**فصل هفتم**

**نابودی محیط زیست**

* **وجود خطرهای متعدد، رعایت حداقل احتیاط**

دو سازمان فدرال ایالات متحده که مسئولیت محافظت از محیط زیست در برابر خطرهای اندام‌های بیومهندسی را دارند سازمان محافظت از محیط زیست (EPA[[1]](#footnote-1))و وزارت کشاورزی آمریکا (USDA[[2]](#footnote-2)) هستند. این دو سازمان در پیروی کردن از استانداردهای علمی و مطالبات قانونی دربارة منافع صنایع زیست‌فناوری چندان از سازمان غذا و دارو عقب نیستند. اگرچه تلاش‌هاي فیليپ رگال در دهة 1980 جلوي توزيع چند مادة غذايي پرخطر را گرفت، رفتار کلي سازمان محافظت از محيط زيست و وزارت کشاورزي ايالات متحده چندان اميدوارکننده نبوده است. اگرچه بعضی از سازمان‌ها به دلیل دغدغه‌هاي محيط زيستي سعي داشتند برخي از دستورالعمل‌هایی را که رگال و ديگر دانشمندان تبيين کرده بودند رعایت کنند، اين کار را در حداقل صورت ممکن انجام دادند. آنها در به‌کارگیری روش‌هاي صحیح تجزيه و تحليل ايمني زيست‌محیطی اهمال می‌کردند و محافظتی بسيار جزئي را تأمين مي‌کردند.

دولت ايالات متحده تا سال 2005 حتي يک بررسی آثار زيست‌محيطي کامل دربارة اندام‌های اصلاح‌شدة ژن‌شناختی (تحت قوانين مصوبة ملي محافظت از محيط زيست) انجام نداد. سطح قوانين وضع‌شده هم بسيار پايين بود؛ به گونه‌ای که اجازه می‌داد آزمايش‌های ميداني روي محصولات تراريخته به طور معمول انجام داده شود. فقط لازم بود که توليدکننده بگوید قصد انجام دادن این آزمایش‌ها را دارد. از اين رو شيوه‌هاي نظارتي هم به‌ندرت دقيق و سختگيرانه بود.

***مديريت نادرست خطر: مورد هشداردهندة کي پلانتي کولا[[3]](#footnote-3)***

عمق ناکارآمدي سيستم را مي‌توان از رفتار اشتباه و مبهم آن در قبال باکتري خاکي مهندسي ژن‌شناختی فهمید؛ وقتی مشخص شد که این باکتری خيلي کمتر از آنچه انتظار مي‌رفت بي‌خطر است. باکتري تغييریافته را شرکتی آلماني ایجاد کرده بود و در سال 1994 زمينة پخش آن فراهم گردید. اين باکتري به منظور افزايش ميزان توليد اتانول در تخميرکننده‌هايي که در فرايند پساب کشاورزي وجود دارند توليد شده بود و اميدواري‌هاي زيادي دربارة آن وجود داشت. چنین سيستمی منافع حاصل از افزايش توليد اتانول را دو برابر مي‌کرد. این سیستم علاوه بر اينکه پساب زمين را به سوخت خودرو تبديل مي‌کرد -که سوخت بهتري نسبت به گازوئيل بود- لايه‌اي مغذي توليد مي‌کرد که مي‌توانست خاک را حاصلخيز کند. اندام‌های مهندسي‌شده ظرفیتی به‌شدت کاهشي دارند. آنها از يک رشتة باکتري خاص ساکن در خاک به نام كلبسيلا پلانتي كولا[[4]](#footnote-4) گرفته می‌شوند. اين باکتري هم روي گياه مرده و در حال پوسيدن و هم روي گياهان زنده يافت می‌شود. محل زندگي اين باکتري در ريشه است و با ترشح ماده‌اي لزج به آن می‌چسبد. اگرچه حضور آنها روي گياه کاملاً موضعي و محدود است، گستردگي جغرافيايي این باکتری بسيار وسيع و جهاني است. آنها خود را به ريشة گياه در سراسر دنيا مي‌چسبانند. گياهي نيست که این باکتری را با خود نداشته باشد.

چون اين باکتري در گل‌ولاي زمين‌هاي زراعي وجود دارد، شرط احتياط آن است که به‌دقت آثار اندام‌های مهندسي‌شده روي گياهان زنده و حتي آنهايي که در حال پوسيدن هستند بررسي و ارزيابي گردد. اين مطلب با توجه به تحقيقاتي که مي‌گويد ریزاندامگان[[5]](#footnote-6) زیست‌مهندسی مي‌توانند جمعيت ميکروبي را در محيط زيست طبيعي مختل کنند و از بين ببرند، اهميت بيشتري پيدا مي‌کند. به‌خصوص در مواردي که باعث مي‌شود قارچ‌هاي معمولی که از بخش‌هاي طبيعي خاک هستند از بين بروند. دانشمندان متوجه شدند که حتي ميزان کم اتانول مي‌تواند آثار منفي بر سيستم زیست‌شناختی داشته باشد. اما آزمايش‌های انجام داده شده روي اين باکتري چندان دقيق نبود که بتواند ارزيابي درستي به ما بدهد. به‌ویژه اينکه برخي از اين آزمايش‌ها در آزمايشگاه‌هاي اورگان[[6]](#footnote-7) سازمان محافظت از محيط زيست انجام یافته بود.

خوشبختانه برخي از دانشمندان متخصص خاک در دانشگاه ايالتي اورگان متوجه شدند که رشتة باکتريايي زیست‌مهندسی که می‌تواند به طور مرتب بين ريشه‌هاي گياه الکل اتانول توليد کند بايد، قبل از اجازة ورود به چرخة طبيعت، به طور کامل بررسی شود. آنها يک سري آزمايش بدين منظور طراحي کردند. به این منظور، بذرهاي گندم را داخل لوله‌هايي قرار دادند که با نمونه‌هايي از خاک یکسان پر شده بود. سپس انواعي از باکتري مهندسي‌شدة کي پلانتي کولا را به برخي از لوله‌هاي آزمايش اضافه کردند و تعدادي از رشته باکتري‌هایی را که از آنها گرفته شده بودند را نيز به تعداد مساوی به لوله ها افزودند.

تمام گياهان در هفتة اول به‌خوبي رشد کردند. اما بعد از يک هفته گياهي که در خاک حاوي باکتري مهندسي‌شده بود پژمرد و از بين رفت. برعکس، تمام گياهاني که در خاک معمولی حاوي باکتري رشد کرده بودند سالم باقي ماندند. طراحي اين آزمايش‌ها هم درست بود و گزارشي که در نهايت تهيه شد نیز در مجلات معتبر علمي منتشر شد.

داده‌ها حاکي از اين بود که باکتري مهندسي‌شده جمعيت ریزاندامگان موجود در خاک را تغيير مي‌دهد؛ به گونه‌ای که بر چرخة مواد مغذي مورد نیاز گندم هم تأثير مي‌گذارد. چون باکتري مهندسي‌شده مانند باکتري غير مهندسي در خاک مقاومت می‌کرد و باقی می‌ماند، این احتمال افزایش پیدا می‌کرد که در صورت پخش شدن اين باکتري در محيط زيست، بتواند در زمين‌هاي زراعي باقي بماند. ضمناً اگر اين باکتري مي‌توانست در محيط‌هاي مختلف زنده بماند و ميزان تکثير و پخش آن نیز در محيط زیاد بود، به احتمال زیاد کنترل آنها تقريباً غيرممکن می‌بود.

از این رو برخي از متخصصان اعتقاد داشتند که ميکروب‌هاي مهندسي‌شده مي‌توانند خطرهای بزرگي ايجاد کنند. الن اينگام[[7]](#footnote-8)، پروفسور دانشگاه ايالتي اورگان که در تحقيقاتی شرکت کرد که منجر به کشف آثار کشندة این باکتری‌ها شد، می‌گوید چون کي پلانتي کولا در ريشة گياهان خاکزي يافت مي‌شود مي‌توان چنين نتيجه‌گيري کرد که پخش تجاري اين رشته‌هاي مهندسي‌شده مي‌تواند گياهان را در مقياس وسيعي به خطر بيندازد و تمام زندگي گياهي را در تمام قاره و حتي کل دنيا از بين ببرد. این کار می‌تواند منجر به نابودی کل زندگی جانوری از جمله حیات بشر شود. با اینکه زندگي باکتريايي و برخي از گونه‌هاي برتر مي‌تواند ادامه يابد، زندگی کل موجودات کره خاکی به طرز وحشتناکي از بين خواهد رفت. دانشمند ديگري که فکر مي‌کرد تهديد جدي و بزرگي ايجاد شده متخصص ژن‌شناسی و زیست‌شناس کانادايي ديويد سوزوکي[[8]](#footnote-9) است. او مي‌گويد: باکتري كلبسيلا مهندسي ژن‌شناختی می‌تواند باعث خاتمة حيات گياهي روي کرة خاکي شود. اشاره به همین یک مورد واقعاً ترسناک است.

با وجود این، برخی از دانشمندان فکر مي‌کردند که احتمال رخداد چنين نتيجة ويران‌کننده‌اي بسیار کم است. آنها گفتند که در این آزمايش‌‎ها فقط از يک گونة خاک ماسه‌اي استفاده شده است و شواهدي مبني بر اينکه باکتري مهندسي‌شده باعث آثار مشابهي روي انواع دیگر خاک شود وجود ندارد. آنها ضمناً گفتند احتمال ندارد باکتري بتواند به طور گسترده در ناحية وسيعي از بوم‌سازگان[[9]](#footnote-10) پخش شود.

متأسفانه داده‌هاي کافي وجود ندارد تا بتوان به‌يقين گفت که اين موضوعات حل‌وفصل شده است. حتي مشخص نيست که آيا اتانول عاملي در آسيب رسيدن به گياهان است يا گياهان در معرض آثار ناخواسته‌اي از فرايند زیست‌مهندسی قرار گرفته‌اند که به دلیل اختلال برنامه‌ريزي‌نشده در عملکرد معمول باکتري به وجود آمده است.

چيزي که واضح و مشخص است اين است که كلبسيلای مهندسي‌شده باعث مرگ گياهان آزمايش‌شده است و باید تحقيقات بيشتري در این زمینه صورت گيرد تا دقيقاً بتوان گفت چه رخ داده است و آيا اين اتفاق مي‌تواند مجدداً در انواع ديگر خاک روي دهد يا نه. فيليپ رگال تأکيد مي‌کند تحقیقات در این مورد زنگ خطر را به صدا درآورده و در واقع لزوم تحقيقات بيشتر را الزامي کرده است. او مي‌گويد، بدون مدارک و شواهد بيشتر، هيچ راهي وجود ندارد که بفهميم باکتري مهندسي‌شده چطور در زمين‌های زراعي فعاليت مي‌کند.

او صحبت‌های خود را این گونه ادامه مي‌دهد:

سازمان محافظت از محيط زيست حمایت مالی تحقيقاتي را بر عهده گرفت که دانشمندان دانشگاه ايالتي اورگان انجام دادند. من فکر می‌کنم اين سازمان بايد از تحقیقات بيشتري حمايت مالي کند تا مشخص شود دقيقاً چه اتفاقی افتاده است. پس از آن مي‌توانيم مبناي دانش خود را شکل دهیم و پاية محکم‌تري براي ارزيابي بقية اندام‌های مهندسي‌شده ايجاد کنيم. اين کاري است که بايد به طور علمی انجام داد. اما، به جاي اين کار، افرادي که در مسند سازمان محافظت از محيط زيست یا احتمالاً در کاخ سفيد قرار دارند بودجة آن را قطع کردند.

واضح است افرادی که اين دستور را صادر کردند نمي‌خواستند موضوعات مبهم در اين زمینه آشکار شود و اميدوار بودند اين کارها به سرعت کنار گذاشته شود. به نظر مي‌رسد آنها حتي به زيرمجموعه‌هاي خود دستور دادند تا بحث دربارة اين موضوعات را نيز متوقف کنند، چون هنگام صحبت با افراد رده‌هاي مياني متوجه شدم که آنها با ترديد و عذرخواهي مي‌گفتند که نمي‌توانند دربارة اين موضوع بيشتر از اين صحبت کنند. افرادي که سال‌ها بود مي‌شناختم و در هيئت مديرة مشاوره‌اي علوم سازمان محافظت از محيط زيست کار مي‌کردند.

مهندسان ژن‌شناسی نفوذ سیاسی بسیاری داشتند و آنهایی که در رده‌های میانی قرار داشتند می‌ترسیدند خود را به خطر بیندازند.

سازمان محافظت از محيط زيست نه فقط تحقيقات در زمينة کلبسيلای مهندسي‌شده را متوقف کرد، که در مقابل شواهد و مدارک نيز مقاومت کرد و شيوه‌اي خصمانه در مقابل دانشمنداني که اين موضوع را مطرح کرده بودند اتخاذ کرد. با وجود اين واقعيت که هزينه‌هاي اين آزمايش‌ها را تا بدين جا خود اين سازمان تقبل کرده بود. الن اينگام چنين گزارش مي‌کند: وقتي اولين داده‌ها بيرون آمد، سازمان محافظت از محيط زيست به ما گفت که نتوانسته‌ايم آزمايش‌ها را به درستي انجام دهيم. آنها همه چيز را بررسي کردند و به قول معروف مو را از ماست بيرون کشيدند، ولی نتوانستند هيچ چيز اشتباهي در طراحي آزمايش‌های ما پيدا کنند؛ اما تمام تلاش خود را کردند. در آن زمان برخي از محققان سازمان محافظت از محيط زيست سيستم‌هاي آزمايشي مبتني بر بوم‌شناسی را نمي‌شناختند. اين سيستم‌هاي آزمايشي براي بررسي فعاليت و تبادلات ميکروبي و فرايندهاي چرخة غذايي طراحي شده بود تا بفهمند در صورت پخش کلبسيلا پلانتي کولا در محيط زيست چه اتفاقي ممکن است روي دهد. واقعيت اين است که سيستم نظارتي به مفهوم امروزي قادر نيست انواع آثار غيرمترقبة اين باکتري را تشخيص دهد. اگر ما اين تحقيقات را انجام نمي‌داديم، اين باکتري مي‌توانست از فرايند تأييد براي پخش تجاري به‌راحتي عبور کند. به‌نظر مي‌رسد اين افشاگری در زمان درست اتفاق افتاد. به قول اينگام فقط چند هفته به پخش قريب‌الوقوع اين باکتري باقي مانده بود که اين داده‌ها به سازمان محافظت از محيط زيست ارائه شد.

وي، علاوه بر موضوع باکتري كلبسيلا، به تجارب دست اولي دست يافت که مبناي قضاوت خود دربارة ناکافی بودن نظارت قرار داد. وي چنين مي‌گويد: من با بسياري افراد در سازمان محافظت از محيط زيست کار کرده‌ام و انواع آزمايش‌هایی را که اين سازمان روي اندام‌ها انجام مي‌دهد به‌خوبي مي‌شناسم. آنها اغلب آزمايش‌های خود را با خاک سترون‌شده و عاري از هر گونه مواد شروع مي‌کنند. اما اگر خاک کاملاً سترون‌شده باشد که دیگر خاک نيست. خاک معمولي حاوي اندام‌های زنده است. اگر شما از خاک سترون‌شده براي آزمايش‌ها استفاده کنيد و سپس اندام مهندسي ژن‌شناختی را بدان اضافه کنيد آيا مي‌توانيد آثار آن اندام بر چرخة غذايي طبيعي را مشاهده کنيد يا تأثیر آن را روي ديگر اندام‌هایي که در آن سيستم وجود دارند ببینید؟ به احتمال زياد نخواهيد توانست. بنابراين جاي تعجب نيست که هنگام آزمايش اندام‌های مهندسي ژن‌شناختی با خاک سترون‌شده هيچ گونه آثار بوم‌شناختی ديده نشده است. ضروری است که همة آنها در کنار هم آزمايش شوند تا بتوان آثار آن اندام را روي تمام اندامگان موجود در خاک بررسي کرد. او بر اهميت اين شيوة آزمايش تأکيد مي‌کند؛ چون خاک واقعي اشکال مختلف زندگي ميکروسکوپي را در خود دارد و همة آنها نقش مهمي در ايجاد شرايط مطلوب حاصلخيزي براي گياه ايفا مي‌کنند.

با وجود نقايص و کاستي‌هاي زياد در آزمايش‌ها، به نظر مي‌رسيد قانونگذاران مي‌خواهند مُصرانه به همين آزمايش‌ها بچسبند؛ مثل كلبسيلا که به ريشة گياه مي‌چسبد! آنها به اينکه اين آزمايش‌ها نمی‌توانند تمام آثار اندام‌های اصلاح‌شدة ژن‌شناختی را تشخيص دهند اهمیتی ندادند و برای مشکلات طرح‌شده هم نگراني نداشتند. براي آنها تبليغات بر پيشگيري اولويت داشت. آنها از اين امر ناراحت نبودند که برخي از اندام‌های اصلاح‌شدة ژن‌شناختی مي‌توانند مضر باشد؛ بلکه از محققاني که اين خطرها را آشکار کرده بودند دلگير بودند! در واقع، نه به دلیل آسيبي که ممکن بود به موجودات کرة خاکی برسد، بلکه به دلیل مخدوش ساختن تصوير اندام‌های اصلاح‌شدة ژن‌شناختی. اين خشم باعث تغییر رفتار آنها در مقابل محققان شد.

ولی با وجود اين واقعيت که اينگام و همکارانش خدمات بسيار ارزشمندي انجام داده و از بروز بسياري از خطرهای فاجعه‌بار جلوگيري کرده بودند، سازمان محافظت از محيط زيست، به جاي قدردانی از فعاليت‌هاي آنها، سعي کرد آنها را توبيخ کند. او قبل از کار روي باکتري كلبسيلا مرتباً مبالغ زيادي از سازمان محافظت از محيط زيست دريافت مي‌کرد؛ ولي موقعيت وي به طور ناگهانی تغيير کرد. پس از اينکه چند پيشنهاد تحقيقاتي وي را سازمان رد کرد، تصميم گرفت که موضوع را پيگيري نکند و وقت خودش را بيش از اين تلف نکند.

قبل از ادامة مطلب بهتر است به سؤال اصلي اشاره‌اي داشته باشيم: اگر ما داده‌هاي کافي دربارة آثار كلبسيلای مهندسي‌شده نداشته باشيم، آيا درست است که نتيجه‌گيري کنيم آنها مي‌توانند باعث بروز خطرهای زيادي شوند؟ براي پاسخ به اين سؤال لازم است اول بدانيم که خطر چيست. چنانکه در فصل نهم به طور مفصل در اين باره صحبت خواهيم کرد، خطر از نظر فني اين طور تعريف شده است که محصول ترکیبی از دو مادة مختلف اولاً احتمالاً بتواند به طور بالقوه مشکلي ايجاد کند که منجر به بروز آسيب شود و ثانیاً ميزان آسيبي که مادة توليد شده مي‌تواند وارد کند. بنابراین اگر احتمال بروز آسيب زیاد باشد اما آسيب ايجاد شده کم باشد، خطر را کم در نظر مي‌گيرند. برعکس، چنانچه احتمال بروز آسيب اندک باشد ولی نتيجة آسيب گسترده و زیاد باشد، خطر را جدي در نظر مي‌گيرند. با این برداشت، حتي اگر بدترين فرانامه‌هایی[[10]](#footnote-11) را که دکتر اينگام و سوزوکي متصور شدند هم بسيار غيرمحتمل بدانيم، چون فجایعی که به بار می‌آورند بی‌شمار است، خطر را بايد جدي و بزرگ در نظر گرفت.

***سيستم نامتعادل: تبليغات ارجح بر پيشگيري است***

اگرچه خطرهایی كلبسيلای مهندسي‌شده واضح بود، سيستم نظارتي بسیار عادي با آن برخورد کرد. اين خود نشان از بيمار بودن سيستم دارد. بيماري که از ملاحظات سياسي نسبت به تبليغات زیست‌مهندسی نشئت مي‌گيرد. يکي از پرماجراترين نمايش‌ها از شور و شعف ملاحظات سياسي، سخنراني فيليپ رگال در فراهمایی‌ای[[11]](#footnote-12) دربارة اندامگان اصلاح شدة ژن‌شناختی بود که در 31 ژانويه 1989 در واشنگتن دي سي برگزار شد. اين فراهمایی تحت حمايت مالي مجموعة ملي حيات وحش و با همکاري شوراي محافظت برگزار شد و بسياري از نمايندگان صنايع زیست‌فناوری و دولت نيز در آن حضور يافتند. تا آن زمان رگال مدارک شواهد بسياري در دست داشت که متقاعد شده بود تبليغات دولت به نفع اين فناوری باعث شده است تبيين قوانين در اين زمينه عقب بیفتد. بنابراين تصميم گرفت صریح و بي‌پرده همة توجهات را به اين مشکل جلب کند. وي در انتهاي سخنراني‌اش واقعيت‌ها را همان طور که ديده بود مطرح کرد و تأکيد کرد سازمان محافظت از محيط زيست چگونه در مقابل خواسته‌هاي صنعت زیست‌فناوری سر فرود آورده است.

پس از پايان سخنراني و زمان شروع پذيرايي، يکي از بالاترين مقامات سازمان محافظت از محيط زيست به اتفاق يکي از دستيارانش با حالتي برانگيخته نزد وي آمدند. در حالی که خود را آمادة نگاه غضب‌آلود و لحن کنایه‌آميز آنها کرده بود، در کمال شگفتي با نگاهي آکنده از رضايت و صدايي حاکي از تحسین و ستایش مواجه شد. آن مرد به رگال گفت که به اتفاق همکارانش سعي داشته است صنايع زیست‌فناوری را قانع کند که سازمان محافظت از محيط زيست در کنار آنها ايستاده است و موافق با   
برنامه‌هاي آنهاست و او را مورد تحسین قرار داد که به‌وضوح این مورد را شفاف‌سازی کرده است. وقتي تعجب رگال فروکش کرد، متوجه شد اگر انتقاداتش را تعریف و تمجید هم در نظر گرفته باشند باز اين مقامات رسمي هم معتبر بودن اين صحبت‌ها را تأييد کردند و هم در رویه‌اش تغییر کلی داده و به حقیقت اعتراف است.

غرض‌ورزي‌هاي تبليغاتی سازمان‌هاي دولتي و نقایص و ناکارآمدي‌هايي که داشتند از ابتداي پيدايش مهندسي ژن‌شناسی تاکنون در سيستم نظارتي ايالات متحده باقي مانده است. این عیوب و کاستی‌ها در سال 1983 براي رگال علني شد. دیوان کل محاسبات آمریکا در سال 1988 زماني که چگونگي عملکرد سازمان غذا و دارو، سازمان محافظت از محيط زيست و وزارت کشاورزی آمریکا در قبال اندام‌های اصلاح‌شدة ژن‌شناختی را بررسي کرد، مشکلات بسيار جدي را به‌راحتی تشخيص داد و همة آنها را به دلیل رعايت نکردن موازين ايمني و نداشتن پايه و اساس علمي مقصر شناخت. با وجود صحبت‌هاي مکرر مقامات دولتي در مورد اينکه مهندسي ژن‌شناسی به‌دقت تحت نظارت است، تاکنون پیشرفتی حاصل نشده است.

تا ژانوية سال 2000 سيستم نظارتي دربارة تبليغ اين فناوری جانبدارانه رفتار می‌کرد و کاملاً مخالف ایجاد پادمان‌های منطقی و لازم براي آن بود. در آن زمان، سازمان خودجوش مردمی مسئول محيط زيست[[12]](#footnote-13) احساس کردند لازم است قبل از پخش گسترده و تجاری اندام‌های اصلاح‌شدة ژن‌شناختی در محيط، درباره شيوه اي که ايالات متحده براي ارزيابي خطرها استفاده می‌کرد، مجدداً گزارشي به شدت انتقادي منتشر کنند. گزارش با عنوان غول ژن‌شناختی در سپتامبر 1995 در راستاي بازداشتن سازمان محافظت از محيط زيست از تأييد پخش باکتري مهندسي‌شده (ريزوبيوم مليلوتي RMBPC-1[[13]](#footnote-14)) منتشر شد. بسياري از دانشمندان سازمان‌هاي مختلف اعتقاد داشتند که این باکتری مي‌تواند خطرهای پیش‌بینی‌نشده‌ای هم براي سلامت انسان و هم براي محيط زيست ايجاد کند. اين گزارش را چند تن از متخصصان سازمان محافظت از محيط زيست نوشته بودند و افرادی از دانشگاههاي معتبر نيز بازبيني کرده بودند. چون سازمان محافظت از محيط زيست با اين کار قوانين حفاظت از افشاگر را نقض مي کرد، نويسندگان اين گزارش به‌اجبار ناشناس باقي ماندند تا مديران آنها را سرزنش و بازخواست نکنند. گزارش آنها مي‌گفت علاوه بر اين واقعیت که ارزيابي خطرهایی که سازمان محافظت از محيط زيست انجام داده کاستي‌هاي فراواني داشته بلکه ارزيابي مزایای آن نیز به‌شدت اشتباه بوده است. اگرچه اندام طوري طراحي شده بود که باعث افزايش تثبيت نيتروژن در يونجه و غني شدن محصول گردد، داده‌ها نشان مي‌داد که بهبود چشمگیری در محصول به وجود نيامده است. اما سازمان محافظت از محيط زيست اين شواهد را در نظر نگرفت که کشاورزان خريدار اين باکتري ممکن است هيچ سودي نبرند و صرفاً وجهة اقتصادي اين کار برای شرکت‌ها را به حساب آورد که آنها از فروش اين باکتري به کشاورزان چقدر مي‌توانند سود کسب کنند. اين سازمان سود حاصله را بر خطرهای موجود ترجيح داد؛ خطرهایی که -بنا بر گزارش سازمان خودجوش مردمی مسئول محيط زيست- به‌شدت کم‌اهميت جلوه داده شده بود.

درست مثل متخصصان داخلي سازمان که انتقاداتي به موضوع داشتند، گروه مشاوره‌اي خارج سازمان محافظت از محيط زيست نیز به‌سرعت متوجه ضعف کار اين سازمان شد. به نحوی که پنج نفر از شش تن اعضاي آن از تأييد باکتري امتناع کردند. زماني که سازمان گفت قصد دارد به هر شکلي گرفتن تأييديه را دنبال کند،​ يکي از اعضا -در مخالفت با موضوع- استعفا داد. سازمان محافظت از محيط زيست در سال 1997 استفاده از باکتري براي مقاصد تجاري را تأييد کرد. بنا بر صحبت‌هاي يکي از متخصصان ارزيابي خطر در خود اين سازمان، تا جولاي 2001 هيچ اقدامي در جهت تحقیق در زمينة شناسايي آثار جانبي اين باکتري يا حتي تعيين اينکه آيا محصول افزايش يافته يا نه انجام داده نشد.

سازمان خودجوش مردمی مسئول محيط زيست گزارش خود را در سال 2000 منتشر کرد؛ چرا که متوجه شد بهبودي در وضعيت ايجاد نشده است. بيانیة همراه آن بدين مضمون است که: گذر زمان صحت يا ضرورت انتقادات علمي طرح شده در زمينة غول ژن‌شناختی را از بين نبرده است. همان محرک‌های تجارت‌محور که قبلاً دربارة غول ژن‌شناختی وجود داشت، اکنون نيز رخ داده است. چنانکه سازمان‌هاي نظارتي آمريکایی سعي دارند بر عدم قطعيت‌ها فائق بیایند و به تمام شک و شبهه‌هاي روزافزون در اين زمينه خاتمه دهند و بگويند همه چيز در صحت و سلامت است.

متأسفانه رفتار وزارت کشاورزي نیز به اندازة سازمان محافظت از محيط زيست دلسردکننده بود. موضعگیری اين وزارتخانه با صنعت زیست‌فناوری آن قدر متظاهرانه بود که در دسامبر 2005 -يعني 21 سال بعد از اينکه رگال اولين کارگاه علمي را در زمينة خطرهای زيست‌محيطي اندام‌های اصلاح‌شدة ژن‌شناختی در آزمايشگاه‌هاي معروف کلد اسپرينگ هاربور برگزار کرد و 19 سال بعد از اينکه اولين مجوز براي پخش اين اندام‌ها در محيط صادر شد و بعد از بيش از 10 هزار آزمايش ميداني معتبر- بازرس سازمان مقاله‌ای منتشر کرد که نشرية نیویورک‌تایمز آن را گزارشي زننده و سوزان خواند و آن را به دلیل قصور در نظارت بر تمام آزمايش‌ها سرزنش کرد. مدارک نشان مي‌داد که وزارت کشاورزی ایالات متحده اطلاعات اوليه در مورد اینکه نتایج آزمايش‌ها کجاست يا پس از برداشت محصولات چه کاري با آنها انجام شده است را ندارد. این گزارش خاطرنشان کرد که قانونگذاران سازمان اغلب از تخلفات موجود چشم‌پوشي کرده يا حتي خودشان مرتکب تخلفاتي شده‌اند. در اين گزارش آمده است: قوانين فعلي (وزارت کشاورزی ایالات متحده)، سياست‌ها و رويه‌هاي اين سازمان نمي‌تواند دربارة ايمني صنعت زیست‌فناوری کشاورزي تضمين کافی به ما بدهد.

اين ضعف مزمن قانونگذاري با بي‌توجهي‌هاي مکرر شرکت‌ها منجر به يک‌سري وقايع بسيار جدي شد. براي مثال، اگرچه بسياري از برنج‌هاي دانه‌بلند تراريختة توليدي شرکت باير هيچ‌وقت نتوانست تأييديه براي کشت قانوني و تجاري به دست آورد، اما به طور گسترده در آمريکا يافت مي‌شد. اين میزان آلودگي آن هم در این مقياس وسيع با وجود اين واقعیت روي داد که برنج مهندسي‌شده فقط در مزارعي در لوييزيانا و فقط بين سال‌هاي 1999 و 2001 کشت شده بود. ضمناً اين آلودگي پنج سال پيش از کشف آن رخ داده بود.

برنج آلوده یگانه محصول تراريخته‌اي نبود که در سال 2001 به‌درستي مديريت نشد. در همان سال مشکلاتي در مزرعه‌ای آزمايشي در آيوا روي داد. توليد کنندة انواع آزمايشي ذرت مهندسي‌شده براي توليد داروهاي پزشکي نتوانست با اندازه‌گيري‌هاي درست از برداشتن گردة تغييريافتة ژن‌شناختی توسط باد و بردن آن به مزارع اطراف و تغيير ديگر ذرت‌ها جلوگيري کند. بنابراين حدود 155 هکتار از محصول از بين رفت. يک آزمايش ديگر براي توليد محصولات دارويي در رودخانة ميسوري در نبراسکا نیز مشکلاتي ايجاد کرد. برخي از ذرت‌ها به طور تصادفي با دانه‌هاي سويا قاطي شدند و در نتيجه 500 هزار بوشل[[14]](#footnote-15) ذرت از بين رفت.

در ميان بسياري از اين حوادث آلودگي، دانه‌هاي گرده انواع تأييد نشدة یک نوع چمن تراريختة مقاوم به علف‌کش از نمونة آزمايشی اورگان گریختند و ديگر انواع چمن‌ها را تغيير دادند. اين فرار از آزمایشگاه سال‌ها گزارش نشد. برخي از متخصصان گمان می‌کنند تاکنون آلودگي اولية بذرهای چمن تجاري باقي مانده باشد. هفتاد درصد از اين محصول در اورگان پرورش داده شده است. سازمان محافظت از محيط زيست مثال‌هاي ديگري نیز پيدا کرد که در آن گردة آن نوع چمن تراريختة مقاوم به علف‌کش از نمونة آزمايشي گريخته و ژن‌هاي تغييريافتة خود را به چمن‌هاي بومي که کيلومترها از آن فاصله دارند منتقل کرد، از جمله يک مورد که يک مرتع ملي آلوده شده بود.

***محصولات تراريخته نه فقط اینکه به محيط زيست کمک نمي‌کنند که باعث آسيب به آن مي‌شوند***

هواداران محصولات تراريخته همواره ادعا می‌کنند که دو نوع از شايع‌ترين اين محصولات (آنهايي که آفت‌کش خود را توليد مي‌کنند و آنهايي که به يک يا بيشتر علف‌کش‌ها مقاومت نشان مي‌‎دهند) در مجموع براي محيط زيست مفيد هستند. اما شواهد و مدارک گسترده‌اي وجود دارد که اين ادعا را رد مي‌کند و به طور مشخص مي‌گويد که اثر نهايي اين محصولات روي محيط زيست مضر و آسيب‌رسان است.

***خطرهای گياهاني که آفت‌کش توليد مي‌کنند***

هواداران صنعت زیست‌فناوری به گونه‌ای اغراق‌آميز می‌گویند که محصولات تراريخته باعث کاهش مصرف آفت‌کش‌ها مي‌شوند؛ چرا که مقادير زيادي از اين محصولات طوري طراحي شده‌اند که آفت‌کش مخصوص به خود را توليد کنند. تا به امروز محصولات حشره‌کش همگي مهندسي شده‌اند تا آفت‌کشي را بسازند که باکتري معمولي خاک می‌سازد. اين آفت‌کش بی.تی. ناميده مي‌شود و در شکل طبيعي خود مدت‌ها براي کنترل حشرات گياهان به کار مي‌رفته است. از آنجا که اين آفت‌کش به طور کلي براي پستانداران و ديگر اندام‌های غير هدف از جمله حشرات مفيد ايمن است، مصرف آن در کشاورزي زیستی مورد تأييد است.

وقتي يک رونوشت از ژن که پروتئين آفت‌کش بی.تی. را ترکيب مي‌کند درون ذرت يا پنبه (دو تا از محصولات اصلی بی.تی. تجاري) مهندسي شود، نتايج آن در محيط طبيعي تکرار نمي‌شود. از يک سو پروتئين‌هاي توليدي گياه همواره همان ساختار طبيعي خود را ندارند و آثار آنها متفاوت است. پروتئين بی.تی. طبيعي به‌سرعت در نور روز از کار می‌افتد و در خاک يا راه آب جمع نمي‌شود. برعکس، چون هر سلول از محصولات بی.تی. به شکلي فعال سم بی.تی. از خود تراوش مي‌کند، ريشة گياه مرتباً پروتئين سمي به خاک مي‌دهد. ضمناً وقتی باقیمانده‌های ذرت بی.تی. هنگام درو شخم می‌خورند، بی.تی. موجود در پوستة آنها به‌سرعت از کار نمی‌افتد و برای ماه‌ها در خاک مقاومت می‌کند و باقی می‌ماند. این امر نتایج نامطلوب دربردارد. محققان متوجه شده‌اند که قارچ میکوریز (که در ریشة گیاه تشکیل می‌شود و به جذب مواد مغذی کمک می‌کند، در مقابل بیماری گیاه مقاومت و خشکسالی را تحمل می‌کند) آن قدر در ریشة ذرت مهندسی‌شده وجود ندارد که بتواند بی.تی. تولید کند. دانشمندان متوجه کاهش میزان یکی دیگر از قارچ‌های مفید (قارچ میکوریز آربوسکولار) در ریشة ذرت بی.تی. شدند.

‍پروتئین‌های بی.تی. تولیدی در گیاهان مهندسی‌شده، برعکس ‍پروتئینهای بی.تی. طبیعی، روی آبراه‌ها و زندگی آبی آثار زیانباری دارند. یکی از تحقیقات (که در ایندیانا انجام شده است) نشان می‌دهد که پروتئین‌های بی.تی. تولیدی در ذرت ۲۵ درصد از جریان‌های آبی مورد آزمایش را آلوده کرده‌اند. تحقیقی دیگر نشان داد که تودة ذرت بی.تی. برای اندام‌های آبی سمی است. وقتی ذرت بی.تی. برای تغذیة حشرات آبزی (اندامی که اغلب به مثابة شاخص میزان مسمومیت محیط به کار می‌رود) استفاده شد، آثار سمی در آن مشاهده گردید: از جمله کاهش تناسب، میزان کشنده بودن بیشتر و تولید مثل ناقص.

محققان متوجه شدند محصولات بی.تی. آثاری سمی روی جمعیت حشرات غیرهدف مثل پروانه‌ها می‌گذارد و حتی ممکن است روی توانایی زنبورها برای پیدا کردن منبع شهد اثر منفی داشته باشد. همچنین شواهد حاکی از آن است که آنها به حشرات مفید نیز آسیب می‌رسانند؛‌ حشراتی که آفات گیاهی را شکار یا از آن دور می‌کنند.

محصولات بی.تی. تهدیدهای دیگری را هم مطرح می‌کنند. یکی از بزرگ‌ترین آنها این است که ممکن است به کارایی خود بی.تی. لطمه وارد کنند. این امر به دلیل مقاومت گستردة بی.تی. در مقابل جمعیت آفات هدف است.

درست مثل مصرف بیش از حد آنتی‌بیوتیک‌ها که باعث افزایش مقاومت در جرم‌های میکروبی بزرگ می‌شود، استفادة بیش از حد از سم بی.تی. نیز می‌تواند منجر به افزایش مقاومت حشرات آفات در قبال بی.تی. شود. تا زمان پیدایش مهندسی ژن‌شناسی، هرگز با چنین تهدیدی مواجه نبودیم. بی.تی. به صورت طبیعی به مقدار زیاد در صنعت بزرگ کشاورزی استفاده نمی‌شود؛ چرا که سرعت از کار افتادن آن نیاز به مدیریت بسیار دقیق دارد (از جمله زمان درست به‌کارگیری آن) که برای بسیاری از مزارع صنعتی مناسب نیست. اگرچه بی.تی. در بسیاری از مزارع زیستی (و مزارعی که از مدیریت مجتمع آفات استفاده می‌کنند یعنی سیستمی که از آفت‌کش ترکیبی کمتری نسبت به صنایع معمول استفاده می‌کند) استفاده می‌شود، ولی کاربرد آن بسیار محدود است؛ به گونه‌ای که هیچ فشاری به حشرات مقاوم وارد نمی‌آورد. اما پرورش گستردة محصولات حاوی بی.تی. باعث شده است که حشرات به طور مداوم در معرض سموم قرار گیرند. بر این اساس، آنهایی که دچار جهش در مقاومت در مقابل آن شده‌اند می‌توانند یک مزیت رقابتی بزرگ نسبت به دیگر همتایان آسیب‌پذیر خود پیدا کنند و در طول زمان تبدیل به جمعیت غالب شوند.

توسعة آفات مقاوم به بی.تی. صرفاً احتمالی نظری نیست. برای مثال، فقط شش سال طول کشید تا کرم ریشة ذرت غربی در مقابل ذرت بی.تی. مقاومت پیدا کند؛ چیزی که برای از بین بردن آن طراحی شده بود. جمعیتی از کرم ریشة مقاوم به بی.تی. نیز در آیوا و لوییزیانا دیده شده است. چنانچه این رشته‌های مقاوم به‌سرعت تکثیر شوند، کشاورزان باید برای کنترل آنها متوسل به آفت‌کش شوند.

حتی وقتی محصولات بی.تی. بیشتر آفاتی را که علیه آنها درست شده‌اند از بین می‌برند، غالباً بقیة آفات فاصلة ایجاد شده در زیست‌بوم را پر می‌کنند. چون این گونه‌های مشکل‌آفرین به‌صورت ذاتی به بی.تی. حساس نیستند، بلکه آنها لزوم کاربرد آن آفت‌کش را ایجاب می‌کنند.

در نتیجه، با اینکه محصولات بی.تی. تا به حال برای کاهش استفاده از آفت‌کش‌ها به کار رفته‌اند، این کاهش آنچنان که پیش‌بینی می‌شد اساسی نبوده است. می‌توان انتظار داشت این کاهش پیوسته رو به کم شدن باشد؛ چرا که آفات مقاوم به بی.تی. همچنان به تکثیر خود ادامه می‌دهند. آفاتی که در مقابل بی.تی. از بین می‌روند این فرصت را برای آفات مقاوم فراهم می‌آورند که جایگزین آنها شوند. اگر مقاومت به بی.تی. خیلی رواج پیدا کند -طوری که اسپری‌های بی.تی. طبیعی کارایی خود را از دست بدهند- ضربة سختی به کشاورزی زیستی و به مزارعی وارد می‌آید که از مدیریت مجتمع آفات استفاده می‌کنند. چنانکه برخی از متخصصان اظهار داشته‌اند که احتمال دارد هیچ آفت‌کش تولید شدة طبیعی دیگری نتواند کارایی بی.تی. را با آن میزان ایمنی توأم کند.

***استفادة بیش از حد از علف‌کشها***

دو تا از اصلی‌ترین آفت‌کش‌ها کشندة حشرات (حشره‌کش‌ها) و مسموم‌کنندة علف‌ها هستند (علف‌کش‌ها). با اینکه محصولات بی.تی. تاکنون توانسته باعث کاهش مصرف حشره‌کش‌ها شود، به طور کلی محصولات تراریخته باعث افزایش مصرف آفت‌کش‌ها شده است. این امر بدان علت است که حجمی از محصولات تراریختة تجاری نمی‌تواند حشره‌کش تولید کند اما طوری مهندسی شده است که بتواند علف‌کش‌ها را تحمل کند و ۸۴ درصد از زمینی که به کشت محصولات تراریخته اختصاص یافته است حاوی انواع مقاوم به علف‌کش‌‎هاست. در نتیجه، استفاده از علف‌کش به‌شدت افزایش یافته است. چارلز بن بروکِ[[15]](#footnote-16) بذرشناس با استفاده از داده‌های وزارت کشاورزی ایالات متحده متوجه شد که در طول سیزده سال اول کشت و زرع در آمریکا (۱۹۹۶ تا ۲۰۰۸) محصولات تراریخته باعث ۳۸۳ میلیون پوند افزایش مصرف مواد شیمیایی علف‌کش شده‌اند. طبق نظر دکتر بن بروک، این میزان افزایش می‌تواند آن مقدار کاهش در مصرف حشره‌کش‌ها را که مربوط به ذرت و پنبة تراریخته است پوشش دهد و اثر کلی مواد شیمیایی محصولات تراریختة امروزی را قطعاً منفی کند.

بیشتر این میزان استفادة زیادی از مواد شیمیایی علف‌کش به دلیل پدیده‌ای بود که بوم‌شناسان بارها درمورد آن هشدار داده بودند و قانونگذاران و هواداران صنعت زیست‌فناوری نیز وقعی به آن ننهاده بودند؛ یعنی شیوع علف‌های مقاوم به علف‌کش. این علف‌ها به دو روش ایجاد می‌شوند. اولین روش از طریق مصرف بیش از حد علف‌کش است که در آن علف‌های مقاوم پدیدار می‌شوند -درست عین حشرات مقاوم به بی.تی.. اگرچه استفادة پیوسته از سموم بیشتر علف‌ها را از بین می‌برد، در برخی از آنها جهش اتفاق می‌افتد که مقاوم بودن را به آنها منتقل می‌کند. علف‌های مقاوم سریعاً شروع به رشد و تکثیر می‌کنند؛ چون در ناحیه‌ای که آفت‌کش بدان زده شده است کم‌وبیش علفی وجود ندارد تا برای گرفتن مواد غذایی بخواهد با آنها رقابت کند.

دومین روش تکثیر ربطی به جهش ندارد؛ بلکه از طریق گرده‌افشانی صورت می‌گیرد. چون کانولا می‌تواند برخی از خویشاوندان وحشی و هرز خود را بارور کند،‌ گردة کانولا می‌تواند ژن‌های مقاوم به علف‌کش خود را از طریق مهندسی به آنها بدهد.

علف‌های مقاوم سریعاً به وجود نمی‌آیند،‌ اما زمانی که رشد کنند گسترش آنها بسیار سریع است. پرورش اولین سویای راند آپ ردی شرکت مونسانتو (که به علف‌کش گلیفوسات مقاوم است) حدود چهار سال طول کشید؛ قبل از اینکه اولین گونه‌های علف‌های مقاوم به گلیفوسات ظاهر شوند و حضور آنها فقط محدود به ایالت دلوار بود. اما در ده سال بعدی ده گونة مقاوم در ۲۲ ایالت آمریکا به حدود ده میلیون هکتار زمین‌های زراعی هجوم برد.

آثار این رویداد بسیار عظیم بود. طبق صحبت‌های رئیس انجمن مناطق محافظت‌شدة آرکانزاس، این بزرگ‌ترین تهدید برای کشاورزی تولیدی است که تاکنون با آن مواجه شده‌اند. از یک سو داده‌ها نشان می‌دهد که علف‌های مقاوم نه فقط به دلیل استفادة زیادی از علف‌کش به وجود آمده‌اند؛ بلکه تکثیر بعدی آنها منجر به سم‌پاشی‌های بیشتری شده است. دکتر بن بروک می‌گوید این علف‌های مقاوم که باعث سم‌پاشی بیشتر می‌شود اولین دلیل افزایش حجم علف‌کش‌های مربوط به محصولات تراریخته است. به عبارت دیگر، علف‌کش بیشتری به کار گرفته شده است تا بتواند این علف‌های جدید را در مقابل علف‌هایی که در طول فرایند طولانی مرحلة تولد تا پخش گسترده به وجود آمده‌اند کنترل کند.

چون این علف‌ها در مقابل گلیفوسات مقاوم شده‌اند، کشاورزان مجبورند از یک نمونة قدیمی‌تر علف‌کش‌ها برای مقابله با آنها استفاده کنند؛ یعنی علف‌کش‌هایی که عموماً مضرتر از گلیفوسات هستند. اما یکی از بزرگ‌ترین نکات فروش محصولات راند آپ ردی این بود که آنها به جای استفاده از این علف‌کش‌های قدیمی از گلیفوساتی که دوست‌دار محیط زیست است استفاده می‌کنند. بدین ترتیب نه فقط محصولات تراریخته باعث افزایش مصرف علف‌کش‌ها شد، بلکه تولید انواع زیان‌بارتر علف‌کش را -که قرار بود مصرف آنها به حداقل برسد- به‌شدت تحریک کرد.

یکی از این علف‌کش‌ها 2,4-D نام دارد. این علف‌کش یکی از موارد فعال در عامل پرتقالی‌رنگ[[16]](#footnote-17) بود. در واقع یک مادة شیمیایی برگ‌کش بود که ارتش ایالات متحده به طور گسترده در طول جنگ ویتنام از آن استفاه کرد. این علف‌کش بسیار قدرتمند است و مقادیر بسیار کم بخار آن می‌تواند به گیاهان برگ‌پهن (گیاهانی که علف نیستند)‌ آسیب وارد کند. دو تحقیق که قانونگذاران دفع آفات ایالتی انجام داده‌اند نشان می‌دهد که این علف‌کش می‌تواند نسبت به بقیة سموم دفع آفات آسیب بیشتری وارد کند. برخی گونه‌ها که به صورت ویژه به این علف‌کش حساس هستند عبارت‌اند از انگور، سویا، آفتابگردان، ‌لوبیا، گوجه فرنگی و پنبه. این ماده، علاوه بر اینکه سمی‌تر از گلیفوسات است، برای برخی از گونه‌های حساس کشنده‌تر است: حداقل سیصد بار سمی‌تر از گلیفوسات برای بذر گیاهان و نُه بار سمی‌تر برای خود گیاه.

یک آفت‌کش دیگر که کشاورزان برای مبارزه علیه علف‌های مقاوم از آن استفاده می‌کنند دیکامبا[[17]](#footnote-18)ست. این آفت‌کش نیز مثل 2,4-D آثار سوء بیشتری نسبت به گلیفوسات بر محیط زیست می‌گذارد و به‌ندرت اثر مثبتی دارد. برای مثال، محققان نشان دادند که گلیفوسات در مقادیر کمتری نسبت به آنچه در کشاورزی استفاده می‌شود، می‌تواند باعث بروز نقص تولد در جنین قورباغه‌ها و جوجه‌ها شود. این نقایص در جنین مشابه با نقایص مادرزادی در انسان است که در برخی از نواحی آمریکای جنوبی که سویای راند آپ ردی در آن به طور گسترده پرورش داده می‌شد مشاهده شد.

مشخص شده علف‌کش راند آپ شرکت مونسانتو (که گلیفوسات یکی از اجزای فعال آن است) در مقادير تا هشتصد برابر کمتر از ميزان مجاز آن در مواد غذايي و علوفه، یک مختل کنندة بسیار قوی غدد درون‌ریز است. این ماده برای سلول‌های بدن انسان سمی است و در سطوحی بسیار کمتر از آنچه در کشاورزی استفاده می‌شود نیز باعث تخریب دی.ان.ای. می‌شود.

علاوه بر بسیاری از آثار منفی گلیفوسات، تمایل آن برای تحریک رشد قارچ‌های مضر در خاک نیز باید در نظر گرفته شود. یکی از بدترین این قارچ‌ها فوساریوم نام دارد. این قارچ عامل بیماری پژمردگی یا نشانگان[[18]](#footnote-19) مرگ ناگهانی در گیاه سویاست. فوساریوم بر گیاه تأثیر منفی می‌گذارد؛ علاوه بر آن سمومی تولید می‌کند که می‌تواند وارد چرخة غذایی شود و به انسان و دام آسیب وارد کند. این قارچ در خوک‌ها موجب نقص در تولید مثل می‌شود و زایمان جنین مرده را افزایش می‌دهد.

***چطور صنعت زیست‌فناوری از مشکلاتْ صرف‌نظر و از آنها سودجویی می‌کند***

صنعت زیست‌فناوری، در مواجهه با ظهور علف‌های مقاوم به گلیفوسات و نیاز روزافزون کشاورزان برای به‌کارگیری آفت‌کش‌های قوی‌تر از گلیفوسات، به شیوه‌ای پیش‌بینی‌پذیر اما تأسف‌بار پاسخ می‌دهد. اگرچه مشکلات به دلیل مهندسی ژن‌شناسی ایجاد شده بود، شرکت مونسانتو و دیگر شرکت‌های بزرگ سعی کردند این مشکلات را از طریق نوعی مهندسی ژن‌شناسی برطرف کنند. بدین منظور، برای اینکه کشاورزان بتوانند از علف‌کش‌های قوی‌تر به فراوانی استفاده کنند و از طرفی محصولات آنها از بین نرود، زیست‌فناوری نوع جدیدی از گیاهان تراریخته را ایجاد کرد که در مقابل مواد شیمیایی مقاوم هستند. برای مثال، شرکت دو[[19]](#footnote-20) سویایی درست کرده است که به 2,4-D مقاوم است و علاوه بر این لوبیایی تولید کرد که بتواند گلیفوسات و گلوفوسینات (علف‌کشی که برای گیاهان مقاوم به گلیفوسات به کار می‌رود) را تحمل کند. این شرکت همچنین ذرتی تولید کرده است که می‌تواند غرق در 2,4-D و چند علف‌کش دیگر شود. شرکت مونسانتو نیز برای اینکه از قافله عقب نماند سویایی تولید کرده است که هم به دیکامبا و هم به گلیفوسات مقاوم است و نیز ذرت و پنبه‌ای طراحی کرده است که سه برابر در مقابل علف‌کش‌ها مقاوم است.

این موارد از منظر تجاری منطقی است؛ چون باعث سود سرشار شرکت‌هایی می‌شود که این محصولات را همراه با علف‌کش‌هایی که در مقابل آن مقاوم هستند تولید می‌کنند و با قیمت زیاد به کشاورزان می‌فروشند. اما از دید علمی این کار کاملاً‌ غیرعاقلانه و حتی غیرمسئولانه است. بیل فریز[[20]](#footnote-21)، که تحلیلگر سیاست‌های علمی در مرکز ایمنی غذاست، چنین می‌گوید: آمار زیادِ استفاده از مخلوطی از علف‌کش‌های سمّی که برای محصولات مقاوم به علف‌کش به کار می‌رود موجب ظهور علف‌های هرز مقاوم به چندین ماده می‌شود. این مسابقة سلاح‌های شیمیایی با علف‌های هرز که به دلیل محصولات مقاوم به علف‌کش شروع شده است منجر به استفادة همواره افزایشی آفت‌کش‌ها و آلودگی و نیز آثار سوء روی سلامت انسان و محیط می‌شود.

تولیدکنندگان، علاوه بر انباشت ویژگی‌های مقاومت در برابر علف‌کش روی بذرهای تراریخته، به صورت پیوسته تعداد گونه‌هایی را که با این مقاومت می‌توان تولید کرد افزایش می‌دهند. یکی از این محصولات یونجة مقاوم شرکت راند آپ است. این یونجه محصول مهمی است؛ چرا که خود یونجه جزو غلات اصلی است که در ردة چهارم کشت در ایالات متحده قرار دارد و ردة ارزشی آن سه   
است. یونجه قبلاً برای خوراک گاوهای شیرده و گاوداری‌ها به کار می‌رفت و برای تهیة لبنیات آلی[[21]](#footnote-22) به‌شدت اعتمادپذیر بود.

اما فقط یونجه‌ای که به صورت آلی پرورش یافته بود می‌توانست در تهیة لبنیات آلی به کار رود. چون یونجه از طریق فعالیت زنبورها از راه دور بارور می‌شود، مزارع یونجة آلی می‌تواند به‌شدت مورد تهاجم گرده‌هایی قرار گیرند که به صورت ژن‌شناختی مهندسی شده‌اند. محصولات آلودة ناشی از این فعالیت برای مزرعه‌داران لبنیات آلی مناسب نیست.

در سال ۲۰۰۶ لایحه‌ای به دادگاه فدرال ایالات متحده ارائه شد تا استفاده از یونجة تراریخته را متوقف کند. قاضی این پرونده گفت که آلودگی وسیعی تا به حال اتفاق افتاده است و ضایعة جبران‌ناپذیر زیست‌محیطی آن برگشت‌پذیر نیست. سپس چنین رأی داد که وزارت کشاورزی ایالات متحده، برای تأیید این محصولات، قوانین زیست‌محیطی را زیر پا گذاشته و در تجزیه و تحلیل این خطرها قصور کرده است. بر این اساس، او استفاده از این محصولات را تا زمانی که سازمان آثار زیست‌محیطی[[22]](#footnote-23) آن را -که شامل آثار آن روی پرورش یونجة غیرتراریخته هم می‌شد- به طور کامل بررسی کند ممنوع کرد.

در بررسی آثار زیست‌محیطی وزارت کشاورزی پذیرفت که یونجه‌ای که به صورت سنتی و آلی پرورش داده می‌شود می‌تواند آلوده شود و منافع اقتصادی پرورش‌دهندگان را به خطر اندازد. اما این وزارتخانه به‌شدت از سوی صنایع زیست‌فناوری و صنایع تولید یونجة تراریختة غیرقانونی تحت فشار قرار گرفت. این کار حکم دادگاه را عقب راند و به محصولات اجازه داد تا بدون هیچ محدودیتی پرورش یابند.

متأسفانه این کوته‌نظری صنایع زیست‌فناوری در پاسخ به خطرهایی بود که به دلیل محصولات تراریختة مقاوم به علف‌کش ایجاد شده بود و مسیری را که این صنایع در مقابله با معضلات محصولات بی.تی. اتخاذ کرد نشان می‌داد. به‌ویژه اینکه پاسخ به مشکلات ذرت بی.تی. هم روشن نشده است. چون این گونه‌‎های تغییر داده شدة ژن‌شناختی نتوانسته‌اند بازة وسیعی از آفات را کنترل کنند، تولیدکنندگان سعی کردند بذرها را به شیوه‌ای دیگر تغییر دهند. آنها بذرها را با لایه‌ای از سموم دفع حشرات پوشاندند و از چیزی استفاده کردند که به‌شدت بحث‌انگیز هم بود.

این مادة شیمیایی قوی نئونیکوتینوئید[[23]](#footnote-24) نامیده می‌شود و به‌شدت هم تهاجمی است. با رشد گیاه، این ماده روی تمام بافت گیاه گسترده می‌شود و حتی وارد گرده و شهد گیاه هم می‌شود. نئونیکوتینوئید متفاوت از دیگر سموم دفع حشرات است (درست مثل سم بی.تی. که داخل محصولات تراریخته ترجمه می‌شود و عمل می‌کند)؛ چون در گیاه در حال رشد تاب می‌آورد و همیشه نیز فعال است. بر این اساس احتمال بیشتری وجود دارد که در قبال آفت‌کش‌ها مقاوم شود. ضمناً این احتمال نیز زیاد است که به حشرات مفید آسیب برسد. به‌ویژه چون نئونیکوتینوئید نسبت به انواع وسیعی از آنها سمی است. آثار سمی حتی در میزان کم بسیار جدی است؛ چون مواد شیمیایی به مدت طولانی در خاک و آب باقی می‌مانند. شواهد حاکی از آن است که نئونیکوتینوئید ممکن است نقشی در فرایند فروپاشی تک‌تک و پَرگَنه[[24]](#footnote-25) زنبورها داشته باشد.

***یک انتخاب بسیار مهم: همچنان مي خواهيم در اينجا به رکورد زدن ادامه دهیم یا به دنبال راهی بهتر برای پيش رفتن هستيم***

در بررسی شواهد و مدارک، روشن است که محصولات تراریخته -با وجود قولی که داده بودند- مزایایی برای محیط زیست به همراه ندارند و باعث مشکلات فراوانی شده‌اند. آنها به جای کاهش مصرف آفت‌کش‌ها، باعث افزايش مصرف آنها شده اند. آنها، با مداخله در فرایند رشد علف‌های مقاوم، موجب افزایش مداوم در حجم آفت‌کش‌های ضروري می‌شوند. همان طور که اعتماد به مواد شیمیایی مضرتر از گلیفوساتی است که بدین منظور طراحی شده بود. شکست محصولات بی.تی. برای کنترل آفات بدون استفاده از آفت‌کش‌های ترکیبی باعث شده است که تولیدکنندگان میزان سمی بودن کل گیاه را افزایش دهند. در مرحلة اولیه هر سلول سمّ بی.تی. را به شکلی فعال ترجمه می‌کند. این کار خطرهای وسیعی به دنبال دارد. اما در همين مرحله گیاهان خطرناک‌تر مي شوند ؛ چون علاوه بر سمّ بی.تی. هر سلول حاوی سمّ نئونیکوتینوئید هم هست.

به دلیل این نتایج پیش‌بینی‌نشده، دیگر مزایای پیش‌بینی‌شده نیز تحقق نمی‌یابد. برای مثال، قرار بود، با استفاده از محصولات مقاوم به علف‌کش، کشت‌وکار بدون عملیات خاک‌ورزی که سالیان سال به کار می‌رفت افزایش یابد. چرا که علف‌های هرز -حتی وقتی سویا یا دیگر غلات در آن زمین رشد کرده باشند- احتمالاً با شخم زدن قبل از بذرپاشی از بین خواهند رفت. از طرفی، قرار بود کاهش شخم‌زنی موجب کاهش فرسایش خاک و تکثیر مضر کود و آفت‌کش شود.

با وجود این، یکی از تحقیقات نشان می‌دهد حتی وقتی پرورش‌دهندگان سویای تراریخته کشت‌وکار بدون عملیات خاک‌ورزی را پذیرفتند، اثر زیست‌محیطی آن -به دلیل استفادة بیش از حد از علف‌کش‌ها- همچنان نامطلوب است. اگر فرض کنیم مزرعه‌داران در طول ترکیب محصولات تراریخته با سیستم کشت‌وکار بدون عملیات خاک‌ورزی آثار مثبتی مشاهده کرده باشند، ظهور علف‌های قوی بر روی توانایی آنها برای ادامة این کشت‌وکار تأثیر می‌گذارد. در می ۲۰۱۰ نشریة نیویورک تایمز گزارش داد که نوعی عقب‌نشینی از کشت‌وکار بدون عملیات خاک‌ورزی در شرق، مرکز و جنوب آمریکا در حال وقوع است. این نشریه به کشاورز مزرعة تنسی اشاره کرد. وی به مدت پانزده سال به شیوة کشت‌وکار بدون عملیات خاک‌ورزی عمل می‌کرد و مجدداً شروع کرد به استفاده از سیستم شخم‌زنی تا بتواند با علف‌های هرز مقاوم مقابله کند. این مزرعه‌دار در انعکاس این مطلب می‌گوید: ما به عقب برگشته‌ایم، جایی که بیست سال پیش بودیم.

اما این حرف فقط بخشی از واقعیت است. بسیاری از مزرعه‌داران مجبور شدند از شیوه‌هایی که قبلاً در پیش گرفته بودند استفاده کنند. روش‌هایی که دو دهة قبل به کار می‌بردند. این بدان معنی نیست که مشکلات آن زمان همچنان به بزرگی مشکلات امروزی است. بیست سال پیش، با هجوم علف‌های مقاوم روبه‌رو نبودند و از علف‌کش‌های بسیار کمی استفاده می‌کردند؛ هیچ گیاهی حاوی مواد شیمیایی آفت‌کش نبود که به سلول آنها تزریق شده باشد. بنابراین بسیاری از خطرهای امروزی ناشی از این گیاهان قبلاً وجود نداشت؛ اینکه استفاده از اسپری بی.تی. ابزاری مؤثر در کشاورزی زیستی[[25]](#footnote-26) و مدیریت آفات متوقف شود تهدیدی محسوب نمی‌شد؛ اینکه مزرعه‌داری لبنیات آلی دیگر موفق و عملی نیست –به دلیل فقدان یونجة کاملاً آلی- نیز تهدیدی شمرده نمی‌شد. در کمتر از بیست سال زیست‌مهندسی کشاورزی باعث بروز تمام این مشکلات و حتی مسائل و مشکلات بیشتری شده است.

بنابراین، با استفادة گسترده از محصولات تراریخته، کشاورزی در صنعت زیست‌فناوری رکورد زده است. صنعت زیست‌فناوری نیز در پاسخ، سطح رکوردزنی را بالا برده و کشاورزان را ترغیب کرده است که از این محصولات استفاده کنند. با وجود این، شیوة دیگری نیز وجود دارد. در این شیوه مهندسی ژن‌شناسی و مشکلات همراه آن دیگر نقشی در مزرعه‌داری ندارد و کشاورزی ایمن، پایدار و پربار خواهد بود. ما این گزینه‌های جالب (و واقعی) را در فصل پایانی این کتاب بررسی خواهیم کرد.

همان طور که دیدیم، اگرچه برخی اندام‌های مهندسی ژن‌شناختی به‌شدت محیط زیست را به خطر انداخته‌اند و اگرچه محصولات تراریخته که اکنون مصرف می‌شوند باعث آثار زیست‌محیطی می‌شوند که مسلماً نامطلوب است، وزارت کشاورزی ایالات متحده و سازمان محافظت از محیط زیست به‌شدت از این خطرها چشم‌پوشی کردند و به تأیید (و حتی تبلیغ) این محصولات ادامه دادند؛ گویی این محصولات هیچ مشکلی به دنبال ندارند. در کنار ادعاهای نادرست سازمان غذا و دارو در مورد ثابت شدن ایمنی غذاهای تراریخته، اظهارات و رفتارهای این سازمان‌ها باعث سردرگمی گستردة عموم مردم آمریکا دربارة حقایق شده است؛ به گونه‌ای که بیشتر از شهروندان دیگر کشورهای صنعتی از استفاده از غذاهای تراریخته راضی‌اند.

با وجود این، نمی‌توان همة سردرگمی‌ها و یا رضایت‌ها را هم به عملکرد نهادهای دولتی نسبت داد. حتی با وجود فریب‌کاری‌های گستردة نهادهای علمی که مستند و مکتوب هم شده است و در فصول قبلی بدان پراختیم، نقش بسیار مهم را در این میان رسانه‌های آمریکا ایفا کردند.

1. EPA: Environmental Protection Agency [↑](#footnote-ref-1)
2. USDA: United States Department of Agriculture [↑](#footnote-ref-2)
3. K. Planticola [↑](#footnote-ref-3)
4. Klebsiella planticola [↑](#footnote-ref-4)
5. microorganism [↑](#footnote-ref-6)
6. Oregon [↑](#footnote-ref-7)
7. Elaine Ingham [↑](#footnote-ref-8)
8. David Suzuki [↑](#footnote-ref-9)
9. Ecosystem [↑](#footnote-ref-10)
10. Scenarios [↑](#footnote-ref-11)
11. conference  [↑](#footnote-ref-12)
12. PEER: Public Employees for Environmental Responsibility

    سازمان غیرانتقاعی PEER در سال ۱۹۹۶ تأسیس شد و اساساً با تحقیق در مورد ادعاهای کارمندان دولت در مورد رفتارهای نادرست زیست محیطی دولت فعالیت می کند. از آنجا که افشاگران اغلب با تلافی مستقیم آژانس های متخلف روبرو می شوند ، این نهاد  کارمندان را ترغیب می کند تا از طریق سازمان برای آشکار کردن اقدامات نادرست زیست محیطی دولت اقدام کنند. به محض طرح ادعا نهاد PEER  با استفاده از درخواست های قانون آزادی اطلاعات آن را بررسی می کند. سپس سازمان می تواند اقدامات مختلفی از جمله اعلامیه مطبوعات یا دادخواست را انجام دهد. همچنین در خدمت ارائه خدمات حقوقی به افشاگرانی است كه خود را هدف قصاص سازمان می دانند. [↑](#footnote-ref-13)
13. Rhizobium meliloti RMBPC-2 [↑](#footnote-ref-14)
14. Bushel: بوشل (پیمانه ی غلات و میوه جات که معادل است با سی و دو کوارتز یا 35/24 لیتر و یا هشت گالن) [↑](#footnote-ref-15)
15. Charles Benbrook [↑](#footnote-ref-16)
16. Agent Orange: عامل پرتقالی رنگ (گیاه‌کش سمی که در ویتنام به کار رفت) [↑](#footnote-ref-17)
17. dicamba [↑](#footnote-ref-18)
18. syndrome [↑](#footnote-ref-19)
19. Dow corporation [↑](#footnote-ref-20)
20. Bill Freese [↑](#footnote-ref-21)
21. Organic [↑](#footnote-ref-22)
22. EIS: Environmental Impact Statement [↑](#footnote-ref-23)
23. neonicotinoids [↑](#footnote-ref-24)
24. colony [↑](#footnote-ref-25)
25. Organic [↑](#footnote-ref-26)