Archive

سیزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی ،معماری،عمران ومحیط زیست

اهمیت مهندسی ژنتیک در حفاظت از گونه ها (مروری)

آپتین راهنورد[۱]، زهرا نظری[۲]

۱- هیات علمی گروه محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن
۲- دانشجوی دکتری محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن
Zahrainv73@gmail.com

چکیده

مهندسی ژنتیک و زیست‌فناوری، دستاوردی بشری و متعلق به تمامی انسان‌هاست که برآورد فعالیت ژنتیکی انسان در سال‌های بسیار تا همین لحظه بوده است. مهندسی ژنتیک، شامل تکنیک هایی مانند جدا سازی، خالص سازی، وارد کردن و تظاهر یک ژن خاص در میزبان برای بروز صفت خاص یا تولید محصول مورد نظر است. مهندسی ژنتیک و بیوتکنولوژی روندی رو به رشد با سرعت بسیار بالا دارد و یکی از علومی محسوب می‌شود که سرعت رشد آن بسیار بالا بوده است. تراریخته بخشی از این علم وسیع است. بی‌شک تراریخته می‌تواند به کمک انسان بیاید. با کمک تراریخته می‌توان غذای سالم‌تری داشت. غذایی که بقایای آلوده‌سازها، سم و کود در آن وجود نداشته باشد، غذایی سالم نام می‌گیرد. تراریخته می‌تواند به تولید این نوع محصولات کمک کند. همچنین محصولات تراریخته می‌تواند به کمک محیط زیست بیاید. زمانی که یک دستاورد مهم بشری می‌تواند محیط زیست را تحت‌تأثیر خود قرار دهد، در نتیجه می‌تواند به آن نیز کمک کند. یکی از فواید تراریخته در محیط زیست، کاهش مصرف سم و کود است. به هر میزانی که در محیط زیست آلوده‌سازها کمتر شود، غذای آلوده کمتری تولید خواهد شد. برای بررسی محصولات تراریخته باید آن را در یک پروسه بیوتکنولوژی دید. پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۵۰ جمعیت جهان به ۹ میلیارد نفر برسد درحالی‌که هم‌اکنون نیز تأمین امنیت غذایی جهان با مشکل روبه‌روست. توجه کافی و صحیح به عواملی مانند اراده سیاسی، زیرساخت‌ها، موانع تجاری، سیاست‌های کشاورزی، سرمایه و قوانین تسهیل‌کننده در کنار حفظ رویکرد علمی به مسئله اصلاح ژنتیک می‌تواند به رفع و کاهش مشکلاتی که بشر تا چند سال آینده با آن ها روبه‌رو می‌شود، کمک کند. نجات گونه‌های در حال انقراض و احیای گونه‌های منقرض شده نیز از دیگر کابردهای مهندسی ژنتیک است که برای محیط زیست حائز اهمیت خواهد بود.

کلمات کلیدی: مهندسی ژنتیک، محیط زیست، تنوع زیستی

۱- مقدمه

دانش مهندسی ژنتیک (Genetic engineering) در واقع با کشف قوانین وراثت صفات در حدود ۱۶۰ سال پیش و آشکار شدن این که هر صفت قابل توارث توسط عاملی به نام ژن (Gene) کنترل می شود، آغاز شد. در اوایل قرن بیستم میلادی مشخص شد که ژن ها روی کروموزوم ها (Chromosomes) و در هسته سلول قرار دارند. در سال ۱۹۵۲ ثابت شد که اسید داکسی ریبونوکلئیک (Deoxyribonucleic acid = DNA) ماده اصلی ژنتیکی جانداران است و هر ژن در واقع توالی خاصی از این مولکول است. در طی ۱۴ سال یعنی بین سال های ۱۹۵۲ تا ۱۹۶۶ ساختار مار پیچ مضاعف این ماده و نحوه

www.SID.ir

Archive

همانندسازی (Replication)، نسخه برداری (Transcription) و ترجمه (Translation) آن شناخته شدند. در خلال دهه ۱۹۸۰ روش برش دادن و تکثیر قطعات مولکول DNA و شناسایی ژن های مطلوب در شرایط آزمایشگاهی ابداع شد. سپس روش های انتقال ژن ها و تولید گیاهان تراریخته (Transgenic)، ابداع شدند. با استفاده از این فن آوری امکان انتقال ژن های مطلوب، بدون همراهی با هیچ ژن نامطلوبی، به گیاهان میسر شده است (براون، ۲۰۱۰) .

مهندسی ژنتیک، شامل تکنیک هایی مانند جدا سازی، خالص سازی، وارد کردن و تظاهر یک ژن خاص در میزبان برای بروز صفت خاص یا تولید محصول مورد نظر است. گیاهانی که تحت تاثیر مهندسی ژنتیک قرار گرفته‌اند و ژن های اضافی وارد ژنوم آن ها شده، ترانس ژن نام دارند. امروزه پیشرفت های زیست فناوری (Biotechnology) به مرحله ای رسیده است که می توان در ژن ها و هسته های سلولی موجودات، تغییر و تحولاتی را ایجاد نموده و پدیده ها و موجوداتی جدید اعم از گیاهی و جانوری را تولید نمود. زیست فناوری در واقع علمی است که با بکارگیری از ساز وکارهای زیستی و موجودات زنده دست به تولید محصولاتی می زند که باعث بهبود سطح زندگی انسان می شود. این تکنولوژی این اجازه را به ما می دهد که یک ژن مشخص را از یک موجود به یک موجود دیگر انتقال دهیم، حتی اگر این دو موجود از یک خانواده نباشند (کرمی و قاسمی، ۱۳۸۹)

از مهمترین اهداف انتقال ژن به گیاهان می‌توان موارد زیر را ذکر کرد.

- ایجاد مقاومت در برابر حشرات
- تولید بازدارنده پروتئینازها در برابر حشرات
- تولید گونه‌های مقاوم به قارچ ها
- مقابله با ویروس ها
- تولید گیاهان مقاوم به علف کش ها
- تولید گیاهان مقاوم به استرس

تنوع ژنتیکی به ژن های متفاوت و تغییرات داخل یک گونه اطلاق می شود. این تنوع، نشانده اطلاعات ژنتیکی در موجودات وابسته به یک گونه است که هر کدام از آن ها دربرگیرنده تجمعی منحصر به فرد از ژن ها می باشند و در مجموع، میراث تکاملی را تشکیل می دهند. این تنوع از سطح مولکولی، به صورت توالی هایی در کروموزوم ها موجود بوده و سبب سازگاری محیطی و درنهایت تکامل گونه ها می شوند. تنوع ژنتیکی، گونه ها را قادر می سازد که نسبت به اکوسیستم یا محیط های جدید یا تغییرات رخ داده در محیط، ناشی از گزینش طبیعی یا مصنوعی، سازگار شوند. تنوع در داخل یک گونه، خطر نابودی در اثر بیماری یا آفات را کاهش داده و فرصت بهره برداری از محیط های گوناگون را از طریق ویژگی های متنوع مانند عادات رشدی و الگوی ریشه بندی متفاوت، فراهم می آورد. چنین عواملی می توانند هم در پایداری و هم در بهره وری بیشتر، نقش داشته باشند. در عین حال تنوع ژنتیکی، مخزنی از ژن ها برای اصلاح گیاه زراعی توسط کشاورزان یا به نژادگران فراهم می آورد (Xu, Y، ۲۰۱۰).

۱-۱- تنوع زیستی

تنوع زیستی به تعداد، انواع و تغییرات موجود بین گونه های گیاهان، جانوران، ریزسازواره ها و نظام های اکولوژیکی که در آن زیست می کنند اشاره دارد. تنوع در داخل یک اکوسیستم، بقاء و بهره وری از آن را میسر می سازد و در عین حال طیف وسیعی از محصولات و خدمات را برای استفاده بشر فراهم می کند. تنوع زیستی کشاورزی از اهمیت اکولوژیکی، اقتصادی و فرهنگی برخوردار است و پایداری و بهره وری از آن را تضمین می کند (Hawtin، ۱۹۹۸).

www.SID.ir

Archive

۱-۲- آسیب پذیری ژنتیکی

آسیب پذیری ژنتیکی از شرایط مخاطره آمیز بالقوه است که از پایه ژنتیکی باریک ناشی می شود. آسیب پذیری ژنتیکی در فاصله سال های ۱۸۴۵ الی ۱۸۵۲، قحطی بزرگی کشور ایرلند را فرا گرفت. در اثر این فاجعه، یک میلیون نفر از گرسنگی جان باختند و یک میلیون نفر مهاجرت کردند و درنتیجه، یک چهارم از جمعیت این کشور کاهش یافت. به اعتقاد برخی مورخین، این قحطی بزرگ نقطه عطفی در تاریخ ایرلند به شمار می رود، به طوری که این کشور حتی پس از اتمام قحطی، همچنان دچار کاهش جمعیت بود. بسیاری از جوانان ایرلندی آینده خود را در کشورهای دیگر مانند آمریکا می دیدند و این امر بر آینده ایرلند تاثیر گذاشت. زیرا بخشی از آحاد فعال و تاثیرگذار، در حال ترک کشور بودند. فرهنگ کشور نیز از این فاجعه بی تاثیر نماند و بلکه شدیدا متاثر شد. کاهش شدید محاوره به زبان گالیک مرتبط با حوادث اواخر دهه ۱۸۴۰ است. محاوره این زبان در انگلستان، اسکاتلند و آمریکا (کشورهای هدف مهاجران قحطی زده) جایی نداشت. این زبان در غرب ایرلند بیشترین رواج را داشت که اتفاقا مناطقی با بیشترین خسارت در اثر قحطی، هم به لحاظ تعداد جان باختگان و هم از نظر تعداد مهاجران، بودند. بروز قحطی ایرلند ناشی از اپیدمی گسترده بیماری بادزدگی (با عامل phytophthora infestans) و ایجاد خسارت به محصول سیب زمینی ناشی از فقدان تنوع ژنتیکی در برابر این بیماری بود. این فاجعه معمولا به عنوان یک مثال کلاسیک از آثار زیانبار آسیب پذیری ژنتیکی ذکر می شود، ولی نمونه های مشابه زیادی در تاریخ کشورهای مختلف وجود دارد که اهمیت آن را نشان می دهد (زهراوی، ۲۰۱۷) .

همچنین یکی از موارد مورد مناقشه پیرامون فناوری مهندسی ژنتیک، عبارت از اثر تغییرات حاصل از افزودن ژن های تراریختی به گیاهان زراعی است. برخی اعتقاد دارند تغییرات جدید ایجاد شده در گیاهان تراریخته، برخلاف نظام طبیعت بوده، لذا ممکن است گیاه زراعی در اثر این تغییرات، از کنترل خارج شده به گونه مهاجم تبدیل شو.. یکی از فواید تراریخته در محیط زیست، کاهش مصرف سم و کود است. به هر میزانی که در محیط زیست آلوده‌سازها کمتر شود، غذای آلوده کمتری تولید خواهد شد. برای بررسی محصولات تراریخته باید آن را در یک پروسه بیوتکنولوژی دید. اگر در بررسی تراریخته نگاه علمی در یک پروسه وجود نداشته باشد و با نگاه علم در لحظه نقد شود، بی‌شک نتیجه مطلوبی نخواهد داشت. در این مقاله قصد داریم جایگاه مهندسی ژنتیک و نقش و تاثیر آن را در حفظ و توسعه محیط زیست مورد بحث و بررسی قرار دهیم.

۲- روش مطالعه

در این مطالعه به بررسی مطالعات انجام شده در زمینه اهمیت مهندسی ژنتیک در حفاظت از گونه ها بر مبنای مرور مقالات موجود پرداخته شده است. بانک های اطلاعاتی مانند SID، Sciencedirect، Elsevier و Scopus مورد استفاده قرار گرفت. معیار ورود اطلاعات مقالات مرتبط با موضوع و حاوی کلمات کلیدی مطابق با تحقیق حاضر بوده است.

۳- بحث و نتایج

با گزارش هایی که روزانه در اخبار علمی اعلام می شود کاملاً مشهود است که به دلیل تجاوز بشر به حریم محیط زیست و استفاده نابجا و غلط از زیستگاه های طبیعی، زیستگاه های بسیاری از انواع موجودات از بین رفته اند و بسیاری هم در معرض خطر نابودی هستند. تمام موارد یاد شده در کنار بسیاری از دلایل دیگر همگی منجر به اختلال در نظام طبیعی حیات می شوند و لذا جهت نگهداری جنگل ها، زیستگاه ها، گوناگونی گونه ها، پاکیزگی محیط، آب، خاک و برای حفظ حیات الزاماً باید مطمئن بود که مواد غذایی مورد نیاز در آینده در شرایطی بسیار مناسب با خاک و آب و محیط مناسب به دست می آیند و کمترین خطر و مشکلی آینده را تهدید نخواهد کرد. در چنین شرایطی

www.SID.ir

Archive

است که دستاوردهای علمی و پیشرفت هایی که در فناوری حاصل گشته است به کمک می آیند. امروزه با استفاده از علوم مختلف از جمله بیوتکنولوژی و دستکاری های ژنتیکی دانشمندان در تلاش هستند تا هر چه بیشتر از تاثیرات منفی که به هر دلیلی محیط زیست و سلامت کره زمین را تهدید می کند، بکاهند. یکی از مزیت هایی که استفاده از بیوتکنولوژی در حفظ سلامت محیط زیست دارد کاهش مصرف آفت کش ها است. با توجه به نیاز غذایی بشر، به دست آوردن محصولی سالم و مناسب از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

بخش اصلی فعالیت زیست فناوری در حوزه کشاورزی، پژوهش و تولیدگیاهان دستکاری شده ژنتیکی(GMO) است که با استفاده از مهندسی ژنتیک از مسیرهای غیر طبیعی و اغلب در مدت کوتاه و حداکثر طی آن ماده ژنتیکی (DNA) گیاه طی یک تا دو سال کار پژوهشی و آزمایشگاهی تغییر می یابند. محققان مهندسی ژنتیک بر این باور هستند که می توانند صفات گیاهان زراعی را تغییر دهند. عمده این تغییرات ژنتیکی منجر به تولید گیاهان با قابلیت تحمل علف کش (Herbicide Tolerance) و گیاهان مقاوم به آفات (Insect Resistance) می شود. هرچند متخصصین زیست فناوری مدعی هستند که گیاهان دستکاری شده ژنتیکی می توانند راهکاری برای توسعه کشاورزی در جوامع فقیر، تضمین امنیت غذایی در جهان، بهبود صفات گیاهی و افزایش سلامت جامعه از طریق کاهش باشند اما در عین حال زیست فناوری در حوزه علف کش، مصرف سموم شیمیایی، آفت کش کشاورزی به دلیل کاربرد بذر اختصاصی همراه با علف کش اختصاصی و انحصار بازار جهانی یکی از پول سازترین فناوری های جهان محسوب می شود و حجم معاملات آن در دنیا بالغ بر ۱۵ میلیارد دلار بوده است (James، ۲۰۱۴).

در مطالعه ای بر تأثیرات زیست محیطی مرتبط با تغییرات استفاده از آفت کش ها و انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از استفاده از محصولات دستکاری شده ژنتیکی که از اولین استفاده تجاری گسترده آن ها در اواسط دهه ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۱۸ متمرکز شده است، نشان داده شده که اتخاذ فناوری تولید گیاهان اصلاح ژنتیکی شده مقاوم به حشرات و مقاوم در برابر علف کش، سم پاشی سموم دفع آفات را به میزان۷۷۵/۴ میلیون کیلوگرم (۸/۳٪) کاهش داده و در نتیجه، اثرات زیست محیطی مرتبط با استفاده از علف کش ها و حشره کش ها را در این محصولات تا ۱۸/۵٪ کاهش داده است (که توسط شاخص ضریب تأثیر محیطی(EIQ) اندازه گیری شده است). این فناوری همچنین کاهش قابل توجهی در استفاده از سوخت و تغییرات خاکورزی را تسهیل کرده و در نتیجه باعث کاهش قابل توجه انتشار گازهای گلخانه ای از منطقه زیر کشت این محصولات می شود. این در سال ۲۰۱۸ معادل حذف ۱۵/۲۷ میلیون خودرو از جاده ها بود (Brookes و Barfoot ، ۲۰۲۰).

ایمنی زیستی مجموعه ای از تدابیر، سیاست ها، مقررات و روش ها برای تضمین بهره برداری از فواید فناوری زیستی جدید و پیشگیری از آثار سوء احتمالی کاربرد زیست فناوری بر تنوع زیستی، سلامت انسان -دام، و محیط زیست است. هدف از ارزیابی محصولات دستکاری شده ژنتیکی محاسبه و تخمین میزان خطرات احتمالی این محصولات بر سلامت انسان، دام، محیط زیست و تنوع زیستی است. اثرات این محصولات بروی موجودات زنده می تواند یا بطور مستقیم باشد یعنی مصرف این محصولات به شکل خوراک و غذا، ویا بطور غیر مستقیم باشد یعنی تاثیر این محصولات بر مکانسیم ها و چرخه های غیر زنده در یک اکوسیستم . همچنین این اثرات می تواند به صورت کوتاه مدت یا دراز مدت بر سلامت انسان و محیط زیست تاثیر گذار باشند. برخی از این مخاطرات احتمالی به شرح زیل می باشند.

- مصرف این محصولات به شکل مستقیم برای انسان و یا دام می تواند باعث ایجاد بیماری همچون آلرژی، مسمومیت، مقاومت آنتی بیوتیکی و یا حتی سرطان شود (Séralini و همکاران، ۲۰۱۴؛ Woegerbauer و همکاران، ۲۰۱۵؛ Mesnage و همکاران، ۲۰۱۵؛ Sheng و همکاران، ۲۰۱۴)

- در مناطقی که این محصولات به صورت وسیع کشت می شوند، می توانند اثرات سوئی بروی جمعیت ها و گونه های مختلف موجودات زنده همچون حشرات از طریق تغییر در الگوی تولید مثل و تغذیه ای آن ها داشته باشند (Marques، ۲۰۲۰)

www.SID.ir

Archive

- این محصولات می توانند خطری برای ارقام بومی و تنوع زیستی باشند و از مسیرهای گوناگون موجب آلودگی محیط زیست شوند (Bhat و همکاران، ۲۰۱۰؛).

بنابراین تمامی موجودات دستکاری شده ژنتیکی (میکروارگانیسم ها ، گیاهان و یا حیوانات) می بایست قبل از اخذ مجوزهای اولیه، عرضه به بازار و قرار گرفتن در سبد غذایی بطور دقیق مورد ارزیابی مخاطرات قرار گیرند.

سازمان ها و نهادهای جهانی متعددی برای حفاظت از گونه ها و جمعیت های در حال انقراض و تهدید شده شکل گرفته اند و تلاش ها و اطلاع رسانی به مردم جهت اهداف حفاظتی در جریان است. وجه مشترک اکثر این نهاد ها حفاظت از مولفه های اصلی تنوع زیستی شامل تنوع اکوسیستمی، تنوع گونه ای و تنوع ژنتیکی می باشد. با رشد و توسعه تکنیک های مولکولی دسترسی به داده های ژنتیکی افزایش یافت و به فهم بهتر زیست شناسی و اکولوژی گونه ها و جمعیت ها انجامید، امروزه تنوع ژنتیکی یکی از مهمترین پارامترهای مورد مطالعه برای حفاظت از گونه ها و جمعیت ها می باشد. ژنتیک حفاظت یک علم نوپا و بین رشته ای بر گرفته از زیست شناسی حفاظت، ژنتیک جمعیت، اکولوژی مولکولی، زیست شناسی، زیست شناسی تکامل و سیستماتیک می باشد. ژنتیک حفاظت می کوشد تا روش ها و تکنیک های ژنتیکی را برای حفاظت و احیای تنوع زیستی بکار گیرد. اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی (IUCN)، اتحادیه ای که حفاظت را در سطح بین المللی رهبری می کند، حفاظت از تنوع ژنتیکی را به عنوان یکی از سه سطح بنیادی تنوع زیستی، ضرروی می داند. ژنتیک حفاظت یک پس زمینه مفهومی برای درک نقش فاکتورهای ژنتیکی در انقراض و مدیریت برای اجتناب از وقوع چنین انقراض هایی را ارائه می کند. ژنتیک حفاظت در برگیرنده موارد ذیل است (زمانی، ۱۳۹۴):

- مدیریت ژنتیکی جمعیت های کوچک برای نگهداری بیشینه تنوع ژنتیکی و کاهش درون آمیزی
- شناسایی ابهامات تاکسونومیک و مشخص کردن واحدهای حفاظتی
- استفاده از آنالیزهای ژنتیک مولکولی در فهم زیست شناسی گونه ها

تنوع زیستی، عامل کلیدی بقاء هر اکوسیستم می‌باشد. از بین سطوح تنوع زیستی، تنوع ژنتیکی به عنوان ماده خام اصلاح ژنتیکی، از بیشترین توجه در جوامع کشاورزی برخوردار بوده و وجود و دامنه آن، به عنوان شاخصی از پایداری تولید به شمار می‌رود. منابع ژنتیکی، اساس کشاورزی مدرن را تشکیل می‌دهند و برای حصول امنیت غذایی لازم می‌باشند. خطر نابودی منابع ژنتیکی از اواسط قرن بیستم مورد توجه دانشمندان قرار گرفت و متعاقب آن اقدامات جهانی در جهت حفاظت از این ذخایر گران بها صورت پذیرفت. با این حال روش‌های اصلاح ژنتیکی، به نوبه خود منجر به محدود شدن پایه ژنتیکی و ایجاد آسیب‌پذیری در برابر عوامل نامساعد زیستی و محیطی شده است. از سوی دیگر ظرفیت عظیمی در خزانه‌های ژنتیکی به عنوان منبع بسیاری از خصوصیات ارزشمند، موجود است که به دلیل محدودیت‌های روش‌های سنتی، بلا استفاده مانده است. ورود مهندسی ژنتیک با قابلیت گذر از مرزهای محدودکننده، نوید بخش آزادسازی ظرفیت نهفته در منابع ژنتیکی و توسعه ژرم‌پلاسم می‌باشد. مهندسی ژنتیک با هدف قرار دادن آفات مضر و مهار اختصاصی آن‌ها، مانع از نابودی ارگانیسم‌های مفید می‌شود. همچنین در جلوگیری از فرسایش خاک نقش بسزایی داشته و بدین ترتیب سبب حفظ تنوع زیستی موجود در خاک شده است (زهراوی، ۲۰۱۷)

توسعه پایدارتر غذا، خوراک و محصولات زیستی برای کاهش تنش های زیست محیطی که امروزه جهان ما با آن روبرو است بسیار مهم است. جلبک ها، که شامل جلبک های دریایی، جلبک های یوکاریوتی و سیانوباکتری ها هستند، بستر امیدوار کننده ای برای دستیابی به این هدف هستند، زیرا نیازمند انرژی و فضا کم هستند، برای مصرف انسان و حیوانات بی خطر هستند و می توان آن ها را برای تولید انواع محصولات بیولوژیکی با ارزش دستکاری کرد. ریزجلبک ها، گونه های یوکاریوتی و سیانوباکتریا، به عنوان یک بستر پایدار برای تولید زیستی انواع محصولات مطلوب از جمله مواد غذایی، خوراک، سوخت، مواد و داروها در حال توسعه هستند. با توجه به رشد سریع آن ها، استفاده کارآمد از منابع و تنوع ژنتیکی طبیعی، می توان طیف وسیعی از ترکیبات مشتق شده از جلبک را برای تولید رقابتی مقرون به صرفه هدف قرار داد. برخلاف سایر میکروارگانیسم ها،

www.SID.ir

Archive

از جمله مخمر و باکتری ها، گونه های متعددی از جلبک ها برای مصرف انسان ایمن هستند و از FDA ایالات متحده وضعیت GRAS را دریافت کرده اند، که به طور بالقوه هزینه های تصفیه داروهای مشتق از جلبک را کاهش داده و پتانسیل مواد غذایی با ارزش را افزایش می دهد (Torres و همکاران، ۲۰۲۰). از نظر تاریخی، تمرکز این حوزه بر تولید تجاری سوخت های زیستی از ریزجلبک ها بوده است، اما به دلیل هزینه کم سوخت های فسیلی، سوخت های زیستی مقرون به صرفه از جلبک ها هنوز در مقیاس قابل توجهی بدست نیامده است و تمرکز برای جبران هزینه ها تا حد زیادی بر روی تولید محصولات مشترک متمرکز شده است (Barreiro و همکاران، ۲۰۱۴؛ Wijffels و همکاران، ۲۰۱۰).

مراجع

۱. براون، ت .آ .۲۰۱۰ .کلون سازی ژنها و آنالیز . DNA ویرایش ششم .م .طباطبایی یزدی، غ .زرینی، ض .سپهری زاده، ع .قاسمیان و آ .همت . مترجمین .خانه زیست شناسی، ۱۳۹۰، ۴۳۹ ص .

www.SID.ir

Archive

۲. کرمی علی, قاسمی حامد. نقش مقررات ایمنی زیستی، حفاظت زیستی و مرامنامه های اخلاقی و حقوقی در پژوهش های طب نظامی در اجرای اهداف کنوانسیون خلع سلاح بیولوژیک. ۱۳۸۹.

۳. زمانی، وحید. ژنتیک حفاظت. زیست سپهر، ۱۳۹۴، جلد۱۰، شماره ۲، ۱-۲.

۴. زهراوی. (۲۰۱۷). مهندسی ژنتیکی به مثابه ابزار توسعه تنوع زیستی. *فصل‌نامه علمی-ترویجی ایمنی زیستی*, ۹(۴), ۱-۲۲.

5. Barreiro, D. L., Samorì, C., Terranella, G., Hornung, U., Kruse, A., & Prins, W. (2014). Assessing microalgae biorefinery routes for the production of biofuels via hydrothermal liquefaction. *Bioresource technology*, *174*, 256-265.
6. Bhat, R., Rai, R. V., & Karim, A. A. (2010). Mycotoxins in food and feed: present status and future concerns. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, *9*(1), 57-81.
7. Brookes, G., & Barfoot, P. (2020). Environmental impacts of genetically modified (GM) crop use 1996–2018: impacts on pesticide use and carbon emissions. GM Crops & Food, 11(4), 215-241.
8. Hawtin, G. 1998. Conservation of agrobiodiversity for tropical agriculture. In: Chopra, V.L., Singh, R.B and Varma, A. (eds.) Crop Productivity and Sustainability – Shaping the Future, Proceedings of the 2nd International Crop Science Congress. Oxford & IBH Publishing Co., New Delhi, pp. 917–925.
9. James, C. (2014). ISAAA Briefs brief 49 Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2014.
10. Marques, L. (2020). Collapse of Terrestrial Biodiversity. In *Capitalism and Environmental Collapse* (pp. 247-273). Springer, Cham.
11. Mesnage, R., Defarge, N., De Vendômois, J. S., & Seralini, G. E. (2015). Potential toxic effects of glyphosate and its commercial formulations below regulatory limits. *Food and Chemical Toxicology*, *84*, 133-153.
12. Séralini, G. E., Clair, E., Mesnage, R., Gress, S., Defarge, N., Malatesta, M., ...& de Vendômois, J. S. (2014). Republished study: long-term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerantgenetically modified maize. *Environmental Sciences Europe*, *26*(1), 1-17.
13. Torres-Tiji, Y., Fields, F. J., & Mayfield, S. P. (2020). Microalgae as a future food source. Biotechnology advances, 41, 107536.
14. Woegerbauer, M., Zeinzinger, J., Gottsberger, R. A., Pascher, K., Hufnagl, P., Indra, A., ... & Fuchs, K. (2015). Antibiotic resistance marker genes as environmental pollutants in GMO-pristine agricultural soils in Austria. *Environmental Pollution*, *206*, 342-351.
15. Wijffels, R. H., & Barbosa, M. J. (2010). An outlook on microalgal biofuels. *Science*, *329*(5993), 796-799.
16. Xu, Y. 2010**.** Molecular Plant Breeding. Cabi.

www.SID.ir

Archive

www.SID.ir