



普通高等教育“十二五”规划教材
云南省普通高等学校“十二五”规划教材

Agrobiodiversity and Crop Pest Management

农业生物多样性与 作物病虫害控制

朱有勇 主编



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材
云南省普通高等学校“十二五”规划教材

农业生物多样性与作物病虫害控制

Agrobiodiversity and Crop Pest Management

朱有勇 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书共分9章,第一章概述了生物多样性与农业有害生物综合治理;第二、三章介绍了农业生物多样性控制作物病害的效应和原理;第四、五章介绍了农业生物多样性控制作物害虫的效应和原理;第六章介绍了农业生物多样性种植控制病虫害模式的构建原则和方法;第七章介绍了农业生态系统立体种养与作物病虫害控制;第八章介绍了农业生物多样性与外来物种入侵;第九章介绍了农业生物多样性保护的方法和原理。

本书可作为农业院校植物保护、农学、作物育种、生态学和生物技术等专业本科生教材,也可供广大从事生物多样性、植物病理学、农业昆虫学、植物保护学、作物栽培学、生态学、作物育种学和生物技术等方面的研究生、科研工作者和农业技术人员参阅。

图书在版编目(CIP)数据

农业生物多样性与作物病虫害控制/朱有勇主编. —北京:科学出版社, 2013.3

(普通高等教育“十二五”规划教材·云南省普通高等学校“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-03-037025-9

I. ①农… II. ①朱… III. ①农业-生物多样性-高等学校-教材②作物-生物多样性-病虫害防治-高等学校-教材 IV. ①S18②S435

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第045980号

责任编辑:吴美丽 贺窑青 / 责任校对:宣慧

责任印制:阎磊 / 封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013年3月第一版 开本:787×1092 1/16

2013年3月第一次印刷 印张:19 1/4

字数:439 000

定价:45.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《农业生物多样性与作物病虫害控制》

编委会

主 编：朱有勇

副 主 编：骆世明 尤民生 李正跃 卢宝荣 陈 斌
朱书生 何霞红 李成云

编 委（按姓氏笔画排序）

尤民生（福建农林大学）

叶延琼（华南农业大学）

卢宝荣（复旦大学）

朱书生（云南农业大学）

朱有勇（云南农业大学）

刘 林（云南农业大学）

刘佳妮（云南农业大学）

汤东生（云南农业大学）

孙 雁（云南农业大学）

杜广祖（云南农业大学）

杨 静（云南农业大学）

李正跃（云南农业大学）

李成云（云南农业大学）

李进斌（云南省农业科学院）

肖关丽（云南农业大学）

何霞红（云南农业大学）

张立敏（云南农业大学）

陈 斌（云南农业大学）

陈李林（福建农林大学）

林 胜（福建农林大学）

和淑琪（云南农业大学）

姚凤銮（福建农林大学）

骆世明（华南农业大学）

桂富荣（云南农业大学）

高 东（云南农业大学）

高 熹（云南农业大学）

章家恩（华南农业大学）

董 坤（云南农业大学）

蒋智林（云南农业大学）

谢 勇（云南农业大学）

蔡星星（复旦大学）

前 言

生物多样性是人类可持续发展的基础，生物多样性的保护和利用是在国际上普遍关注的问题。目前，改善农田生物多样性和农田生态系统的稳定性，实现作物病虫害生态控制已经成为国内外研究的热点。本书是作者根据当前生物多样性研究现状，结合多年的研究基础，系统地总结国内外生物多样性及利用生物多样性控制作物病虫害方面研究的成果，从农业生物多样性的概念、农业生物多样性控制病虫害的效应和原理、农业生物多样性优化种植控制病虫害模式的构建原则和方法、农业生态系统立体种养与作物病虫害控制、农业生物多样性与外来物种入侵、农业生物多样性保护的方法和原理等方面进行阐述，并通过大量实际应用事例阐述了农业生物多样性与作物病虫害控制的关系。

在农业生物多样性与作物病虫害控制相关研究及本书的编写过程中，得到了中华人民共和国科学技术部、国家自然科学基金委员会、中华人民共和国国家发展和改革委员会、中华人民共和国农业部、中华人民共和国教育部、中国农业科学院、中国农业大学、复旦大学、云南省发展和改革委员会、云南省科学技术厅、云南省农业厅、云南省教育厅、云南省农业科学院等单位以及国家科学技术学术出版基金的大力支持和帮助，并得到了李振歧院士、谢联辉院士、郭予元院士、荣廷召院士、刘旭院士、吴孔明院士、陈剑平院士、程序院士、夏敬源研究员、卢宝荣教授、彭友良教授、张福锁教授、张芝利研究员、万方浩研究员、张青文教授、N. S. Talekar 博士、K. L. Heong 博士、S. Savary 博士、P. S. Teng 博士、T. H. Mew 博士、T. Plau 博士、J. Devra 博士、W. Matian 博士、C. Peter 博士等专家学者的悉心指导和大力支持，在此一并予以致谢。

本书被云南省教育厅列为云南省普通高等学校“十二五”规划教材。

限于我们的学识和水平，加之该研究领域交叉学科较多，书中难免存在疏漏之处，望同行专家和读者不吝批评指正。同时，由于篇幅有限，对于许多引用文献的作者未能一一列出，在此仅向众多被引用了参考文献而未标注的文献作者致以崇高的谢意。

编 者

2012年3月20日于昆明

目 录

前言

第一章 生物多样性与农业有害生物综合治理概述	1
第一节 生物多样性与农业生物多样性的概念	1
一、生物多样性	1
二、农业生物多样性	3
三、生物多样性的功能	3
第二节 生物多样性与有害生物综合治理	4
一、有害生物综合治理的现状	4
二、农业生物多样性与有害生物综合治理	5
参考文献	7
第二章 农业生物多样性控制病害的效应	9
第一节 品种多样性种植对病害的控制效应	9
一、品种多样性间作对病害的控制效应	9
二、品种多样性混合种植对病害的控制效应	12
三、品种多样性区域布局对病害的控制效应	15
第二节 物种多样性间作对病害的控制效应	16
一、物种多样性间作对病害的控制效果	17
二、物种多样性错峰种植对病害的控制效果	20
第三节 作物多样性轮作对病害的控制作用	23
一、轮作对作物病害的防治效果	24
二、轮作方式对病害控制效果的影响	26
参考文献	27
第三章 农业生物多样性控制作物病害的原理	31
第一节 农业生物多样性控制作物病害的遗传学基础	31
一、基因对基因学说	31
二、寄主与病原体协同进化的遗传学基础	31
三、诱导抗性的作用机理	36
四、水稻品种间作田间诱导抗性的作用机理研究	40
五、不同物种间诱导抗性作用机理研究	41
第二节 农业生物多样性控制作物病害的生态学效应	42

一、作物病害流行与农田生态环境的关系	43
二、遗传多样性对田间小气候的影响	44
三、物种多样性种植对田间小气候的影响	51
第三节 农业生物多样性控制作物病害的病菌稀释效应和物理阻隔效应	52
一、水稻遗传多样性对病原菌孢子稀释阻隔效应	52
二、物种多样性种植对病原菌的稀释阻隔病害效应	53
第四节 农业生物多样性控制作物病害的化学生态基础	57
一、植物化感物质及其对根际微生物的作用	57
二、作物多样性种植控制土传病害的化感原理	58
参考文献	60
第四章 农业生物多样性控制作物害虫的效应	66
第一节 农业生物多样性控制作物害虫的效应	66
一、作物间作、套作或混作控制作物害虫的效应	66
二、作物间作、套作或混作对害虫的控制效果	68
第二节 作物轮作控制害虫的效应	71
一、轮作控制害虫的效应	71
二、作物轮作控制害虫的效果	72
第三节 农田周边环境对害虫的控制效应	76
一、农田周边环境对害虫的影响	76
二、农田周边环境对天敌的影响	79
三、农田边界的设计与管理	81
参考文献	82
第五章 农业生物多样性控制害虫的原理	88
第一节 农业生物多样性控制害虫的生态学基础	88
一、农田小气候	88
二、边缘效应	89
第二节 农业生物多样性优化种植控制害虫的生物学基础	90
一、天敌假说	90
二、资源集中假说	94
三、联合抗性假说	94
四、干扰作物假说	95
五、适当/不适当着陆理论	96
第三节 作物多样性控制害虫的遗传学基础	96
一、作物抗虫机制	96

二、作物抗虫基因	97
三、抗虫转基因作物	97
第四节 作物多样性控制害虫的物理学基础	99
一、物理阻隔作用	99
二、视觉伪装效应	99
第五节 作物多样性控制害虫的化学基础	100
一、化学通讯与化感作用	100
二、植物化学物质多样性控制害虫的机制	103
三、植物化学挥发物的收集方法	104
四、昆虫对植物气味信息物质反应的测定方法	105
第六节 害虫防治的推拉策略	107
一、推拉策略的概念	107
二、推拉策略的组成	107
参考文献	109
第六章 农业生物多样性种植控制病虫害模式的构建原则和方法	116
第一节 品种多样性控制病虫害种植模式的构建原则和方法	116
一、品种多样性控制病虫害种植模式的构建原则	116
二、品种多样性控制病虫害种植模式的构建方法	118
第二节 物种多样性控制病虫害种植模式的构建原则和方法	120
一、物种多样性控制病虫害种植模式的构建原则	120
二、物种多样性控制病虫害种植模式的构建方法	123
第三节 生态系统多样性控制病虫害模式的构建原则和方法	127
一、生态系统多样性控制病虫害种植模式的构建原则	127
二、生态系统多样性控制病虫害种植模式的构建方法	131
第四节 景观多样性控制病虫害模式的构建方法和原则	132
一、景观多样性控制病虫害模式的构建原则	132
二、景观多样性模式的构建方法	134
参考文献	136
第七章 农业生态系统立体种养与作物病虫害控制	138
第一节 立体种养的概念及其效应	138
一、立体种养概述	138
二、立体种养的趋利避害	139
三、衡量立体种养效益的指标	141
第二节 稻田立体种养模式及其对病虫害的效应	143

一、稻田立体种养模式	143
二、稻田立体种养模式对病虫害草害的防治机制与局限	154
第三节 旱地立体种养模式及其对病虫害的控制	157
一、“猪-沼-果”模式	157
二、果(林)下养鸡	159
三、果(林)下养蜂	161
第四节 水陆立体种养模式	162
一、“桑基鱼塘”模式	163
二、“猪-沼-鱼”模式	165
三、“鱼-猪-禽-草(菜)”模式	166
四、“林-果-草-鱼”模式	167
第五节 农家庭院的种养模式及其效应	168
一、庭院种养模式类型	168
二、庭院种养模式的效应	171
参考文献	172
第八章 农业生物多样性与外来物种入侵	175
第一节 生物入侵的基本概念与现状	175
一、生物入侵相关基本概念	175
二、生物入侵物种基本特征	176
三、生物入侵的原因	177
四、生物入侵的现状	178
第二节 外来生物入侵与农业生物多样性关系的理论基础	183
一、外来昆虫成功入侵的生态学理论	183
二、入侵昆虫与生物多样性关系研究的意义	190
第三节 入侵病害对农业生物多样性的影响	191
一、入侵病害对水稻多样性的影响	193
二、入侵病害对番茄多样性的影响	194
三、入侵病害对桉树多样性的影响	194
四、入侵病害对大豆多样性的影响	195
五、入侵病害对棉花多样性的影响	195
六、入侵性病害对马铃薯多样性的影响	196
七、入侵病害与松属植物多样性的影响	197
八、其他入侵性病害对农业生物多样性的影响	198
第四节 入侵昆虫对农业生物多样性的影响	199

一、入侵昆虫对生物多样性的影响	199
二、入侵昆虫对生物多样性影响的作用方式	201
第五节 入侵植物对农业生物多样性的影响	207
一、对农业物种多样性的影响	208
二、对作物遗传多样性的影响	208
三、对农田生态系统多样性的影响	209
四、对农地景观多样性的影响	210
五、对农业文化多样性的影响	211
第六节 新引进物种的安全性评价及其管理	211
一、生物入侵的安全性评价	211
二、生物入侵的预测和风险评估	212
三、生物入侵评价与管理决策	215
第七节 外来入侵物种的防控技术及其应用	215
一、外来入侵物种与本地农业有害生物控制方法的异同	215
二、传入前和传入过程中的预防与预警	215
三、外来入侵物种的控制方法与技术	218
第八节 生物入侵的管理	225
一、生物入侵管理的法规公约	225
二、生物入侵管理的原则	230
三、生物入侵管理的措施	232
四、生物入侵管理的策略	233
参考文献	236
第九章 农业生物多样性保护的方法和原理	244
第一节 农业遗传资源和种质资源	244
一、农业遗传资源和种质资源的定义及相关概念	244
二、农业遗传资源的价值及保护的必要性	245
三、农业种质资源保护存在的问题	247
四、农业种质资源利用和保护的评价研究	247
第二节 农作物种质资源的类别	247
一、栽培作物	249
二、野生近缘种	249
三、作物的同种杂草类型	250
四、基因库及其种质资源利用类型的划分	250
第三节 种质资源保护面临的挑战	251

一、环境变化对种质资源保护的影响	251
二、生物因素对种质资源保护的影响	254
第四节 农业种质资源的保护方法	256
一、迁地保护	256
二、就地保护	259
三、传统农家品种的保护	261
第五节 遗传资源获取与惠益分享及其国际准则	262
一、遗传资源获取与惠益分享的概念及提出原因	262
二、遗传资源获取与惠益分享的原则及意义	263
三、有效推进遗传资源获取与获取和惠益分享的实施	266
第六节 农业微生物资源保护的技术和原理	267
一、农业微生物的遗传多样性	269
二、微生物的保存原理	270
三、微生物的保存方法	271
第七节 农业昆虫资源保护的技术和原理	279
一、农业昆虫资源	279
二、农业昆虫资源保护原理	281
三、农业昆虫资源保护的技术	283
第八节 农业种质资源保护的展望	286
一、加强种质资源保护生物学的理论和方法研究	287
二、防止种质库管理过程中的“基因污染”和“基因流失”	287
三、加强资源的有效利用并在利用的过程中保护资源	288
四、加强种质资源适应性进化的研究	289
五、加强公众的种质资源保护意识	289
六、加强遗传资源获取和惠益分享机制的建设与实施	289
参考文献	290

第一章 生物多样性与农业有害生物综合治理概述

生物多样性 (biodiversity) 是生物的多样性 (biological diversity) 的简写, 后者是在 1980 年, Norse 和 McManus 首次给出它的定义后开始使用的。其缩写词 “biodiversity” 由 Walter G. Rosen 于 1985 年 9 月在华盛顿举办的 “生物多样性国家论坛” (National Forum on Biodiversity) 的首次筹备会上提出 [联合国环境规划署 (UNEP), 1995], 并以 “Biodiversity” 为书名出版了论文集 (Wilson and Peters, 1988)。从此, 有关生物多样性的出版物数量及研究开始稳步增多 (Harper and Hawksworth, 1994)。1992 年 6 月 5 日在联合国召开的里约热内卢世界环境与发展大会上正式通过的《生物多样性公约》(Convention on Biological Diversity) 大大提高了生物多样性的地位。

生物多样性是大自然赐予人类的生存之源, 是人类实现可持续发展的基础。自然生态系统中, 不同的生物种类占据着不同的时间和空间生态位, 发挥着各自的生态功能, 保持着自然生态系统的连续与稳定, 在这个由所有生物组成的和谐整体中, 保护和利用生物多样性是保持人类社会持续发展的必然准则。生物多样性的研究和保护已成为世界各国普遍重视的一个问题。

第一节 生物多样性与农业生物多样性的概念

一、生物多样性

(一) 生物多样性的概念

生物多样性是一个描述自然界多样性程度的概念, 内容广泛而又复杂, 不同的学者所下的定义不同。McNeely 等 (1990) 认为生物多样性是指生态系统内所有生物 (包括植物、动物及微生物等) 及其相互作用的群体。Wilson 等 (1922) 认为, 生物多样性就是生命形式的多样性 (the diversity of life); 孙儒泳 (2001) 认为, 生物多样性一般是指 “地球上生命的所有变异”; 1992 年 6 月 5 日在里约热内卢世界环境与发展大会上正式通过的《生物多样性公约》中, 将生物多样性定义为: 陆地、海洋和其他水体系统的生命的所有变异, 以及由它们所构成的生态复合体, 包括种内的、种间的和生态系统的多样性 (UNEP, 1992); 《生物多样性策略项目》(Global Biodiversity Strategy) [世界资源研究院 (WRI), 世界自然保护联盟 (IUCN) 和 UNEP, 1992] 中对生物多样性的定义是 “一个地区基因、物种和生态系统的总和”; 之后, 蒋志刚等 (1997) 将生物多样性定义为: 生物多样性是生物及其环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的综合, 包括动物、植物、微生物和它们所拥有的基因以及它们与其生存环境形成的复杂的生态系统。

综上所述, 生物多样性是指 “地球上所有生物 (动物、植物、微生物等)、它们所包含的基因以及由这些生物与环境相互作用所构成的生态系统的多样化程度”。

(二) 生物多样性的组成

1. 生物多样性的组成层次

生物多样性是生物与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和,生物多样性包括多个层次或水平,如基因、细胞、组织、器官、种群、物种、群落、生态系统及景观等。每一层次都具有丰富的变化,即存在着多样性,其中,研究较多、意义较大的主要有遗传多样性、物种多样性、生态系统多样性和景观多样性4个层次。

(1) 遗传多样性。遗传多样性 (genetic diversity) 是生物多样性的的重要组成部分。广义的遗传多样性是指地球上生物所携带的各种遗传信息的总和。狭义的遗传多样性则是指种内不同群体和个体间的遗传多样性的程度,或称遗传变异。

(2) 物种多样性。物种多样性 (species diversity) 是指地球上动物、植物、微生物等生物种类的丰富程度。物种多样性包括两个方面:其一,是指一定区域内的物种丰富程度,可称为区域物种多样性;其二,是指生态学方面的物种分布的均匀程度,可称为生态多样性或群落物种多样性 (蒋志刚等, 1997)。世界上究竟有多少物种,还没有人能做出精确的统计。据统计,目前全球已记录的生物有 141.3 万种,其中,昆虫 75.1 万种、其他动物 28.1 万种、高等植物 24.84 万种、真菌 6.9 万种、真核单细胞有机体 3.08 万种、藻类 2.69 万种、细菌等 0.48 万种、病毒 0.1 万种 (李典模, 2002)。

物种多样性是衡量一个地区生物资源丰富程度的一个客观指标。目前,测量物种多样性常用的指标有:①物种丰富度 (species richness),是指一个地区所有的物种数 (Ashton, 1992);②物种丰度 (species abundance),是指一个地区内某个物种所拥有的个体数;③物种均匀度 (species evenness),是指各物种根据其相对丰度而得到的分布的均匀程度。由于物种的多样性测量指标较多,有时需要将一种或更多的指标结合起来使用,尤其是将物种的丰富度和物种丰度结合使用。

(3) 生态系统的多样性。生态系统的多样性 (ecosystem diversity) 主要是指地球上生态系统组成、功能的多样性及各种生态过程的多样性,包括生境的多样性、生物群落和生态过程的多样化等多个方面。其中,生境的多样性是生态系统多样性形成的基础,生物群落的多样化可以反映生态系统的多样性。

(4) 景观多样性。景观多样性 (landscape diversity) 是指由不同类型的景观要素或生态系统构成的景观在空间结构、功能机制和时间动态方面的多样化或变异性,是对景观水平上生物组成多样性程度的表征。景观多样性可分为景观类型多样性 (type diversity)、景观斑块多样性 (patch diversity) 和景观格局多样性 (pattern diversity)。景观类型多样性是指景观中类型的丰富度和复杂性,主要考虑景观中不同的景观类型 (如农田、森林、草地等) 的数目多少以及它们所占面积的比例。景观斑块多样性是指景观中斑块 (广义的斑块包括斑块、廊道和基质) 的数量、大小和斑块形状的多样性及复杂性。景观格局多样性是指景观类型空间分布的多样性及各类型之间以及斑块与斑块之间的空间关系和功能联系,主要考虑不同景观类型的空间分布、同一类型间的连接度和连通性、相邻斑块间的聚集与分散程度。

2. 生物多样性组成层次间的相互关系

遗传多样性是物种多样性和生态系统多样性的基础,是生物多样性的内在形式。遗传多样性导致物种的多样性,物种多样性与多样性的生境构成了生态系统的多样性,多样性的生态系统聚合并相互作用又构成了景观的多样性。

二、农业生物多样性

(一) 农业生物多样性的概念

农业生物多样性(agrobiodiversity)是以自然生物多样性为基础,以人类的生存和发展为动力而形成的人与自然相互作用的多样性系统,是生物多样性的的重要组成部分。农业生物多样性在广义上可被定义为“人类培育并从中获取营养的那部分生物多样性”[联合国粮食及农业组织(FAO),1995;Virchow,1998]。

(二) 农业生物多样性的组成

从研究层次看,许多研究者都认同农业生物多样性有4个层次,即作物品种遗传多样性(种内多样性)、物种多样性(包括半家化栽培种、栽培种和受到管理的野生种)、农业生态系统多样性和农地景观多样性。狭义的农业生物多样性是指物种水平上的多样性,即所有的农作物、牲畜和它们的野生近缘种以及与之相互作用的授粉者、共生成分、害虫、寄生植物、肉食动物和竞争者等的多样性。也可以指与食物及农业生产相关的所有生物的总称(戴兴安,2003;陈海坚等,2005)。

三、生物多样性的功能

生物多样性不仅孕育了有价值的动物、植物,而且可以提高植物的生产力,生态系统养分的存留,提高生态系统的稳定性(Tilman,2000),具有一定的生态功能。在自然生态系统中,森林或草地植被层具有防止土壤侵蚀、补充地下水的功能;地表土壤的渗滤性一方面有防洪作用,另一方面又有保水功效。自然的生物栖境是一个重要的基因资源库,如许多野生品种就具备栽培品种、牲畜和家禽所没有的基因,而人工驯化的动物、植物均是由野生品种演化而来的。在利用选育、杂交等手段培育家用品种的过程中往往会造成一些基因的丢失。在一些不发达国家的乡村地区,由于生产水平低下,许多原始的农家品种得到了充分的保护与利用;随着人口的增加及对农产品消费量的增加,越来越多的农户甚至是偏远山区的农户也逐渐开始频繁采用改良作物品种,这种应用趋势在一定程度上加速了传统作物种质资源的丧失。

农业生态系统中,除了提供粮食、纤维、燃料和带来经济收入,生物多样性还发挥着许多生态功能,如保持营养物质的自然循环、控制小气候、水文调节、分解有毒物质及调控环境中的微生物等。农业生态系统的生物多样性,可以调节环境的多样性,提高天敌密度,更好地发挥天敌的作用。主要表现在:①在害虫寄主缺乏时,提供替代寄主;②提供天敌昆虫所需的食物,如花蜜、花粉等;③提供天敌越冬、筑巢需要的场所;④在田间保持适当数量的害虫,为天敌提供寄主(Altieri and Letourneau,1982;李正跃等,2009)。

第二节 生物多样性与有害生物综合治理

一、有害生物综合治理的现状

(一) 有害生物综合治理的发展过程

纵观有害生物综合治理的发展,大体分为三个阶段,即以单一防治对象为内容的综合治理,以作物为主体的多种防治对象为内容的综合治理,以作物生态区域为基本单元的多种作物、多种防治对象的综合治理。

20 世纪 70 年代中、后期,以单一防治对象为内容的综合治理:是针对 1 种或 2 种重要害虫为防治对象的综合防治,主要是采用生物防治和化学防治相结合的办法,这类综合防治尽管减少了化学农药的使用量及其对环境的污染,但由于考虑的害虫种类较少,往往因其他害虫的危害而影响综合防治的效果,如小菜蛾防治、美洲斑潜蝇综合防治等。

20 世纪 80 年代前、中期,以作物为主体的多种防治对象为内容的综合治理:以某种作物为保护对象的综合防治是为了克服上述缺点而发展起来的,它是综合考虑一种作物的多种害虫,并将作物、害虫及其天敌作为农田生态系的组成成分,利用多种防治措施的有机结合,形成有效的防治体系进行系统治理,如草坪害虫综合防治、梨树害虫综合防治等。

20 世纪 90 年代,随着害虫抗药性、环境保护、物种多样性等问题的日益突出和严峻,进一步认识到利用自然控制力量防治害虫的重要性,提出了生态调控策略。国内外学者提出了以生态学为基础的害虫管理(EBPM)体系,即在管理下的生态系统中,用有益、安全、持久的方法防治害虫,注意自然过程,向生态系统中引入生物防治因子及其产物,种植抗性作物,使用窄谱农药。

(二) 单一种植模式下有害生物发生危害的风险

单一品种大面积种植导致作物病虫害大面积暴发和流行,造成严重经济损失,是人为造成的灾难,在历史上早有沉痛的教训。19 世纪 40 年代爱尔兰马铃薯饥荒是马铃薯遗传一致性造成晚疫病大流行的典型事例。墨西哥玛雅文化的毁灭很可能是由玉米栽培的快速发展和遗传单一化造成的。考古得知,公元前 900 年左右墨西哥尤加坦半岛玛雅文化繁荣时,人口增长很快,玉米为其主要粮食,栽培面积迅速扩大,由原来的零星分散发展到连片种植,当时选育出的品种很少,而将产量高的品种大面积栽培,致使品种可能相当单一,在这种条件下,玉米飞虱(*Peregrinus maidis*)和它所传播的玉米病毒病连续多年流行成灾,毁灭了玉米栽培,也造成了玛雅文化的毁灭(Plucknett et al., 1987)。美国大面积推广‘T 型’玉米杂交品种造成小斑病的大流行(刘克明, 1995);澳大利亚推广小麦品种‘Eureka’造成小麦秆锈病的大流行(Zwer, 1994);我国大面积推广‘碧蚂 1 号’等品种造成小麦条锈病的流行(李振岐, 1998),云南大面积推广‘西南 175’品种造成稻瘟病严重发生(蒋志农, 1995),四川大面积推广‘汕优 2 号’品种导致稻瘟病大面积流行(彭国亮等, 1997);印度尼西亚大面积单一化

种植‘IR’系列品种导致褐飞虱大发生 (Way, 1994) 等实例, 都为农业生态系统中生物多样性降低而造成粮食安全的潜在危机敲响了警钟。

农业生物多样性的迅速降低以及农药、化肥的不合理使用, 致使农业生态系统的稳定性降低和农业生产环境严重恶化, 增加了对病虫害的定向选择压力, 使主要病虫害流行周期越来越短, 次要病虫害纷纷上升为主要病虫害。只要保持单一种植模式, 则农田有害生物就会持续不断发生并且越来越严重。

单一种植遗传性单一的作物意味着田间生物多样性简单化, 面临着病虫害危害暴发的潜在风险, 这种生产方式恶化了天敌的生存环境, 减少了天敌的数量, 降低了天敌对有害生物的自然控制作用。发展中国家, 一家一户的种植方式几乎是沿用祖辈流传下来的古老技术, 其特点是作物种类多样、生物多样性丰富 (Thrupp et al., 1997)。这些古老的种植方式自然地应用了生态学的原理与方法, 对生态环境基本没有破坏作用。恢复和保持农业生态系统中的生物多样性, 维护农业生态系统的生态平衡已经成为全社会的共识 (Benton et al., 2003)。

二、农业生物多样性与有害生物综合治理

应用生物多样性与生态平衡的原理, 进行农作物遗传多样性、物种多样性的优化布局 and 种植, 增加农田的物种多样性和农田生态系统的稳定性, 利用物种间相生相克的自然规律, 有效地减轻植物病虫害的危害, 大幅度减轻因化学农药的施用而造成的环境污染, 提高农产品品质和产量, 实现农业的可持续发展, 已成为国际农业研究的热点和农作物病虫害防治的发展趋势。

(一) 农业生物多样性与作物病虫害控制

利用生物多样性持续控制作物病虫害, 是近年来国内外的研究热点之一。实践表明, 应用生物多样性与生态平衡的原理, 增加农田的物种多样性和农田生态系统的稳定性是实现作物病虫害生态控制的有效措施。目前, 通过育种和栽培措施均可以不同程度地增加农田生物多样性, 对病虫害的控制起到了重要作用。

从育种角度可以培育多基因聚合品种、多系品种。Van der Plank (1963; 1968) 提出水平抗性理论, 选育多个主效基因或微效基因的水平抗性品种, 减缓垂直抗性或单基因引起的病害流行问题。Yoshimura 等 (1985) 提出聚合多个不同主效抗病基因选育广谱抗病品种, 利用基因多样性解决单基因抗性引起的病害流行。Jensen (1952) 提出由 Norman (1953) 及 Browning 和 Frey (1969) 等发展的多系品种控病理论, 利用抗病基因多样性减少病菌选择压力, 解决品种单一化病害难题。多抗病基因聚合品种和多系品种的选育及利用增加了遗传多样性, 延缓了抗性的丧失。然而, 培育多系品种和多基因聚合品种对于大多数作物来说是不切实际的, 因为要花费大量时间及资源才能培育出多系品种和多基因聚合品种, 比培育“单一”栽培品种困难得多。

从栽培角度是通过抗病品种合理布局和使用混合品种, 科学增加农田各个层次的生物多样性, 已成为最重的抗病品种使用策略。目前主要有品种多样性间作、混合种植和区域布局三种应用方式, 它们的合理应用均能有效控制病害的发生流行。云南农业大

学在利用水稻遗传多样性控制稻瘟病方面进行了深入研究,通过不同品种搭配和不同种植模式对稻瘟病菌群体遗传结构、田间稻瘟病菌孢子空间分布、田间发病环境条件等的研究,明确了水稻遗传多样性控制稻瘟病的分子机制和品种优化搭配规律,建立了筛选品种组合的技术体系,筛选了大量的品种组合,完成了田间试验的示范验证,创建了水稻遗传多样性持续控制稻瘟病的理论和技术,为稻瘟病的生态控制提供了成功范例(Zhu et al., 2000)。该团队还深入研究了作物间多样性种植控制病害的效应原理及方法,明确了不同作物品种搭配的抗性遗传背景,进行了不同作物品种的农艺性状、经济性状及农户种植习惯研究,创建了筛选优化作物搭配的技术体系,基本阐明了作物多样性种植控制主要病害的生态学原理及流行学机理,建立了作物多样性控制病虫害的理论和技术体系(Li et al., 2009)。

经过多年的研究,云南农业大学科研团队在利用作物多样性控制病害方面取得了明显的进展。一是明确了在农业生态系统中作物品种多样性是调控病虫害的基本要素;二是明确了作物品种多样性调控病虫害的效应和作用;三是建立了作物品种多样性时空优化配置调控病虫害的应用模式和技术规程,并在生产上大面积推广应用;四是初步解析了作物品种多样性稀释病菌,阻隔病虫害,协同作用,诱导抗性和改善农田小气候等物理学、气象学和生物学方面的主要因素,为阐明作物多样性调控病虫害的作用机理打下了良好的基础。但利用作物多样性控制有害生物的机理涉及面较广,需植物病理学、植物病害流行病学、生物信息学、分子生物学、分子生态学、基因组学和表达组学等学科的交叉和融合,需要更多感兴趣的科学家和科技工作者共同努力,从不同角度揭示作物间相克相生的自然现象,为利用生物多样性促进粮食安全做出贡献。

(二) 农业生物多样性与作物害虫控制

作物多样性复合种植模式具有复杂的结构、化学环境及综合小气候。作物的间作或套作能干扰害虫赖以寻找寄主的视觉或嗅觉,从而影响害虫对寄主植物的定向;通过利用较大或较高的非寄主植物作为有效的隐藏寄主植物的屏障,从而增加害虫定殖的难度。但农田中的杂草可为天敌提供补充营养(Frankel et al., 1995; Nentwig, 1998; Van Emden, 1965)、产卵场所(Theunissen and Ouden., 1980)和栖息场所(territorial defense)。国外早就有利用多样性种植控制有害生物的例子,20世纪50年代,Odum(1953)提出通过提高作物多样性来降低植食性有害生物暴发的可能性,研究了作物多样性对有害生物和天敌的影响。Risch等(1983)统计发现,在198种植食者中,53%的种类在多样化的农田生态系统中数量减少,只有18%的种类的个体数量增加。如果增加农田多样性,约有50%的害虫死亡率会上升,11.1%的害虫死亡率会下降(Russell, 1989)。Andow(1991)对209篇关于农田生态系统多样性影响植食性节肢动物的研究论文进行了综述,在这些研究所涉及的287种植食性节肢动物中,51.9%的物种在多样化系统中的个体数量比在单作系统中的少,仅有15.3%的物种(44种)在多作系统中密度较高,还有9%没有区别。Poveda等(2008)分析1999~2008年的62篇采用伴生种植的论文后,发现天敌增加的占实验处理数的52%、害虫减少的占实验处理数的53%、减轻危害的占实验处理数的58%,而产量增加的仅占实验处理数的