Archive of SID

مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی جلد ۳ شماره ۱ صفحه‌های ۷۷ تا ۸۴ (۱۳۹۷)

نقش زیست‌فناوری در کشاورزی و حفاظت از محیط زیست[1]

بدرالدین ابراهیم سید طباطبایی[2و3]

چکیده

ویژگی موجود زنده حاصل پتانسیل ژنتیکی آن است که ژنوم نامیده می‌شود. با تغییر در توالی و تعداد چهار مولکول بازی تشکیل دهنده ژنوم، موجودهای گوناگونی به وجود می‌آیند. در شرایط مختلف یاخته‌ای، ساختار سه بعدی ژنوم تغییر کرده و بیان ژن‌ها نیز زیرتأثیر قرار می‌گیرد، بر این اساس می‌توان ژنوم را یک بوم‌نظام در نظر گرفت. آمایش بوم‌نظام ژنوم مانند هر بوم‌نظام دیگری به منظور شناخت دقیق‌تر در بهره‌وری مناسب‌تر از آن ضروری است. از سوی دیگر، رشد سریع جمعیت و نیاز بیشتر به غذا، بهنژادی گیاه و دام که نوعی دستورزی ژنوم با سابقه طولانی است را ضروری کرده است. با بهنژادی یک صفت یا ژن خاص در زمان دستورزی، امکان تغییر صفت‌ها و ژن‌های دیگر نیز وجود دارد، که پس از آن روند طولانی و هزینه‌بری نیاز است تا ناخالصی‌های ایجاد شده کاهش یابند. در این مسیر، بوم‌نظام ژنوم و بیان ژن‌های مختلف زیرتأثیر قرار می‌گیرد که عوارض متفاوتی را ایجاد می‌کند. تلاش به منظور افزایش محصول‌ها بدون توجه به گیاهان بومی و بهنژادی شده مقاوم، منجر به تخریب بوم‌نظام محیط می‌شود. افزون بر این، یکی از مسئله‌های اصلی در برخی جامعه‌ها، مربوط به مشکل‌های بهداشتی همچون کمبود برخی ویتامین‌ها است که می‌تواند از طریق استفاده از فناوری‌های نوین زیستی رفع گردد. با پیشرفت روش‌های زیست‌فناوری محدودیت‌های بهنژادی ژنوم کاهش می‌یابد و امکان ویرایش در بخش خاصی از آن هم مهیا می‌گردد که تأثیر بر بوم‌نظام ژنوم را به کمینه و بهره‌مندی را به بیشینه می‌رساند.

واژه‌های کلیدی: بوم‌نظام، دستورزی ژنتیکی، روش‌های بهنژادی، ژنوم.

مقدمه

چه چیزی باعث به وجود آمدن موجودهای زنده می‌شود؟ رابطه موجودهای زنده و محیط اطراف آن چگونه است؟ درباره پرسش اول جواب ساده است؛ مولکول دی.ان.اِ[4] که مهمترین مولکول در طبیعت شناخته شده است. هر موجود زنده و هر یاخته‌ای اعم از باکتری، مخمر، گیاه و انسان دارای دی.ان.اِ است، بنابراین می‌توان عنوان کرد که همه موجودها خویشاوند یکدیگرند و دارای یک زبان مشترک در زندگی هستند (۳).

در سال ۱۹۵۳، ساختار دی.ان.اِ کشف شد و کاشفان آن جایزه نوبل را دریافت کردند. آنچه درباره این ساختار بسیار شگفت انگیز می‌توان گفت این است که به تقریب همه موجودها و ارگان‌های زیستی دارای ساختار یعنی زبان مشابه هستند. این زبان از چهار حرف اصلی A، C، G و T تشکیل شده است. ترتیب و تعداد این حروف در هر موجود زنده‌ای منحصر به فرد و مشخص کننده ویژگی‌های آن موجود است. مجموعه این ساختار یا نوشتار ژنوم نامیده می‌شود. به منظور شناخت هر چه بهتر موجودها باید ژنوم آن مطالعه شود. توالی‌یابی به معنی شناخت ترتیب قرار گرفتن این چهار حرف زندگی در ژنوم می‌باشد (۳). برای مثال، ژنوم انسان توسط بیش از ۲۵۰۰ دانشمند در ۲۰۰ آزمایشگاه مختلف ۶ کشور جهان به منظور توالی‌یابی مطالعه شد و نتایج آن در اوایل هزاره سوم میلادی و ۵۰ سال

۱- تاریخ دریافت: ۹۶/۸/۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۲۸

۲- نویسنده مسئول، پست الکترونیک: seyedt@cc.iut.ac.ir

۳- استاد دانشگاه صنعتی اصفهان.

4. DNA

www.SID.ir

Archive of SID

پس از کشف ساختار دی.ان.اِ معرفی شد. پس از آن، توالی موجودهای مختلف همچون شامپانزه، سگ، زنبور عسل، آرابیدوپسیس و غیره بتدریج مشخص گردید (۳). تفاوت توالی ژنوم در انسان و شمپانزه بسیار کم و حدود ۱/۵٪ تشخیص داده شد، در صورتی که از نظر فنوتیپی تفاوت فاحشی وجود دارد (۱۹). این تفاوت‌ها حاصل بیان ژنوم است، اما کنترل بیان ژن چگونه امکان‌پذیر است و چگونه این تغییرهای اندک می‌تواند اختلاف بزرگی را حاصل کند. در واقع می‌توان گفت که دی.ان.اِ سرنوشت موجود را تعیین نمی‌کند بلکه چگونگی بیان آن است که ویژگی‌های موجود یا یاخته را مشخص می‌کند (۸).

موجودها از یک یاخته اولیه حاصل می‌شوند. برای مثال؛ در انسان حدود ۱۰۰ میلیارد یاخته وجود دارد که در ۳۰۰ گونه مختلف یاخته‌ای تقسیم می‌شوند. هر یاخته فعالیت ویژه خود را دارد و سبب تولید بافت و عضو مشخصی (ریه، مغز، پوست و غیره) می‌شود. همه این یاخته‌ها که دارای فعالیت‌های مختلف هستند حاصل یک یاخته اولیه هستند و ژنوم مشابهی دارند که پس از تمایزیابی، فعالیت‌های مختلفی را انجام می‌دهند (۱۸). تمایزیابی به معنای تفاوت در تظاهر ژن‌هاست (چگونگی فعالیت ژن‌ها نسبت به یکدیگر) بنابراین باید عاملی در درون یاخته وجود داشته باشد که بتواند میزان بیان ژن‌ها را کنترل کند. به بیان دیگر؛ اگر یاخته یک سخت‌افزار در نظر گرفته شود به منظور فعالیت، نیازمند نرم افزاری خاص است که این نرم افزار اپی‌ژنتیک نامیده می‌شود (۱۴).

اپی‌ژنتیک (ورای ژنوم) اطلاعاتی را فراهم می‌کند که در توالی دی.ان.اِ یافت نمی‌شود بلکه خارج از آن است و بیان ژن‌ها را کنترل می‌کند. به بیان دیگر اپی‌ژنتیک مشخص‌کننده چگونگی بیان ژن‌ها در یک ژنوم است. برای مثال؛ دوقلوهای همسان دارای ژنوم یکسان هستند اما اپی‌ژنتیک متفاوت دارند بنابراین به تدریج متمایز می‌گردند (۱۴).

دی.ان.اِ در درون یاخته به صورت خالص نیست بلکه درون هسته یاخته قرار گرفته و توسط برخی پروتئین‌ها نظم داده شده است. این پروتئین‌ها به همراه دی.ان.اِ عامل‌های اپی‌ژنتیک را دریافت می‌کنند که توسط آن‌ها میزان بیان هر ژن مشخص می‌شود. همان‌طور که گفته شد؛ اپی‌ژنتیک عاملی ورای ژنوم است اما ژنوم و اپی‌ژنوم نمی‌توانند جدا از یکدیگر وجود داشته باشند. موجود در دوره زندگی زیرتأثیر عامل‌های مختلفی قرار می‌گیرد که حاصل نوع تغذیه، مکان زندگی، شرایط اقلیمی و به طور کلی مجموعه افراد و شرایط موجود در محیط است. این عامل‌ها می‌توانند بر ژنوم از طریق اپی‌ژنوم تأثیرگذار باشند. به بیان دیگر اپی‌ژنتیک رابط بین ژنوم و محیط است (۱۱). چگونگی تأثیرگذاری اپی‌ژنوم بر ژنوم را می‌توان در تأثیر عامل‌ها بر ساختار فضایی (سه بعدی) ژنوم دانست. در واقع ساختار فضایی ژنوم، مشخص‌کننده ویژگی‌های آن است. فعال یا غیرفعال شدن ژن‌ها، مکان و زمان بیان ژن‌ها، تعریف اینترون و اگزون در ژن و همه ویژگی‌هایی که در ژنوم می‌توان تصور کرد، تنها بر اساس توالی آن تعریف نمی‌شود بلکه ساختار فضایی آن است که تعیین کننده آن ویژگی‌هاست که البته این ساختار سه بعدی زیرتأثیر عامل‌های محیطی درون و برون یاخته است و از طریق اپی‌ژنوم مشخص می‌شود. به بیان دیگر ساختار ژنوم، ساختاری پویاست و هر عاملی می‌تواند بر ساختار فضایی آن تأثیر بگذارد (۷). در واقع ژنوم را باید یک بوم‌نظام در نظر گرفت و همچون هر بوم‌نظامی، تغییر در یک بخش آن و حتی تغییر در بوم نظام‌های دیگر می‌تواند در بخش‌های مختلف آن تأثیرگذار باشد و البته میزان تأثیر تابعی از ساختار و شرایط اعمال شده آن است. تغییر در بوم‌نظام اجتناب‌ناپذیر است و در طی زمان این روند به صورت طبیعی صورت می‌گیرد و انسان، که بخشی از بوم‌نظام نیز شناخته می‌شود، می‌تواند بر ایجاد تغییرهای بوم‌نظامی نقش ایفا کند. البته اگر این تغییرها با مطالعه کافی صورت گیرد، کمترین آسیب را به هر بوم‌نظامی وارد می‌سازد.

امروزه بررسی‌های وسیعی در حوزه اپی‌ژنتیک صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به کتاب‌های منتشر شده "اپی‌ژنتیک، محیط و ژن"، "اپی‌ژنتیک و پیری"، "انقلاب اپی‌ژنتیک"، "اثر تغذیه در اپی‌ژنتیک" و "اثر اپی‌ژنتیک در سلامت و بیماری" اشاره کرد. همه این نوشتارها با هدف معرفی اپی‌ژنتیک است و این‌که چگونه می‌توان بیان ژنوم را توسط اپی‌ژنوم تغییر داد. اکنون مشخص شده است که عامل‌های مختلفی همچون سن، تغذیه، مواد دارویی، عامل‌های اجتماعی، عامل‌های اقتصادی، محیط و جنسیت می‌تواند بر کنترل بیان ژن‌ها تأثیرگذار باشد که البته ممکن است به ارث برسد. بنابراین با تغییر محیط، تغییر روش زندگی، مکان زندگی و تلاش برای زندگی بهتر، امکان بیان ژن در مسیر مطلوب وجود دارد (۶، ۱۰).

www.SID.ir

Archive of SID

شرح و بررسی موضوع

در دوره تکامل، روش‌های مختلف بهنژادی در کشاورزی ابداع شد که در واقع نوعی دستورزی انسان در طبیعت است. اقدام جهت انتخاب برتر را می‌توان نوعی دستورزی دانست، به این معنا که با افزایش فراوانی موجودهای انتخاب شده، ساختار بوم‌نظام محیط تغییر می‌کرد و به طور طبیعی فراوانی ژن‌ها و بیان آن‌ها نیز زیر تأثیر قرار می‌گرفت. با افزایش جمعیت، این روش‌های بهنژادی نمی‌توانست نیازهای انسان را برآورده سازد و بنابراین روش‌های مصنوعی همچون دورگه گیری و ایجاد جهش‌های مصنوعی در ژنوم معرفی گردید. این روش‌ها در واقع سبب تغییر ساختار بخشی از ژنوم می‌شود اما می‌تواند بوم‌نظام ژنوم را زیرتأثیر قرار داده و در نهایت بیان ژن‌های مختلف را تغییر دهد. در روش‌های معمول بهنژادی که یک یا چند ژن مورد هدف است، همه مجموعه یک ژنوم با ژنوم دیگر مخلوط می‌شود (دورگه گیری) و ساختار همه ماده ارثی تغییر می‌یابد و سپس تلاش می‌گردد تا صفت‌های مطلوب در بین نتاج انتخاب شود، بدون توجه به اینکه تغییر در بخشی از ژنوم می‌تواند ساختار همه ژنوم را زیرتأثیر قرار دهد. پیش از این تصور می‌شد که فقط ژن‌ها (که بخش اندکی از ژنوم را شامل می‌شوند) کنترل‌کننده صفت‌ها هستند، اما امروزه مشخص شده است که همه بخش‌های ژنوم در ایجاد ساختار فضایی آن نقش ایفا می‌کنند و می‌توانند بیان ژن‌ها را تغییر دهند. برای مثال، تغییر جایگاه ژن که در اثر وارونگی بخشی از ژنوم حاصل می‌شود، نه تنها می‌تواند بیان آن ژن را تغییر دهد بلکه به سبب تغییر در ساختار ژنوم امکان تأثیرگذاری بر بیان ژن‌های دیگر را نیز دارد (۱).

در روش‌های نوین بهنژادی تلاش گردیده است تا تنها بخش کوچکی از ژنوم با کمترین تغییر بهنژادی شود، اگرچه هر تغییری به منزله تغییر در بوم‌نظام ژنوم شناخته می‌شود و می‌تواند در بیان ژن‌های مختلف تأثیرگذار باشد. بدیهی است که ایجاد تغییرهای هدفمند می‌تواند کمترین تغییر را در ژنوم ایجاد کند و اثرهای منفی و ناشناخته آن را کاهش دهد. با توجه به اینکه زبان ژنوم در همه موجودها یکسان است، بنابراین از دیدگاه نظری امکان انتقال هر بخشی از یک ژنوم به ژنوم دیگر (بدون توجه به خویشاوندی آن‌ها) و حتی انتقال دی.ان.اِ مصنوعی به هر ژنومی وجود دارد (البته باید موارد یاد شده درباره بوم نظام ژنوم مد نظر قرار گیرد). با معرفی روش‌های نوین مهندسی ژنتیک، پژوهش‌های فراوانی به منظور بهنژادی موجودها انجام گرفت و به تدریج جانداران تغییریافته ژنتیکی بیشتری معرفی شدند. روش‌های مختلفی به منظور ایجاد موجودهای تغییریافته ژنتیکی معرفی شد اما بیشتر روش‌ها فقط ژن مورد نظر را به یاخته هدف منتقل می‌کردند و ادغام ژن در ژنوم، کنترل شده نبود. امروزه با معرفی روش‌های جدید، ویرایش ژنوم، مورد نظر قرار گرفته است به این معنا که مکان تغییر و ادغام ژن در ژنوم مشخص می‌گردد. بنابراین امکان بررسی تأثیر آن بر ساختار فضایی ژنوم و تأثیرگذاری آن در بیان ژن‌های مختلف فراهم گردید. بر این اساس می‌توان گفت که فناوری‌های نوین زیستی دارای بیشترین بازدهی در بین روش‌های بهنژادی هستند (۱۷).

مهندسی ژنتیک یعنی خلق زیبایی؛ به شرطی که با طبیعت همگام باشد. با معرفی این فناوری زیستی می‌توان با صرفه‌جویی در زمان و با کمترین تغییرهای ژنتیکی و آسیب به بوم نظام ژنوم، صفت‌های مطلوب را در موجودها ایجاد کرد و آن را به نمایش گذاشت تا همگان بتوانند از آن بهره‌مند شوند. ایجاد تنوع رنگ بیشتر درگل‌ها تا مهندسی آن‌ها به نحوی که تغییر رنگ در روز بدون هیچ فعالیت اضافی انجام شود و تنها با حرکت خورشید کنترل شود، هیجان‌انگیز است (۱۳)!

مهندسی ژنتیک و تهیه موجودهای تغییریافته ژنتیکی به مفهوم ایجاد موجودهای غیرضروری و نامتعارف نیست. این فناوری به منظور خلق مواد غیر طبیعی نیست. زیست‌فناوری به این معنا نیست که فقط دو بخش ژنتیکی در کنار یکدیگر قرار گیرند، بلکه روشی است همراه با طبیعت و تکمیل کننده روش‌های بهنژادی سنتی تا بتوان بازدهی آن را افزایش داد و دشواری‌های جامعه بشری را کاهش داد و دنیای بهتری ساخت. بنابراین به جای مقابله با این فناوری و انگیزش مفهوم غلط در ذهن افراد، باید با روشی علمی و منطقی به توضیح آن پرداخت. زیست‌فناوری، طراحی مهندسی دقیق موجودها است که می‌تواند دنیا را به سمت زیبایی بیشتر تغییر دهد.

کشاورزی مولکولی مثالی از این فناوری است که در دهه‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. در این فناوری، تولید پروتئین‌های نوترکیب، آنزیم‌ها و فراورده‌های ثانویه در خارج از محل طبیعی مورد نظر است. برای مثال، به منظور تهیه انسولین که داروی دیابت است

www.SID.ir

Archive of SID

باید مقدار بسیار زیادی بافت جانوری مصرف شود تا بتوان این پروتئین را استخراج کرد اما به وسیله زیست‌فناوری با استفاده از دستورزی گیاهان یا کشت باکتری‌های تغییریافته ژنتیکی روی محیط کشت غذایی می‌توان آن را به دست آورد (۵). آنچه زیست فناوری انجام می‌دهد، ایجاد مسیری نو در سوخت و ساز یاخته است تا بتوان محصول مورد نظر را به دست آورد. اگر در این مسیر همراه با طبیعت باشید و همراه آن خلق کنید، به جای این‌که آن را از بین ببرید، اجرا و انجام آن ضروری است. زیست‌فناوری اندیشه جدیدی نیست بلکه عملی است که هزاران سال است انجام شده است. مهندسی همراه با طبیعت موجب ایجاد ابزار، غذا و زیبایی بهتر یا بیشتر می‌شود. به بیان دیگر زیست‌فناوری را می‌توان کوتاه‌ترین مسیر برای رسیدن به هدف‌های بهنژادی و افزایش بازدهی دانست. در این مسیر "همراه با طبیعت بودن" از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برای این منظور باید چگونگی فعالیت سوخت و سازی یاخته و موجود زنده را شناخت و سپس هدف‌های خود را در آن به اجرا درآورد (۴).

هرچه بیشتر جزئیات سوخت‌وساز شناخته شود، دستورزی یاخته دقیق‌تر انجام خواهد شد. جزئیات به دست آمده از چگونگی فعالیت متابولیکی، حاصل نتایج تعداد زیادی پژوهشگر در سالیان متمادی است. شاید مهمترین کشف به دست آمده از آنچه در یک یاخته رخ می‌دهد آن است که بیشتر این مسیرها حاصل فعالیت پروتئین‌هاست، که خود حاصل بیان ژن‌ها هستند. در واقع طراحی این سازوکار و دستورکار توسط دی-ان-اِ انجام می‌شود. اگر بتوان دستورکار جدیدی در این فرایند پیچیده معرفی کرد، می‌توان گفت که یاخته‌ای جدید فراهم شده است. این دستورکار می‌تواند دستورکاری ابداعی باشد یا حاصل دستورکارهای شناخته شده دیگر باشد که در مسیر جدید قرار می‌گیرد و هدف مشخصی را دنبال می‌کند. این فرایند که مسیر جدید توسط دستورکاری جدید ارائه می‌شود را دستورزی ژنتیکی می‌نامند که البته به نام‌های مهندسی ژنتیک، مهندسی متابولیک، زیست‌شناسی مصنوعی و زیست‌شناسی کاربردی نیز شناخته می‌شود (۱۷).

با توجه به تعداد بسیار زیاد اطلاعات موجود در یاخته، امکان تجزیه و تحلیل آن توسط انسان فراهم نیست و بدیهی است که فناوری دیجیتال می‌تواند این اطلاعات را در خود جای داده و بررسی کند. با استفاده از فناوری دیجیتال می‌توان افزون بر شناخت پروتئین‌ها و برهمکنش آن‌ها، دستورزی و چگونگی نتایج آن را نیز پیش‌بینی کرد (۹).

نکته قابل توجه دیگر این است که باید گستره فکری را در استفاده از زیست‌فناوری وسیعتر کرد. به بیان دیگر؛ چگونگی استفاده از زیست‌فناوری در رفع مشکل‌های جوامع مختلف باید در نظر گرفته شود. برای مثال؛ مشکل بینایی حاصل از کمبود ویتامین A از مواردی است که بیش از ۶۰۰ هزار نفر را زیرتأثیر قرار داده است. افزودن این ویتامین در جیره غذایی افراد می‌تواند مشکل بینایی را رفع کند اما در برخی مناطق دسترسی به دارو مشکل است یا به دلیل فقر اقتصادی امکان استفاده از آن ناممکن می‌شود. در این موارد دو راهکار ارائه شده است: گیاهی که حاوی این ویتامین است معرفی گردد یا به نحوی گیاه غالب جیره غذایی اصلاح گردد تا حاوی ویتامین A شود. در برخی نقاط آفریقا که قوت اصلی مردم سیب‌زمینی شیرین است می‌توان از طریق دست‌ورزی ژنتیکی این گیاه را به نژادی کرد تا حاوی ویتامین مورد نظر باشد. به همین منوال در آسیای جنوب شرقی که غذای اصلی مردم برنج است با تهیه برنج تراریخته طلایی که حاوی ویتامین A است می‌توان آسیب حاصل از کمبود آن را رفع کرد (۲، ۱۲، ۱۵).

در مثالی دیگر، یکی از دشواری‌های اصلی در کشاورزی وجود علف‌های هرز است و در دنیای صنعتی امروز شاید اولین اولویت کشاورزان کنترل آن باشد. بر همین اساس، علف‌کش‌ها از پرمصرف‌ترین سم‌ها در کشاورزی‌اند و طبیعی است مصرف زیاد هر دارو و سم، افزون بر رفع مشکل می‌تواند عوارض نامناسب نیز به همراه داشته باشد که درباره استفاده از سم‌ها می‌توان به آلوده سازی بوم‌نظام شامل آب، خاک، هوا، گیاه و انسان اشاره کرد که گاهی عوارض جبران‌ناپذیری دارد. افزون بر این، استفاده از علف‌کش می‌تواند بخشی از محصول را نیز از بین ببرد. تصور کنید که ژن علف‌کش معجزه‌گر Ht[1] معرفی شود که هیچ اثری بر بوم نظام نداشته باشد و به غیر از محصول مورد نظر همه علف‌های هرز را کنترل کند. همین شرایط را در مورد حشره‌ها و آفت‌ها نیز می‌توان تصور کرد به این صورت که

1. Herbicide tolerant

www.SID.ir

Archive of SID

حشره‌کش در داخل خود گیاه تولید شود Bt[1] و هیچ نیازی به سم‌پاشی هم نباشد. این دو فناوری در حدود ۳۰ سال پیش معرفی شد به نحوی که در بین محصول‌های کشت شده در آمریکا بیش از ۹۵٪ سویا، ۸۵٪ ذرت و همچنین برخی محصول‌های دیگر مانند کلزا و چغندر قند به Ht مقاوم شدند. در مورد Bt نیز چنین است، به طوری که حدود ۲۰٪ محصول‌ها مهندسی شده هستند. اگر بدون توجه به اثرهای تراریختگی بر بوم‌نظام ژنوم و محیط داوری شود، می‌توان گفت که مسیر صحیحی پیموده شده، اما آنچه مسلم است ایمنی و سلامت این گونه فعالیت‌ها باید آزمون شود و البته بر اساس زمان و مکان و شرایط، نتیجه گیری در مورد آن متفاوت خواهد بود. درباره همین مثال باید احتمال ایجاد علف‌های هرز مقاوم، آلودگی محیط زیست به دلیل گرده افشانی باز، انتقال افقی ژن‌ها، آلرژی و همچنین تولید پروتئین‌های ناخواسته و ناشناخته به دلیل تأثیر بر بوم‌نظام ژنوم و موارد دیگر در نظر گرفته شود (۹، ۱۶، ۲۰، ۲۱).

نتیجه گیری و پیشنهادها

با گسترش علم زیست‌شناسی و معرفی روز افزون روش‌های مولکولی، تلاش پژوهشگران برای شناسایی و مدیریت ژن‌های کنترل کننده صفت‌های مهم اقتصادی در گیاهان افزایش یافت. با استفاده از این روش‌های نوین، امکان تجزیه و تحلیل و مطالعه همزمان تعداد زیادی ژن در مقیاس ژنوم فراهم گردید، که به آن علم ژنومیک گفته می‌شود. این علم نه تنها اطلاعات در مورد مکان و موقعیت ژن‌ها را فراهم می‌کند، بلکه در مورد چگونگی بیان یک ژن زیر تأثیر عامل‌های مختلف محیط همچون تنش‌های زنده و غیر زنده نیز بحث می‌کند. پژوهشگران با استفاده از ابزارهای ژنومیک می‌توانند مکان دقیق ژن‌ها و توالی آن‌ها را مطالعه کنند اما شناسایی وظیفه و نحوه بیان ژن‌ها در سطح ژنوم در شرایط مختلف محیطی نیازمند روش‌ها و ابزارهای دیگری است که با نام ژنومیک کارکردی شناخته می‌شود. ژنومیک کارکردی به مطالعه ساختار ژن، بیان آن و نقش پروتئین‌ها در فرایندهای بیوشیمیایی یاخته می‌پردازد. در واقع ژنومیک کارکردی، ژنوم را در حکم یک بوم نظام مطالعه می‌کند. به منظور شناخت اطلاعات نهفته ژنوم از حیث روابط موجود در سطوح مولکولی و سیگنال‌های محیطی و هر آنچه موجب بروز ژنوتیپ به فنوتیپ می‌شود، مطالعه ساختار ماکرومولکول‌ها و نحوه عمل آن‌ها در شرایط آزمایشگاهی، یاخته، بافت و موجود زنده ضروری است، به بیان دیگر، بوم‌نظام ژنوم نیازمند واکاوی است. همان‌طور که اشاره شد، هر گونه دخل و تصرف در ژنوم یا محیط آن می‌تواند بر ساختار فضایی آن تأثیرگذار باشد و از این رو بیان ژن‌ها را تغییر دهد. در این راستا، ضرورت اعمال تغییرها بر اساس شرایط زمان و مکان متفاوت است و نمی‌توان به طور کلی در پذیرش یا نپذیرفتن فناوری‌های نوین تصمیم گرفت بلکه موضوعی نسبی است که بر ضرورت و میزان استفاده از آن شرایط زمان و مکان مؤثر است. بدیهی است که معرفی یک فناوری نوین ممکن است افزون بر مزایای فراوان، دارای مشکل‌هایی نیز باشد اما قضاوت در مورد برتری‌ها و مشکل‌های آن نیازمند داشتن اطلاعات جامع و کافی و همچنین بررسی جنبه‌های مختلف کاربرد آن است.

بررسی‌های زیادی در کشورهای مختلف درباره جنبه‌های نگران‌کننده استفاده از موجودهای زنده تغییریافته ژنتیکی انجام شده است اما تفسیر و بازخوردهای آن متفاوت بوده است. چگونگی ارائه نتیجه‌های بررسی‌ها، به ویژه توسط گروه‌های مخالف و به صورت اطلاعات ناقص و محدود و همچنین بی‌اعتمادی به اطلاعات منتشر شده از مواردی است که نگرانی‌ها را افزایش می‌دهد. بر این اساس، اگر موارد مثبت و منفی پیرامون موجودهای زنده تغییریافته ژنتیکی شفاف سازی شود، نه تنها مسئولان بلکه عموم می‌توانند در مورد شبهه‌ها قضاوت کنند. استفاده از محصول‌های تغییریافته ژنتیکی به منظور کاهش مصرف مواد شیمیایی، توجه به سلامت و ایمنی، موضوع‌های اخلاقی و حقوقی افراد به جای اولویت اقتصادی شرکت‌های تجاری و همچنین همگامی با طبیعت از مواردی است که باید در صدر اولویت استفاده از مهندسی ژنتیک قرار گیرد. برای مثال، وقتی تولید گیاهان مقاوم به علف‌کش توسط شرکت‌هایی تولید می‌شوند که خود، علف‌کش‌های مورد نیاز را تولید می‌کنند بدیهی است که همه واقعیت درباره گیاهان تولید شده ارائه نمی‌گردد. اگرچه افزایش عملکرد محصول، مخلوط نشدن محصول با بذرهای علف هرز، کاهش هزینه برداشت و همچنین استفاده محدودتر از علف کش‌ها

1. *Bacillus thuringiensis*

www.SID.ir

Archive of SID

و منافع زیست‌محیطی از سودمندی‌های کشت گیاهان مقاوم به علف‌کش است اما جنبه‌های نگران کننده همچون ژن‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک‌ها (که در نقش نشانگر انتخابی در این فناوری استفاده شده است) و احتمال انتقال افقی آن به میکروبیوم مصرف کننده، مقاومت به علف‌کش و ایجاد آبَر علف‌هرزها و همچنین احتمال آلودگی ژنی از طریق گرده افشانی آزاد از موردهایی است که باید مطرح و بررسی شود. درباره نگرانی‌های اشاره شده باید عنوان کرد که راهکارهای مختلفی همچون جایگزینی نشانگرهای انتخابی مناسب به جای ژن‌های مقاوم به آنتی بیوتیک یا استفاده از فناوری حذف این ژن در محصول تغییریافته ژنتیکی، می‌تواند نگرانی در این موارد را کاهش دهد. در مورد نگرانی آلودگی ژنی به دلیل گرده افشانی نیز می‌توان به مهندسی کلروپلاست برای رفع مشکل اشاره کرد. افزون بر این، مدیریت صحیح کشاورزی هم می‌تواند برخی آثار منفی محصول‌های مهندسی شده را کاهش دهد. لازم به ذکر است که مزایای استفاده از موجودهای زنده تغییریافته ژنتیکی همچون کاهش وابستگی به مبارزه شیمیایی، آثار مثبت محیط زیستی، افزایش عملکرد محصول، تولید سوخت‌های زیستی و گیاه‌پالایی باید به طور موازی با مشکل‌های مربوط به آن در نظر گرفته شود تا بتوان نقد منصفانه انجام داد.

به طور کلی، سلامت، امنیت غذایی و تأثیر بر محیط زیست از موارد اصلی است که درباره استفاده ازمحصول‌های تغییریافته ژنتیکی ایجاد نگرانی می‌کند. اطلاع رسانی ناقص و مغرضانه همراه با تبلیغات سوء به این نگرانی‌ها دامن می‌زند، در صورتی که باید افزون بر ایمنی زیستی و توجه به بوم‌نظام، اخلاق زیستی را نیز در نظر گرفت و به همه سوال‌ها آشکارا پاسخ داده شود و در نهایت استفاده کردن یا نکردن از محصول‌های تغییریافته ژنتیکی در ترازوی داوری قرار گیرد. بدیهی است قضاوت کلی در مورد این فناوری مردود است. به بیان دیگر، فناوری زیستی همچون همه فناوری‌ها و شاید تمامی جنبه‌های زندگی باید به طور نسبی بررسی شود و با توجه به شرایط زمان و مکان مختلف، هر مورد به طور خاص و با توجه به همه زاویه‌های آن ارزیابی شود. بر این اساس می‌توان مقرراتی را بر تولید و مصرف این محصول‌ها حاکم کرد.

به طور خلاصه، آنچه مسلم است این است که فناوری زیستی به منزله روش‌های نوین و مکمل روش‌های سنتی می‌تواند در ایجاد زندگی بهتر و محیط زیست مناسب‌تر امید بخش و تحول‌برانگیز باشد و ضرورتی اجتناب‌ناپذیر در آینده کشاورزی است.

منابع

۱. یزدی صمدی، ب و ب.ا. سیدطباطبایی. ۱۳۹۰. اساس علم ژنتیک کلاسیک و مولکولی. انتشارات دانشگاه تهران.

2. Al-Babili, S. and P. Beyer. 2005. Golden Rice – five years on the road – five years to go? Trends in Plant Sci. 10: 565-573.
3. Brown, T.A. 2007. Genome 3. John Wiley and Sons Inc. Ontario. Canada.
4. Buchanan, B.B., W. Gruissem and R.L. Jones. 2000. Biochemistry and Molecular Biology of Plants. Amer. Soc. Plant Physiol. Rockville, MD, USA.
5. Cappell, T. and P. Christou. 2004. Progress in plant metabolic engineering. Current Biotechnol. 15:148-154.
6. Carey, N. 2011. The Epigenetics Revolution. Kindle edition. Columbia University Press. New York, USA.
7. Danchin, É., A. Charmantier, F.A. Champagne, A. Mesoudi, B. Pujol and S. Blanchet. 2011. "Beyond DNA: integrating inclusive inheritance into an extended theory of evolution". Nature Rev. Genet. 12:475-486.
8. Eckardt, N.A. 2002. Alternative splicing and the control of flowering time. Plant Cell 14:743-747.
9. Halpin, C. 2005. Gene stacking in transgenic plants –the challenge for 21th century plants biotechnology. Plant Biotechnol. J. 3:141-155.
10. Hollar, D. 2016. Epigenetics, the Environment, and Children's Health across Lifespans. Springer International Publishing. Switzerland.
11. Lamb, M.J. and E. Jablonka. 2005. Evolution in Four Dimensions: genetic, epigenetic, behavioral, and symbolic variation in the history of life. MIT Press, Cambridge, MA, USA.
12. Mayer, J.E. 2005. The golden rice controversy: useless science or unfounded criticism? BioScience 55:726-727.

www.SID.ir

Archive of SID

13. Miller, W.A., P.M. Waterhouse, J.W.S. Brown and K.S. Browning. 2001. The RNA word in the plants: post-transcriptional control III. Plant Cell. 13:1710-1717.
14. Morris, K.L. 2008. "Epigenetic Regulation of Gene Expression". RNA and the Regulation of Gene Expression: A Hidden Layer of Complexity. Caister Academic Press, Norfolk, England.
15. Potrykus, I. 2001. Golden rice and beyond. Plant Physiol. 125:1157-1161.
16. Rieger, M.A., M. Lamond, C. Preston, S.B. Powles and R.T. Roush. 2002. Pollen-mediated movement of herbicide resistance between commercial canola fields. Science 296:2386-2388.
17. Slater, A., N.W. Scott and M.R. Fowler. 2008. Plant Biotechnology: the genetic manipulation of plants. Oxford University Press.
18. Stinson, S., B. Bogin and D. O'Rourke. 2012. Human Biology: An evolutionary and biocultural perspective. John Wiley and Sons Inc. Ontario. Canada.
19. Varki, A. and T.K. Altheide. 2005. Comparing the human and chimpanzee genomes: Searching for needles in haystack. Genome Res. 15:1746-1758.
20. Wolfenbarger, L.L. and P.R. Phifer. 2000. The ecological risks and benefits of genetically engineered plants. Science 290:2088-2093.
21. Zhao, J.Z., J. Coa, Y. Li, H.L. Collins, R.T. Roush and E.D. Earle. 2003. Transgenic plant expressing to *Bacillus thurinhgiensis* toxins delay insect resistance evolution. Nature Biotechnol. 21:1493-1497.

www.SID.ir

Archive of SID
Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 3(1): 77-84 (2018)

The Role of Biotechnology in Agriculture and the Protection of the Environment

B.E. Sayed Tabatabaei[1, 2]

The feature of living organisms stem from their genetic potential which is called genome. By changing the sequence and number of the four nucleotides that form the genome, various organisms are created. In different cellular conditions, the three-dimensional structure of the genome is changed and the expression of the genes are also altered; therefore genome can be considered as an ecosystem. The processing of the genomic ecosystem, like any other ecosystems, is necessary in order to better understand the more appropriate productivity. On the other hand, breeding of plants and livestocks as a genome manipulation is essential due to rapid growth of the population. By modifying a specific trait or gene at the time of manipulation, other traits and genes may be changed, after which a long and costly process is required to reduce the impurities. In this process, ecosystem of the genome and the expression of different genes can be permuted, which cause different complications. Effort to increase the yields while disregarding the native and modified resistant plants, leads to the degradation of the ecosystem. Also, one of the main concerns in some communities is health problems, such as the deficiency of certain vitamins, which can be resolved through the use of modern biotechnology. With the progression of biotechnology, not only the limitations of genome modification will be eliminated, but it is also possible to edit specific genome section that minimized the adverse impact on genome ecosystem and maximized its benefits.

Key words: Breeding methods, Ecosystem, Genetic manipulation, Genome.

1. Corresponding author: Email: seyedt@cc.iut.ac.ir
2. Professor of Isfahan University of Technology.

www.SID.ir