزه با آفات و بیماریها، بلکه با ایجاد نوعی توسعه پایدار، سهم به‌سزایی در حفظ منابع تولید و محیط زیست دارند. در این بخش، به‌طور مختصر به برخی از دستاوردهای اقتصادی گیاهان تراریخت اشاره می‌کنیم.

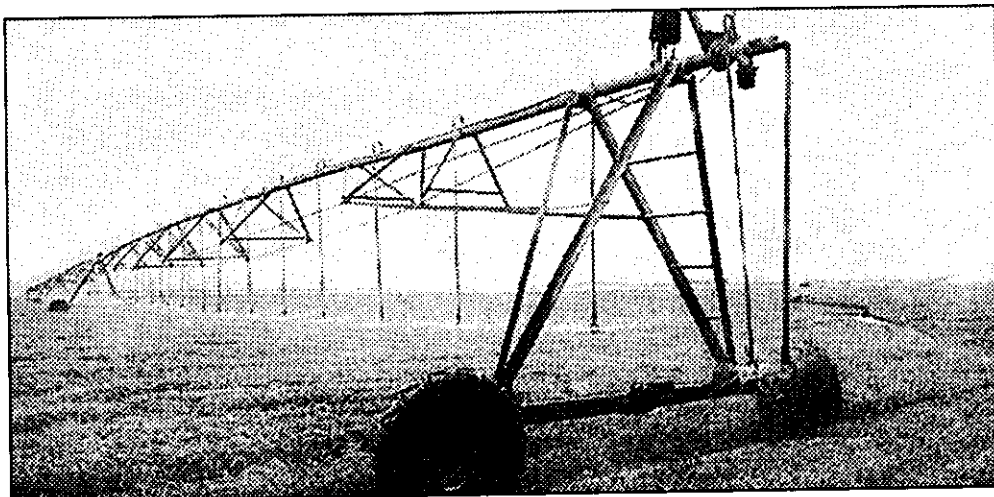
چین به‌عنوان اولین کشوری که دست به آزمایشهای مزرعه‌ای گیاهان تراریخت زده است، توانست دو گیاه توتون و گوجه‌فرنگی مقاوم به ویروس را به بازار فروش عرضه کند. تا سال ۱۹۹۵، سطح زیر کشت توتون تراریخت در چین، حدود ۴۰۰ هزار هکتار (۳۰ درصد زمینهای زیر کشت توتون) بوده است که پیش‌بینی می‌شود در سال آینده به ۷۰ درصد برسد<sup>۳</sup>. توتونهای تراریخت به‌طور متوسط ۵ تا ۷ درصد برگ بیشتری می‌دهند. ضمناً، این گیاهان به ویروسهای CMV و TMV و همچنین شته‌های ناقل این ویروسها مقاوم‌اند.

پنبه‌های حاوی ژن Bt سبب کنترل بخش عظیمی از آفات پروانه‌ای در امریکا شده‌اند. در طبیعت، محصول این ژن در باکتری باسیلوس تورینجینسیس تنها حشرات مضر را از بین می‌برد و به حشرات غیر مضر آسیبی نمی‌رساند. این مزیت بزرگی

**\* عملیات کشاورزی غیراصولی به کاهش ۱۰ تا ۳۰ درصدی قابلیت تولید زمینهای زراعی منجر شده است. در همین حال، «فرسایش» خود به تنهایی مسبب نابودی سالیانه ۲۳ میلیارد تن خاک سطحی زمین است.**

است که به‌راحتی از آن می‌توان در مدیریت تلفیقی آفات (Integrated Pest Management = IPM) و کنترل زیست‌شناختی آنها استفاده کرد. در سال ۱۹۹۶، دوگونه از پنبه‌های Bt در ۰/۷ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی امریکا کشت شد. علاوه بر این، در استرالیا و مکزیک به ترتیب ۳۰۰۰ و ۲۰۰۰ هکتار از زمینهای زراعی زیر کشت پنبه Bt رفته‌اند. ۷۰ درصد کشاورزانی که در سال ۱۹۹۶ در امریکا اقدام به کشت این نوع پنبه کرده بودند، از هیچ‌گونه حشره‌کشی استفاده نکرده‌اند و دیگر کشاورزان نیز، تنها یک‌بار از حشره‌کش استفاده کرده بودند<sup>۳</sup>. این در حالی است که وقتی از گیاهان غیر تراریخت استفاده می‌شود، به‌طور معمول ۴ تا ۶ مرتبه سمپاشی با حشره‌کش لازم است.

برآورد شده است که استفاده از پنبه‌های Bt در سال ۱۹۹۶ در امریکا باعث صرفه‌جویی ۲۵،۰۰۰ گالن (هر گالن برابر ۳/۷۸۵۳ لیتر) حشره‌کش شده است و از این‌رو موجبات کاهش هزینه‌های مالی و آلودگی زیست‌محیطی را فراهم آورده است. افزایش عملکرد پنبه‌های Bt نسبت به پنبه‌های معمولی، به میزان آلودگی بستگی دارد و گاهی تا ۲۰ درصد نیز می‌رسد، اما به‌طور متوسط



این افزایش عملکرد معادل ۷ درصد بوده است. صرفه‌جویی ناشی از کاربرد پنبه‌های Bt بین ۲۸۰-۱۲۰ دلار در هر هکتار بوده است و چنانچه حق امتیاز دانش فنی ۶۵ دلار به ازای هر هکتار - که کشاورزان باید به مؤسسات تحقیقاتی بپردازند - را از این مقدار کم کنیم و افزایش ۷ درصد عملکرد را نیز در نظر بگیریم، سود خالصی حدود ۷۰ دلار در هر هکتار به دست می‌آید. از آنجا که سطح زیر کشت پنبه Bt در آمریکا حدود ۰/۸۵ میلیون هکتار است، می‌توان دریافت که در سال ۱۹۹۶ سودی حدود ۶۰ میلیون دلار از محل فروش پنبه‌های مقاوم عاید آمریکا شده است. همچنین برآورد شده است که تنها از نظر کنترل کرم غوزه پنبه، سود ناشی از به‌کارگیری پنبه‌های Bt در جهان سالیانه ۸۰۷ میلیون دلار بوده است. شاید مهمترین سندی که بتوان در تأیید کاربرد پنبه Bt ارائه کرد این باشد که ۹۸ درصد کشاورزانی که در سال ۱۹۹۶ اقدام به کشت این نوع پنبه کرده بودند، در صدد کشت مجدد آن در سال ۱۹۹۷ برآمدند. آمار ثبت‌شده نیز حاکی از آن است که سطح زیر کشت پنبه Bt در سال ۱۹۹۷ در آمریکا با ۴۳ درصد افزایش به بیش از یک میلیون هکتار رسیده است (۱۸ درصد کل سطح زیر کشت پنبه آمریکا در سال ۱۹۹۷).

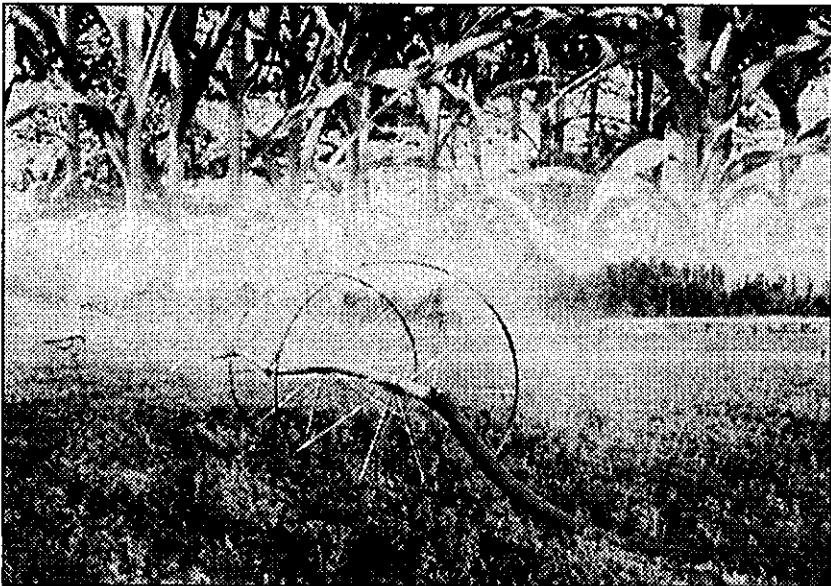
ذره‌های مقاوم به حشرات که حاوی ژن Bt هستند، در سال ۱۹۹۶ منجر به کنترل برگ‌خوار اروپایی ذرت - که یکی از مهمترین آفات حشره‌ای ذرت در آمریکا محسوب می‌شود - گردید. از ۳۲ میلیون هکتار سطح زیر کشت ذرت در آمریکا در سال ۱۹۹۶، در حدود ۵۰ درصد آن (معادل ۱۶ میلیون هکتار) مورد هجوم این حشره قرار گرفت که امکان کنترل آن تقریباً وجود نداشت و کشاورزان دچار خسارات زیادی شدند. برآوردها نشان می‌دهد بیشترین کاهش عملکرد ناشی از این حشره به ۳۰ درصد می‌رسد و به‌طور متوسط ۹ درصد کاهش در عملکرد را سبب می‌شود. براساس این آمار، ضرر ناشی از این حجم کاهش عملکرد در سال ۱۹۹۶، معادل یک میلیارد دلار بوده است.<sup>۴</sup>

در سال ۱۹۹۶، حدود ۳۰۰ هزار هکتار ذرت Bt در آمریکا کشت شد و متوسط افزایش محصول برای آن در حدود ۹ درصد برآورد گردید.<sup>۴</sup> نتایج اولیه برای سال ۱۹۹۷ نیز، این افزایش ۹ درصدی را تأیید می‌کند که منجر به حصول سود خالص حدود ۵۰ دلار در هر هکتار گردیده است. بر این اساس سود حاصل از افزایش عملکرد ذرت برای کشور آمریکا در سال ۱۹۹۶ معادل ۱۹ میلیون دلار بوده است؛ که البته این عدد بدون در نظر گرفتن سود حاصل از عدم مصرف حشره‌کش به دست آمده است. بنابراین با محاسبه کلیه فواید حاصل از ذرت Bt، سود سالیانه آن در آمریکا در حدود یک میلیارد دلار برآورد می‌شود. اطمینان کشاورزان به این گیاه سبب شد که در سال ۱۹۹۷، ۹ درصد از کل سطح زیر کشت ذرت در آمریکا (حدود ۴/۵ میلیون هکتار) را ذرت تراریخت تشکیل دهد.

سویای مقاوم به علف‌کش در سال ۱۹۹۶ در سطح تقریبی ۰/۴ میلیون هکتار کشت شده است که تقریباً معادل ۲ درصد از

**\* در حال حاضر، جمعیت جهان به بیش از ۶ میلیارد نفر رسیده است و بنا بر تخمین بیش از ۱/۳ میلیارد نفر از آنان غذای کافی ندارند. تقریباً ۵۰ درصد مردم فقیر دنیا در آسیا، ۲۵ درصد در آفریقا، ۱۲ درصد در امریکای لاتین و بقیه در دیگر نقاط دنیا به سر می‌برند.**

**\* به‌طور کلی بین سالهای ۱۹۹۷ تا ۱۹۹۸ رشد سطح زیر کشت گیاهان تراریخت در کشورهای صنعتی پنج برابر رشد این شاخص در کشورهای در حال توسعه بوده است.**



کل سطح زیر کشت سویا در امریکا (حدود ۲۰ میلیون هکتار) است. علاوه بر این ۱۰۰,۰۰۰ هکتار در آرژانتین زیر کشت این گیاه برده شده است. اگرچه ژن تحمل به علفکش تأثیر مستقیمی بر عملکرد نمی‌گذارد اما به دلیل کنترل بهتر علفهای هرز، به صورت غیرمستقیم باعث افزایش عملکرد می‌شود. اعتماد کشاورزان امریکایی به این محصول بسیار زیاد است و گواه این مدعا، افزایش سطح زیر کشت آن به میزان ۱۰ برابر بین سالهای ۱۹۹۶ (۴۰۰ هزار هکتار) و سال ۱۹۹۷ (۳۶۶ میلیون هکتار) است. در سال ۱۹۹۷، شرکت مونسانتو (Monsanto) با همکاری بیش از ۸۵ شرکت تولیدکننده بذر سویا، بیش از ۱۰۰ گونه تراریخت مقاوم به علفکش را در دسترس عموم قرار داد و در سال ۱۹۹۸ این تعداد به ۳۰۰ گونه افزایش یافت.<sup>۲</sup>

کانولای مقاوم به علفکش در سطح ۱۲۰,۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی کانادا در سال ۱۹۹۶ و توسط ۲۵۰۰ تولیدکننده کشت شد. عملکرد متوسط کانولای مقاوم به علفکش در سال ۱۹۹۶ در کانادا ۹ درصد بیشتر از انواع دیگر کانولا بوده است. به علاوه، کشاورزانی که از ارقام مقاوم استفاده کرده‌اند نیاز کمتری به کاربرد علفکش داشته‌اند. گزارش‌ها نشان می‌دهند که ۸۰ درصد کشاورزان تنها یکبار از علفکش برای مبارزه با علفهای هرز کانولای مقاوم به علفکش استفاده کرده‌اند. گزارش دیگری نشان می‌دهد که میزان مصرف علفکش از ۱۴۰۰ گرم به ۴۰۰ گرم ماده مؤثر در هکتار کاهش یافته است. ضمناً این کاهش همراه با ۲۰ درصد افزایش در عملکرد بوده است. علاوه بر این، به دلیل کم شدن بذر علفهای هرز، کیفیت دانه‌های کانولا (نسبت بذر کانولا به بذر علفهای هرز) از ۶۳ درصد به ۸۵ درصد (درجه ۱) افزایش یافته است.<sup>۳</sup>

کاربرد کانولای مقاوم به علفکش، فواید مدیریتی و زراعی‌ای را به دنبال داشته است که از آن جمله می‌توان به حفاظت بهتر خاک و نگهداری آب در آن، کنترل مناسبتر علفهای هرز و تسهیل شخم اشاره کرد. این فواید منجر به رویکرد چشمگیری در کشت این گیاه در کانادا گردید؛ به طوری که سطح زیر کشت آن در سال ۱۹۹۷، ۱۰ برابر بیشتر از سال ۱۹۹۶ بود. در سال ۱۹۹۷، حدود ۲۵۰۰۰ کشاورز اقدام به کشت آن نمودند و سطح زیر کشت آن تا ۱/۲ میلیون هکتار (۲۵ درصد سطح کل کانولای کاشته شده) افزایش یافت. این افزایش فراوان در تولید، منجر به کاهش هزینه‌های بذر و علفکش گردید به طوری که درآمد خالص به ازای هر هکتار در سال ۱۹۹۶ معادل ۵۰ دلار بوده و با احتساب ۱۲۰,۰۰۰ هکتار سطح زیر کشت در این سال، سودی معادل ۶ میلیون دلار نصیب کشور کانادا گردیده است.<sup>۴</sup> به علاوه، کاربرد علفکشهای محیطی که معمولاً برای کانولای مقاوم به علفکش به کار می‌رود، فواید زیادی برای محیط دربر دارد، زیرا این گونه علفکشا (از قبیل رانداپ‌ها) در خاک تجزیه می‌شوند و هیچ‌گونه بقایایی در آبهای سطحی از خود برجای نمی‌گذارند. در سال ۱۹۹۶، تقریباً ۳۸۰۰ هکتار در امریکا و ۴۰۰ هکتار در کانادا زیر کشت سیب‌زمینی مقاوم به حشره (گونه Russet

### \* گیاهان تراریخت نه تنها با کاهش

هزینه‌های مبارزه با آفات و بیماریها،

بلکه با ایجاد نوعی توسعه پایدار، سهم

به‌سزایی در حفظ منابع تولید و محیط

زیست دارند.

### \* تخمین زده می‌شود که فروش

گیاهان تراریخت در سال ۲۰۰۰ به ۳

میلیارد دلار و در سالهای ۲۰۰۵ و

۲۰۱۰ به ۸ و ۲۵ میلیارد دلار برسد.

Burbank) رفته است. نتایج اولیه از کاربرد این نوع سیب‌زمینی در امریکا در سال ۱۹۹۶ بیانگر آن است که میزان کاربرد حشره‌کشا بر ضد سوسک کلرادو، به‌طور متوسط ۱/۲ برابر کمتر شده است. به طوری که سبب صرفه‌جویی ۱۲ دلار در هر هکتار گردیده است. از طرف دیگر کاربرد این نوع سیب‌زمینی باعث بهتر شدن اندازه، شکل و کیفیت آن گردیده و در نتیجه سبب افزایش ۳۵ دلار سود در هر هکتار شده است. بنابراین سود خالص در سال ۱۹۹۶ در امریکا معادل ۴۷ دلار در هکتار است و در سطح ۳۸۰۰ هکتار سودی حدود ۱۷۰,۰۰۰ دلار به دست می‌آید. گزارش شده است که ۹۶ درصد کشاورزانی که در سال ۱۹۹۶ سیب‌زمینی تراریخت کشت کرده بودند در سال ۱۹۹۷ نیز به این امر اقدام کردند به طوری که سطح کل زیر کشت این سیب‌زمینی با ۲/۵ برابر افزایش به ۱۰۰,۰۰۰ هکتار رسید. گفتنی است که در بین گیاهان زراعی و سبزیها، یکی از گیاهانی که بیشترین مقدار حشره‌کش برای آن مصرف می‌شود سیب‌زمینی است. به طوری که در سال ۱۹۹۶ معادل ۳۶۰ میلیون دلار حشره‌کش در کل دنیا برای مبارزه با سوسک کلرادو هزینه شده است.<sup>۴</sup>

به همین ترتیب، مبارزه با آفات حشره‌ای در برنج در هر سال نیاز به ۴۵۰ میلیون دلار حشره‌کش دارد. از این رو، کشت ارقام برنج B1 نیز اهمیت ویژه‌ای یافته است.

جمع‌بندی کلی حاکی از آن است که در سال ۱۹۹۵، میزان فروش فرآورده‌های حاصل از گیاهان زراعی تراریخت در جهان، ۷۵ میلیون دلار بود و در سال ۱۹۹۶ به سه برابر آن یعنی ۲۳۵

میلیون دلار رسید. در سال ۱۹۹۷ بار دیگر میزان فروش سه برابر شد (۶۷۰ میلیون دلار) و در سال ۱۹۹۸ نیز میزان فروش ۲ برابر گشت (۱/۵ میلیارد دلار)؛ یعنی در خلال سالهای ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۸ میزان فروش تقریباً ۲۰ برابر افزایش یافته است. تخمین زده می شود که این شاخص در سال ۲۰۰۰ به ۳ میلیارد دلار برسد و برای سالهای ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ به ترتیب مقادیر ۸ و ۲۵ میلیارد دلار پیش بینی می شود.

### چشم اندازها

امروزه نقش زیست فناوری در توسعه پایدار به خوبی روشن شده است، به طوری که، از یک سو، این رشته منبع مهمی برای تولید فناوری به شمار می رود. مثلاً تنها در آمریکا بین سالهای ۱۹۹۴ تا ۱۹۹۷ تعداد ۴۸۶۱۲ تقاضای ثبت اکتشافی زیست فناوری به اداره ثبت اختراع و اکتشاف آن کشور رسیده است. افزایش سریع تعداد تقاضاهای ثبت به اداره ثبت اختراعات آمریکا در زمینه زیست فناوری در سال ۱۹۹۵ (۱۳ درصد افزایش نسبت به سال ۱۹۹۴) این اداره را مجبور کرد که تعداد پرسنل بیشتری (دو برابر) برای بررسی تقاضاهای ثبت در زمینه زیست فناوری به کار گمارد.

از سوی دیگر، فرآورده های حاصل از زیست فناوری تمیز ترند و به طور مؤثرتری از تخریب محیط زیست جلوگیری می کنند. کاربردهای صنعتی زیست فناوری (مثل صنایع تولیدکننده داروها، مواد شیمیایی، چوب و کاغذ، صنایع غذایی و سوخت، استخراج فلزات و مواد معدنی و همچنین انرژی) ضمن آنکه مصرف انرژی را به حداقل رسانده است، منجر به ایجاد روشهای فرآورش تمیز و پاکیزه شده و میزان تولیدات سمی و خطرناک را کاهش داده است.

مروری بر گذشته، حال و آینده روند تولیدات غذایی نشان می دهد زیست فناوری کشاورزی یک عامل ضروری و مهم در جهت تولید و امنیت غذایی جهان محسوب می گردد. از این شاخه از فناوری می توان در مدیریت بهتر محصولات (به ویژه با معرفی ارقام مقاوم به علف کش)، کاهش مصرف سموم حشره کش و علف کش و افزایش کمی و کیفی محصول بهره مند شد. بنابراین پیش بینی می شود روشهای به کار گرفته شده در این رشته نه تنها بتواند معضلات فعلی جهان را حل نماید بلکه با نوآوریهای غیر قابل پیش بینی آن، اثرات اقتصادی مهمی در رشد و توسعه کشورهای صاحب این فناوری داشته باشد. به عنوان مثال می توان به دستاورد دانشمندان دانشگاه دلاویر (Delaware) آمریکا اشاره کرد که آنها را قادر می سازد از روغن سویا به عنوان ماده جایگزینی برای تولید پلاستیکهای حاصله از مواد نفتی استفاده نمایند. ساختار این روغن به گونه ای است که به راحتی می توان از طریق روشهای زیست فناوری، آن را دستکاری و به ترکیباتی با خصوصیات مختلف تبدیل کرد. این ترکیبات ارزان و سبک اند و می توان آنها را جایگزین پلاستیک و فلزات به کاررفته در ماشینهای ساختمان سازی نمود.

با توجه به اوضاع فعلی جهان، بهره گیری از فناوری انتقال ژن به گیاهان، یکی از مؤثرترین شیوه ها برای افزایش محصولات کشاورزی است. اما بررسیهای فوق نشان می دهد با وجود آنکه کشورهای در حال توسعه بالاترین میزان رشد جمعیت (جدول ۱) را دارند و در نتیجه بیشترین نیاز غذایی را در حال حاضر (۱/۳ میلیارد نفر گرسنه) و قرن آینده خواهند داشت، کمترین بهره گیری را از گیاهان تراریخت داشته اند. تنها حدود ۸ درصد از کل گیاهان تراریخت به دست آمده در جهان تا سال ۱۹۹۵، در کشورهای در حال توسعه ایجاد شده اند (جدول ۲). در سالهای ۱۹۹۷ و ۱۹۹۸، ۱۶ درصد و ۱۴ درصد از کل سطح زیر کشت گیاهان تراریخت، در کشورهای در حال توسعه گزارش شده است. لذا صرف نظر از مسائل اقتصادی، نیاز به بهره گیری بیشتر کشورهای در حال توسعه از این فناوری در جهت ایجاد «امنیت غذایی» است. توجه بیشتر به این مهم از سوی سیاستگذاران و برنامه ریزان کشورهای در حال توسعه و اجرای پژوهش به منظور انتقال ژن به گیاهان مهم در این کشورها از سوی پژوهشگران، توصیه مؤکد این مقاله است. به عبارت روشنتر، انکار بهره گیری از این فناوری نوین به معنای فقر و گرسنگی بیشتر و تخریب سریع تر محیط زیست در کشورهای در حال توسعه است.

### منابع و مآخذ

1. Swaminathan, M.S. (1995) *Population and Environment and Food Security. Issues in Agriculture*, No.7. CGIAR, Washington D.C.
2. Gidding, L. (1996) *Transgenic Plants on Trial in the USA. Current Opinion in Biotechnology* 7:275-280.
3. James, C. and Krättiger (1996) *Global Review of the Field Testing and Commercialization of Transgenic Plants: 1986 to 1995 - The First Decade of Crop Biotechnology. ISAAA Briefs No.1*. ISAAA, Ithaca, N.Y.
4. James, C. (1997). *Global Status of Transgenic Crop in 1997. ISAAA Briefs No. 5*. ISAAA: Ithaca, N.Y, pp. 31.
5. James, C. (1998) *Global Review of Commercialized Transgenic Crops, ISAAA Briefs No. 8*; ISAAA, Ithaca N.Y.
6. Joint Research Centre, European Commission (1999) <http://biotech.jrc.it/gmo.html>
7. *BIO's Guide to Biotechnology* (1999) <http://www.bio.org/whatis/guids.html>
8. James, C. (2000) *Global Review of Commercialized Transgenic. ISAAA Briefs No. 21*. ISAAA Ithaca, N.y.