

زیست فناوری مقاومت به بیمارگرهای گیاهی

تألیف

دکتر دیوید کالینز

ترجمه

دکتر امیر میرزادی گوهری

دکتر امین ابراهیمی



شماره انتشار ۴۴۰۱

شماره مسلسل ۱۰۷۰۱

انتشارات دانشگاه تهران

عنوان و نام پدیدآور	: زیست فناوری مقاومت به بیمارگرهای گیاهی/ تألیف [صحیح: ویراستار] دیوید کالینز؛ ترجمه امیر میرزادی گوهری، امین ابراهیمی.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری	: ۶۳۸ ص.
فروست	: انتشارات دانشگاه تهران؛ شماره انتشار ۴۴۰۱.
شابک	: 978-964-03-0183-8
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: Plant Pathogen Resistance Biotechnology, [2016].
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: تکنولوژی زیستی گیاهی
موضوع	: Plant Biotechnology
موضوع	: گیاهان - مقاومت در برابر بیماری‌ها و آفت‌ها - جنبه‌های مولکولی
موضوع	: Plants - Disease and Pest Resistance - Molecular Aspects
موضوع	: میکروب‌های بیماری‌زای گیاهی
موضوع	: Phytopathogenic Microorganisms
شناسه افزوده	: کالینز، دیوید برایان
شناسه افزوده	: Collinge, D.B. (David Brian)
شناسه افزوده	: میرزادی گوهری، امیر، ۱۳۵۹ - مترجم
شناسه افزوده	: ابراهیمی، امین، ۱۳۶۳ - مترجم
شناسه افزوده	: دانشگاه تهران. مؤسسه انتشارات. University of Tehran. Press
رده‌بندی کنگره	: TP۲۸۴/۲۷ ۱۴۰۰
رده‌بندی دیویی	: ۶۳۰
شماره کتابشناسی ملی	: ۷۵۵۲۲۹۹

این کتاب مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان است. تکثیر کتاب به هر روش اعم از فتوکپی، ریسوگرافی، تهیه فایل‌های pdf، لوح فشرده، بازنویسی در وبلاگ‌ها، سایت‌ها، مجله‌ها و کتاب، بدون اجازه کتبی ناشر مجاز نیست و موجب پیگرد قانونی می‌شود و تمامی حقوق برای ناشر محفوظ است.
(این کتاب با کاغذ حمایتی به چاپ رسیده است.)



عنوان: زیست فناوری مقاومت به بیمارگرهای گیاهی
ویراستار: دکتر دیوید کالینز
ترجمه: دکتر امیر میرزادی گوهری - دکتر امین ابراهیمی
ویرایش ادبی: خدیجه آسیمه
نوبت چاپ: اول
تاریخ انتشار: ۱۴۰۰
شمارگان: ۲۰۰ نسخه
ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران
چاپ و صحافی: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

«مسئولیت صحت مطالب کتاب با مترجمان است»

بها: ۲۲۰۰۰۰۰ ریال

خیابان کارگر شمالی - خیابان شهید فرشی مقدم - مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران
پست الکترونیک: press@ut.ac.ir - تارنما: <http://press.ut.ac.ir>
پخش و فروش: تلفکس ۸۸۳۳۸۷۱۲

تقدیم

به روح ملکوتی پدرم ...

تو بوی کدامین بهار را می‌دادی که این چنین کوچه‌باغ‌های قلبمان سرشار از یاد و عطر توست؟
قلب مهربانت که هزاران رنج ناگفته در آن نقش بسته بود، چه زیبا ترانهٔ محبت را زمزمه می‌کرد!
به مادرم، سنگ صبوری که الفبای زندگی را به من آموخت و دامن گهربارش لحظه‌های
مهربانی را به من آموخت.

به همسرم، به پاس قدر دانی از قلبی آکنده از عشق و معرفتش که محیطی سرشار از
سلامت و امنیت و آرامش و آسایش را برای من فراهم آورده است.

امیر میرزادی گوهری

تقدیم

به پدرم، اولین استادم، که همواره چتر محبتش بر سرم است

بزرگواری که الفبای زندگی را از او آموختم.

به مادرم، بلند تکیه‌گاهم، که دامن پرمهرش یگانه پناهم است

مهربانی که عشق ورزیدن را از او آموختم.

امین ابراهیمی



فهرست مطالب

پیشگفتار مترجمان	غ
پیشگفتار مؤلف	ق
ساختار کتاب	ه
منابع	و

فصل اول: شرایط و چشم‌اندازهایی برای رویکردهای زیست‌فناورانه به منظور ...	۱
۱-۱ مقدمه	۱
۲-۱ عواملی که هنگام تولید گیاهان مقاوم به بیماری‌ها باید مدنظر قرار گیرند	۳
۱-۲-۱ تنوع و سبک زندگی بیمارگرهای میکروبی	۳
۲-۲-۱ عوامل بیماری‌زایی - ابزارهای بیمارگرها	۵
۳-۲-۱ سازوکارهای دفاعی گیاه	۸
۱-۳-۲-۱ پروتئین‌های ضد میکروبی و متابولیت‌های ثانویه	۸
۲-۳-۲-۱ موانع فیزیکی	۱۱
۳-۳-۲-۱ مرگ برنامه‌ریزی‌شده سلولی	۱۲
۴-۲-۱ ایمنی گیاهی و تنظیم دفاع	۱۳
۱-۴-۲-۱ ایمنی تحریک‌شده مبتنی بر MAMP (MTI) و ایمنی تحریک‌شده مبتنی بر افکتور (ETI)	۱۳
۲-۴-۲-۱ کینازهای پروتئینی شبه‌گیرنده	۱۵
۳-۴-۲-۱ تنظیم سازوکارهای دفاعی به‌وسیله هورمون‌های گیاهی	۱۵
۳-۱ فرصت‌هایی برای تولید رقم‌های جدید تراریخت مقاوم به بیماری‌های گیاهی	۱۶
۱-۳-۱ انگور (Vitis vinifera)	۱۷
۲-۳-۱ سیب‌زمینی (Solanum tuberosum)	۱۷
۳-۳-۱ موز (Musa spp.)	۱۸
۴-۳-۱ سموم تولیدشده توسط بیمارگر قارچی فوزاریوم در غلات	۱۹
۵-۳-۱ تنش‌های زیستی و غیرزیستی	۲۰
۴-۱ موانع فناوری برای تولید گیاهان تراریخت مقاوم به بیماری	۲۰

۱-۴-۱	باززایی و کارایی تراریختی.....	۲۰
۲-۴-۱	دسترسی به راهاندازهای مناسب.....	۲۱
۵-۱	رویکردهایی به منظور شناسایی و انتخاب ژنهای مهم برای مقاومت در برابر بیماریهای گیاهی.....	۲۱
۱-۵-۱	ارزش ژنهای گیاهی.....	۲۱
۲-۵-۱	شناسایی ژنهای هدف.....	۲۲
۶-۱	رویکردهای امیدوارکننده برای تولید محصولات زراعی تراریخت مقاوم به بیماریها.....	۲۳
۷-۱	موضوعات و جهت گیریهای آینده.....	۲۴
۲۵	منابع.....	

بخش اول: رویکردهای زیستی به منظور ایجاد مقاومت به بیماری..... ۳۳

فصل دوم: مهندسی موانع ایجادکننده آلودگی از طریق تضعیف کارکرد افکتورهای ... ۳۵

۱-۲	مقدمه.....	۳۵
۲-۲	دفاع گیاهی و عملکرد افکتورها.....	۳۷
۱-۲-۲	مقاومت پایه‌ای - فعال شدن الگوهای مولکولی ضروری و گیرنده‌های آنها.....	۳۷
۲-۲-۲	تکامل هم‌زمان افکتورها و پروتئین‌های مقاومت.....	۳۹
۳-۲-۲	شناسایی افکتورها.....	۴۰
۱-۳-۲-۲	بیمارگرهای قارچی.....	۴۱
۲-۳-۲-۲	اوومیسیت‌ها.....	۴۶
۳-۳-۲-۲	باکتری‌های بیماری‌زای گیاهی.....	۴۷
۴-۳-۲-۲	نماتدهای بیماری‌زای گیاهی.....	۴۸
۵-۳-۲-۲	حشرات گیاه‌خوار.....	۴۹
۶-۳-۲-۲	خصوصیات عمومی افکتورها.....	۵۰
۳-۲	رویکردهایی برای مهندسی ژنتیک مقاومت.....	۵۰
۱-۳-۲	بیان گیرنده‌های تشخیص الگو به منظور درهم شکستن یا پرهیز از ETS.....	۵۰
۲-۳-۲	«افکتورومیکس»، جست‌وجو برای منابع مقاومت پایدار.....	۵۱
۳-۳-۲	تکامل مصنوعی پروتئین‌های مقاومت از نوع NB-LRR برای دستیابی به مقاومت پایدارتر.....	۵۳
۴-۳-۲	بهره‌وری بیمارگر از تنظیم RNAi گیاهی.....	۵۵
۵-۳-۲	هدف قرار دادن عملکرد افکتور.....	۵۶
۱-۵-۳-۲	بیماری‌زایی نهان.....	۵۶

فهرست □ خ

۵۸.....	۲-۵-۳-۲ تغییر متابولیسم برای مقابله با ایمنی.....
۶۳.....	۳-۵-۳-۲ رویکردهایی برای تضعیف کارکرد افکتورها.....
۶۵.....	۴-۲ چشم انداز.....
۶۷.....	منابع.....

فصل سوم: کاربرد پروتئین ها و پپتیدهای ضد میکروبی در توسعه گیاهان مقاوم..... ۷۹

۷۹.....	۱-۳ مقدمه.....
۸۰.....	۲-۳ نقش زیستی پروتئین های PR.....
۸۷.....	۳-۳ پپتیدهای ضد میکروبی.....
۸۹.....	۴-۳ کنترل بیان PR پروتئین ها.....
۹۲.....	۵-۳ کاربرد زیست فناوری در ژن های کدکننده پروتئین های PR برای توسعه گیاهان زراعی ارتقا یافته.....
۹۴.....	۶-۳ جهت گیری های آینده.....
۹۷.....	منابع.....

فصل چهارم: مهندسی متابولیت مسیره های دفاعی شیمیایی در کنترل بیماری گیاهی..... ۱۰۹

۱۰۹.....	۱-۴ مقدمه.....
۱۰۹.....	۱-۱-۴ فیتوالکسین ها در دفاع گیاهی و فراتر از آن.....
۱۱۱.....	۲-۱-۴ فیتوالکسین ها چه نامیده می شوند؟.....
۱۱۲.....	۲-۴ وضعیت کنونی مهندسی متابولیت در کنترل بیماری های گیاهی.....
۱۱۳.....	۱-۲-۴ مهندسی مقاومت در برابر بیمارگر با استفاده از استیلین سینتازها.....
۱۱۵.....	۲-۲-۴ ایزوفلاونوئیدها.....
۱۱۶.....	۳-۲-۴ آمیدهای هیدروکسی سینامیک اسید.....
۱۱۷.....	۴-۲-۴ ترپنوئیدها.....
۱۱۸.....	۵-۲-۴ کامالکسین.....
۱۱۹.....	۶-۲-۴ آلکالوئیدها.....
۱۲۰.....	۳-۴ مهندسی متابولیت؛ چالش های تکنیکی و فرصت ها.....
۱۲۰.....	۱-۳-۴ کشف ژن و خوشه های ژنی بیوسنتزی.....
۱۲۱.....	۲-۳-۴ تنظیم و هماهنگ سازی بیان ژن.....
۱۲۳.....	۳-۳-۴ جاگیری سلولی و مهندسی انتقال.....

۴-۳-۴	فناوری‌های جدید ویرایش ژنومی.....	۱۲۴
۵-۳-۴	چینش صفت.....	۱۲۵
۴-۴	چشم‌انداز مهندسی متابولیت مقاومت به بیماری در محصولات زراعی.....	۱۲۶
۱-۴-۴	خوراکی‌های عملکردی و مقبولیت عمومی گیاهان زراعی تراریخت.....	۱۲۷
۲-۴-۴	جمع‌بندی‌های نهایی دربارهٔ مهندسی متابولیک مقاومت در برابر بیماری‌ها در محصولات زراعی..	۱۲۹
	منابع.....	۱۳۱

فصل پنجم: بیوسنتز و نقش آرابینان در برهمکنش‌های بین گیاه و بیمارگر..... ۱۳۷

۱-۵	مقدمه.....	۱۳۷
۲-۵	بیوسنتز و تغییر آرابینان.....	۱۴۲
۱-۲-۵	ژن‌های دخیل در بیوسنتز آرابینان.....	۱۴۲
۲-۲-۵	تغییر زنجیرهٔ آرابینان.....	۱۴۴
۳-۲-۵	پروفایل‌های رونوشتی.....	۱۴۴
۳-۵	توزیع آرابینان در بافت‌های مختلف و در طول تکامل.....	۱۴۶
۴-۵	نقش آرابینان در رشد و تکامل گیاهی.....	۱۴۷
۱-۴-۵	اتصال سلول به سلول، اتصالات عرضی دیوارهٔ سلولی و مقاومت به استرس‌های مکانیکی.....	۱۴۷
۲-۴-۵	نقش‌های تکاملی و فیزیولوژیکی.....	۱۴۸
۵-۵	نقش‌های آنزیم‌های تجزیه‌کنندهٔ آرابینان در بیماری‌زایی قارچ‌های بیمارگر گیاهی.....	۱۴۹
۱-۵-۵	اندوآرابیناناز، عامل بیماری‌زایی.....	۱۵۰
۲-۵-۵	تنظیم بیان آنزیم‌های تجزیه‌کننده آرابینان.....	۱۵۱
۶-۵	نقش‌های آرابینان در برهم‌کنش‌های بیمارگر.....	۱۵۲
۱-۶-۵	آیا آرابینان در دفاع میزبان در برابر بیمارگرها دخیل است؟.....	۱۵۲
۲-۶-۵	میزبان تجزیهٔ آرابینان را تحت تأثیر قرار می‌دهد.....	۱۵۴
۷-۵	نتیجه‌گیری.....	۱۵۵
	منابع.....	۱۵۶

فصل ششم: عوامل رونویسی کنترل‌کنندهٔ پاسخ‌های دفاعی و کاربرد آن‌ها در ... ۱۶۳

۱-۶	مقدمه.....	۱۶۳
۲-۶	عوامل رونویسی و دفاع گیاهی.....	۱۶۵

۳-۶	عوامل رونویسی AP2/ERF	۱۶۶
۴-۶	عوامل رونویسی bZIP	۱۶۹
۵-۶	عوامل رونویسی WRKY	۱۷۱
۶-۶	عوامل رونویسی MYB	۱۷۳
۷-۶	دیگر خانواده‌های عوامل رونویسی	۱۷۵
۸-۶	آیا دست‌ورزی عوامل رونویسی مخصوص موجب مقاومت پایدار به بیماری‌ها می‌شود؟	۱۷۷
۹-۶	آیا از ژن‌های صحیح برای انتقال استفاده کرده‌ایم؟	۱۷۸
۱۰-۶	آیا رویکردهای بیانی مناسب را انتخاب کرده‌ایم؟	۱۸۱
۱۱-۶	چه ایده‌های جدیدی برای بهبود محصولات برپایه TFها در آینده وجود دارد؟	۱۸۲
	منابع	۱۸۶

فصل هفتم: تنظیم پاسخ به تنش‌های زیستی و غیرزیستی به‌وسیله هورمون‌های گیاهی ۱۹۵

۱-۷	مقدمه	۱۹۵
۲-۷	تنظیم پاسخ‌ها به تنش‌های زیستی از طریق هورمون‌های گیاهی	۱۹۶
۱-۲-۷	هورمون‌های دفاعی کلاسیک به‌عنوان ستون اصلی مسیرهای پیام‌رسان ایمنی گیاهی	۱۹۸
۲-۲-۷	هورمون‌های گیاهی جدید در ایمنی گیاهی	۲۰۱
۳-۲-۷	روی دیگر سکه: دست‌ورزی هورمونی از طریق بیمارگرها و هزینه‌های دفاع هورمونی	۲۰۸
۳-۷	تنظیم پاسخ‌ها به تنش‌های غیرزیستی از طریق هورمون‌های گیاهی	۲۱۰
۱-۳-۷	تنش آبی و بازشدن روزه	۲۱۲
۲-۳-۷	پاسخ‌های بلندمدت	۲۱۴
۳-۳-۷	نرغیمی، بذر و تولید میوه	۲۱۶
۴-۳-۷	تنش شبکه آندوپلاسمی (ER)	۲۱۷
۴-۷	نتیجه‌گیری و چشم‌اندازهای آینده	۲۱۷
	منابع	۲۲۲

بخش دوم: مطالعات موردی گروهی از بیمارگرها و گیاهان زراعی مهم. چرا استفاده از ... ۲۳۳

فصل هشتم: مقاومت مهندسی‌شده در برابر ویروس‌ها: یک نمونه از ایمنی ذاتی گیاهی ۲۳۵

۱-۸	مقدمه	۲۳۵
۲-۸	کاهش خسارت ویروس‌ها	۲۳۶

۲۳۶	۱-۲-۸ اجتناب از منابع آلودگی
۲۳۶	۲-۲-۸ کنترل یا اجتناب از ناقلان
۲۳۷	۳-۲-۸ روش های حفاظت از گیاه
۲۳۷	۳-۸ زیست فناوری و مقاومت به ویروس ها
۲۳۸	۱-۳-۸ خاموشی ژن
۲۴۱	۲-۳-۸ آنتی بادی های گیاهی
۲۴۱	۳-۳-۸ دیگر رویکردها
۲۴۲	۴-۸ گزارش های موفق
۲۴۲	۱-۴-۸ کدو حلوائی، لوبیا، گوجه فرنگی و فلفل شیرین
۲۴۳	۲-۴-۸ پاپایا (انبه هندی)
۲۴۴	۳-۴-۸ آلو
۲۴۴	۵-۸ چالش های مقاومت مهندسی شده مبتنی بر RNAi
۲۴۴	۱-۵-۸ سازه های RNAi
۲۴۵	۲-۵-۸ سرکوبگرهای خاموشی RNA ویروسی
۲۴۵	۳-۵-۸ شرایط محیطی
۲۴۶	۶-۸ مزایای گیاهان تراریخت مقاوم به ویروس ها
۲۴۶	۱-۶-۸ مزایای باغبانی
۲۴۷	۲-۶-۸ مزایای اپیدمیولوژیکی
۲۴۷	۳-۶-۸ مزایای محیطی
۲۴۷	۴-۶-۸ مزایای اجتماعی - اقتصادی
۲۴۸	۷-۸ نتیجه گیری
۲۵۰	منابع

فصل نهم: محصولات مشکل ساز: ۱- سیب زمینی: تولید سیب زمینی های

۲۵۵	۱-۹ اصلاح مقاومت به بیماری بادزدگی سیب زمینی از رویکردهای دست ورزی
۲۵۵	۱-۱-۹ عملیات اصلاحی رایج در سیب زمینی
۲۵۷	۲-۱-۹ مقاومت به بیماری بادزدگی یک مورد خاص بحث برانگیز در اصلاح سیب زمینی
۲۶۱	۳-۱-۹ گیرنده های ایمنی ذاتی: منابع مقاومت سیستمیک برای بیماری بادزدگی سیب زمینی
۲۶۴	۲-۹ رویکردهای دست ورزی ژنتیکی برای اصلاح مقاومت در برابر بیماری بادزدگی

۱-۲-۹	تقویت سیستم ایمنی گیاهی با تغییر اختصاصی ژن‌های دخیل در زنجیره انتقال پیام.....	۲۶۴
۲-۲-۹	یک رویکرد اصلاحی سیس‌ژنی برای بیماری بادزدگی سیب‌زمینی.....	۲۶۷
۱-۲-۲-۹	ساخت ناقل‌های حاوی چندین ژن Rpi.....	۲۶۸
۲-۲-۲-۹	تراریختی و باززایی.....	۲۶۹
۳-۲-۲-۹	تراریختی عاری از نشانگر.....	۲۷۰
۴-۲-۲-۹	انتخاب واکنش زنجیره‌ای پلی‌مرز برای رویدادهای سیس‌ژنی.....	۲۷۱
۵-۲-۲-۹	بیان ژن‌های Rpi در ژنوم‌های متنوع.....	۲۷۲
۶-۲-۲-۹	تأیید عملکردی رویدادهای انتخابی با چندین ژن Rpi.....	۲۷۳
۷-۲-۲-۹	تأیید مقاومت به بیماری بادزدگی سیب‌زمینی و انتخاب گیاهان مقاوم.....	۲۷۴
۸-۲-۲-۹	مطالعات پایداری و جدیدترین مجموعه افتراقی از ژن مقاومت به.....	۲۷۵
۳-۹	واریته‌های تراریخت مقاوم به بیماری بادزدگی سیب‌زمینی.....	۲۷۸
	منابع.....	۲۸۱

فصل دهم: محصولات مشکل‌ساز: ۲- انگور: با طول عمر زیاد و سلامت کامل ... ۲۸۹

۱-۱۰	مقدمه.....	۲۸۹
۲-۱۰	معرفی آسیب‌شناسی انگور.....	۲۹۱
۱-۲-۱۰	قارچ‌ها.....	۲۹۲
۱-۱-۲-۱۰	بیوتروف‌های قارچی.....	۲۹۲
۲-۱-۲-۱۰	نکروتروف‌های قارچی.....	۲۹۴
۲-۲-۱۰	بیماری‌های درخت انگور ناشی از ویروس‌ها و باکتری‌ها.....	۲۹۶
۳-۱۰	رویکردهایی برای افزایش مقاومت در برابر بیماری در درختان انگور.....	۲۹۷
۱-۳-۱۰	اصلاح برای مقاومت در برابر بیماری.....	۲۹۷
۲-۳-۱۰	رویکردهای زیست‌فناوری.....	۲۹۹
۱-۲-۳-۱۰	خاموشی ژن پس از رونویسی و حفاظت از بیمارگر.....	۳۰۱
۴-۱۰	بیماری پیرس انگور: مطالعه‌ای موردی.....	۳۰۲
۱-۴-۱۰	ضرورت مقاومت ژنتیکی انگور در برابر بیماری پیرس انگور.....	۳۰۴
۲-۴-۱۰	گسترش بیماری پیرس در درختان انگور.....	۳۰۵
۳-۴-۱۰	پیوستگی (یکپارچگی) حفره غشاء عاملی تعیین‌کننده برای حساسیت یا.....	۳۰۶
۴-۴-۱۰	کارکردهای حفره غشایی انگور در دفاع در برابر بیماری پیرس مهم‌اند، اما.....	۳۱۰

۳۱۱.....	۵-۴-۱۰ گسترش تایلوز برای محدود کردن آلودگی باکتریایی
۳۱۲.....	۶-۴-۱۰ بیماری پیرس: نکات مهم در تصمیم‌گیری
۳۱۳.....	۷-۴-۱۰ بهره‌وری از اطلاعات توسعه بیماری پیرس در انگور به‌منظور گسترش
۳۱۵.....	۸-۴-۱۰ دیگر رویکردها برای افزایش مقاومت درخت انگور یا افزایش تحمل در برابر ...
۳۱۷.....	منابع

فصل یازدهم: افزایش مقاومت پایدار در برابر بیماری‌ها در قهوه: اصلاح و رویکردهای تراریختی..... ۳۲۵

۳۲۵.....	۱-۱۱ مقدمه
۳۲۵.....	۲-۱۱ جنبه‌های زراعی قهوه
۳۲۷.....	۳-۱۱ تهدیدات اصلی در مزارع قهوه
۳۲۸.....	۱-۳-۱۱ بیمارگرهای اصلی قهوه
۳۲۸.....	۱-۱-۳-۱۱ زنگ برگ قهوه
۳۳۲.....	۲-۱-۳-۱۱ بیماری میوه قهوه
۳۳۳.....	۳-۱-۳-۱۱ بیماری پژمردگی قهوه
۳۳۴.....	۲-۳-۱۱ آفات مهم قهوه
۳۳۴.....	۱-۲-۳-۱۱ سوسک میوه‌خوار قهوه
۳۳۶.....	۲-۲-۳-۱۱ کرم برگ قهوه
۳۳۷.....	۳-۳-۱۱ دیگر بیماری‌ها و آلودگی‌ها
۳۳۸.....	۴-۱۱ اصلاح برای مقاومت در برابر بیماری‌ها و کنترل آفات
۳۳۸.....	۱-۴-۱۱ اصلاح برای مقاومت در برابر زنگ
۳۴۰.....	۲-۴-۱۱ اصلاح برای کرم میوه‌خوار قهوه
۳۴۰.....	۳-۴-۱۱ اصلاح برای کسب مقاومت در برابر بیماری میوه قهوه
۳۴۱.....	۴-۴-۱۱ اصلاح برای کرم برگ
۳۴۱.....	۵-۴-۱۱ اصلاح برای پژمردگی قهوه
۳۴۲.....	۶-۴-۱۱ دیگر وارسته‌های مقاوم به بیماری/آفت
۳۴۲.....	۵-۱۱ صفات متنوعی که به‌منظور تولید قهوه تراریخت مدنظر هستند
۳۴۲.....	۱-۵-۱۱ ژن cry1Ac باکتری <i>Bacillus thuringiensis</i>
۳۴۳.....	۲-۵-۱۱ ژن بازدارنده آلفا آمیلاز-۱ از گیاه لوبیا
۳۴۴.....	۳-۵-۱۱ ژن bar باکتری <i>Streptomyces hygroscopicus</i>

فهرست □ ش

۳۴۴	۴-۵-۱۱ siRNA برای ژن MXMT1 در گیاه <i>Coffea arabica</i>
۳۴۵	۵-۵-۱۱ siRNA برای ژن ACC اکسیداز گیاه خربزه.....
۳۴۵	۶-۱۱ محدودیت‌ها در توسعه قهوه تراریخت.....
۳۴۵	۱-۶-۱۱ کشت بافت قهوه به عنوان ابزاری برای تراریختی.....
۳۴۸	۲-۶-۱۱ کارایی تراریختی.....
۳۴۹	۱-۲-۶-۱۱ کالوس‌های جنین‌زاشده.....
۳۵۰	۲-۲-۶-۱۱ جنین‌زایی سوماتیکی مستقیم.....
۳۵۴	۳-۶-۱۱ شکل‌گیری گیاهان مشتق‌شده از کشت بافت.....
۳۵۵	۴-۶-۱۱ پذیرش قهوه تراریخت.....
۳۵۵	۷-۱۱ قهوه تراریخت یا هیبرید: کدام را باید انتخاب کرد؟.....
۳۵۷Endnote
۳۵۸منابع

فصل دوازدهم: رویکردهای زیست‌فناورانه برای حفاظت از محصولات: ترانس‌ژن‌ها ۳۶۹.....

۳۶۹	۱-۱۲ مقدمه.....
۳۷۲	۲-۱۲ ایمنی گیاهی.....
۳۷۷	۳-۱۲ رویکردهای تراریخته‌ای به منظور مهندسی مقاومت در برابر بیماری در گیاه برنج.....
۳۷۸	۱-۳-۱۲ روش‌هایی برای تراریختی برنج.....
۳۷۹	۲-۳-۱۲ ژن‌های نشانگر انتخابی.....
۳۸۱	۳-۳-۱۲ فناوری ژن تمیز.....
۳۸۱	۴-۳-۱۲ ترانس‌ژن‌ها برای مقاومت در برابر بیماری.....
۳۸۹	۵-۳-۱۲ چینش ژنی.....
۳۹۰	۶-۳-۱۲ بیان تحریک‌پذیر و مختص بافتی.....
۳۹۱	۴-۱۲ مهندسی هدف‌دار ژنوم.....
۳۹۲	۵-۱۲ موضوعات مرتبط با ایمنی در برنج تراریخت.....
۳۹۳	۱-۵-۱۲ ارزیابی اساسی برنج تراریخت.....
۳۹۴	۲-۵-۱۲ جریان ژنی از برنج تراریخت به خویشاوندان وحشی آن.....
۳۹۶	۶-۱۲ نتیجه‌گیری و چشم‌اندازهای آینده.....
۳۹۸منابع

بخش سوم: وضعیت گیاهان تراریخت در جهان.....	۴۱۱
فصل سیزدهم: وضعیت گیاهان تراریخت در آرژانتین.....	۴۱۳
۱-۱۳ محصولات زراعی تراریخت تأییدشده برای تجاری‌سازی در آرژانتین.....	۴۱۳
۲-۱۳ تأثیر اقتصادی کشت‌وکار محصولات زراعی تراریخت.....	۴۱۶
۳-۱۳ مراکز توسعه محلی.....	۴۱۶
۱-۳-۱۳ سیب‌زمینی.....	۴۱۶
۲-۳-۱۳ نیشکر.....	۴۲۰
۳-۳-۱۳ مرکبات.....	۴۲۰
۴-۳-۱۳ سایر محصولات در حال توسعه.....	۴۲۱
۴-۱۳ چشم‌اندازها.....	۴۲۲
منابع.....	۴۲۳
فصل چهاردهم: وضعیت محصولات تراریخت در استرالیا.....	۴۲۵
۱-۱۴ مقدمه.....	۴۲۵
۲-۱۴ سیاست‌های دولتی.....	۴۲۶
۳-۱۴ آزمایش‌های مزرعه‌ای.....	۴۲۸
۴-۱۴ محصولات پذیرفته‌شده.....	۴۲۹
۵-۱۴ محصولات زراعی کشت‌شده.....	۴۳۱
۱-۵-۱۴ پنبه.....	۴۳۱
۲-۵-۱۴ کلزا.....	۴۳۲
۳-۵-۱۴ سیب‌زمینی‌ها.....	۴۳۳
۶-۱۴ تمایل عمومی برای محصولات تراریخت.....	۴۳۳
۷-۱۴ تسخیر ارزش.....	۴۳۴
۸-۱۴ چه اتفاقی در حال انجام است؟.....	۴۳۵
۹-۱۴ خلاصه.....	۴۳۵
Endnotes.....	۴۳۶
منابع.....	۴۳۸

فصل پانزدهم: محصولات زراعی تراریخت در اسپانیا..... ۴۳۹

۱-۱۵	مقدمه.....	۴۳۹
۲-۱۵	محصولات تراریخت در اروپا.....	۴۴۰
۳-۱۵	محصولات تراریخت در اسپانیا.....	۴۴۲
۱-۳-۱۵	ارزیابی اثرات پذیرش ذرت Bt در اسپانیا.....	۴۴۴
۲-۳-۱۵	آزمایش‌های مزرعه‌ای در اسپانیا.....	۴۴۷
۴-۱۵	چشم‌اندازهای آینده.....	۴۴۷
	منابع.....	۴۵۰

فصل شانزدهم: زیست‌فناوری و مقاومت به بیماری در آفریقای جنوبی..... ۴۵۳

۱-۱۶	محصولات تراریخت در آفریقای جنوبی.....	۴۵۳
۲-۱۶	مزیت‌های اقتصادی، اجتماعی و ایمنی مرتبط با محصولات تراریخت در آفریقای جنوبی.....	۴۵۷
۳-۱۶	ابتکارات زیست‌فناوری برای کنترل بیماری‌های گیاهان زراعی در آفریقای جنوبی.....	۴۵۹
۱-۳-۱۶	آزمایش‌های مزرعه‌ای گیاهان تراریخت مقاوم به بیماری‌ها.....	۴۶۰
۲-۳-۱۶	تحقیقات انجام‌شده دربارهٔ محصولات زراعی تراریخت مقاوم به بیماری‌ها در	۴۶۱
۴-۱۶	چشم‌اندازهای آینده.....	۴۶۴
	منابع.....	۴۶۶

بخش چهارم: کاربرد فناوری‌های تراریخت برای بهبود کنترل بیماری..... ۴۷۱

فصل هفدهم: بهره‌وری از مقاومت تحریک‌شدهٔ گیاهی به‌عنوان مسیری برای ۴۷۳

۱-۱۷	مقدمه.....	۴۷۳
۲-۱۷	مثال‌هایی از الیستورهای مرتبط با مقاومت تحریک‌شده.....	۴۷۷
۱-۲-۱۷	BTH.....	۴۷۸
۲-۲-۱۷	پروبنازول.....	۴۷۹
۳-۲-۱۷	بتا-آمینوبوتیریک‌اسید.....	۴۸۰
۴-۲-۱۷	ریزوباکترهای ارتقادهندهٔ رشد گیاهی.....	۴۸۲
۵-۲-۱۷	دیگر میکروب‌های سودمند.....	۴۸۴
۳-۱۷	آماده‌باشی (پرایمینگ) ناشی از مقاومت تحریک‌شده.....	۴۸۵
۱-۳-۱۷	سازوکارهایی برای آماده‌باشی مقاومت تحریک‌شده.....	۴۸۹

۴-۱۷ تسهیل کنندگان و موانع برای پذیرش فعال کننده های گیاهی در کشاورزی و باغبانی.....	۴۹۲
۱-۴-۱۷ تسهیل کنندگان.....	۴۹۲
۲-۴-۱۷ موانع برای پذیرش.....	۴۹۵
۵-۱۷ بحث ها و چشم اندازهای آینده.....	۴۹۷
منابع.....	۴۹۹

فصل هجدهم: مهار زیستی با استفاده از ریزسازواره ها؛ جایگزینی برای مقاومت در برابر بیماری ۵۰۷

۱-۱۸ مقدمه.....	۵۰۷
۲-۱۸ دستیابی به موجود مناسب برای مهار زیستی.....	۵۱۰
۱-۲-۱۸ اصول جداسازی و غربالگری و انتخاب.....	۵۱۰
۲-۲-۱۸ انتخاب موجوداتی با اثرات مستقیم بر رشد گیاهی؛ بخشی از کنترل بیماری.....	۵۱۴
۳-۱۸ کنسرسیوم BCAها.....	۵۱۵
۱-۳-۱۸ کمپوست چای.....	۵۱۵
۲-۳-۱۸ فرمولاسیون.....	۵۱۶
۳-۳-۱۸ اصلاح BCA.....	۵۱۷
۴-۳-۱۸ موجودات عوامل مهار زیستی تراریخت.....	۵۱۸
۵-۳-۱۸ جنبه های اکولوژیکی BCA (رویکردهای سبک زندگی).....	۵۲۰
۶-۳-۱۸ ارزیابی خطر و قانون گذاری.....	۵۲۱
۴-۱۸ رویکردهای جدید به منظور مطالعه بیولوژی BCAها و برهم کنش های متقابل مهار زیستی.....	۵۲۲
۱-۴-۱۸ توالی یابی ژنوم BCAها.....	۵۲۳
۲-۴-۱۸ فناوری DNA گزارشگر برای کاربرد در BCAها.....	۵۲۵
۵-۱۸ رویکردی به منظور کاربرد مهار زیستی در مدیریت تلفیقی آفات (IPM).....	۵۲۷
۱-۵-۱۸ BCA و انتقال آفت کش ها.....	۵۲۷
۲-۵-۱۸ اهمیت سیکل گیاه میزبان و بیماری.....	۵۳۱
۳-۵-۱۸ سازگاری با فناوری های موجود.....	۵۳۲
منابع.....	۵۳۴

فصل نوزدهم: تیلینگ در کنترل بیماری گیاهی: کاربردها و چشم اندازها ۵۴۵

۱-۱۹ مفاهیم ژنتیک مستقیم و معکوس.....	۵۴۵
---------------------------------------	-----

۵۴۶	۲-۱۹ فرایند تیلینگ
۵۴۹	۳-۱۹ جهش‌زایی
۵۵۱	۱-۳-۱۹ جهش‌زاهای شیمیایی
۵۵۴	۲-۳-۱۹ جهش‌زاهای فیزیکی
۵۵۴	۴-۱۹ آماده‌سازی DNA و مخلوط کردن آن‌ها
۵۵۵	۵-۱۹ شناسایی جهش
۵۵۶	۱-۵-۱۹ کروماتوگرافی مایع با کارایی زیاد واسرشت‌ساز (DHPLC)
۵۵۶	۲-۵-۱۹ الکتروفورز بعد از برش اندونوکلئازی
۵۵۷	۳-۵-۱۹ الکتروفورز موینه حساس به شکل فضایی (CSCE) و ذوب با قدرت تکفیک زیاد (HRM)
۵۵۸	۴-۵-۱۹ زمان واجذب/ یونیزاسیون پرواز به کمک ماتریکس طیف‌سنجی جرمی (MALDI-TOF)
۵۵۸	۵-۵-۱۹ توالی‌یابی نسل جدید (NGS)
۵۵۹	۶-۱۹ شناسایی و ارزیابی جهش‌یافته فردی
۵۶۰	۷-۱۹ ابزارهای بیوانفورماتیکی
۵۶۱	۸-۱۹ اکوتیلینگ
۵۶۲	۹-۱۹ رویکردهای تیلینگ تغییر یافته
۵۶۳	۱۰-۱۹ کاربرد تیلینگ و فرایندهای مرتبط با آن در مقاومت به بیماری
۵۶۳	۱-۱۰-۱۹ تیلینگ در ژنتیک مستقیم برای مقاومت در برابر بیمارگر
۵۶۴	۲-۱۰-۱۹ تیلینگ در ژنتیک معکوس برای مقاومت در برابر بیمارگر
۵۶۸	۳-۱۰-۱۹ کاربرد رویکرد اکوتیلینگ در مقاومت گیاهان در برابر بیمارگرها
۵۶۹	۱۱-۱۹ چشم‌اندازها
۵۷۱	منابع

فصل بیستم: هزینه‌های شایستگی تشخیص بیمارگر در گیاهان و کاربردهای ... ۵۷۷

۵۷۷	۱-۲۰ هدف مقاومت پایدار
۵۷۸	۲-۲۰ راهکارهای جدید استفاده از ژن‌های مقاومت
۵۸۰	۳-۲۰ هزینه‌های مقاومت در بهبود محصولات زراعی
۵۸۲	۴-۲۰ هزینه‌های شایستگی ژن‌های مقاومت دفاعی
۵۸۲	۱-۴-۲۰ بیان هزینه‌بر سازوکارهای دفاعی میزبان
۵۸۴	۲-۴-۲۰ تحریک‌پذیری ژن‌های مقاومت

۵۸۶	۵-۲۰ فنوتیپ‌هایی با بیش‌بیان ژن مقاومت.....
۵۸۶	۱-۵-۲۰ مقاومت به بیمارگرهای غیرهدف.....
۵۸۶	۲-۵-۲۰ توسعه و دیگر نقص‌ها.....
۵۸۷	۶-۲۰ موارد الزامی برای عملکرد پروتئین‌های مقاومت.....
۵۸۷	۱-۶-۲۰ دُمین‌ها و توالی‌های پروتئین.....
۵۸۹	۱-۱-۶-۲۰ پایداری پروتئین.....
۵۹۰	۲-۱-۶-۲۰ سطوح چندگانه کنترل.....
۵۹۱	۲-۶-۲۰ پس‌زمینه مناسب ژنتیکی.....
۵۹۲	۷-۲۰ فنوتیپ‌های نکروتیکی حاصل از جهش در ژن مقاومت.....
۵۹۲	۱-۷-۲۰ جهش‌های خودبه‌خودی کشنده.....
۵۹۳	۲-۷-۲۰ نکروز هیبریدی.....
۵۹۵	۳-۷-۲۰ حساسیت به پارازیت‌های نکروتروفي.....
۵۹۶	۸-۲۰ خلاصه هزینه‌های شایستگی جهش‌ها در ژن‌های مقاومت.....
۵۹۷	۹-۲۰ کاربرد ژن‌های مقاومت در اصلاح نباتات.....
۵۹۷	۱-۹-۲۰ فقدان هزینه ژن‌های مقاومت با کاربرد گسترده.....
۶۰۰	۲-۹-۲۰ کاهش هزینه / مزیت ژن‌های مقاومت.....
۶۰۲	۱۰-۲۰ نوآوری‌های زیست‌فناورانه و تنوع ژنتیکی.....
۶۰۳	۱۱-۲۰ نتیجه‌گیری.....
۶۰۴	منابع.....

پیشگفتار مترجمان

بیمارگرها و بیماری‌های گیاهی مهم‌ترین مشکلی هستند که بقای گیاهان را به خطر می‌اندازند. شیوع بیماری‌های گیاهی به‌دلیل بیمارگرهای میکروبی یا ویروسی، عملکرد محصولات زراعی را به‌شدت کاهش می‌دهد و تأثیرات مضر بر تأمین و امنیت مواد غذایی در مقیاس جهانی دارد. درک سازوکارهای مولکولی مرتبط با پاسخ ایمنی گیاه در برابر تهاجم بیمارگرهای گیاهی و کاربرد این سازوکارها در توسعه ابزارهای زیست‌فناورانه برای تقویت دفاع گیاهان در برابر حمله بیمارگرها، پتانسیل بسیار مناسبی برای کاهش تأثیر شیوع بیماری‌های گیاهی به‌همراه دارد. تمرکز اصلی در کتاب پیش رو بر بررسی دقیق و عمیق رویکردهای زیستی استفاده‌شده برای توسعه گیاهان تراریخت مقاوم به بیماری‌های گیاهی برای کسب مقاومت پایدار در برابر بیماری‌های گیاهی است.

کتاب زیست‌فناوری مقاومت در برابر بیمارگرهای گیاهی به چهار بخش مختلف تقسیم می‌شود: در بخش اول، سازوکارهای زیستی درگیر در مقاومت گیاهان به بیماری‌ها بررسی می‌شود؛ درحالی‌که در بخش دوم، به مطالعات موردی گروه‌های مهم بیمارگرهای گیاهی اشاره می‌شود و سپس این موضوع بررسی می‌گردد که چرا استفاده از بیمارگرهای مهم گیاهی و راهبردهای مبتنی بر رویکردهای تراریختی طراحی‌شده به‌منظور هدف قرار دادن بیمارگرهای گیاهی می‌تواند تولید و عملکرد محصولات مدنظر را بهبود بخشد. در بخش سوم کتاب، اطلاعاتی درباره وضعیت محصولات تراریخت در سرتاسر جهان ارائه می‌شود و در پایان، فناوری‌های پیشرفته در مهندسی صفاتی که موجب افزایش مقاومت گیاهان در برابر بیمارگرها می‌شوند، بررسی می‌گردد.

کتاب پیش رو که توسط پیشگامان و افراد برجسته در هر زمینه تألیف و ویرایش شده است، منبعی ارزشمند برای افرادی است که علاوه بر علوم گیاهان زراعی، به مطالعه یا تحقیق در زمینه‌های زیست‌فناوری گیاهان، آسیب‌شناسی گیاهان، بیولوژی گیاهان، ژنتیک گیاهی و زراعی نیز علاقه‌مندند.

دکتر دیوید کالینز (ویراستار کتاب پیش رو) پروفیسور بیماری‌شناسی گیاهی در گروه علوم گیاهی و محیط‌زیست در دانشگاه کپنهاگ کشور دانمارک است. وی مقطع کارشناسی را در رشته ژنتیک در سال ۱۹۷۹ به اتمام رساند و در سال ۱۹۸۲ از دانشگاه نیوکاسل تاون فارغ‌التحصیل شد. بین سال‌های ۱۹۸۳ تا ۱۹۸۵ دو دوره پسادکتری را در دانشگاه‌های ارهوس (کشور دانمارک) و دانشگاه نیوکاسل تاون (کشور انگلستان) به اتمام رساند. در این مدت، وی روی هم‌سازای ژن کدکننده آنزیم لیناماراز از گیاه شبدر تمرکز داشت. وی همچنین بین سال‌های ۱۹۸۵ تا ۱۹۸۷ مدیر ارشد علمی در مؤسسه جان‌اینس شهر نورویچ کشور انگلستان بود و در این مدت، روی سازوکارهای دفاعی گیاه شلغم در پاسخ

به آلودگی ناشی از بیمارگر باکتریای زانتوموناس مطالعه می‌کرد. در نهایت، دکتر دیوید کالینژ در سال ۱۹۸۸ به‌عنوان دانشیار در زمینه آسیب‌شناسی گیاهی مولکولی و در سال ۲۰۰۲ به‌عنوان استاد آسیب‌شناسی گیاهی در دانشگاه کپنهاگ کشور دانمارک منصوب شد. تحقیقات اصلی دکتر دیوید کالینژ در طی عمر حرفه‌ای وی، روی سازوکارهای دفاعی گیاهی فعال‌شده در برابر حمله بیمارگرهای گیاهی متمرکز بوده است. تحقیقات وی تاکنون در بیش از ۹۰ نشریه بین‌المللی منتشر شده که به کسب شاخص H34 منجر گردیده است. وی همچنین در بحث‌های علمی درباره اهمیت بیماری‌های گیاهی و زیست فناوری گیاهان فعال است.

منابع ارزشمندی در زمینه آفت‌ها و بیماری‌های گیاهی، چگونگی کنترل آن‌ها و همچنین روش‌های شناسایی آفت‌ها و بیماری‌ها در ایران وجود دارد. این منابع بسیار نفیس‌اند، اما تقریباً هیچ‌یک از این منابع سازوکار آثار متقابل گیاه و بیمارگر و برهم‌کنش آن‌ها و همچنین رخدادهای مولکولی دخیل در این آثار متقابل را بررسی نکرده‌اند؛ بنابراین، به نظر می‌رسد در بین منابع علمی موجود در ایران، وجود منبعی کامل در زمینه زیست فناوری مقاومت در برابر بیمارگرهای گیاهی و روش‌های توسعه گیاهان زراعی مقاوم در برابر بیمارگرها اجتناب‌ناپذیر است. کتاب حاضر به‌جرت منبعی کامل و جامع برای محققان و دانشجویان و استادان علاقه‌مند به زیست فناوری مقاومت در برابر بیمارگرهای گیاهی است.

در پایان، مترجمان بر خود لازم می‌دانند از تمامی استادان بزرگواری که آن‌ها را در ترجمه کتاب حاضر یاری کردند و همچنین از انتشارات دانشگاه تهران تشکر و قدردانی کنند. هیچ اثری عاری از اشتباه نخواهد بود. بنابراین از تمامی خوانندگان محترم تقاضا دارند هرگونه اشتباه ویرایشی یا نگارشی یا علمی را از طریق ایمیل زیر با آن‌ها در میان بگذارند تا در چاپ‌های بعدی اصلاح شود.

امین ابراهیمی

استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه
صنعتی شاهرود

امیر میرزادی گوهری

استادیار گروه گیاه‌پزشکی، پردیس کشاورزی
و منابع طبیعی دانشگاه تهران.
mirzadighohari@ut.ac.ir

پیشگفتار مؤلف

سیستم‌های تولید کشاورزی در جهان با مشکلات بی‌سابقه‌ای در قرن حاضر مواجه‌اند. پیش‌بینی می‌شود که جمعیت جهان طی بیست سال آینده به بیش از ۸ میلیارد نفر و در سال ۲۰۵۰ به ۱۰ میلیارد نفر افزایش یابد (<http://esa.un.org/wpp/>). پدیده شهرنشینی^۱ به کاهش زمین‌های قابل کشت و مناسب برای کشاورزی منجر شده است و مناطق مجاور شهرها با افزایش آلودگی و تقاضای آب مواجه شده‌اند.

رشد اقتصادی، توسعه اجتماعی مناطق (به‌خصوص در آسیا) و تغییر رژیم غذایی شهروندان، به افزایش تقاضا برای رژیم‌های غذایی گوشتی منجر شده است. این افزایش تقاضا سبب افزایش کشت محصولات مانند ذرت و سویا برای تأمین غذای دام شده که به افزایش انتشار گازهای گلخانه منجر شده است (Smith et al., 2007).

تغییر آب‌وهوا، پایداری سیستم‌های سنتی کشت را از طریق نوسان‌های دمایی به چالش کشیده است که این تغییر اقلیم، به افزایش میزان CO₂ و تغییرات شدید آب‌وهوایی به‌دلیل جابه‌جایی مناطق آب‌وهوایی^۲ منجر شده است.

برای غلبه بر مشکلات چندگانه قرن حاضر، تولید غذا و علوفه به‌منظور تغذیه این جمعیت در حال رشد باید برای تولید پایدار و کارآمد و پویا^۳ با منابع اندک سازگار باشد (FAO). تغییرات آب‌وهوایی چندین عامل مستقل را در بر می‌گیرد که بیماری و مدیریت بیماری را در گیاهان تحت تأثیر قرار داده است؛ به‌خصوص بیمارگرها و آفت‌های ظهوریافته که اغلب، شرایط مساعد را در نواحی جدید شناسایی می‌کنند. از طرفی، تغییرات پیش‌بینی‌ناپذیر وضعیت آب‌وهوایی به پیش‌بینی‌ناپذیر شدن تنش‌های غیرزیستی^۴، مانند خشکی و گرما و سرما، منجر می‌شوند و در نتیجه، الگوهای ریسکی^۵ برای بیماری‌های خاصی ظهور می‌یابند (Chakraborty and Newton, 2011). در نتیجه، به شناسایی برهم‌کنش‌های متقابل دقیق بین عوامل تنش غیرزیستی و هورمون‌های کنترل‌کننده واکنش‌های گیاه برای سازگار شدن با تنش‌های غیرزیستی و ریزسازواره‌هایی با سبک‌های متفاوت زندگی^۶ نیاز است. ریزسازواره‌های یادشده ممکن است دربرگیرنده اندوفیت‌های^۷ مفید و همزیست^۸ تا بیمارگرهای مضر باشند. مدارکی وجود دارند که نشان می‌دهند یک میکروب ممکن است به‌عنوان عاملی بی‌خطر یا بیمارگری مضر عمل کند که این

1- Urbanization

2- Climate Zones

3- Dynamic

4- Abiotic Stresses

5- Risk Patterns

6- Lifestyles

7- Endophytes

8- Symbionts

امر به وضعیت موجود بستگی دارد. اگرچه بیماری‌های گیاهی می‌توانند محصولات زراعی را نابود کنند، این بیماری‌ها اغلب از طریق عملیات زراعی، ارقام مقاوم به بیماری، مهار زیستی^۱ و استفاده از آفت‌کش‌ها کنترل می‌شوند. از آنجاکه تکامل گیاهان براساس سازگاری ابزارهای آن‌ها با شرایط موجود صورت می‌پذیرد، بنابراین این موضوع موجب پیچیدگی و دشواری کشف ماهیت سیستم‌های دفاعی گیاهان و تأثیر عوامل غیرزیستی بر آن‌ها برای زیست‌شناسان^۲ می‌شود. بسیاری از سازوکارها و تنظیم‌کنندگان آن‌ها در فرایندهایی که مسیرهای پیام‌رسانی، رشد و توسعه و همچنین پاسخ به تنش‌های زیستی و غیرزیستی را تنظیم می‌کنند، به کار گرفته می‌شوند. از جمله اجزای این سازوکارها می‌توان به گروه‌های مختلفی از گیرنده‌ها^۳ و اجزای مسیرهای پیام‌رسانی مانند پروتئین کینازها^۴ و عوامل نسخه‌برداری^۵ اشاره کرد. تنظیم‌کننده‌های این سازوکارها شامل هورمون‌های گیاهی مانند اسید آبسزیک^۶ و سیتوکینین‌ها^۷ و یون‌هایی^۸ مثل کلسیم هستند. گیاهان به‌خوبی قادرند از طریق سیستم ایمنی ذاتی^۹، در برابر اغلب بیمارگرها از خودشان دفاع کنند. از آنجاکه سازوکارهای مقاومت به بیماری‌ها در سطح سلولی وجود دارند و مقاومت به بیماری روشی سازگار با محیط‌زیست و به‌صرفه برای حفاظت محصولات زراعی در مقابل بیماری‌هاست، بنابراین تمامی فرایندهای دفاع توسط خود گیاه انجام می‌شود. در هر صورت، بیمارگرهای موفق بر سازوکارهای دفاعی گیاه غلبه می‌کنند و درحقیقت، در بیشتر موارد، مقاومت طبیعی کارآمد در برابر بیماری برای اصلاح‌گران^{۱۰} در دسترس نیست. این موضوع، به‌خصوص برای تعدادی از نکروتروف‌ها^{۱۱} و همی‌بیوتروف‌ها^{۱۲}، صادق است. در این حالت‌ها، رویکردهای تراریختی^{۱۳} ممکن است جایگزینی پایدار برای حفاظت از گیاهان باشند. بنابراین، هدف اصلی مؤلف در کتاب پیش‌رو، ارائه دیدگاهی عمیق از رویکردهای رایج و در دسترس برای توسعه گیاهان مقاوم به بیماری مبتنی بر رویکردهای تراریختی است؛ ضمن اینکه می‌توان پتانسیل کنترل بیماری با استفاده از دانش کسب‌شده در این زمینه را ارزیابی کرد. تاکنون هیچ روش مؤثری برای مبارزه با بیماری‌های قارچی و باکتریایی توسعه نیافته است، اما دانش عمیق‌تر درباره زیست‌شناسی بیمارگرها ممکن است سبب توسعه رویکردهای متعدد برای دستیابی به مقاومت پایدار^{۱۴} شود. این رویکردها براساس موجود کنترل‌شونده و سبک زندگی آن

1- Biological Control

2- Biologist

3- Receptors

4- Protein kinases

5- Transcription factors

6- Absciscic acid

7- Cytokinins

8- Ions

9- Innate Immunity

10- Breeder

11- Necrotrophs

12- Hemibiotrophs

13- Transgenic

14- Sustainable Resistance

متفاوت‌اند که در فصل‌های مختلف کتاب حاضر توضیح داده شده‌اند. مقاومت به بیماری یا ایمنی^۱ از طریق تشخیص مولکول‌های تولیدشده به‌وسیلهٔ بیمارگر یا از طریق اختلال‌های ایجادشده توسط مولکول‌های بیمارگر روی سیستم ایمنی گیاه ایجاد می‌شود. پاسخ‌های دفاعی به ممانعت از توسعهٔ بیمارگر از طریق چندین سازوکار مستقل فیزیولوژیکی^۲ که به‌صورت هم‌زمان فعال می‌شوند، می‌انجامد. رویکردهای تراریختی برای توسعهٔ گیاهان مقاوم به بیماری از رویدادهای تشخیصی، مسیرهای پیام‌رسانی^۳ تنظیم‌کنندهٔ پاسخ‌های ایمنی یا ابزارهای مهار بیمارگرها بهره می‌برند. فصول مختلف بخش اول کتاب حاضر به مثال‌های مختلفی از این سازوکارها می‌پردازند و نمایانگر این امر هستند که چگونه این اطلاعات برای اهداف زیست‌فناورانه^۴ به‌منظور اصلاح هدفمند گیاهان به‌کار گرفته می‌شوند.

قسمت دوم کتاب پیش رو، مطالعات موردی متضاد را در محصولات مهم، مانند قهوه، انگور، سیب‌زمینی، برنج و بیماری‌هایی که مقاومت مؤثر و پایدار به آن‌ها با روش‌های معمول^۵ اصلاحی حاصل نشده است، فراهم می‌آورد؛ همچنین، رویکردهای در حال آزمایش برای کمک به دفاع گیاه در برابر بیمارگرهای محصولات زراعی متنوع در این بخش از کتاب توصیف شده است.

در بخش سوم کتاب، تحقیقات در زمینهٔ استفادهٔ عملی از محصولات زراعی تراریخت نشان داده شده‌اند؛ همچنین، مواردی که مقاومت به بیماری در شرایط مزرعه‌ای ایجاد می‌شود، همراه با روش‌هایی که در حال توسعه هستند و نیز مسیرهای قانون‌گذاری برای آزادسازی محصولات تراریخت ارائه شده است. این قسمت از کتاب بیانگر چندین مطالعهٔ موردی است که در آن‌ها نویسندگان با سؤال‌های زیر مواجه شده‌اند:

کدام محصول زراعی تراریخت کشت شود؟ تأثیر زراعی و اقتصادی این مطالعات چیست؟ آیا مقاومت در محصولات تراریخت وجود دارد؟ ذرت BT در بسیاری از کشورها برای کنترل کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت^۶ (*Ostrinia nubilalis*) و کرم ذرت^۷ (*Helicoverpa zea*) کشت می‌شود، اما آیا در این کشورها مطالعاتی وجود دارد که بیانگر افزایش مقاومت به آلودگی فوزاریومی و کاهش میزان سموم قارچی^۸ در مقایسه با محصولات زراعی غیرتراریخت باشد؟ (Clements et al., 2003; Duvick, 2001) آیا موارد امیدوارکننده‌ای با هدف معرفی محصولات زراعی تراریخت مقاوم به بیماری در آینده پیش‌بینی‌پذیر است؟ همچنین، به گزارش سالانهٔ سرویس بین‌المللی برای کاربردهای کشاورزی زیست‌فناوری (ISAAA)^۹ دربارهٔ محصولات GM^{۱۰} (تراریخت) (<http://www.isaaa.org>) اشاره خواهد

1- Immunity

2- Physiological

3- Signaling Pathways

4- Biotechnological

5- Conventional Breeding

6- European Corn Borer

7- Corn Earworm

8- Mycotoxins

9- International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications

10- Genetically Modified

شد که نشان می‌دهد ۱۸ میلیون کشاورز از ۲۷ کشور در سال ۲۰۱۳ محصولات تراریخت^۱ را کشت کرده‌اند که این اطلاعات نشان‌دهنده افزایش پنج‌میلیونی کشاورزان یا افزایش سه‌درصدی سطح کشت برای محصولات تراریخت است (James, 2013). براساس اطلاعات حاصل از IAAA، کاربرد برخی محصولات تراریخت در بعضی کشورها تا ۹۰ درصد در بازارهای محلی گسترش یافته است.

در چندین فصل، بر مسائل مربوط به گسترش فناوری توسعه گیاهان تراریخت تمرکز شده است؛ همچنین، درباره رویکردهای به‌کارگرفته‌شده توسط کشورهایی که از لحاظ اقتصادی و کشاورزی نیازمند پیشرفت هستند و به افکار عمومی درباره بحث جدی تولید گیاهان تراریخت احترام می‌گذارند، بحث شده است. بر کسی پوشیده نیست که مخالفت‌های زیادی درباره مواد غذایی تراریخت بین مصرف‌کنندگان محصولات کشاورزی در سرتاسر جهان وجود دارد، اما طبیعت این مخالفت براساس ناحیه جغرافیایی متفاوت است؛ به این معنا که فقط ۳۰ کشور جهان از محصولات تراریخت در کشاورزی تجاری استفاده می‌کنند؛ اگرچه برخی کشورها از محصولات تراریخت برای اهداف صنعتی و کشاورزی، مانند تولید پنبه یا دیگر محصولات (مانند گل‌های شاخه‌بریده^۲)، بهره می‌گیرند. در برخی کشورها، از ریزسازواره‌های تراریخت در صنعت برای تولید آنزیم‌ها یا داروها بهره برده‌اند و مخالفت ناچیزی با این نوع کاربردها وجود دارد. در بین کشورهای سازگار با فناوری تراریخت، محصولات اصلی به‌میزان درخور توجهی در بازار توزیع شده‌اند. براساس آمار منتشرشده از SAAA، ۹۶ درصد از کلزا در کشورهای کانادا و آمریکا و بیش از ۹۰ درصد ذرت و پنبه و سویا تراریخت هستند. در کشورهای هند و چین، بیش از ۹۰ درصد پنبه تراریخت است و در هند ۱۸ میلیون کشاورز این نوع محصولات را کشت می‌کنند. به بیان دیگر، ۹۰ درصد از کشاورزانی که از این فناوری بهره می‌برند، ساکن کشورهای درحال توسعه یا پیشرفته هستند (James, 2013). اقتصاد کشاورزی همیشه اهمیت داشته است. نمی‌توان انتظار داشت که کشاورزان یک محصول را بیش از یک فصل کشت کنند، مگر اینکه از این نوع کشت منتفع شده یا برای انجام این عمل متقاعد شوند.

نیاز تغذیه‌ای انسان‌ها در سرتاسر جهان یکسان نیست. بیشترین فشار تغذیه‌ای در آسیا وجود دارد که تعداد زیادی از کشورهای پرجمعیت را در بر می‌گیرد. در بین این کشورها، هند و چین در حال حاضر توسعه سریع اقتصادی را تجربه می‌کنند که این امر موجب تغییر جیره غذایی آن‌ها از گیاه‌خواری^۳ به همه‌چیزخواری^۴ شده است. در این کشورها نیاز به غذا و علوفه در حال افزایش است؛ برای مثال، تخمین زده شده است که مصرف برنج تا سال ۲۰۵۰ دو برابر شود (رک. فصل ۱۲). از آنجاکه کشورهای اروپایی و آمریکای شمالی نمی‌توانند در کشورهای خود این محصولات را تولید

1- Biotech Crops

2- Cut Flowers

3- Vegetarian

4- Omnivore

کنند، غالباً به واردات غذا و علوفه تمایل دارند. به همین دلیل، احتمالاً انگیزه پذیرش غذای تراریخت در این کشورها کمتر است (Brookes and Barfoot, 2013; Klümper and Qaim, 2014).

استفاده گسترده و کنترل شده از محصولات تراریخت در آرژانتین (رک. فصل ۱۳) به توسعه کشت خلاقانه برای توسعه راه حل های جدید برای حل مشکلات محلی منجر شده است. در حال حاضر، محصولات زراعی تراریخت که به صورت تجاری کشت می شوند، توسط شرکت های مشهور بین المللی مانند مونسانتو^۱ و سینجنتا^۲ توسعه یافته اند؛ همچنین، بسیاری از محصولات زراعی جدید نیز گسترش یافته اند و در حال گذراندن مراحل آزادسازی تجاری هستند؛ مانند لاین های تراریخت برای مقاومت در برابر ویروس وای سیب زمینی. در اروپا انگیزه بسیار کمتری برای توسعه محصولات تراریخت وجود دارد. در هر صورت، مهلت قانونی وضع شده در اروپا برای یافتن راه حل های تراریختی برای حل مشکلات جدی، رو به اتمام است. این امر موضوع به کارگیری راهبردهای جایگزین، مانند سیس ژنیک^۳ (Holme et al., 2013) و رویکردهای هدفمند ژنی شامل CRISPR^۴ (توالی های پالیندرومی تکرارهای کوتاه فاصله دار منظم خوشه ای) (Belhaj et al., 2013) در میزبان را به منظور هدف قراردادن بیمارگر با استفاده از مولکول های siRNA به وسیله فناوری HIGS^۵ (خاموشی ژن تحریک شده به وسیله میزبان)، افزایش داده است (Fairbairn et al., 2007; Ghag et al., 2014; Pliego et al., 2013).

توسعه این نوع فناوری های تراریخت بی خطر به شکل گیری مشکلی مجدد در اروپا منجر شده است. این موضوعات با جزئیات بیشتر در فصول اول و چهارم بررسی می شوند. برای کسب اطلاعات بیشتر، به شورای مشاوره علمی آکادمی های اروپا^۶ در سال ۲۰۱۳ مراجعه شود (Hartung and Schiemann, 2014). دستیابی به مقاومت زیاد در برابر بیماری از طریق تلاقی در گونه های نزدیک امکان پذیر است؛ برای مثال، در گیاه گوجه فرنگی، ژن های *Cf* اعطاکننده مقاومت در برابر بیمارگر قارچی *Cladosporium fulvum* از گیاه *Solanum pimpinellifolium* (Kruijt et al., 2004)، گراس های^۷ متنوع، مانند گندمیان (Kleinhofs et al., 2009) و گونه های سولانوم^۸ (به فصل ۱۰ مراجعه شود) منشأ گرفته اند. اصلاح گیاهان از طریق انتقال ژن ها، ذاتاً در مقایسه با مهندسی ژنتیک^۹ دقت کمتری دارد؛ چون طی این فرایند، بسیاری از قطعات کروموزوم (به غیر از ژن هدف) از گونه های دهنده نیز منتقل می شوند. در هر صورت، امکان بروز خطا از طریق مهندسی ژنتیک نیز وجود دارد؛ اما این خطاها در مهندسی ژنتیک، از طریق فرایند انتخاب انحصاری رویدادهای تأیید شده درجی^{۱۰} حذف می شوند. از جمله سؤال هایی که در

1- Monsanto
2- Syngenta
3- Cisgenics
4- Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats
5- Host-induced Gene Silencing
6- European Academies Science Advisory Council
7- Grasses
8- Solanum
9- Genetic Engineering
10- Insertion

فصل بیستم به آن‌ها پرداخته شده است، می‌توان به این موارد اشاره کرد: اگر مقاومت به بیماری منتقل شود، چه عواقبی را در پی دارد؟ آیا مدرکی برای تأیید این موضوع وجود دارد که جمعیت‌های خویشاوندان گیاهان وحشی بیماری‌ها را کنترل می‌کنند؟

ساختار کتاب

- معرفی مشکلات مربوط به بیماری، سبک‌های زندگی و طبقه‌بندی تاکسونومیک بیمارگرها، ماهیت سیستم ایمنی گیاهی و بهره‌وری از آن‌ها برای توسعه مقاومت به بیماری.

- رویکردهای مهار زیستی به مقاومت در برابر بیماری منجر می‌شوند. کدام ژن‌ها به‌منظور ایجاد مقاومت در برابر بیماری استفاده شده‌اند و کدام ژن‌ها و رویکردها امیدواری‌های بیشتری را برای آینده به‌دنبال دارند؟

- مطالعات موردی: آیا باید مانع از کشت محصولات زراعی خاصی شویم یا اینکه کشت این محصولات در اولویت قرار داده شوند؟ درحقیقت، این محصولات چه مزایا و معایبی دارند؟ چرا به‌صورت خاص، استفاده از رویکردهای تراریختی برای این بیمارگرها یا محصولات زراعی سودمند است؟

- وضعیت محصولات تراریخت در سرتاسر جهان: خلاصه‌ای از وضعیت موجود برای آینده چهار کشور در قاره‌های مختلف، جایی که از رویکردهای تراریختی به‌صورت گسترده استفاده می‌شود.

- مقاومت تراریختی در برابر بیماری تنها روش بهره‌وری از اطلاعات حاصل از فناوری تراریختی نیست. وضعیت‌ها، چشم‌اندازها و اطلاعات حاصل از آزمایش‌های ژنتیکی مولکولی^۱ و شکل‌های مرتبط با زیست فناوری که در حفاظت گیاهی سودمند هستند، بررسی خواهد شد. مثال‌های انتخاب‌شده بیانگر اصلاح مولکولی^۲ و مقاومت تحریک‌شده و مهار زیستی هستند.

1- Molecular Genetics

2- Molecular Breeding

منابع

- Belhaj K, Chaparro Garcia A, Kamoun S, Nekrasov V, (2013), Plant genome editing made easy: targeted mutagenesis in model and crop plants using the CRISPR/Cas system, *Plant Methods*, 9: 39.
- Brookes G, Barfoot P, (2013), Key environmental impacts of global genetically modified (GM) crop use 1996–2011. *GM Crops & Food: Biotechnology in Agriculture and the Food Chain*, 4:109–119.
- Chakraborty S, Newton AC, (2011), Climate change, plant diseases and food security: an overview, *Plant Pathol*, 60: 2–14.
- Clements MJ, Campbell KW, Maragos CM, Pilcher C, Headrick JM, Pataky JK, White DG, (2003), Influence of Cry1Ab protein and hybrid genotype on fumonisin contamination and fusarium ear rot of corn, *Crop Sci*, 43: 1283–1293.
- Duvick J, (2001), Prospects for reducing fumonisin contamination of maize through genetic modification, *Environ Health Perspect*, 109: 337–342.
- Fairbairn DJ, Cavallaro AS, Bernard M, Mahalinga-Iyer J, Graham MW, Botella JR, (2007), Host delivered RNAi: an effective strategy to silence genes in plant parasitic nematodes, *Planta*, 226:1525–1533.
- Ghag SB, Shekhawat UKS, Ganapathi TR, (2014), Host induced post-transcriptional hairpin RNA-mediated gene silencing of vital fungal genes confers efficient resistance against *Fusarium wilt* in banana. *Plant Biotechnol J*, 12: 541–553.
- Hartung F, Schiemann J, (2014), Precise plant breeding using new genome editing techniques: opportunities, safety and regulation in the EU. *Plant J*, 78: 742–752.
- Holme IB, Wendt T, Holm PB, (2013), Intragenesis and cisgenesis as alternatives to transgenic crop development. *Plant Biotechnol J*, 11: 395–407.
- James C, (2013), Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2013. ISAAA Brief No. 46, ISAAA, Ithaca, NY.
- Kleinhofs A, Brueggeman R, Nirmala J, Zhang L, Mirlohi A, Druka A, Rostoks N, Steffenson BJ, (2009), Barley stem rust resistance genes: structure and function. *The Plant Genome*, 2: 109–120.
- Klümper W, Qaim M, (2014), A meta-analysis of the impacts of genetically modified crops, *Plos One*, doi: 10.1371/journal.pone.0111629.
- Kruijt M, Brandwagt BF, De Wit PJGM, (2004), Rearrangements in the *Cf-9* disease resistance gene cluster of wild tomato have resulted in three genes that mediate Avr9 responsiveness, *Genetics*, 168:1655–1663.
- Pliego C, Nowara D, Bonciani G, Gheorghe DM, Xu R, Surana P, Whigham E, Nettleton D, Bogdanove AJ, Wise RP, Schweizer P, Bindschedler LV, Spanu PD, (2013), Host-induced gene silencing in barley powdery mildew reveals a class of ribonuclease-like effectors, *MPMI*, 26: 633–642.
- Smith P, Martino D, Cai Z, Gwary D, Janzen H, Kumar P, McCarl B, Ogle S, O'Mara F, Rice C, Scholes B, Sirotenko O, (2007), Agriculture, In B Metz, ORDavidson, PR Bosch, R Dave, LA Meyer, eds, *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge and New York, pp 499–532.