

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بیماری شناسی گیاهی

از دیدگاه مولکولی

مؤلف:

ام. دی کینسون

مترجمان:

دکتر مونس بخشی

دکتری بیماری شناسی گیاهی
از دانشگاه تبریز

دکتر مهدی داوری

استادیار بیماری شناسی گیاهی
دانشگاه محقق اردبیلی

دکتر داود کولیوند

استادیار بیماری شناسی گیاهی
دانشگاه زنجان

انتشارات عمیدی

- عنوان کتاب : بیماری شناسی گیاهی از دیدگاه مولکولی
- تألیف: ام. دی کینسون
- مترجمان: داود کولیوند- مهدی داوری- مونس بخشی
- نوبت و تاریخ چاپ : اول ۱۳۹۳
- تعداد صفحات :
- شمارگان : ۱۰۰۰ نسخه
- چاپ : اعظم
- ناشر : انتشارات عمیدی
- شابک :

کلمات اختصاری

A	adenine
ABA	abscisic acid
ABC	ATP-binding cassette
ACC	1-aminocyclopropane-1-carboxylate
ACMV	African cassava mosaic virus
ADC	arginine decarboxylase
AFLP	amplified fragment length polymorphism
AOS	active oxygen species
avr	avirulence genes
BBTV	Banana bunchy top virus
BCTV	Beet curly top virus
BIBAC	binary bacterial artificial chromosome
BMV	Brome mosaic virus
BSMG	Barley stripe mosaic virus
BSV	Banana streak virus
BTH	benzathiodiazole
CaMV	Cauliflower mosaic virus
CAPS	cleaved amplified polymorphic sequence
CC	coiled coil
CHS	chalcone synthases
CCMV	Cowpea chlorotic mottle virus
CCR	central conserved region
CDPK	calcium-dependent protein kinase
CPMV	Cowpea mosaic virus
CRP	catabolite activator protein
CWA	cell-wall apposition
CWDE	cell-wall-degrading enzyme
DAG	diacylglycerol
DAS	double-antibody sandwich
DHN	dihydroxynaphthalene
DHPLC	denaturing high-performance liquid chromatography
DI	defective interfering
DMI	demethylase inhibitor
ds	double-stranded

ELISA	enzyme-linked immunosorbent assay
EMS	ethylmethane sulphonate
EPS	exopolysaccharide/ extracellular polysaccharide
EREBP	ethylene response element-binding protein
EST	expressed sequence tag
FITC	fluorescein isothiocyanate
FRET	fluorescence resonance energy transfer
G	guanine
G+C	guanine plus cytosine
GEAR	genetically engineered acquired resistance
GIP	glutamine amidotransferase/ indoleglycerolphosphate synthase/phosphoribosyl-anthranilate
GPCR	G-protein coupled receptor
GUS	glucuronidase
HABS	high-affinity binding site
HC	helper component
HR	hypersensitive response
hrc	hypersensitivity response, pathogenicity and conserved genes
HRGP	hydroxyproline-rich glycoprotein
hrp	hypersensitivity response and pathogenicity genes
IAA	indole-3-acetic acid
IAM	indoleacetamide
IGS	intragenic spacers
IpyA	indolepyruvic acid
ISR	induced systemic resistance
ITR	inverted terminal repeat
ITS	internal transcribed spacers
LINE	long interspersed nuclear element
LPS	lipopolysaccharide
LRR	leucine-rich repeat
LTR	long terminal repeat
LZ	leucine zippers
MALDI TOF	matrix-assisted laser desorption/ionisation-time of flight
MAPK	mitogen-activated protein kinase
MBC	methyl-benzimidazole-carbamate

MeJA	methyl jasmonate
MFS	major facilitator superfamily
MHC	major histocompatibility complex
MP	movement protein
NBS	nucleotide-binding site
NO	nitric oxide
NOS	nitric oxide synthase
OCT	ornithine carbamoyltransferase
ODC	ornithine decarboxylase
ORF	open reading frame
PA	phosphatidic acid
PAI	pathogenicity island
PAL	phenylalanine ammonia lyase
PAMP	pathogen-associated molecular pattern
PAP	pokeweed antiviral protein
PCD	programmed cell death
PG	polygalacturonase
PGIP	polygalacturonase inhibitor protein
PK	protein kinase
PKC	protein kinase C
PL	pectate lyase
PME	pectin methylesterase
PPV	Plum pox virus
PR	pathogenesis-related
PRP	proline-rich protein
PSbMV	Pea seed-borne mosaic virus
PTA	plate-trapped antigen
PTGS	post-transcriptional gene silencing
PVX	Potato virus X
PWL	pathogenicity on weeping lovegrass
QTL	quantitative trait loci
RAPD	randomly amplified polymorphic DNA
RBR	retinoblastoma-related
RdRp	RNA-dependent RNA polymerase
REMI	restriction enzyme-mediated insertion

RFLP	restriction fragment length polymorphism
RGA	resistance gene analogue
RIP	ribosome-inactivating protein
RITC	rhodamine isothiocyanate
RNAi	RNA interference
ROI	reactive oxygen intermediates
ROS	reactive oxygen species
SAGE	serial analysis of gene expression
SAM	sphinganine-analogue mycotoxin
SAR	systemic acquired resistance
SAS	systemic acquired silencing
SCSV	Subterranean clover stunt virus
SINE	short interspersed nuclear element
siRNP	small interfering ribonucleo-protein
SNP	single nucleotide polymorphism
SOD	superoxide dismutase
ss	single-stranded
SSH	suppression subtractive hybridisation
SSLP	simple sequence length polymorphism
SSR	simple sequence di, tri and tetranucleotide repeats
TAC	transformation-competent artificial chromosome
TAS	triple-antibody sandwich
T β l	tabtoxin- β -lactan
T-cms	Texas cytoplasmic male sterility factor
Ti	tumour inducing
TMV	Tobacco mosaic virus
TSWV	Tomato spotted wilt virus
TVCV	Tobacco vein-clearing virus
TYMV	Turnip yellow mosaic virus
UTR	untranslated
VIGS	virus-induced gene sequencing
YAC	yeast artificial chromosome
ZYMV	Zucchini yellow mosaic virus

پیش‌گفتار مترجمان

در چند سال اخیر، مباحث مولکولی در بیماری‌شناسی گیاهی برای شناسایی بهتر فرآیندهای بیماری‌زایی، روش‌های تشخیص بیماری‌گرها و مدیریت بیماری‌های گیاهی مورد توجه ویژه قرار گرفته و از این‌رو وجود کتابی فارسی شامل اصول و مفاهیم مولکولی برای بیماری‌شناسان گیاهی و برخی رشته‌های مرتبط از جمله بیوتکنولوژی کشاورزی، زراعت و اصلاح نباتات، ژنتیک، ژنتیک مولکولی، علوم باغبانی، زیست‌شناسی سلولی مولکولی و میکروبیولوژی در مقاطع مختلف تحصیلی احساس می‌شد. این کتاب، ضمن اشاره مختصر به اصول بیماری‌شناسی گیاهی در اوایل بحث، به معرفی مفاهیم مولکولی و کاربرد آنها در عوامل مختلف بیماری‌زای گیاهی در سایر فصول می‌پردازد. در این کتاب، ژنتیک عوامل بیماری‌زای گیاهی مهم (قارچ‌ها، اوومیست‌ها، باکتری‌ها، ویروس‌ها)، برهم‌کنش بیمارگر- میزبان، سازوکارهای بیماری‌زایی شامل نقش زهرا به‌های قارچی، هورمون‌ها و ...، سازوکارهای دفاعی و مقاومت به عوامل بیماری‌زا در گیاهان، ژن‌های مقاومت، سیگنال‌دهی در مقاومت به بیماری‌های گیاهی، سازوکارهای ایجاد تنوع ژنتیکی در بیمارگر از دیدگاه مولکولی، روش‌های مهم تشخیص مولکولی عوامل بیماری‌زا، انواع نشانگرها در تشخیص بیمارگرهای گیاهی، کاربرد زیست‌شناسی مولکولی در کنترل بیماری، روش‌های انتقال ژن برای حفاظت گیاهان و اصطلاحات متداول در بیماری‌شناسی گیاهی مولکولی با زبان ساده و ملموس به‌همراه مثال‌های کاربردی در بیماری‌های گیاهی مورد بحث و معرفی قرار گرفته است، تصاویر شماتیک نیز در اغلب بخش‌های این کتاب به درک بهتر مفهوم متن کمک شایانی می‌نماید. بر همین اساس، کتاب مذکور برای استفاده علاقمندان در رشته‌های مختلف ترجمه شده است. مترجمان با توجه به وجود واژگان علمی زیاد در متن کتاب از یک طرف و با در نظر گرفتن طیف وسیع خوانندگان محترم از رشته‌های مختلف، ضمن سعی در به‌کارگیری معادل‌های روان و متداول آنها در فارسی، کلمات انگلیسی آنها را در پاورقی آورده‌اند تا در آشنایی بیشتر خوانندگان با واژگان تخصصی مساعدت گردد. با وجود دقت زیاد در سلیس بودن جملات در کنار حفظ امانت ترجمه، مسلماً این متن خالی از نقص نیست، بنابراین از خوانندگان محترم کتاب صمیمانه تقاضا داریم که در صورت مشاهده هر گونه ابهام معنایی یا ایراد دیگر، آن را از طریق نشانی پست الکترونیک mdavari@uma.ac.ir یا d.koolivand@gmail.com اطلاع دهند تا در ویراست‌های بعدی تصحیح گردد.

کولیوند، داوری و بخشی

فهرست مطالب

فصل اول: اصول بیماری‌شناسی گیاهی	۲۱
۱,۱ مفهوم بیماری گیاهی	۲۱
۱,۲ عوامل بیماری‌زا	۲۲
۱,۲,۱ قارچ‌ها	۲۲
۱,۲,۲ اوومیکوتا (Oomycota)	۲۴
۱,۲,۳ پروتوزوا	۲۵
۱,۲,۴ باکتری‌ها	۲۷
۱,۲,۵ فیتوپلاسماها و اسپیروپلاسماها	۲۸
۱,۲,۶ ویروس‌ها	۳۰
۱,۲,۷ سایر عوامل بیماری‌زا	۳۱
۱,۳ اهمیت بیماری‌های گیاهی	۳۳
۱,۳,۱ تاریخچه‌ی بیماری‌های مهم گیاهی	۳۳
۱,۳,۲ پیدایش بیماری‌ها	۳۵
۱,۴ کنترل بیماری‌های گیاهی	۳۷
۱,۵ زیست‌شناسی مولکولی در بیماری گیاهی	۳۹
۱,۵,۱ چشم‌انداز تاریخی	۳۹
۱,۵,۲ استفاده از سازواره‌های مدل	۴۰
۱,۵,۳ تکنیک‌های ترانسفورماسیون	۴۱
۱,۵,۴ ژنتیک روبه جلو (Forward genetics)	۴۳
۱,۵,۵ ژنتیک معکوس (Reverse genetics)	۵۳
۱,۵,۶ تشریح مسیرهای سیگنال‌دهی	۵۵
۱,۵,۷ پروفایل بیان ژن	۵۶

۶۱	..... پروتئومیکس ۱,۵,۸
۶۲	..... پروفایل متابولیت ۱,۵,۹
۶۲	..... بیوانفورماتیک ۱,۵,۱۰
۶۷	فصل دوم: بیماری‌های قارچی و اوومیستی - استقرار آلودگی
۶۷	..... ۲,۱ انتشار اسپورها
۶۸	..... ۲,۲ یافتن میزبان مناسب
۷۰	..... ۲,۳ اتصال اسپور به گیاه
۷۱	..... ۲,۴ فرایند جوانه‌زنی
۷۳	..... ۲,۵ روش‌های نفوذ
۷۶	..... ۲,۶ طولی شدن لوله تندش
۷۶	..... ۲,۷ القای توسعه‌ی آپرسوریوم
۷۷	..... ۲,۷,۱ عوامل فیزیکی
۸۱	..... ۲,۷,۲ عوامل شیمیایی
۸۲	..... ۲,۸ توسعه آپرسوریوم
۸۲	..... ۲,۸,۱ ریخت‌شناسی
۸۵	..... ۲,۸,۲ هیدروفوبین‌ها
۸۶	..... ۲,۸,۳ ملانیزاسیون
۸۷	..... ۲,۸,۴ فشار Turgor
۸۹	..... ۲,۹ آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی (CWDEs)
۹۵	فصل سوم: بیماری‌های قارچی و اوومیستی - توسعه بیماری
۹۶	..... ۳,۱ مفاهیم پایه: نکروتروفی در مقابل بیوتروفی
۹۷	..... ۳,۲ موانع میزبانی
۹۷	..... ۳,۳ غلبه بر موانع میزبانی

۹۷.....	۳,۳,۱	خاموشی
۹۸.....	۳,۳,۲	غیر سمی کردن فیتوآنتی‌سیپین‌ها
۹۹.....	۳,۳,۳	غیر سمی کردن فیتوآلکسین‌ها
۱۰۰.....	۳,۳,۴	انتقال دهنده‌های کاست متصل به ATP (ABC)
۱۰۱.....	۳,۳,۵	حذف گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر
۱۰۲.....	۳,۳,۶	ممانعت از تشخیص
۱۰۴.....	۳,۴	استقرار آلودگی
۱۰۵.....	۳,۵	آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی
۱۰۵.....	۳,۶	نقش زهرابه‌ها
۱۰۶.....	۳,۶,۱	زهرابه‌های اختصاصی میزبان
۱۱۰.....	۳,۶,۲	زهرابه‌های غیر اختصاصی میزبان
۱۱۲.....	۳,۶,۳	زهرابه‌های قارچی
۱۱۵.....	۳,۷	بیوتروفی
۱۱۶.....	۳,۷,۱	ساختار هاستوریوم
۱۱۶.....	۳,۷,۲	عملکرد هاستوریوم
۱۱۸.....	۳,۸	جلوگیری از پیری برگ
۱۱۹.....	۳,۸,۱	نقش سیتوکینین‌ها
۱۲۰.....	۳,۸,۲	نقش پلی‌آمین‌ها
۱۲۵.....		فصل چهارم: ژنتیک قارچ‌ها و اوومیسیت‌ها
۱۲۵.....	۴,۱	مفهوم ساختار نژاد
۱۲۶.....	۴,۲	ژن‌های ناپرآزاری
۱۲۶.....	۴,۲,۱	مفاهیم کلی
۱۲۷.....	۴,۲,۲	همسانه‌سازی ژن‌های ناپرآزاری

۱۲۹.....	۴,۲,۳ ساختار و عملکرد پروتئین Avr
۱۳۰.....	۴,۲,۴ اهمیت ژن‌های ناپرازاری در تخصص گونه.....
۱۳۱.....	۴,۳ مقاومت به قارچ‌کش.....
۱۳۴.....	۴,۴ مکانیزم‌های ایجاد تنوع ژنتیکی در قارچ‌ها.....
۱۳۶.....	۴,۵ ژن‌های تیپ آمیزشی.....
۱۳۸.....	۴,۶ بی‌ثباتی کروموزوم.....
۱۴۰.....	۴,۷ ژن‌های نامطلوب/ انتقال افقی ژن.....
۱۴۴.....	۴,۸ نقش عناصر ترانسپوزون.....
۱۴۶.....	۴,۹ نقش هتروکاریویزیس.....
۱۴۶.....	۴,۱۰ نقش دی‌ان‌ای میتوکندریایی.....
۱۴۷.....	۴,۱۱ نقش مایکوپلاسماها.....
۱۵۳.....	فصل پنجم: بیماری‌های باکتریایی - ایجاد آلودگی
۱۵۴.....	۵,۱ تجمع باکتری‌ها- سیستم حس حد نصاب.....
۱۵۶.....	۵,۲ نفوذ به درون گیاه.....
۱۵۶.....	۵,۲,۱ باکتری‌های شاخ و برگ.....
۱۵۷.....	۵,۲,۲ باکتری‌های خاکزاد.....
۱۶۱.....	۵,۳ تماس.....
۱۶۲.....	۵,۴ تحریک بیان ژن در پاسخ به فاکتورهای میزبان.....
۱۶۴.....	۵,۵ نقش آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره سلولی.....
۱۶۷.....	۵,۶ نقش زهرا به‌ها.....
۱۷۱.....	۵,۷ نقش هورمون‌ها.....
۱۷۸.....	۵,۸ نقش پلی‌ساکاریدهای خارج سلولی (EPS).....

فصل ششم: بیماری‌های باکتریایی - عامل تعیین کننده‌ی اختصاصیت میزبانی	۱۸۳
۶,۱ همسانه‌سازی ژن‌های ناپرآزاری	۱۸۴
۶,۲ محصولات ژن‌های ناپرآزاری	۱۸۴
۶,۳ مکانیسم‌های ترشحی نوع سوم	۱۸۷
۶,۴ سیستم ترشحی نوع سوم در بیمارگرهای گیاهی	۱۸۸
۶,۵ پیلی Hrp	۱۸۹
۶,۶ تنظیم ژن‌های <i>hrp</i>	۱۹۰
۶,۷ پروتئین‌های ترشحی	۱۹۵
۶,۸ سیگنال‌های ترشحی	۱۹۶
۶,۹ جزایر بیماری‌زایی	۱۹۸
۶,۱۰ نقش پلاسمیدها	۱۹۸
فصل هفتم: ویروس‌های گیاهی - ساختار و همانندسازی	۲۰۱
۷,۱ ساختار ویروس‌های گیاهی	۲۰۱
۷,۲ ویروس‌های آلوده کننده‌ی گیاهان	۲۰۲
۷,۳ ترجمه و تکثیر ویروس‌های آران‌ای‌دار تک رشته‌ای مثبت	۲۰۵
۷,۳,۱ تولید آران‌ای زیرژنومی و همانندسازی ویروس	۲۰۵
۷,۳,۲ ژنوم‌های چند قطعه‌ای	۲۰۹
۷,۳,۳ تولید پلی‌پروتئین	۲۱۱
۷,۳,۴ خواندن ادامه‌دار و تغییر قاب خواندنی	۲۱۱
۷,۴ ویروس‌های آران‌ای منفی	۲۱۳
۷,۵ ویروس‌های آران‌ای دورشته‌ای	۲۱۵
۷,۶ ویروس‌های دی‌ان‌ای تک‌رشته‌ای	۲۱۵

۲۱۸.....	۷,۷ ویروس‌های دی‌ان‌ای دو رشته‌ای
۲۲۱.....	۷,۸ ویروئیدها
۲۲۴.....	۷,۹ ماهیت سایر ساب‌ویروس‌ها
۲۲۵.....	۷,۱۰ مونتاژ ویروس‌ها
۲۲۵.....	۷,۱۰,۱ مونتاژ ویروس‌های میله‌ای شکل
۲۲۶.....	۷,۱۰,۲ مونتاژ ذرات جورق‌طر (ایزومتریک)
۲۲۷.....	۷,۱۰,۳ مونتاژ ذرات متصل به غشا
۲۲۹.....	فصل هشتم: ویروس‌های گیاهی - حرکت و ارتباط با گیاهان
۲۲۹.....	۸,۱ انتقال ویروس‌ها
۲۳۰.....	۸,۲ انتقال توسط ناقلین حشره‌ای
۲۳۴.....	۸,۳ انتقال توسط نماتدها
۲۳۴.....	۸,۴ انتقال به وسیله قارچ‌های زئوسپوردار
۲۳۵.....	۸,۵ انتقال با بذر و دانه‌ی گرده
۲۳۶.....	۸,۶ حرکت ویروس‌ها در مسافت کوتاه در گیاهان
۲۴۰.....	۸,۷ حرکت در مسافت طولانی در گیاهان
۲۴۱.....	۸,۸ اثرات ویروس‌ها در گیاهان
۲۴۲.....	۸,۸,۱ تغییر در بیان ژن‌های میزبان
۲۴۳.....	۸,۸,۲ تغییر در متابولیسم سلول میزبان
۲۴۵.....	۸,۸,۳ سرکوب پاسخ‌های دفاعی
۲۴۸.....	۸,۹ تقابل ژن در برابر ژن با ویروس‌های گیاهی
۲۴۹.....	۸,۱۰ تغییرات ژنومی در ویروس‌های گیاهی
۲۵۳.....	فصل نهم: مکانیسم مقاومت در گیاهان
۲۵۳.....	۹,۱ مفاهیم کلاسیک مقاومت

۲۵۶	۹,۲	روش‌های دفاعی از پیش تشکیل شده
۲۵۶	۹,۲,۱	موانع ساختاری
۲۵۶	۹,۲,۲	سلول‌های اطراف ریشه
۲۵۷	۹,۲,۳	فیتوآنتیسیپین
۲۵۸	۹,۳	دفاع القایی
۲۵۸	۹,۳,۱	سیگنال‌های موضعی
۲۵۹	۹,۳,۲	مرگ برنامه‌ریزی شده سلول
۲۵۹	۹,۳,۳	موانع ساختاری القا شده
۲۶۱	۹,۳,۴	فیتوالکسین‌ها
۲۶۶	۹,۳,۵	پروتئین‌های مرتبط با بیماری‌زایی
۲۷۰	۹,۳,۶	سایر پروتئین‌های مرتبط با دفاع
۲۷۱	۹,۳,۷	خاموشی ژن پس از رونویسی (PTGS)
۲۷۱	۹,۴	مکانیسم‌های مقاومت سیستمیک
۲۷۳	۹,۵	مقاومت گروهی
۲۷۷		فصل دهم: ژن‌های مقاومت
۲۷۷	۱-۱۰	مقاومت ژن در برابر ژن
۲۸۰	۱۰,۲	مشخصات ژن‌های مقاومت همسانه‌سازی شده
۲۸۴	۱۰,۳	اختصاصیت ژن R
۲۸۴	۱۰,۳,۱	تکرارهای غنی از لوسین (LRR)
۲۸۶	۱۰,۳,۲	جایگاه تشخیص سلولی
۲۸۷	۱۰,۳,۳	آیا ژن R به‌طور مستقیم با الیسیتور بیمارگر تعامل برقرار می‌کند؟
۲۸۹	۱۰,۴	دومین TIR
۲۸۹	۱۰,۵	دومین NBS (NB)

۲۹۰	۱۰,۶ سایر دومین‌های ژن <i>R</i>
۲۹۰	۱۰,۶,۱ پروتئین کینازها
۲۹۰	۱۰,۶,۲ دومین‌های حلقه‌های ماریپیچ (لوسین زیپرها)
۲۹۱	۱۰,۷ سازماندهی ژنتیکی ژن‌های مقاومت
۲۹۲	۱۰,۸ مکانیسم‌هایی برای ایجاد ویژگی‌های جدید ژن <i>R</i>
۲۹۵	۱۰,۹ تکامل همراه ژن‌های مقاومت
۲۹۷	۱۰,۱۰ ژن‌های مقاومت مغلوب
۲۹۹	۱۰,۱۱ مقاومت کمی
۳۰۱	فصل یازدهم: سیگنال‌دهی در مکانیسم‌های مقاومت به بیماری‌های گیاهی
۳۰۴	۱۱,۲ MAP کینازها (MAPK)
۳۰۸	۱۱,۳ تغییرات یونی و هموستازی کلسیم
۳۱۰	۱۱,۴ پدیده‌ی انفجار اکسیداتیوی
۳۱۵	۱۱,۵ اکسید نیتریک (NO)
۳۱۸	۱۱,۶ سیگنال‌دهی ppGpp (p)
۳۱۸	۱۱,۷ مولکول‌های سیگنال‌دهی با وزن مولکولی پایین
۳۲۲	۱۱,۸ آران‌ای به‌عنوان یک سیگنال
۳۲۳	۱۱,۹ هماهنگی در پاسخ‌های مرگ سلولی
۳۲۶	۱۱,۱۰ فعل و انفعالات در پایین‌دست مسیرهای سیگنال‌دهی
۳۲۷	۱۱,۱۰,۱ مسیرهای EDS1 و NDR1
۳۲۸	۱۱,۱۰,۲ نقش NPR1
۳۳۰	۱۱,۱۰,۳ مسیرهای مستقل از NPR1
۳۳۵	فصل دوازدهم: روش‌های تشخیص مولکولی
۳۳۶	۱۲,۱ روش‌های کلاسیک

۳۳۷	..... کاربرد آنتی‌بادی‌ها	۱۲,۲
۳۳۷	..... آنتی‌بادی‌های چندهمسانه‌ای (Pabs)	۱۲,۲,۱
۳۳۸	..... آنتی‌بادی‌های تک‌همسانه‌ای (Mabs)	۱۲,۲,۲
۳۳۹	..... تکنیک دی‌ان‌ای نو ترکیب	۱۲,۲,۳
۳۴۱	..... تست‌های سرولوژیکی	۱۲,۳
۳۴۱	..... سنجش ایمنی آنزیمی (ELISA)	۱۲,۳,۱
۳۴۲	..... تکنیک‌های نشت جانبی	۱۲,۳,۲
۳۴۴	..... سایر کاربردهای آنتی‌بادی‌ها	۱۲,۳,۳
۳۴۴	..... تکنیک‌های مبتنی بر اسید نوکلئیک	۱۲,۴
۳۴۴	..... شناسایی نشانگرهای اختصاصی بیمارگر	۱۲,۴,۱
۳۴۵	..... تکنیک‌های هیبریداسیون	۱۲,۴,۲
۳۴۶	..... PCR	۱۲,۴,۳
۳۴۸	..... تکنیک‌های مبتنی بر نقشه‌ی ژنی	۱۲,۴,۴
۳۴۹	..... پی‌سی‌آرهای کمی	۱۲,۴,۵
۳۵۱	..... تجزیه و تحلیل فیلوژنتیکی	۱۲,۵

فصل سیزدهم: کاربرد زیست‌شناسی مولکولی در راهبردهای سنتی کنترل

۳۵۳	..... بیماری	
۳۵۳	..... اصلاح نباتات برای مقاومت	۱۳,۱
۳۵۳	..... اساس برنامه‌های اصلاح نباتات برای مقاومت	۱۳,۱,۱
۳۵۴	..... راهبردهای سنتی اصلاح نباتات	۱۳,۱,۲
۳۵۷	..... استفاده از کشت بافت در اصلاح نباتات	۱۳,۲
۳۵۷	..... نشانگرهای کمک‌کننده‌ی اصلاح نباتات	۱۳,۳
۳۶۰	..... شناسایی ویژگی‌های ژن‌های جدید مقاومت	۱۳,۴

۳۶۲	..... استفاده از مواد شیمیایی برای کنترل بیماری
۳۶۴	..... استفاده از زیست‌شناسی مولکولی در تولید مواد شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی
۳۶۵	..... مهندسی مواد شیمیایی که پاسخ‌های دفاعی گیاهان را تحریک می‌کنند
۳۶۹	..... فصل چهاردهم: روش‌های انتقال ژن برای حفاظت گیاهان
۳۶۹	..... ۱۴,۱ مقاومت مشتق شده از بیمارگر
۳۶۹	..... ۱۴,۱,۱ مقاومت به واسطه‌ی پوشش پروتئینی
۳۷۱	..... ۱۴,۱,۲ مقاومت به واسطه‌ی رپلیکاز
۳۷۲	..... ۱۴,۱,۳ مقاومت به واسطه‌ی پروتئین حرکتی
۳۷۳	..... ۱۴,۱,۴ مقاومت به واسطه‌ی آران‌ای
۳۷۳	..... ۱۴,۱,۵ مقاومت مشتق شده از بیمارگر در برابر بیماری‌های باکتریایی و قارچی
۳۷۵	..... ۱۴,۲ آنتی‌بادی‌های گیاهی (پلانته‌ی بادی)
۳۷۶	..... ۱۴,۳ بیان زیاد ژن‌های دفاعی
۳۷۹	..... ۱۴,۴ بیان ژن‌های دفاعی تحت کنترل راه‌اندازهای القایی
۳۸۱	..... ۱۴,۵ استفاده از ژن‌های مقاومت همسانه‌سازی شده
۳۸۲	..... ۱۴,۶ مهندسی مقاومت با دامنه‌ی گسترده
۳۸۶	..... ۱۴,۷ مقاومت بر اساس میکروبی‌های آنتاگونیست
۳۹۱	..... ۱۴,۸ بیان واکسن‌ها در گیاهان
۳۹۲	..... ۱۴,۹ توضیح پایانی