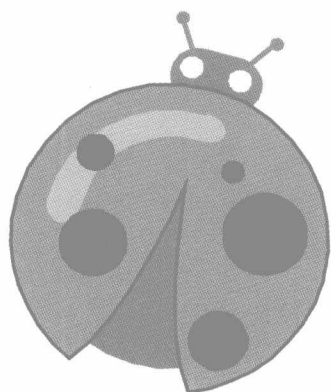


复合种植系统 昆虫群落多样性研究

**Studies on Diversity of
Insect Community
in Polyculture Ecosystems**

黄明度 主编



复合种植系统 昆虫群落多样性研究

黄明度 主编

编写人员（按姓氏笔画排列）：

杨 平 杨悦屏 陈亦根
黄明度 熊锦君 欧阳革成

广东省出版集团

广东科技出版社

· 广 州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

复合种植系统昆虫群落多样性研究/黄明度主编. —广州: 广东科技出版社, 2008. 8

ISBN 978-7-5359-4608-9

I. 复… II. 黄… III. 昆虫-群落-生物多样性-研究 IV. Q96

中国版本图书馆CIP数据核字 (2008) 第071867号

责任编辑: 冯常虎

装帧设计: 林少娟

版式设计: 林少娟

责任校对: 陈杰锋

责任技编: 严建伟

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路11号 邮码: 510075)

E-mail: gdkjzbb@21cn.com

<http://www.gdstp.com.cn>

经 销: 广东新华发行集团股份有限公司

排 版: 广东科电有限公司

印 刷: 广州伟龙制版有限公司

(广州市沙河沙太路银利工业大厦1~4栋 邮码: 510507)

规 格: 787mm × 1 092mm 1/16 印张8.5 插页2 字数200千

版 次: 2008年8月第1版

2008年8月第1次印刷

定 价: 48.00元

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

内 容 简 介



符合环境和生物多样性保护的害虫可持续控制的策略和方法，已成为国际上害虫治理的热点研究课题。本书总结了作者长达10年对我国南方的重要经济作物——柑橘、荔枝、茶的复合种植生态系统以及混交松林系统、热带人工林系统和亚热带森林系统的昆虫群落多样性及害虫控制研究的结果，从理论上阐明和揭示了复合种植系统内节肢动物群落稳定的规律和机理，并在理论研究的基础上，形成一套通过改善系统的植物群落结构、增加昆虫群落多样性，从而有效、持续控制害虫的应用技术。

本书可为优化种植生态系统、退化生态系统昆虫群落多样性的恢复以及害虫持续控制提供参考，也可作为研究农林复合系统昆虫群落多样性及害虫控制的参考。

前 言



广东省昆虫研究所昆虫生态研究室于1985~1990年在国家自然科学基金和国家科技攻关项目的支持下,开展柑橘害虫管理系统研究,对柑橘主要害虫的动态规律、害虫与天敌的关系、天敌的抗药性及抗药品系的筛选和遗传分析、柑橘的生长发育规律、柑橘被害损失及经济阈值以及杀虫剂对柑橘园节肢动物群落的影响等进行系统研究,据此提出柑橘害虫综合治理的策略和方法。1993~2003年又在上述研究的基础上开展复合种植生态系统昆虫群落生态及害虫持续控制研究。研究的复合系统包括柑橘—草复合系统、荔枝—林/草复合系统、混交松林复合系统、茶—草复合系统、亚热带森林系统和热带人工林系统等生态系统。这些研究先后得到广东省自然科学基金会、华南生物科学与技术研究中心以及由广东省自然科学基金会、美国洛克菲勒兄弟基金会和日本经连团自然保护基金会共同资助的“华南退化坡地绿色食品生产、保护和提高生物多样性研究”项目和广东省科技推广计划的资助。

由于不科学地追求高产,使大面积耕地的作物品种单一化。单一品种的种植方式不能充分利用环境空间资源,其对生态及环境带来的弊端,诸如生物多样性衰减、水土流失、土地退化等问题日趋严重,而农林复合系统是资源持续利用、持续发展和生态系统协调的极具潜力的模式。但真正有系统地开展复合系统的研究还是近20年的事,而且几乎都集中在第一性生产的植物上,对生态系统各组分的作用,尤其是节肢动物群落的结构和功能极少研究。开展对农林复合系统节肢动物群落结构、功能的研究,不仅是从第一性生产的植物扩展到系统的重要组分——节肢动物群落研究,开阔了农林复合生态系统研究的内容,而且是害虫持续控制的重要基础理论和应用基础理论,也是形成利用生境资源调节系统的物种数量,通过改变系统的昆虫群落结构,增加昆虫群落多样性和稳定性,从而有效、持续控制农林害虫的策略和方法的理论基础。

国内外对不同生态系统的节肢动物的种类和数量研究已有不少报道,但多集中于某一生态系统内的某一害虫或天敌的研究,或者对生态系统内的某一类害虫进行研究,20世纪90年代前对复合系统内的节肢动物群落和害虫控制关系进行定量研究的很少,有系统地对森林或农田系统内植物多样性对节肢动物群落影响的研究也不多。本研究在国内外较早地对复合系统和单一系统的昆虫群落多样性进行系统的比较研究。由于复合系统对害虫持续控制及环境空间资源利用所显现的潜力,目前,农林复合系统昆虫群落多样性研究已引起国际的重视,成为害虫持续控制研究的新领域。

● ————— ●

本研究以提高农林系统的生物多样性、改善系统内群落结构为切入点来研究害虫持续控制的机理。经过长达10年的研究，从理论上阐明和揭示了复合种植生态系统内节肢动物群落稳定的重要规律和机理：复合系统能有效地改善节肢动物群落的结构，系统内物种多样性和生境异质性是节肢动物群落稳定的基础，生境中的资源状况是群落内调节物种数量的最重要的因素。复合系统内植物种类和数量的增加，使群落结构变得复杂，为节肢动物提供了广泛的异质生境库，使节肢动物群落出现明显的分化，群落的多样性增加，害虫数量减少。对多种类型的复合种植系统的节肢动物群落研究的充分数据有力地支持了如下的观点：对害虫最有效的控制是通过改善生态系统的节肢动物群落结构、提高群落多样性而实现的。在理论研究的基础上，本研究逐步形成了利用生境资源调节系统中的物种数量，通过改善系统的植物群落结构来增加昆虫群落多样性，从而有效、持续地控制害虫的应用技术，开发了荔枝—牧草、柑橘—草/牧草、茶—草等多种可供生产应用的复合种植系统模式，并已在多个省（区）进行较大面积的示范、推广，柑橘—草复合系统模式亦被国外的一些柑橘产区所采用。

本研究在复合种植系统昆虫群落多样性方面做了一定的工作，但限于水平，难免有片面和错漏之处，敬请读者批评指正。

黄明度

于2008年8月 广东省昆虫研究所成立50周年前夕

目 录



第一章 绪论	1
第一节 农林复合生态系统与系统生物多样性和稳定性	1
1.1 植物多样性与昆虫群落多样性	1
1.2 植物多样性与系统稳定性	4
第二节 “复合种植系统昆虫群落多样性研究”的内容及效果简述	4
2.1 复合种植系统与害虫控制	4
2.2 研究的内容及效果简述	5
2.3 研究试验采用的数据分析方法	6
2.3.1 群落的丰富度指数 (R)	6
2.3.2 群落多样性指数 (Community diversity indices)	6
2.3.2.1 多样性的信息度量	6
2.3.2.2 多样性的概率度量	7
2.3.2.3 多样性的几何度量	7
2.3.3 均匀性指数 (Evenness indices)	8
2.3.3.1 Pielou均匀性指数	8
2.3.3.2 Sheldon均匀性指数	8
2.3.3.3 Simpson优势集中性指数	8
2.3.3.4 优势度Berger-Parker指数	8
2.3.4 稳定性指数 (Stability indices)	8
2.3.4.1 S_s/S_l 及 S_m/S_p 指数	8
2.3.4.2 d_s/d_m 指数	8
2.3.5 因果与相互关系分析	8
2.3.5.1 通径分析	9
2.3.5.2 典范分析	9
2.3.5.3 聚类分析	10
2.3.5.4 主成分分析	10
2.3.5.5 有序样本的最优分割	11
参考文献	11
第二章 复合种植系统类型与昆虫群落多样性研究	15
第一节 荔枝复合种植系统	15

1.1 荔枝—风水林复合系统昆虫群落多样性	16
1.1.1 节肢动物各类群数量和丰富度	16
1.1.2 主要害虫消长动态	17
1.1.3 节肢动物群落多样性季节变化	18
1.1.4 节肢动物群落均匀性	18
1.1.5 寄生性天敌的优势度、数量动态和多样性、均匀性动态	20
1.2 荔枝—牧草复合系统昆虫群落多样性	23
1.2.1 节肢动物各类群数量、物种丰富度及均匀性	23
1.2.2 节肢动物多样性季节变化	24
1.2.3 节肢动物群落的稳定性	24
1.2.4 节肢动物群落的聚类分析	25
1.2.5 节肢动物数量的季节动态及优势集中性	26
1.2.6 复合系统中天敌对害虫的控制作用	29
1.2.7 复合系统对果园小气候的调节作用	33
1.2.8 土壤有机质, 土壤N、P、K和叶片N、P、K含量以及水土 保持能力比较	34
1.2.9 成果示范的效益	34
第二节 柑橘—草复合系统	35
2.1 柑橘害虫的防治现状	36
2.2 柑橘—藿香蓍复合系统的生态效应及对害虫的控制	37
2.2.1 复合橙园钝绥螨对橘全爪螨的控制作用	37
2.2.2 柑橘园间种藿香蓍后对其他病虫的控制作用	39
2.2.3 复合橘园微气候变化	40
2.2.4 复合橘园土壤养分及水土保持能力的变化	41
2.3 柑橘—藿香蓍复合系统节肢动物群落	42
2.3.1 柑橘园节肢动物群落的种类组成	42
2.3.2 杀虫剂对复合柑橘园节肢动物群落各类群数量比的影响	50
2.3.3 杀虫剂对复合柑橘园节肢动物群落各类群优势集中性的影响	50
2.3.4 杀虫剂对复合柑橘园节肢动物群落多样性的影响	55
2.3.5 柑橘园节肢动物群落的聚类分析	57
第三节 混交松林系统	58
3.1 植被多样性对节肢动物群落结构的生态效应	59
3.1.1 不同林分植物种类和数量	60
3.1.2 不同林分节肢动物群落的组成结构	61
3.2 混交林生境分化对节肢动物群落结构的影响	61
3.2.1 节肢动物群落结构的水平分化	61
3.2.2 节肢动物群落结构的垂直分化	62

3.2.3 节肢动物群落各类群的生态优势度	63
3.2.4 节肢动物群落物种丰富度随时间的变化	63
3.2.5 不同林分几种主要害虫及其天敌的数量随时间的变化	64
3.3 混交林节肢动物群落的多样性与稳定性	66
3.3.1 多样性与均匀性的生境分化格局	66
3.3.2 多样性与均匀性的空间分化格局	67
3.3.3 多样性与均匀性的时间格局	68
3.3.4 群落的相对稳定性	69
3.4 混交林节肢动物群落结构相似性	69
3.4.1 系统聚类	69
3.4.2 模糊聚类	70
3.4.3 主成分分析	71
第四节 茶—草复合系统	75
4.1 茶园病虫害防治研究概况	76
4.2 复合茶园节肢动物群落多样性	76
4.2.1 茶园节肢动物群落结构	76
4.2.2 茶园节肢动物群落多样性	78
4.3 复合茶园节肢动物群落稳定性	79
4.4 复合茶园害虫生态控制	81
4.4.1 复合茶园的害虫天敌	81
4.4.2 复合茶园害虫的生态控制	82
4.5 复合茶园中性昆虫种类组成	83
4.6 复合茶园土壤动物及土壤养分	84
4.6.1 复合茶园土壤动物	84
4.6.2 复合茶园土壤养分	85
4.7 复合茶园微气候调节	86
第五节 鼎湖山亚热带森林系统	88
5.1 鼎湖山季风常绿阔叶林及针阔叶混交林节肢动物群落 多样性调查	89
5.2 季风常绿阔叶林和针阔叶混交林两个层次亚群落节肢 动物物种数和个体数的比较	90
5.2.1 2001年5月不同林分节肢动物物种数和个体数的比较	90
5.2.2 2001年10月不同林分节肢动物物种数和个体数的比较	90
5.3 不同林分的害虫物种数和个体数的比较	91
5.4 不同林分的天敌物种数和个体数的比较	92
5.5 不同林分的节肢动物总物种数、天敌物种数与蜘蛛物种数 及其所占比例	92

5.6 不同林分节肢动物群落特征值比较	93
第六节 小良热带人工林系统	95
6.1 不同生境节肢动物群落结构比较	95
6.2 不同生境节肢动物群落特征值比较	96
6.3 不同生境的害虫和天敌	97
参考文献	100
第三章 国内外近10年间的部分相关研究(简述)	106
参考文献	120

Contents



Chapter One	Introduction	1
Section One	Relationship between polyculture ecosystem and biodiversity & stability	1
1.1	Vegetation diversity and diversity of arthropod community	1
1.2	Vegetation diversity and ecosystem stability	4
Section Two	Brief introduction of the “Studies on Diversity of Insect Community in Polyculture Ecosystems”	4
2.1	Polyculture ecosystems and their effect on pests control	4
2.2	“Studies on Diversity of Insect Community in Polyculture Ecosystems” — brief of the research and its effect	5
2.3	Analysis methods used in the study	6
References		11

Chapter Two	Types of polyculture ecosystems and the studies on diversity of insect community	15
Section One	Litchi polyculture ecosystem	15
1.1	Diversity of insect community in Litchi-Geomantic Forest ecosystem	16
1.1.1	Individual number of different arthropod groups and their richness	16
1.1.2	Population dynamics of the main pests	17
1.1.3	Seasonal changes of the diversity of arthropod community	18
1.1.4	The evenness of arthropod community	18
1.1.5	The dominance, the population dynamics and the dynamics of diversity and evenness of the parasitoids	20
1.2	Diversity of insect community in Litchi-Forage grass ecosystem	23
1.2.1	The individual number, the species richness and the evenness of different arthropod groups	23
1.2.2	Seasonal changes of the diversity of arthropod community	24
1.2.3	Stability of arthropod community	24
1.2.4	Cluster analysis on arthropod community	25
1.2.5	The seasonal dynamics of arthropod number and the dominant concentration of arthropod community	26

1.2.6	The control effect of natural enemies on pests in the Litchi-Forage grass ecosystem	29
1.2.7	Microclimatic modification effect of polyculture ecosystem in the litchi orchards	33
1.2.8	Comparison of the soil organic matter, the nitrogen, phosphorus and potassium in the soil, the leaf nitrogen, phosphorus and potassium and the soil and water conservation ability in the monoculture ecosystem and the polyculture ecosystem	34
1.2.9	Economic efficacy from the study	34
Section Two Citrus-Grass ecosystem		36
2.1	Research status of citrus pests control	36
2.2	Ecological effect of Citrus- <i>Ageratum conyzoides</i> ecosystem and its efficacy in citrus pests control	37
2.3	Arthropod community in Citrus- <i>Ageratum conyzoides</i> ecosystem	42
Section Three Mixed pinewoods ecosystem		58
3.1	Study on the ecological effect of vegetation diversity on arthropod community structure in mixed pinewoods ecosystem	59
3.2	Differentiation of arthropod community in mixed pinewoods ecosystem ..	61
3.3	Diversity and stability of arthropod community in mixed pinewoods ecosystem	66
3.4	Structural similarity of arthropod community in mixed pinewoods ecosystem	69
Section Four Tea-Grass ecosystem		75
4.1	Summary of recent studies on the control of pests, diseases and weeds at tea plantations	76
4.2	Diversity of arthropod community in Tea-Grass ecosystem	76
4.3	Stability of arthropod community in Tea-Grass ecosystem	79
4.4	Ecological control of pests in Tea-Grass ecosystem	81
4.5	Composition of neutral insect community in Tea-Grass ecosystem	83
4.6	Soil animals and soil nutrient in Tea-Grass ecosystem	84
4.7	Microclimate adjustment in Tea-Grass ecosystem	86
Section Five Subtropical forest ecosystems on the Ding-hu Mountain, Zhaoqing, China		88
5.1	Investigation on the diversity of arthropod communities in monsoonal evergreen broad-leaved forest and coniferous & broad-leaved mixed forest on the Ding-hu Mountain	89
5.2	Comparison of the number of arthropod species and individuals between	

the monsoonal evergreen broad-leaved forest and the coniferous & broad-leaved mixed forest on the Ding-hu Mountain	90
5.3 Comparison of the number of pest species and individuals among different types of forests	91
5.4 Comparison of the number of natural enemy species and individuals among different types of forests	92
5.5 The total number of arthropod species and the species number of natural enemies and spiders in different types of forests, and their proportions	92
5.6 Comparison of the characteristic values of arthropod communities in different types of forests	93
Section Six Tropical artificial forest ecosystems in Xiaoliang, Maoming, China	95
6.1 Community structures of arthropod of different habitats	95
6.2 Comparison of the characteristic values of arthropod communities in different habitats	96
6.3 Pests and natural enemies in different habitats	97
References	100

Chapter Three Brief description on present studies related to the subject of “Diversity of Insect Community in Polyculture Ecosystems”	106
References	120



第一章 绪论

生物资源是人类赖以生存的基础。然而由于人类活动的加剧,引起了全球环境的很大变化,人口、资源、环境、粮食与能源已成为当今世界的五大危机,这些危机的解决都与地球上的生物多样性有着密切的关系(马克平等,1994)。最大限度地保护生物多样性已成为国际社会关注的热点。在农业、林业上,由于不科学地追求高产,形成品种单一化,导致多样性下降、病虫害爆发和对其他自然危害的抵御能力降低,研究农林复合生态系统的功能成为联合国粮农组织和一些国家重视的课题。传统的单一种植方式(尤其是坡地),不能充分利用环境空间资源,其对生态及环境带来的弊端(如水土流失、土地退化、多样性丧失)日见显现。而复合种植系统与其他类型的农林复合生态系统是资源持续利用、持续发展和生态系统协调的极具潜力的模式。真正系统地开展对农林复合系统的研究是近20年的事,而且几乎集中在对复合系统第一性生产的植物上,极少从群落的水平上研究复合系统的重要组分——昆虫群落的结构与功能。研究农林复合系统昆虫群落多样性及害虫的控制是对农林复合生态系统研究内容的扩展,是农林复合系统整体效益评价的不可缺少的内容。

第一节 农林复合生态系统与系统生物多样性和稳定性

1.1 植物多样性与昆虫群落多样性

研究复合系统中害虫的数量已有较多的报道。有些试验证明植物多样性丰富的系统植食性昆虫减少,但也有的研究认为某些复合系统可导致特定害虫的发生。虽然研究结果不一,但总是复合系统中的昆虫群落多样性显著高于传统的单一种植系统的昆虫群落多样性(Risch *et al.*, 1983; Baliddawa, 1985; Andow, 1991)。Andow (1991)对209篇文献中的287种植食性昆虫进行统计,结果有52%的种类在农林复合生态系统中的数量是减少了,只有15%的种类数量增加了,其余的未能确定或两者间无差异。Stamps等在1998年对88篇有关论文分析后认为,比起农田生态系统的昆虫群落多



样性研究, 针对森林方面的研究较少。农林复合系统相对于传统的农业耕作措施, 它的优点是系统的生物多样性增加而导致的 (Holloway *et al.*, 1991), 动物多样性是与植物多样性相关的 (Murdoch *et al.*, 1972)。在农林复合系统中的树木和作物结合, 在时间和空间上均比一年生作物的复合种植具有更大的生态多样性和复杂性, 因此在增加昆虫多样性以减少害虫方面有很好的应用前景。

景观贫瘠与农业病虫害发生的相关性已引起研究者和有机农业生产者的注意, 他们意识到要努力使景观生境变得丰富以减少病虫害的发生。尽管有机耕作有利于大自然, 但是在有机农业中已经出现景观分离的威胁: 景观分化为5%的生境小区 (可接受范围) 和95%的密集型耕作的生产区域。因此, 下一步的目标是将分离的景观发展为一个将生物多样性与有机农业生产方式结合起来的整体 (van Elsen, 2000)。

关于植物多样性影响害虫种群数量的生态学机制主要有两种假说, 即资源集中假说和天敌假说。Tahvanainen等 (1972) 提出: 与单一物种的作物系统相比, 多物种的植物组合产生协同相互作用以减少植食性昆虫为害, 他们称之为“联合抗性”。Root (1973) 对“联合抗性”的作用机制提出了两种假说: 一是资源集中假说, 二是天敌假说。Stamps等 (1998) 对与两种假说有关的文献进行了如下的综述。

资源集中假说认为, 多物种植物环境中的植物比单物种环境中的植物对于昆虫相对地不那么显现 (或吸引)。该假说是以植食性昆虫的行为以及它们如何接受来自寄主植物的视觉上和化学上的刺激为根据的。资源集中假说中有3个重要的方面: (1) 寄主植物的密度; (2) 地块的大小; (3) 地块内的多样性 (Kareiva, 1983)。根据该假说, 与跟其他植物混合种植的寄主植物相比, 植食性昆虫在大面积的、密植的、单一品种的寄主植物上降落并停留的可能性更大 (Root, 1973; Feeny, 1976)。Dempster等 (1974) 发现, 菜蚜 [*Brevicomys brassica* (L.)] 和甘蓝根蝇 [*Erioischia brassicae* (Bouche)] 进入复合种植系统中的数量比进入单一种植系统中的要低。

资源集中也可能影响昆虫的迁移行为。由于昆虫在多物种种植系统中偶然会降落在非寄主植物上, 因此昆虫很可能会离开该种植系统。它们从非寄主植物上频繁迁出, 从而增加其离开作物区域的可能性 (Andow, 1991)。Power (1987) 指出, 玉米叶蝉 (*Dalbulus maidis* DeLong) 从玉米和豆科作物复合种植系统中的迁出率比从玉米单一种植系统中的迁出率高。

天敌假说预示了复合系统中的自然天敌将比单一作物系统中的丰富, 而且多物种植物系统中的天敌活动将可导致植食性昆虫种群密度下降 (Root, 1973)。以一种或少数几种猎物 (或寄主) 为食 (或寄生) 的自然天敌可能更丰富, 这是由于复合系统可为其猎物/寄主提供栖息场所, 使猎物/寄主不至于被其天敌所灭绝, 从而稳定了捕食者—猎物或寄主—寄生性天敌之间的关系 (Root, 1973; Watt, 1992)。广食性天敌也可能丰富, 这是由于它们在复合系统中可以利用的猎物/寄主的种类更多。当不同的猎物种类随时间推移而变为可利用时, 这类天敌也能利用更多种类的猎物/寄主 (Elton, 1927; Andow *et al.*, 1985; Sheenan, 1986; Letourneau, 1987)。天敌假说也预示了, 与单一系统相比, 在复合系统中植物的花粉和蜜露资源可提高寄生性天敌丰富度



(Bugg *et al.* , 1987; Andow, 1991)。

尽管如此,复合系统的结构也可能会对自然天敌产生某些负面影响。复合系统中的多物种植物群落可能破坏了植物寄主发出的化学信号,从而使天敌的猎物/寄主较难降落至该植物寄主上,因此,广食性天敌的丰富度可能会下降。自然天敌很可能会由于复合种植系统中植被的界线不明显而从系统内迁出。同时,多植物种植系统在结构上是多层次的,因此,它可以反过来影响寄生性天敌寻找寄主的几率(Sheenan, 1986; Andow *et al.* , 1990; Coll *et al.* , 1996)。减弱资源集中可以反过来影响广食性天敌在复合种植系统中的迁入和迁出。墨西哥豆的瓢虫柄腹姬小蜂(*Pediobius foveolatus*)被释放在试验田块后,尽管在混种地比在单一种植地的寄生率高,但该寄生蜂较少迁入豆类和玉米间种的农田,反而是较频繁地迁出,但是在豆类单一种植的农田情况则正好相反(Coll *et al.* , 1996)。虽然Coll等(1996)证实了资源集中假说反作用于一种广食性天敌的迁入,但他们也将寄生蜂种群在间种地内积累归结为其他有利因素(如间种地较为荫蔽)的影响。

几位研究者也公布了他们的调查结果来支持天敌假说。Russell(1989)对已发表的关于天敌假说的研究试验作了评述,并指出:在9项试验中,多样化较高的种植系统内由于捕食或寄生而引致的害虫死亡率比多样化较低的种植系统的高,另两项试验研究中前者的害虫死亡率是低于后者的,余下的两项则是两者无差异。Dempster等(1974)发现,在复合种植系统中的菜青虫[*Pieris rapae* (L.)]被步甲和一种盲蛛捕食的捕食率高于在单一种植系统中的捕食率。Altieri等(1986)发现,在被废弃的进行过有机生产的苹果园中,捕食者的数量随着植被多样化的降低而减少。植物多样性最大的果园中的昆虫捕食率是最高的,相反,植食性昆虫则随着植物多样性的增加以及果园管理强度的增大而减少。

两种假说都预示了在复合种植系统中单食性的植食性昆虫将减少,但是对杂食性的植食性昆虫的影响则不明确。天敌假说预示了在多样性的植物系统中较少杂食性的植食性昆虫,然而资源集中假说则表明杂食性的植食性昆虫在多样性植物系统中的数量可能跟在单一系统中的相等或者更多(Risch *et al.* , 1983)。Risch等(1983)总结了150项研究后指出:在多样化的系统中,杂食性害虫比单食性害虫具有明显的高虫口密度,这表明了,在解释联合抗性时,植物资源的集中可能比自然天敌动态更为重要。相反,Sheenan(1989)对13项研究作了总结,其中在9项研究中,复合种植系统中害虫的死亡率比单一种植系统的高。

尽管一直以来资源集中假说和天敌假说在解释联合抗性时所表现出的相对重要性一直受到争论,但是这两种假说都不互相排斥对方(Risch, 1981; Risch *et al.* , 1983; Sheenan, 1986)。在当前,人们较偏向于资源集中假说。Risch(1981)发现,没有证据可证明自然天敌可引起叶甲种群密度在豆类单一种植系统和复合种植系统之间的差异。复合种植系统中较低的叶甲种群密度可能是由于资源集中作用的结果。Bach(1980)发现,复合种植系统中瓜条叶甲[*Acalymma vittata* (Fabricius)]成虫的迁出率和迁入率可影响其种群密度。

Risch等(1983)的研究表明,天敌在自然界中可能比在受干扰的栖境中在调节植



食性昆虫上更加有效。在比较了一年生植物系统以及多年生植物系统后,他们认为,如果自然天敌是重要的,那么随着多年生植物系统对害虫种群的抑制,天敌调节害虫这种作用应该会出现。但也有文献报道,多样化的多年生植物系统中植食性昆虫种类比多样化一年生植物系统的明显地多,而且虫口密度高(Risch *et al.*, 1983)。

上述两种假设都有实例支持,但无论是害虫或天敌,在长期的自然选择过程中,都形成了一套或几套适合自然的特有的生存机制,对环境中的自然发生的物理的、化学的和生物的因素有各自的识别方式,如果这些因素受到干扰或变化,则可对害虫或天敌的活动以至生存产生有益的或有害的影响。因此,对于不同类型的、一年生或多年生植物的生态系统的害虫和天敌影响的生态机制需分别加以深入研究。

1.2 植物多样性与系统稳定性

生态系统稳定性包括两个方面的含义:一方面是系统保持现行状态的能力,另一方面是系统受干扰后回归该系统的倾向,即受扰后的恢复能力。多样性与稳定性关系问题,在理论生态学上,一直是个有争议的问题。但生态系统的网状食物链结构的增加,使各级消费者对资源有较多的选择和获得替代资源,系统保护现状的能力得以加强,这无疑可以使生态系统更趋于稳定。系统的基因和物种多样性以及它们的功能和相互作用为系统提供了能自然稳定系统的基础(Perry *et al.*, 1990)。复合种植系统也不例外地增加了系统的基因多样性和物种多样性,使系统更趋于稳定。

生物多样性是生态系统持续发展和生产力的核心,其主要作用包括3个方面(张维平, 1994): (1)生物多样性在复杂的时空梯度上维持生态系统过程的进行; (2)生物多样性是生态系统抗干扰能力和恢复能力的物质基础,生态系统中存在功能相似的许多生物,多样性是生态系统稳定性和功能优化的基础; (3)生物多样性是生态系统适应环境变化的物质基础。因此,复合种植系统是维持、保护和利用节肢动物群落多样性的一种很好的模式。

复合系统虽然较单一系统稳定,但农业系统是一种人工的、开放的生态系统,较多地受到人为耕作和周围环境的影响,不稳定的因素仍时有发生,昆虫间的平衡因此可能受到干扰或破坏。因此,对害虫种群的监测是害虫持续控制必不可少的重要组成部分。只有通过监测才能准确地评估害虫及天敌的动态,为适时采取有效的措施提供指导。

第二节 “复合种植系统昆虫群落多样性研究”的内容及效果简述

2.1 复合种植系统与害虫控制

自然生态系统都具有自身调节系统内各因子平衡的能力,也具有一定抗外界干扰