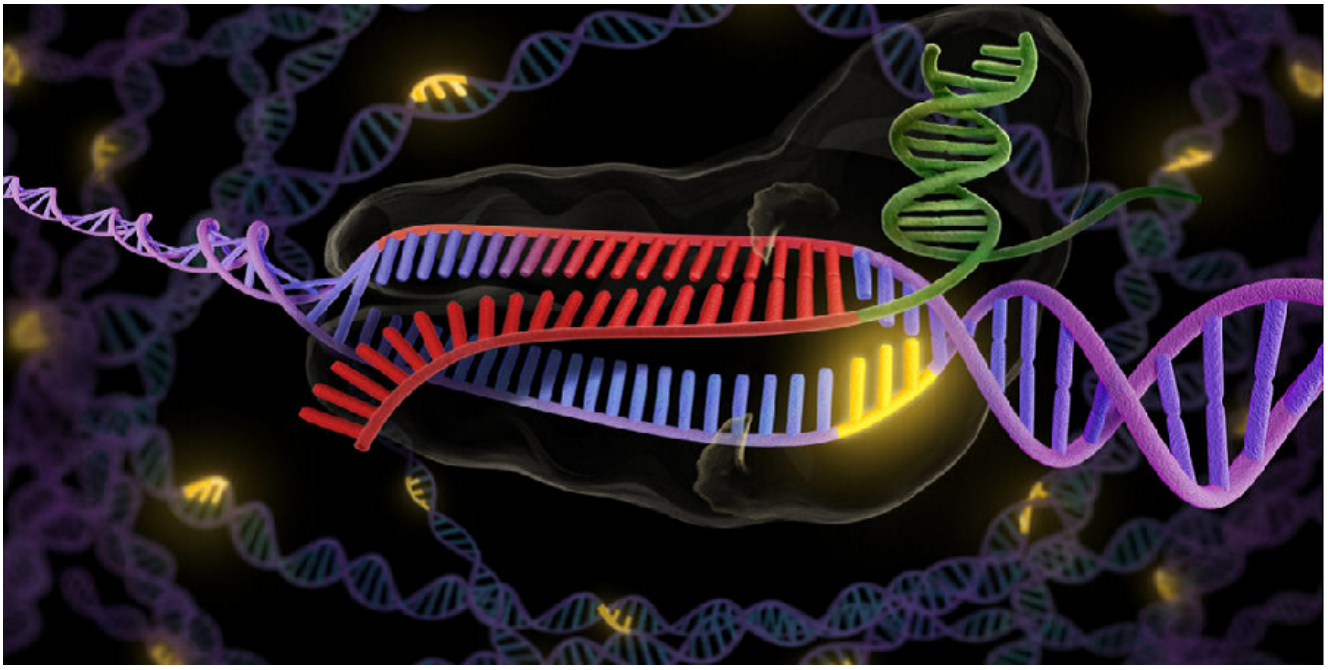
آیا محصولات حاصل از کریسپر نیز تراریخته محسوب می‌شوند؟



باید کریسپر را نه به‌عنوان یک فناوریِ صرف، بلکه به‌عنوان «جعبه ابزاری کامل از فناوری ها» موردتوجه قرارداد که هرکدام از آن‌ها برای یک جهش، یک موجود زنده و یک اکوسیستم، اختصاصی هستند.

به گزارش خبرگزاری مهر، پیش تر در مصاحبه ای که با «مجتبی پویان مهر» ، دانش آموخته بیوتکنولوژی داشتیم، در دو بخش به معرفی فناوری کریسپر، دامنه کاربردهای آن، محصولات غذایی تولیدشده با این تکنیک و نیز مواضع کشورهای اروپایی و آمریکا پیرامون ایمنی زیستی و قوانین تدوین‌شده برای محصولات تولیدشده با این فناوری پرداختیم. در گفتگوی تازه ای که پیش روی شماست پیرامون تفاوت‌های ماهوی این تکنیک با تراریخته به گفتگو نشسته ایم.

***برخی متخصصین، محصولات حاصل از کریسپر را نیز تراریخته می‌نامند. آیا این‌گونه است؟**

–ببینید هرکدام از روش‌های تراریخته و ویرایش ژنوم (که کریسپر نیز جزء این روش‌ها دسته‌بندی می‌شود) تعریف مشخصی دارند. زمانی که ما یک ژن خارجی از یک گونه غیرقابل تلاقی به موجود هدف منتقل می‌کنیم، موجود حاصل را ترانس ژن یا تراریخته می‌نامند. ولی وقتی‌که هیچ ژن

خارجی وارد موجود زنده نشده و فقط ویرایش ژنوم خود موجود زنده انجام شده باشد، دیگر موجود حاصل را تراریخته نمی‌نامند.

مزیت اصلی کریسپر هم ویرایش ژنومی و اصلاح صفات بدون استفاده از DNA خارجی است. ولی این بدان معنی نیست که با استفاده از کریسپر نمی‌توان موجودات ترانس ژن نیز تولید کرد! روش اینزرت ژن یا وارد کردن قطعه DNA خارجی با تکنیک کریسپر را اصطلاحاً Targeted Insertion یا Smart Gene Integration می‌نامند و مزیت انتقال ژن با روش کریسپر نسبت به تراریخته مرسوم، دقت بالای انتقال ژن به جایگاه هدف و پایداری ژن منتقل شده است. اما در این حالت هم اگر قطعات واردشده به ژنوم ارگانیسم هدف، منشأ غیر داشته باشند و از گونه های غیرقابل تلاقی انتخاب شوند، بر مبنای تعریف قدیمی ارائه‌شده توسط مراجع ذی‌صلاح در آمریکا و اروپا، محصول تولیدشده به‌عنوان تراریخته (GMO) تلقی می‌شود و در غیر این صورت خیر.

اما همان‌طور که عرض کردم عمده کاربرد تجاری فناوری کریسپر در دنیا ویرایش ژنوم است نه ترانس ژن کردن موجودات. اصلاً مزیت این روش هم که از عهده سایر تکنیک‌ها برنمی‌آید ویرایش دقیق ژن‌هاست و دانشمندان هم دقیقاً روی همین قابلیت تکنیک کریسپر تمرکز کرده‌اند. بنابراین به لحاظ فنی محصولات حاصل از ویرایش ژنومی کریسپر؛ تراریخته (GMO) یا Genetically Modified Organism نیستند، بلکه (GEO) یا Gene Edited Organism نامیده می‌شوند. این به لحاظ تکنیکال و فنی بود، اما در سیاست ها و قانون گذاری های کشورهای مختلف این قاعده متفاوت است. به‌طور مثال بنا بر ارزیابی های کمیسیون اروپا، محصولات حاصل از روش‌های نوین مولکولی در اصلاح نباتات (New Breeding Techniques) که تکنیک کریسپر نیز در این گروه دسته‌بندی می شود؛ همچون گیاهان اصلاح‌شده به روش کلاسیک هستند.

-این موضوع در سندی با عنوان «وضعیت مقررات گیاهان حاصل از شیوه های نوین اصلاح مولکولی» (The Regulatory status of plants resulting from New Breeding Technologies)، در سال ۲۰۱۳ از طرف کمیسیون اروپا منتشر شد و در آن اشاره شده که با بررسی اسناد موجود کمیسیون اروپا در رابطه با قوانین مربوط به تراریخته ها و غیر تراریخته ها در اتحادیه اروپا (Dir. ۲۰۰۱/۱۸/EC)، نتیجه گیری می شود که محصولات حاصل از (NBT) نمی توانند ذیل قوانین تراریخته تعریف شوند. اما همان‌طور که قبلاً عرض کردم پس از کشوقوس‌های

فراوان بین کشورهای مختلف اتحادیه اروپا، نهایتاً امسال اتحادیه اروپا موضع رسمی کل اتحادیه را برخلاف نظرات قبلی کمیسیون اروپا اعلام کرد و اعلام شد که ازنظر اتحادیه اروپا محصولات حاصل از کریسپر هم ذیل قوانین تراریخته خواهند رفت!

***در بخش های قبلی صحبت‌هایتان اشاره کردید که در آمریکا محصولات کریسپری ذیل قوانین محصولات کلاسیک هستند ولی با این مطلبی که الان اشاره کردید؛ مواضع اتحادیه اروپا در قانون‌گذاری پیرامون این موضوع متفاوت است. این تفاوت‌های قانون‌گذاری کشورها از چه چیزی ناشی می شود؟**

–بله در قانون‌گذاری آمریکا بسیاری از موجوداتی که تحت تغییرات کریسپر قرار به‌عنوان موجودات دست‌کاری ژنی شده شناخته نمی شوند. یعنی عکس قانون‌گذاری اتحادیه اروپا در کشور آمریکا دیده می شود و ازنظر مراجع ذی‌صلاح این کشور جهش های ناشی از کریسپر هیچ تفاوتی با جهش های طبیعی ندارند و محصولات حاصل از ویرایش ژنوم همانند محصولات اصلاح‌شده به روش کلاسیک دسته بندی می شوند.

دلیل این امر سیاست های آمریکا است که محصول-محور (Product-based) است و تا زمانی که کریسپر قطعات خارجی را وارد ژنوم موجود زنده نکند محصول حاصل از آن (موجودات ویرایش شده ژنتیکی) جزو محصولات تراریخته حساب نخواهند شد. حتی درصورتی‌که ویرایش ژنتیکی همراه با انتقال قطعات ژنتیکی از یک موجود خویشاوند باشد نیز ممکن است محصول حاصله متمایز از آن چیزی نباشد که در تلاقی اصلاحی سنتی حاصل می آید و بر همین مبنا دانشمندان این محصولات را نیز به‌عنوان محصولات طبیعی (یعنی محصولی که دست‌کاری ژنتیکی نشده باشد) به‌حساب می آورند.

اما قوانین در اتحادیه اروپا کمی متفاوت است و عبارت (GMO) بر اساس محصولات (Product) تعریف نمی شوند، بلکه بر مبنای فرآیند طی شده (Process) تعریف می شود و قوانین این حوزه فرآیند-محور (Process-based) هستند. بدین معنا که فرایند مورداستفاده در تولید این محصول تعیین‌کننده‌ی قابلیت آزادسازی آن در بازار خواهد بود. بنابراین در حال حاضر طبق قوانین فعلی اتحادیه اروپا هر محصولی که با روش های مورداستفاده در مهندسی ژنتیک تولید شود، باید با برچسب (GMO) در بازار عرضه شود. البته همان‌طور که قبلاً عرض کردم این دیدگاه در همه کشورهای اروپایی حاکم نیست چنانچه در حال حاضر کشورهایی مثل فرانسه، آلمان، فنلاند و سوئد فناوری

کریسپر را تجاری‌سازی کرده‌اند و این تولیدات مانند محصولات تراریخته ممنوع نیستند. برخی از کشورهای عضو اتحادیه اروپا روش خود را پیش‌گرفته‌اند. برای مثال سوئد در سال ۲۰۱۵ و فنلاند در سال ۲۰۱۶ اعلام کردند که محصولات ویرایش ژنی شده غیرتراریخته هستند و دانشمندان خود را برای پیشبرد آن تشویق کردند. هلند نیز اعلام کرد که بسیاری از روش‌های ویرایش ژنومی باید طبق قانون از روش‌های تراریخته مستثنا شوند.

***در بخش‌هایی از صحبت‌های خود به محصولات کریسپری تجاری‌سازی شده در آمریکا و برخی کشورهای اروپایی اشاره کردید. امکانش هست یک‌بار دیگر کل محصولات غذایی که به‌وسیله کریسپر در دنیا تولید شده‌اند را نام ببرید؟**

–همان‌طور که پیش‌تر عرض کردم برخی محصولات کریسپری هم‌اکنون در بازارهای جهانی عرضه شده‌اند که بنده لیست آن‌ها را می‌توانم در اختیار شما بگذارم. برخی محصولات دیگر نیز به‌وسیله دانشگاه‌ها تولید شده‌اند و در صف تجاری‌سازی و واگذاری به شرکت‌های سرمایه‌گذار هستند که ممکن است طی ماه‌های آینده وارد بازار شوند (جدول زیر).

جدول: انواع محصولات ویرایش ژنی شده تولید شده (کریسپری) تا سال ۲۰۱۷

موجود تحت ویرایش	خصوصیات ویرایش شده	تولیدکننده (شرکت/دانشگاه)	روش ویرایش
قارچ خوراکی	عدم قهوه‌ای شدن	Penn state University	Crispr-cas
ذرت	آمیلوپکتین بالا	DuPont Pioneer	Crispr-cas
گوجه‌فرنگی	برداشت تسهیل شده	Cold Spring Harbor Laboratory	Crispr-cas
گوجه‌فرنگی	پارتنوکارپی	Tokushima University	Crispr-cas
برنج	مقاوم به بلایت	Colorado State University	Crispr-cas
انگور	مقاوم به سفیدم سطحی	Rutgers University	Crispr-cas
گندم	مقاوم به سفیدک سطحی	Chinese Academy of Sciences	Crispr-cas
ذرت	متحمل به خشکی	DuPont Pioneer	Crispr-cas
سویا	اولئیک اسید بالا	PLANTeDIT-DuPont Pioneer	Crispr-cas
گاو	فقدان شاخ	Recombinetics	Crispr-cas
خوک	عاری از ویروس PERV	eGenesis	Crispr-cas
سیب زمینی	مقاوم به قهوه‌ای شدن	Cellectis Plant Sciences	Crispr-cas
کلزا	عملکرد بالا	Cibus	Crispr-cas
کتان	حاوی روغن با عملکرد بالا	DuPont Pioneer	Crispr-cas
کاهو	متحمل به تنش آبی	Finland (Country)	Crispr-cas
ذرت	دارای ارزش تغذیه‌ای بالا	France (Country)	ODM
کلزا	مقاوم به علف‌کش	Cibus	RTDS
کتان	مقاوم به علف‌کش گلایفوسات	Cibus	RTDS
برنج	مقاومت دوگانه به علف‌کش	Cibus	RTDS
سیب‌زمینی	مقاوم به بیماری فیتوفتورا	Cibus	RTDS

***آیا ویژگی‌های منحصربه‌فردی که کریسپر برای دانشمندان فراهم کرده است از عهده سایر تکنیک‌های مهندسی ژنتیک برنمی‌آید؟ به‌طورکلی آیا تمام دانشمندان این فناوری را تائید کرده‌اند یا هستند کسانی که به آن انتقاداتی وارد می‌کنند؟**

–به همراه ظهور هر فناوری جدید همیشه انتقاداتی نیز پیرامون آن مطرح می‌شوند و اتفاقاً این خوب است و موجب پیشرفت و بهینه‌تر شدن فناوری های نوظهور می‌شود. در مورد کریسپر هم باید بگویم پیشرفت آن با سرعت بالایی طی می شود و اگر امروز از من در مورد این فناوری سؤالی می کنید ممکن است پاسخ امروز من به این سؤال، با پاسخ فردا که این فناوری به حد بهینه‌تری رسیده است، متفاوت باشد! ولی چیزی که در حال حاضر اکثر دانشمندان پیرامون آن متفق‌القول هستند این است که با تکنیک کریسپر، سرعت و دقت دست ورزی ژن‌ها افزایش پیدا کرده است. به‌طوری‌که خانم پاملا رولاند -دانشمند حوزه

ژنتیک دانشگاه دیویس- طی مصاحبه‌ای که در نیچر از ایشان منتشر شد اظهار کرده بودند: «شما با استفاده از کریسپر می توانید حتی یک جفت باز را تغییر دهید یا یک ژن به‌خصوص را با دقت بسیار بالایی حذف (یا ویرایش) کنید…» و همین دانشمند، محصولات حاصل از تکنیک کریسپر را با عنوان "Organic GMOs" یاد می کند! بنابراین دقت و سرعت و توانایی پیگیری تغییرات ژنومی اعمال‌شده در این روش، بلاشک از تکنیک‌های پیشین (حتی SDN Meganuclease I-SceI, ZFN,و …) بیشتر است.

اما برخی از دانشمندان، بر عبارت «دقت و صحت» در سیستم اصلاح دقیق (Precision Breeding) کریسپر انتقاد دارند. به‌طور مثال یکی از منتقدان کریسپر در امریکا چارلز بنبروک – مرکز کشاورزی پایدار و منابع طبیعی دانشگاه ایالتی واشینگتن- است. ایشان بر اثرات ناخواسته یا Off target احتمالی این تکنیک اشاره می‌کنند و بر این ادعا هستند که کریسپر ویرایش ها و جهش‌های ناخواسته‌ای را نیز می‌تواند در پی داشته باشد.

***آیا واقعاً کریسپر تغییرات ناخواسته و غیر هدف را نیز ایجاد می‌کند!؟ این تغییرات ممکن است خطرناک باشند؟**

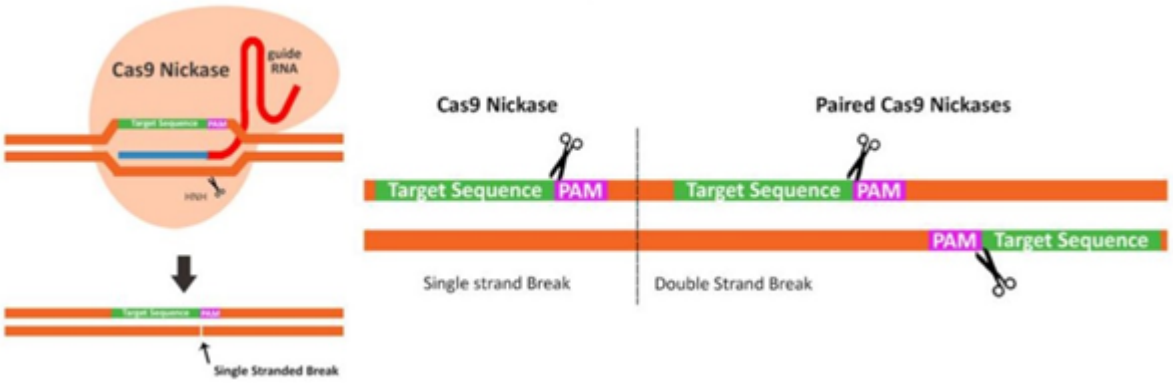
–در پاسخ به این سؤال باید گفت که نه‌تنها تکنیک کریسپر، بلکه تمامی تکنیک‌های مهندسی ژنتیک و تغییر ژن‌ها اثرات غیرقابل‌انتظاری را در پی دارند و این امر غیرقابل‌اجتناب است. ولی نکته‌ای که باید توجه کنیم این است که فراوانی چنین اثرات غیرقابل‌انتظاری در کدام تکنیک کمتر و قابل‌پیگیری‌تر است؟

وقوع برش‌های غیر هدف منجر به موتاسیون‌های حذف و اضافه (InDels) در جایگاه‌های غیر هدف ژنوم میزبان می‌شود و درنتیجه فنوتیپ (صفت) ناخواسته را ایجاد می‌کند. مطالعات زیادی این موضوع را در کریسپر گزارش کرده‌اند که در این روش عموماً عدم اتصال یا Mismatches مربوط به انتهای ۵ مولکول gRNA رخ می‌دهد. ولی در کل اثرات غیر هدفمند ایجادشده توسط این سیستم ازنظر تعداد متفاوت است و پیش‌بینی آن تقریباً غیرممکن می‌باشد.

بااینکه تغییرات غیر هدف اتفاق افتاده در فرآیند مهندسی ژنتیک در مرحله بروز فنوتیپ و یا ژنوتایپینگ قابل‌شناسایی و حذف شدن هستند، اما دانشمندان به‌منظور پیشگیری از وقوع تغییرات غیر هدف (Off-target) و موزاییکی شدن سلول‌ها به‌واسطه کریسپر، راهکارهایی گزارش

کرده‌اند که تعدادی از آن‌ها عبارت‌اند از:

استفاده از نوکلئاز Cas۹ جهش‌یافته (نظیر آنزیم Cas۹ Nicakse و یا آنزیم Cas۹ دوموتانه "Cas۹ Double Mutant"): برای مثال آنزیم نیکاز Cas۹ فرم جهش‌یافته‌ای از آنزیم Cas۹ است که یکی از دومِین‌های نوکلئازی RuvC۱ و یا HNH به دلیل جهش مصنوعی القا شده در دومِین(RuvC۱و تغییر اسیدآمینه ۸۴۰ ام از هیستیدین به آلانین (H۸۴۰A) در دومین HNH)قادر به برش دو رشته DNA نبوده و فقط یک رشته را می‌بُرد. در این وضعیت DNA بریده‌شده در یکرشته یاnick، در صورت وجود DNA همولوگ، به‌صورت نرمال به‌سرعت و از طریق مکانیسم مسیر ترمیمی شباهتی (HDR) ترمیم می‌شود و درنتیجه اثرات نامطلوب off-Target کاسته خواهد شد. البته در هنگام استفاده از آنزیم Cas۹ نیکاز به دو مولکول gRNA به‌جای یک مولکول نیاز است. دو مولکول gRNA بایستی علیه دو رشته سنس و آنتی سنس DNA هدف و نزدیک به هم طراحی شوند تا این اطمینان را به محقق بدهند که زمانی برش دو رشته‌ای (DSB) اتفاق خواهد افتاد که هر دو رشته سنس و آنتی سنس DNA به‌صورت تکی یا nick برش بخورند. سپس به‌محض اینکه DSB ایجاد شد، یکی از مسیرهای ترمیمی NHEJ یا HDR به‌منظور کامل کردن فرایند ویرایش ژنوم وارد عمل می‌شوند.



در این روش :(Tru-gRNAs) استفاده از روش Truncated Guide RNAs کاهش می‌یابد که این عامل خاصیت (gRNAs) طول ریبونوکلئوتید راهنما این :Cas۱۲ جهش‌زایی غیر هدف را کاهش می‌دهد. استفاده از آنزیم آنزیم به‌تازگی کشف شده است و بنا به آزمایشات صورت گرفته :عمل می‌کند. استفاده از آنزیمCas۹ NmeCas۹ اختصاصی‌تر از آنزیم این آنزیم نیز در سال ۲۰۱۸ معرفی شد و با استفاده از آن ما حاصل از mRNA می‌توانیم بدون اینکه خود ژن را دست‌کاری کنیم، رشته توالی ژن یا رونوشت ژن را ویرایش کنیم و بدین ترتیب و دامن زدن به تغییرات غیر هدف) DNA بدون اینکه تغییری در توالی

احتمالی) را داشته باشیم، موجود موردنظرمان را ویرایش ژنی کنیم. اما نکته دیگر که عرض می‌کنم حتی باوجود افزایش دقت و صحت، در این تکنیک هم هیچ تضمینی وجود ندارد که تمام نتایج مورد انتظار محقق به‌طور دقیق حاصل آیند! نه در این روش؛ بلکه در تمامی تکنیک‌های مهندسی ژنتیک چنین است و به‌طور مطلق نمی‌توانیم ادعای نتیجه صددرصدی استحصال صفت موردمطالعه در موجود هدف را داشته باشیم! در گیاهان مطالعات مهندسی ژنتیک پیچیده‌تر از سایر موجودات است؛ چراکه به‌طور مثال می دانیم که صفاتی مثل تحمل به خشکی و شوری نه‌تنها به‌واسطه ژن‌های بسیاری کنترل می‌شوند، بلکه به‌شدت تحت تأثیر شرایط محیطی نیز هستند. بسیاری از عملکرد ژن‌ها وابسته به میزان تبخیر و تعرق، دما و اقلیم منطقه، فلورباکتریایی خاک، عمق خاک و … است. علاوه بر این، بِیس یا زمینه ژنتیکی هرکدام از گونه‌ها یا محصولات .کشاورزی رفتار ژن‌های مربوط به آن را متأثّر می کند

***پس در مهندسی ژنتیک هم نظیر اصلاح کلاسیک ممکن است تغییرات غیر هدف حاصل شود؟**

–بله تغییر در هر ژن و با هر تکنیکی می‌تواند مجموعه ه‌ای از تغییرات غیرقابل‌پیش‌بینی را در پی داشته باشد. بیشترین آن‌ها با جهش زایی از طریق پرتوتابی هاست و کمترین شان در اصلاح کلاسیک است. اما در سال ۲۰۱۸ که ما هم‌اکنون زندگی می‌کنیم کدام‌یک از تکنیک‌های مهندسی ژنتیک تغییرات غیرقابل‌پیش‌بینی کمتر و درعین‌حال قابل‌پیگیری‌تری در سلول‌های موجودات زنده در پی دارند؟

بنا به یافته‌های فعلی حوزه مهندسی ژنتیک تکنیک کریسپر این ویژگی را دارد! چراکه به‌واسطه روش‌هایی مثل:Targeted sequencing، Exome sequencing، Whole genome sequencing، GUIDE-seq، Digenome-seq و … تغییرات Off target محصولات حاصل از کریسپر شناسایی شده‌اند و قابل‌ردیابی، انتخاب و حذف هستند (جدول زیر).

جدول: خلاصه روش های تشخیص جهش های Off-target که با استفاده از نوکلئازهای مختص توالی (Sequence-Specific Nucleases) ایجاد شده اند.

روش	توضیح
Targeted sequencing	تکثیر و توالی یابی جایگاه های از پیش هدف گیری شده
Exome sequencing	به دام انداختن اگزون ها و توالی یابی هدف دار تمام نواحی کد کننده پروتئین
Whole genome sequencing	نسل جدید توالی یابی نواحی کتابخانه های ژنومی
BLESS	به صورت In Situ شکستگی های موجود در سلول های تثبیت شده را شناسایی کرده و از NGS برای بررسی قطعات تکثیر شده استفاده می کند
GUIDE-seq	وارد کردن dsODNs درون DSBs به کمک NHEJ، تکثیر و توالی یابی نسل جدید
HTGTS	القای شکستگی دو رشته (DSB) در طعمه می تواند انتهاهای DNA را از سایر شکستگی های دو رشته (DSB) متمایز کند، سپس تکثیر توالی جابه جا شده (ترانسلوکاسیون) و توالی یابی نسل جدید انجام می شود
Digenome-seq	هضم در جا (In vivo) DNA ژنومی به کمک cas9 و gRNA مورد نظر، توالی یابی قطعات هضم شده در کل ژنوم

Source: (Zischewski et al. 2017)

پس همان‌طور که می‌دانید در مورد کلیه تکنیک‌های مهندسی ژنتیک در کشاورزی، به‌طورکلی هم‌اکنون یکی از سؤالات مهمی که فراروی مردم و دانشمندان این حوزه قرار گرفته، این است که آیا کریسپر می‌تواند گزینه مناسبی برای حل برخی مناقشات مربوط به تراریخته ها باشد یا خیر!؟ پاسخ این سؤال ازنظر اکثر دانشمندان «بله» هست! اما برای حصول اطمینان از سبقت منافع از اثرات منفی این فناوری نیازمند تغییری جدی و انقلابی در تکنیک‌ها و کاربری‌های مهندسی ژنتیک و هم‌افزایی بین سایر علوم؛ نظیر بیوانفورماتیک یا داده‌پردازی زیستی هستیم.

یک نکته ظریف دیگر که به نظرم می‌رسد عرض کنم این است که در بسیاری از موارد، ژن‌های خاصی تنها درزمینه‌ی ژنتیکی و محیطی خاصی مورداستفاده قرار می‌گیرند. اگر بخواهیم یک سیستم کشاورزی برای اکوسیستم‌های بومی ایجاد کنیم که برای خاک، آب‌وهوا و عملیات زراعی بومیان همان منطقه کاربرد بهینه و پایدار داشته باشد، ویرایش ژنومی گیاهان و جانوران بومی همان منطقه یکی از بهترین راه‌حل‌ها به نظر می‌رسد.

بدان معنا که باوجود امکان استفاده از ارقام ویرایش شده‌ی یک مرکز تحقیقاتی در سراسر جهان، اما اگر به دنبال کشاورزی پایدار (به معنای واقعی و نه به معنای رکود تولید!) و اقتصادی مقاوم هستیم باید از ذخایر ژنتیکی بومی در هر منطقه که با گذشت قرن‌ها به پایداری و سازگاری مطلوبی با محیط پیرامونی و اقلیم خاص منطقه رسیده‌اند، برای مقابله با تهدیدها استفاده شود. با این کار علاوه بر حفظ تنوع ژنتیکی، مانع از بروز هرگونه اختلافات سیاسی، حقوقی و

یا اخلاقی دراین‌باره می شویم.

***به‌عنوان نکته پایانی؛ با توجه به فرمایشات قبلی‌تان که فناوری را مساوی اقتدار قلمداد کردید به نظر شما رویکرد صحیح کشور ما نسبت به این فناوری نوظهور باید چگونه باشد؟**

–کلید تصمیم‌گیری صحیح برای این موضوع، در نخستین گام؛ درک صحیح -این موضوع است که همه کاربردهای کریسپر به یک صورت انجام نمی شوند و یا مفاهیم یکسانی در پایداری نظام کشاورزی ندارند. البته سرعت پیشرفت فناوری‌های مهندسی ژنتیک بسیار بالاست و دانشمندان روی بهینه کردن تکنیک‌های موجود هرروز کار می‌کنند. ولی در حال حاضر ویرایش ژنومی (کریسپر) به‌روزترین فناوری مهندسی ژنتیک در دنیاست و همان‌طور که سایر کشورها برای پیشرفت در این عرصه برنامه‌ریزی کرده‌اند، کشور ما نیز باید در اولویت‌های تحقیقاتی خود روی بومی‌سازی این فناوری برنامه داشته باشد. البته این تکنیک نیز همچون سایر روش‌های اصلاحی و بیوتکنولوژی، ممکن است در عرصه تجاری سازی و تولیدات انبوه، عواقب مثبت و منفی در پی داشته باشد که می‌طلبد ازنظر تأثیرات اجتماعی و زیست‌محیطی بومی مورد ارزیابی قرار بگیرد و بسته سیاستی مناسبی برای ارزیابی‌های آن مدنظر داشته باشیم.

در این بسته های سیاستی هم باید کریسپر را نه به‌عنوان یک فناوریِ صرف، بلکه به‌عنوان «جعبه ابزاری کامل از فناوری ها» موردتوجه قرارداد که هرکدام از آن‌ها برای یک جهش، یک موجود زنده و یک اکوسیستم، اختصاصی هستند. به‌طورکلی بررسی و تهیه دیدگاه های همه‌جانبه و کافی از خطرات، سبک و سنگین کردن‌ها، و بررسی هزینه-فرصت‌ها نیازمند «مهندسی کریسپر» است که منوط به تضارب آرا و انتقادهاست که این فناوری را به تکامل و پختگی بیشتری برساند.