



现代农业高新技术成果丛书

农业生物多样性控制作物病虫害的效应原理与方法

Principle and Application of Agrobiodiversity for
Pest Management

朱有勇 主编



中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS



现代农业高新技术成果丛书

农业生物多样性控制作物 病虫害的效应原理与方法

Principle and Application of Agrobiodiversity
for Pest Management

朱有勇 主编

中国农业大学出版社
• 北京 •

内 容 简 介

本书是介绍利用农业生物多样性控制病虫害研究的专著。全书共分7章。第1章绪论,介绍农业生物多样性的概念、功能及在控制病虫害方面的研究进展和发展趋势;第2、3、4章介绍利用农业生物多样性控制病害的效应、原理及其研究方法;第5、6、7章介绍利用农业生物多样性控制害虫的效应、原理和方法。

本书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、遗传多样性、作物栽培学、生态学、作物育种学和生物技术的科研工作者,高等农业院校的教师、研究生和农业技术人员参阅。

图书在版编目(CIP)数据

农业生物多样性控制作物病虫害的效应原理与方法 / 朱有勇主编. —北京:中国农业大学出版社,2012.7

ISBN 978-7-5655-0541-6

I. ①农… II. ①朱… III. ①生物多样性-控制-作物-病虫害-研究 IV. ①S435

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 104924 号

书 名 农业生物多样性控制作物病虫害的效应原理与方法

作 者 朱有勇 主编

责任编辑 潘晓丽 梁爱荣

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路2号

电 话 发行部 010-62818525,8625

编辑部 010-62732617,2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2012年8月第1版 2012年8月第1次印刷

规 格 787×1092 16开 19.75印张 490千字

定 价 88.00元

责任校对 陈 莹 王晓凤

邮政编码 100193

读者服务部 010-62732336

出版部 010-62733440

e-mail cbsszs@cau.edu.cn

图书如有质量问题本社发行部负责调换

现代农业高新技术成果丛书

编审指导委员会

主 任 石元春

副主任 傅泽田 刘 艳

委 员 (按姓氏拼音排序)

高旺盛 李 宁 刘庆昌 束怀瑞

佟建明 汪懋华 吴常信 武维华

编写人员

主 编 朱有勇

副主编 朱书生 陈 斌 何霞红 李成云 李正跃

编写者 (按姓氏拼音为序)

陈 斌	董 坤	董玉梅	高 东	桂富荣	何霞红
蒋智林	李成云	李正跃	刘佳妮	孙 雁	汤东生
王海宁	谢 勇	杨 静	杨 敏	于得才	张红骥
张立敏	朱书生	朱有勇			

出版说明

瞄准世界农业科技前沿,围绕我国农业发展需求,努力突破关键核心技术,提升我国农业科研实力,加快现代农业发展,是胡锦涛总书记在 2009 年五四青年节视察中国农业大学时向广大农业科技工作者提出的要求。党和国家一贯高度重视农业领域科技创新和基础理论研究,特别是“863”计划和“973”计划实施以来,农业科技投入大幅增长。国家科技支撑计划、“863”计划和“973”计划等主体科技计划向农业领域倾斜,极大地促进了农业科技创新发展和现代农业科技进步。

中国农业大学出版社以“973”计划、“863”计划和科技支撑计划中农业领域重大研究项目成果为主体,以服务我国农业产业提升的重大需求为目标,在“国家重大出版工程”项目基础上,筛选确定了农业生物技术、良种培育、丰产栽培、疫病防治、防灾减灾、农业资源利用和农业信息化等领域 50 个重大科技创新成果,作为“现代农业高新技术成果丛书”项目申报了 2009 年度国家出版基金项目,经国家出版基金管理委员会审批立项。

国家出版基金是我国继自然科学基金、哲学社会科学基金之后设立的第三大基金项目。国家出版基金由国家设立、国家主导,资助体现国家意志、传承中华文明、促进文化繁荣、提高文化软实力的国家级重大项目;受助项目应能够发挥示范引导作用,为国家、为当代、为子孙后代创造先进文化;受助项目应能够成为站在时代前沿、弘扬民族文化、体现国家水准、传之久远的国家级精品力作。

为确保“现代农业高新技术成果丛书”编写出版质量,在教育部、农业部和中国农业大学的指导和支持下,成立了以石元春院士为主任的编审指导委员会;出版社成立了以社长为组长的项目协调组并专门设立了项目运行管理办公室。

“现代农业高新技术成果丛书”始于“十一五”,跨入“十二五”,是中国农业大学出版社“十二五”开局的献礼之作,她的立项和出版标志着我社学术出版进入了一个新的高度,各项工作迈上了新的台阶。出版社将以此为新的起点,为我国现代农业的发展,为出版文化事业的繁荣做出新的更大贡献。

中国农业大学出版社

2010 年 12 月

前言

追溯世界农业发展的历史,依赖化学农药控制植物病虫害的历史不足百年,在几千年的传统农业生产中,是什么因素发挥着对作物病虫害持续调控的重要作用?数万年的原始森林至今仍郁郁葱葱,生生不息,又是什么因素使其抵御了植物病虫害的侵袭?迁思回虑,作物品种多样性无疑是漫长传统农业生产中对病虫害持续调控的重要因素之一。回首审视,生物多样性与生态平衡无疑是保持原始森林生生不息的重要自然规律之一。

早在 1872 年,达尔文就观察到小麦品种混种比单一品种种植产量高,病害轻。20 世纪 80 年代以来,德国、丹麦、波兰采用大麦品种混合种植的方法,成功地大面积控制了大麦白粉病的流行。美国长期进行了小麦品种混合种植控制锈病的深入研究,获得了明显的防治效果。印度尼西亚、菲律宾、越南、泰国等一些国家,开展了水稻品种多样性混栽试验,有效地降低了水稻真菌病害和病毒病害的发病率。千百年来,我国农民就有利用作物品种多样性的习俗,云南、四川等高寒山区的农民,年年在他们的农田中混合种植多个作物品种,以抵御各种各样的气象灾害和生物灾害,获得较好的收成,保证他们赖以生存的谷物需求。持续了上千年的轮作复种、间作套种是我国传统农业技术中的瑰宝,为我们研究农业生物多样性的利用和保护,积淀了厚实的科学底蕴,为我们探索利用遗传多样性控制作物病害、促进可持续农业的发展,提供了极为重要的启示。1996 年我们提出了利用作物遗传多样性持续控制作物病害的设想,即应用生物多样性与生态平衡的原理,合理实施作物品种多样性种植,增强农田遗传多样性的丰度,改善农田微生态环境,实现作物病害的持续控制,促进农业的可持续发展。该计划 1997 年获亚洲开发银行资助,1998 年获云南省科技攻关项目资助,1999 年获国家“863”计划资助,2001 年获国家高技术推进项目和云南省重点基金项目资助,2003 年获全球环境基金项目的资助,2005 年和 2011 年获国家“973”项目资助。

多年来,我们得到了国际、国内及社会各界的大力支持和帮助,在利用生物多样性调控作物病虫害方面做了大量研究和应用实践,长期活跃在该领域的研究前沿。目前的主要研究进展: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的稀释阻隔、协同作用、天敌作用、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

作用,为阐明作物多样性调控病虫害的机理奠定了良好的基础。

随着研究的深入,我们越来越感到利用生物多样性控制作物病虫害的内容极为丰富,规律和现象极为普遍,机理和机制极为深奥,其研究已涉及植物病理学、植物病害流行病学、生物防治学、植物保护学、农业昆虫学、分子生物学、生物化学、生态学、遗传育种学、生物信息学、作物栽培学、农业气象学、植物营养学、农药学、生物统计学等诸多学科。阐明其规律和机理远不是研究组近期所能完成的,需要更多感兴趣的科学家或科技工作者共同努力,从不同的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。因此,为了便于同行之间的交流,我们把前一阶段关于作物多样性控制病害的主要研究成果、研究方法和所涉及的研究资料撰写成《农业生物多样性控制作物病虫害的效应原理与方法》一书,希望此书能起到抛砖引玉的作用,使更多的同行和我们一起,进一步开展该领域的研究和应用工作。

在研究过程中,我们一直得到了国家发展和改革委员会、科技部、国家自然科学基金委员会、农业部、教育部、国家生物工程研究中心、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、云南省科技厅、云南省农业厅、云南省教育厅、四川省农业厅、四川省农业科学院、云南省农业科学院、国际水稻研究所(IRRI)、国际植物遗传资源研究所(IPGRI)和联合国粮农组织(FAO)等单位的大力支持和帮助;得到了李振歧院士、谢联辉院士、曾士迈院士、田波院士、郭予元院士、董玉琛院士、陈文新院士、荣廷召院士、陈宗懋院士、李文华院士、卢永根院士、刘旭院士、吴孔明院士、程序教授、夏敬源研究员、赵学谦研究员、卢宝荣教授、彭友良教授、张福锁教授、陈万权研究员、涂建华研究员、毛建辉研究员、刘二明教授、张芝利研究员、闻大中研究员、张家骅教授、万方浩研究员、骆世明教授、尤民生教授、张青文教授、陈欣教授、Chris Mundt 博士、Mew T. H. 博士、Plau T. 博士、Leung H. 博士、Devra J. 博士、Mantian W. 博士、Peter C. 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!

限于我们的学识和水平,加之该研究领域交叉学科较多,书中难免存在错漏之处,望同行专家和读者不吝批评指正。

朱有勇

2012年6月于昆明

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 生物多样性及农业生物多样性的概念	2
1.2 生物多样性及农业生物多样性的生态功能	7
1.3 农业生物多样性与农作物病害的持续控制	7
1.4 农业生物多样性与作物虫害的持续控制	11
第 2 章 农业生物多样性控制作物病害的效应	19
2.1 品种遗传多样性对病害的控制效应	20
2.2 物种多样性间作对病害的控制效应	36
2.3 作物多样性轮作对病害的控制效应	43
第 3 章 农业生物多样性种植控制病害的原理	53
3.1 农业生物多样性控制病害的遗传学基础	53
3.2 农业生物多样性控制病害的生态学基础	67
3.3 农业生物多样性控制病害的物理学基础	78
3.4 农业生物多样性控制作物病害的化学基础	82
第 4 章 作物多样性种植控制病害的研究方法及应用	88
4.1 作物遗传多样性研究方法及应用	88
4.2 作物病原菌多样性研究方法及应用	106
4.3 作物多样性种植控病模式构建原则方法及应用	134
4.4 作物多样性种植对病害防治效果判识和统计方法	154
4.5 作物多样性种植增加土地利用率和产量的判识和统计方法	177
第 5 章 农业生物多样性控制害虫的效应	186
5.1 遗传多样性与作物害虫控制	187
5.2 物种多样性与作物害虫的控制	193
5.3 生态系统多样性与作物害虫的控制	203
第 6 章 农业生物多样性控制害虫的原理	215
6.1 农业生物多样性控制害虫的生态学基础	215

6.2	农业生物多样性控制害虫的生物学基础	216
6.3	农业生物多样性控制害虫的遗传学基础	228
6.4	农业生物多样性控制害虫的物理学基础	232
6.5	农业生物多样性控制害虫的化学基础	233
6.6	农业生物多样性控制害虫的推拉策略	239
第7章	作物多样性种植控制害虫的研究方法及应用	256
7.1	作物多样性种植系统昆虫群落多样性的研究方法	256
7.2	作物多样性种植控制害虫的效果评价方法	269
7.3	控制害虫的作物多样性种植模式的构建方法	288
7.4	农业生物多样性与入侵昆虫的研究方法	293

农业生产的特点是以少数栽培植物及牲畜种类取代了自然状态下的生物多样性,而单一种植模式更使这种简单化达到极致。人为造就的农田耕作系统只能依靠人为的持续干预才能维持其生产力。农业现代化的发展历程,也就是逐步背离自然生态规律的过程。在绝大多数情况下,为了提高产量只能一味增加农用化学物质的投入。这种生产方式已使人类付出了沉重的社会与环境代价(Altieri,1987)。破坏性的生产方式不仅造成了多种作物病、虫、草害的一次又一次暴发,也成就了盐碱化、土壤侵蚀、水资源污染等严重的环境问题。因此,现代农业生态系统的不稳定性也就在所难免。植被多样性是自然景观中的重要组成部分,其生态功能在农作物保护方面发挥着极其重要的作用。因此,在以牺牲植被多样性为代价的作物单一种植模式中,病、虫、草害日益恶化也就是顺理成章的事情(Altieri and Letouneau,1982)。在全世界大约 1.5×10^9 hm^2 农田中,91%的农田种植一年生作物,其中绝大多数是单一种植小麦、水稻、玉米、棉花和大豆。这种耕作系统在面对病、虫害暴发时束手无策,暴露了单调农田耕作系统的脆弱。为了避免病、虫、草害等对作物的危害,1995年全世界的农药使用量达 21×10^8 kg(其中仅美国就使用了 5.4×10^8 kg),而且在近10年内农药的使用量还在持续增加。尽管如此,因病、虫等危害导致的作物产量年损失仍达30%左右,与40年前的状况别无二致。可以预见,今后全世界仍将为此继续付出代价。这些情况清楚地说明依赖化学农药控制作物病、虫害的效果已达到极限。

老子曰:“道生一,一生二,二生三,三生万物,万物负阴而抱阳,冲气以为和”。又曰:“有无相生,难易相成,长短相形,高下相盈,音声相和,前后相随,恒也”。大千世界处处相互依存、相互制约,万事万物处处相克相生、和谐发展。追溯世界农业发展的历史,依赖化学农药控制植物病害的历史不足百年,在几千年的传统农业生产中,作物品种多样性无疑是持续控制病害的重要因素之一,生物多样性与生态平衡无疑是维系生物发展进化的自然规律之一。当前,利用生物多样性持续控制作物有害生物,已成为国际农业科学研究的热点,研究论文逐年增多,研究成果的应用推广逐年扩大,农业生态系统多样性的功能逐步被认知。生物多样性是大自然赋予人类的宝贵财富,是植物病害流行的天然屏障,必将在现代农业生产中发挥越来越重要的作用。

1.1 生物多样性及农业生物多样性的概念

生物多样性是大自然赋予人类的生存之源,是人类实现可持续发展的基础,因此生物多样性的研究和保护已经成为世界各国普遍重视的一个问题。

1.1.1 生物多样性概念的提出

20 世纪以来,随着世界人口的持续增长和人类活动范围与强度的不断扩大,人类社会遭遇一系列前所未有的环境问题,面临着人口、资源、环境、粮食和能源五大危机。这些问题的解决都与生态环境的保护与自然资源的合理利用密切相关。第二次世界大战以后,国际社会在发展经济的同时更加关注生物资源的保护问题,并且在拯救珍稀濒危物种、防止自然资源的过度利用等方面开展了很多工作。1948 年由联合国和法国政府创建了世界自然保护联盟(IUCN);1961 年世界野生生物基金会建立;1971 年由联合国教科文组织提出了著名的“人与生物圈计划”;1980 年由 IUCN 等国际自然保护组织编制完成的《世界自然保护大纲》正式颁布,该大纲提出了要把自然资源的有效保护与资源的合理利用有机地结合起来,对促进世界各国加强生物资源的保护工作起到了极大的推动作用(陈品健,2001)。

20 世纪 80 年代以后,人们在开展自然保护的实践中逐渐认识到,自然界中各个物种之间、生物与周围环境之间都存在着十分密切的联系,因此自然保护仅仅着眼于对物种本身进行保护是远远不够的,往往也是难以取得理想的效果。要拯救珍稀濒危物种,不仅要对所涉及的物种的野生种群进行重点保护,而且还要保护好它们的栖息地,或者说,需要对物种所在的整个生态系统进行有效的保护。在这样的背景下,生物多样性的概念便应运而生。1992 年,联合国环境与发展大会在巴西的里约热内卢举行,世界许多国家都派出代表团参加会议,我国领导人也参加了这次盛会,在这次大会上,通过了“生物多样性公约”,标志着世界范围内的自然保护工作进入了一个新的阶段,即从以往对珍稀濒危物种的保护转入了对生物多样性的保护(陈品健,2001)。

生物多样性公约(Convention on Biological Diversity)是国际社会所达成的有关自然保护方面最重要的公约之一,该公约于 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,并于 1993 年 12 月 29 日起生效(因此每年的 12 月 29 日被定为国际生物多样性日,2001 年改为 5 月 22 日)。到目前为止,已有 100 多个国家加入了这个公约,该公约的秘书处设在瑞士的日内瓦,最高管理机构为缔约方会议(CoP)。CoP 由各国政府代表组成,其职责为:按照公约所规定的程序通过生物多样性公约的修正案、附件及议定书等。

生物多样性公约的目标是:保护生物多样性及资源的持续利用;促进公平合理地分享由保护自然资源而产生的利益。生物多样性公约的主要内容:各缔约方应该编制有关生物多样性保护及可持续利用的国家战略、计划或方案,或按此目的修改现有的战略、计划或方案;尽可能并酌情将生物多样性的保护及可持续利用纳入各部门和跨部门的计划、方案或政策之中;酌情采取立法、行政或政策措施,让提供遗传资源用于生物技术研究的缔约方,尤其是发展中国家,切实参与有关研究;采取一切可行措施促进并推动提供遗传资源的缔约方,尤其是发展中国

家,在公平的基础上优先取得基于提供资源的生物技术所产生的成果和收益;发达国家缔约方应提供新的额外资金,以使发展中国家的缔约方能够支付因履行公约所增加的费用;发展中国家应该切实履行公约中的各项义务,采取措施保护本国的生物多样性(段彪等,2001)。

1.1.2 生物多样性的定义

生物多样性(biodiversity 或 biological diversity)是一个描述自然界多样性程度的概念,内容非常广泛,不同的学者所下的定义不同。Norse(1986)认为,生物多样性体现在多个层次上;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”;在《生物多样性公约》(Convention on Biological Diversity,1992)里,生物多样性的定义是“所有来源的活的生物体,这些来源包括陆地、海洋和其他水生生态系统及其所构成生态综合体;这包括物种内、物种间和生态系统的多样性”(汪松等,1993);在《保护生物学》一书中,蒋志刚等(1997)给生物多样性所下的定义为:“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生态系统”。

综合上述观点,我们认为“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”。

1.1.3 生物多样性的组成

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。它是一个复杂的生态系统,包括物种多样性、遗传多样性、生态多样性和景观多样性四个层次。

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。这些遗传信息储存在生物个体的基因之中,因此遗传多样性也就是生物体基因的多样性。任何一个物种或一个生物个体都保存着大量的遗传基因,可被看做是一个基因库,一个物种所包含的基因越丰富,它对环境的适应能力越强,基因的多样性是生命进化和物种分化的基础。狭义的遗传多样性主要是指生物种内基因的变化,包括种内显著不同的种群之间以及同一种群内的遗传变异(汪松等,1993)。此外,遗传多样性可以表现在多个层次上,如分子、细胞、个体等。在自然界中,对于绝大多数有性生殖的物种而言,种群内的个体之间往往没有完全一致的基因型,而种群就是由这些具有不同遗传结构的多个个体组成的。在生物的长期演化过程中,遗传物质的改变(或突变)是产生遗传多样性的根本原因,遗传物质的突变主要有两种类型,即染色体数目和结构的变化以及基因位点内部核苷酸的变化,前者称为染色体的畸变,后者称为基因突变(或点突变),此外,基因重组也可以导致生物产生遗传变异。

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:①一定区域内的物种丰富程度,可称为区域物种多样性;②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)。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,在阐述一个国家或地区生物多样性丰

富程度时,最常用的指标是区域物种多样性,它的测量有以下三个指标:物种总数,即特定区域内所拥有的特定类群的物种数目;物种密度,指单位面积内的特定类群的物种数目;特有种比例,指在一定区域内某个特定类群的特有种占该地区物种总数的比例。

生态系统的多样性(ecosystem diversity)主要是指地球上生态系统组成、功能的多样性以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类型的多样性。

景观多样性(landscape diversity)是指不同类型的景观在空间结构、功能机制和时间动态方面的多样化和变异性。景观要素(或称为一个生态系统)是组成景观的基本单元,景观要素依形状的差异可分为斑块(patch)、廊道(corridor)和基质(matrix)。斑块(patch)是景观尺度上最小的均质单元,它的大小、数量、形态和起源等对景观多样性有重要意义。总体来说,大型斑块可以比小型斑块承载更多的物种,特别是一些特有物种可能在大型斑块的核心区存在。对某一物种而言,大型斑块更有能力持续和保存基因的多样性。小型斑块则不利于林内种的生存,不利于物种多样性的保护,不能维持大型动物的延续;但小斑块可能成为某物种逃避天敌的避难所。因为小斑块的资源有限,不足以吸引某些大型捕食动物,从而使某些小型物种幸免于难。廊道(corridor)是指具有通道或屏障功能的线状或带状的景观要素,它是联系孤立斑块之间以及斑块与种源之间的线性结构,按照来源的不同廊道可以分为干扰廊道(disturbance corridors)、栽植廊道(planted corridors)、更新廊道(regenerated corridors)、环境资源廊道和残余廊道。不同的廊道适合不同的景观类型,如防火隔离带和传输线等干扰廊道适于森林景观,而防护林带和绿篱等栽植廊道则适于农业景观。一般认为廊道有利于物种的空间运动和本来是孤立的斑块内物种的生存和延续,但廊道本身又可能是一种危险的景观结构,因为它也可以引导天敌进入本来是安全的庇护所,给某些残遗物种带来灭顶之灾。如高速公路和高压线路对人类生产和生活来说是重要的运输通道,但对其他生物来说则可能是危险的障碍。基质是相对面积大于景观中斑块的景观要素,它是景观中最具连续性的部分,往往形成景观的背景。基质具有3个特点:相对面积比景观中的其他要素大;在景观中的连接度最高;在景观动态中起重要的作用。

景观多样性就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,它揭示了景观的复杂性,是对景观水平上生物组成多样性程度的表征。景观多样性可区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。类型多样性多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和复杂性。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。格局多样性多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。

景观多样性是继遗传多样性、物种多样性、生态系统多样性被提出的生物多样性研究的第四个主要层次。遗传多样性是物种多样性和生态系统多样性的基础,或者说遗传多样性是生物多样性的内在形式。遗传多样性导致了物种的多样性,物种多样性与多型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。

1.1.4 农业生物多样性

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,是生物多样性的重要组成部分,它是人与自然的相互作用和相互关联的一个重要方面和桥梁。多数学者认为,农业生物多样性包含四个层次,即农业生态系统、农地景观、物种、基因的多样性,还包括各层次间相互联系、耦合的生态学过程(陈海坚等,2005)。农业生物多样性也可分为农业产业结构多样性、农业利用景观多样性、农田生物多样性、农业种质资源与基因的多样性几个尺度水平。农业产业结构多样性,用以描述包括农、林、牧、副、渔各业的组成比例与结构变化。它反映着某一区域农业生产的总体状况;农业利用景观多样性,主要刻画农业景观的异质性,包括农业土地利用景观类型及其分布格局的变异性,以及农业生态系统类型的多样性;农田物种多样性,主要指农田生态系统中的农作物、杂草、害虫、天敌等生物多样性;农业种质资源与基因多样性,主要包括栽培作物及其野生亲缘动植物的遗传基因与种质资源的多样性等。

农业生物多样性是地球上极为重要的财富,更是人类赖以生存和发展的重要物质基础。农业植物资源多样性不仅包括在任何地区、任何时间所栽培的植物种及其所有品种的全部基因遗产,还包括它们的半驯化种、野生种和亲缘种,同时还应包括人们利用采、伐、摘、挖、放牧等手段而为人类所用的各种植物种。

据估计,地球上约有1万~8万种可供食用的植物,人类在各个时期利用的植物有3 000多种,而人工驯化成作物的只有1 200多种,其中大面积栽培的仅150多种。植物资源越多,即其多样性越丰富,改良栽培品种或选育新品种的潜力就越大。农作物生物多样性,不仅为人类的衣、食等方面提供原料,为人类的健康提供营养品和药物,而且为人类的幸福生活提供了良好的环境,尤为重要的是为人们开展生物技术研究、选育所需新品种,提供了取之不尽、用之不竭的基因来源(郭辉军等,2000)。

20世纪以来,随着新品种的大量推广、人口增长、环境变化、滥伐森林和耕地沙漠化,以及经济建设等方面的原因,作物遗传资源多样性不断遭到破坏或丧失,而且数量巨大。种质资源的替代或丧失,随之而来是遗传多样性的减少,导致作物遗传结构的脆弱性和病、虫等自然灾害的暴发而造成严重的损失。因此,农业生物多样性保护已成为全球可持续性农业研究中的焦点。

随着人口的迅速增长,粮食问题已成为世界各国普遍关注的重大问题,为了突出植物遗传资源在解决粮食生产中的地位和作用,联合国粮农组织大会第二十八届会议第3/95号决议,将植物遗传资源委员会改成粮食和农业遗传资源委员会,我们常用的植物遗传资源,相应改为粮食和农业植物遗传资源(简称植物遗传资源,中国称为作物种质资源)。当前,由于过度开发,全球每8种植物中就有1种面临着灭绝的威胁,物种的丧失对生态安全的破坏是致命的。美国、前苏联、日本等发达国家多年来通过各种手段加强种质资源考察收集,从而成为今天的世界资源大国。新中国成立以来,采用群众性收集、补充征集、重点作物考察和重点地区考察等方法,已收集了各种作物种质资源35万份,但我国的中西部边远山区仍有大量资源亟待抢救、收集和发掘利用。预计今后30年内,世界人口将达到85亿,要解决这么多人的吃饭问题,一个最为有效的途径是充分研究和利用各种优良植物遗传资源,培育出可以适

应各种不断改变的环境条件的优良品种,并能稳定产量和改善品质。因此,世界各国都把科学保护和充分利用植物遗传资源,作为关系农业可持续发展,保障粮食安全的一项重要大事来抓。

农作物生物多样性保护策略具有广泛的领域和规模,然而这一过程通常分成三个基本部分:挽救生物多样性;研究生物多样性;持续、合理地利用生物多样性。据报道,自1992年后,国际《生物多样性公约》签约国每年在世界环境日、地球日、国际生物多样性日开展公众参与的大规模宣传教育活动,宣传《生物多样性公约》的作用和意义以及保护生物多样性的重要性。当前,农业生物多样性的保护、利用和农业可持续发展是全球最热门的话题之一,涵盖了生物学、遗传学、农学、经济学、生态学、社会学等多学科领域的研究课题。世界各国高度重视生物多样性保护的政策和战略、生物多样性数据的管理和信息共享、自然保护区的管理、可持续旅游、防止外来物种入侵、生物安全、遗传资源保护与保存、保护生物学、生态环境保护与恢复技术,以及湿地、森林、农业、海洋、缺水和半湿润地区生态系统的生物多样性保护等方面的研究。

中国幅员辽阔,生态环境复杂,农业历史悠久,是世界上生物多样性最为丰富的国家之一;作物种质资源十分丰富,是世界作物多样性中心之一。据初步统计,世界上栽培植物有1200余种,中国就有600余种,其中有300余种是起源于中国或种植历史在2000年以上。但随着人口增加、良种推广,农业生产朝着集约化方向发展,使栽培植物多样性急剧减少,形成栽培植物种类较少,作物品种单一和遗传基础狭窄,给生产造成了巨大损失。与国外情况相同,我国作物种遗传资源多样性的破坏和丧失也异常严重,1949年我国有1万多个小麦品种(主要是农家种)在种植使用,到20世纪70年代仅存1000多个;野生水稻和野生大豆的原生境生长地已遭到严重破坏,面积越来越少。有报道指出,目前种植的玉米、甜菜、水稻等作物杂交种的遗传基础日趋狭窄,存在着遗传上的脆弱性和突发毁灭性病害的隐患。实践证明,最大限度地保护农作物及其多样性,大力开发新的农业植物和未被开发利用的栽培植物种类,使农业生产良种多样化,并努力拓宽优良品种的遗传背景,是我国农业实现可持续发展的重要研究课题(张泽钧等,2001)。

云南省地处祖国西南边陲,伴随青藏高原的隆升,发育为以横断山脉为主体、全球独特的纵向岭谷区;海拔高度76.4~6740 m,水系呈帚状分布,有独龙江、怒江、澜沧江、金沙江、红河和南盘江六大水系;山脉蜿蜒,河流众多,湖泊镶嵌其间,形成了高山、中山、低山、高原、盆地、丘陵等地貌多样性,造就了寒带、温带、亚热带、热带等气候多样性;地貌和气候的多样性孕育了丰富的生物多样性和民族文化多样性,而自然生物多样性与民族文化的交汇融合形成了全球独特的农作物生物多样性极为丰富的区域。这一区域的动物和植物种类占全国总数的一半以上,微生物种类居全国之冠,囊括了全国所有的生态类型。主要栽培植物有500余种,占全国的80%,拥有德宏紫米、广南八宝米、云南小麦、巧家小燕麦、西盟魔芋、勐海姜、西双版纳黄瓜、绿叶苕麻、文山三七、滇芹、滇桑等云南特有作物种质资源;主要野生作物资源有600余种,其中包括普通野生稻、药用野生稻、疣粒野生稻、金荞麦等大量国家重点保护的野生作物遗传资源,此外还有数千种野生药用植物和野生花卉资源,是亚洲栽培稻、荞麦、茶、甘蔗等多种作物的起源地和多样性中心,备受国内外关注,是理想的农作物生物多样性研究基地(戴陆园,1998)。

1.2 生物多样性及农业生物多样性的生态功能

生物多样性不仅孕育了有价值的动物、植物,而且具有一定的生态功能。自然生态系统中,生物多样性对于稳定地球和地区的环境起着重要的作用。在农业生态系统中,生物多样性还对人类生存及农业可持续发展起着重要的作用。

自然生态系统中,生物多样性增加能提高系统的稳定性。1999年,Tilman建立资源竞争模型表明生物多样性增加引起群落的稳定性增加,但是种群稳定性下降。Cedar Creek的长期定位研究也表明生物多样性增加引起资源覆盖度增加,以及生态位分化都有利于更好地利用有限的资源,也因此能够减少需要这些有限资源的物种入侵的可能性(Wager,2009)。从功能角度看,物种的性状以及它们之间的关联对保持生态系统的功能和生物地球化学循环至关重要。在稳定的环境下生态系统发挥稳定的功能需要一个最小数量的物种数,在变化的环境下需要的物种数要更大一些。长远来说,多样性的生物能够为未来生态环境的各种可能变化提供更多的机会与选择。就像在恐龙被灭绝的中生代中白垩纪,以张和兽为代表的一些不起眼的小型哺乳类动物逐步获得进化优势,并成为了新生代的主角。Tilman(2000)总结了自然界生物多样性对生态系统作用的研究成果,认为生物多样性可以提高植物的生产力、提高生态系统养分存留、提高生态系统的稳定性。

农业生态系统是经过人类驯化了的自然生态系统,生物多样性同样能提高农业生态系统的稳定性,对作物的产出、收入和社会发挥重要作用。在农业生态系统中,除了提供粮食、纤维、燃料和经济收入,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、分解有毒物质以及调控环境中的微生物等。要使这些功能得以有效发挥,必须保持环境中生物的多样性。一旦系统中生物多样性减少、减弱,这些功能就会丧失,则人们必将为此付出惨重的经济与环境代价。

农业生产与生物多样性有着密不可分的关系。只有充分保护农田及其周边环境,加强农田生态系统的自我调节功能,才能保证农业生产的可持续发展。只有发挥农田系统的生态功能,才能提高对农业生物多样性的保护与利用。以此为基础,才能更好地利用自然资源,保持农田生态系统的稳定。

1.3 农业生物多样性与农作物病害的持续控制

1.3.1 农作物病害的持续控制

农作物病害是农业生产上重要的生物灾害,是制约农业可持续发展的主要因素之一。据联合国粮农组织估计,世界粮食生产因植物病害造成的年损失约为总产量的10%。近年来,由于全球性气候反常,加之,在人口数量增加、而耕地面积逐年递减和水资源有限的情况下,为满足人类的粮食需求,少数高产、高抗品种的大面积单一化种植,导致了农业生物多样性的严重降低;同时,野生近缘种的遗传资源也随着改良品种的大面积种植和农业生产模式的改变而