



现代生物农业·植物保护

STUDY OF THE ARTHROPOD COMMUNITY
DIVERSITY AND *OULEMA ORYZAE*
IN COLD RICE FIELDS

寒地稻田节肢动物群落多样性 及水稻负泥虫的研究

王丽艳 金永玲 / 著



科学出版社

寒地稻田节肢动物群落多样性 及水稻负泥虫的研究

王丽艳 金永玲 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书主要介绍了黑龙江省寒地稻田节肢动物群落多样性及水稻负泥虫两方面的研究内容。一方面在对寒地稻田节肢动物群落调查研究的基础之上,从顶位物种、中位物种、基位物种的角度研究分析了施用不同农药、不同肥料对寒地稻田节肢动物群落多样性的影响。另一方面对寒地稻田主要害虫水稻负泥虫进行了系统研究,主要研究了不同地理种群水稻负泥虫的遗传多样性、水稻抗性品种互作体系关系、杀虫剂对水稻及水稻负泥虫的双向影响和水稻负泥虫防治药剂筛选等内容。最终将研究成果水稻田节肢动物多样性、水稻抗负泥虫的生理生化机制、杀虫剂胁迫对水稻负泥虫及水稻和主要天敌蜘蛛的影响、适于水稻负泥虫高效、低毒、低残留杀虫剂筛选四个方面进行总结。全书从水稻品种的布局、水稻负泥虫抗性品种的选育、田间天敌保护及低毒、高效、安全农药筛选等,为水稻负泥虫的综合治理可持续控制策略提出了具体措施,同时也为寒地稻田其他有害生物治理提供参考。

本书可以作为农业科研、技术推广及生产决策相关科研及技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

寒地稻田节肢动物群落多样性及水稻负泥虫的研究 / 王丽艳, 金永玲著. —北京: 科学出版社, 2014.8

ISBN 978-7-03-041570-7

I. ①寒... II. ①刘... ②金... III. ①稻田-节肢动物-动物群落-研究②稻田-稻负泥虫-研究 IV. ①Q959.22②Q969.48

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 180655 号

责任编辑: 张海洋 矫天扬 / 责任校对: 陈玉凤

责任印制: 徐晓晨 / 封面设计: 耕者设计工作室

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>

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 8 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2014 年 8 月第一次印刷 印张: 14 1/8

字数: 278 000

定价: 80.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

水稻是主要的粮食作物之一，全世界近一半的人口以稻米为主食。我国的水稻种植面积居世界第二，水稻产量的高低已成为左右国家粮食供求形势的重要因素。水稻害虫为害是世界各水稻生产国水稻产量损失的重要原因。如何解决因害虫引起的水稻减产而导致的粮食安全问题，已经成为限制水稻产业发展的瓶颈问题之一。近三十年来，伴随着“石油农业”在中国的迅速发展，很长一段时间，生产中过度依赖化学农药进行害虫治理，虽然取得了一定的效果，但伴随而来的食品安全、资源枯竭、环境恶化、农田生态系统逐渐恶化等问题也越来越引起了人们的关注。

20 世纪 60 年代以来，化学杀虫剂的大面积应用，在杀死稻田害虫的同时，也杀死了益虫和中性节肢动物，破坏了水稻田的生态平衡，使节肢动物群落稳定性降低，也使得一些次要害虫上升为主要害虫，水稻害虫的为害日益猖獗。近年来，综合防治已经成为国内外在水稻害虫防治的主要思路，农田生态系统的系统功能性也得到了人们的重视。农田生态系统的恢复性建设及系统功能持续发展，需要保持生物群落生态系统中活性成分的循环和发展，需要从系统和群落的水平入手，揭示害虫发生及天敌繁衍的生态学机制，制定以利用品种抗性、生境调节和天敌为基础的农业害虫可持续控制策略和措施。

黑龙江省具有独特的地理位置和特殊的生态条件，稻田节肢动物种类繁多，群落结构复杂，系统内各物种相互联系、相互制约的关系又错综复杂。为充分利用自然资源，为稻田有害生物经济有效的综合治理寻求理论依据，进行节肢动物群落生态学的深入研究是最基础又十分必要的工作，也具有极高的现实指导意义。黑龙江省水稻害虫发生的种类及特点与其他生态区相比有很大的差别。著者及所在的黑龙江八一农垦大学相关团队自 1995 年以来，对黑龙江省水稻主产地田间生物多样性进行了调查和研究。多年的调查结果表明，水稻负泥虫是黑龙江水稻田主要害虫，是生产过程中需重点防治的对象之一。近年来，水稻负泥虫发生范围逐渐扩大，危害加剧，发生面积和危害程度呈逐年上升趋势，部分产地危害造成的产量损失最高年份可达 40% 以上，成为影响水稻产量的主要因子之一。因此，针对黑龙江特殊的地理及气候条件，对水稻田节肢动物群落多样性和水稻负泥虫的生物学、生态学及水稻受其危害后的响应机制等方面进行系统研究，对建立适

合黑龙江寒地稻区水稻负泥虫的可持续控制技术体系,实现寒地水稻高产优质具有重要的理论与现实意义。

为实现对黑龙江寒地水稻田害虫的可持续控制,在多位教师、研究生及在校课题组本科生的帮助下,在黑龙江省科技厅、黑龙江省农垦总局科技局的大力支持下,自2000年以来,完成了“寒地水稻病虫害综合防治的研究”、“寒地水稻害虫种类调查研究”、“利用生物多样性原理对寒地农作物害虫进行可持续控制的研究”等多项课题研究。对黑龙江省垦区红兴隆、牡丹江、建三江、宝泉岭、绥化、北安、齐齐哈尔分局的几十个农场进行了水稻害虫发生种类普查;2011~2014年,在黑龙江八一农垦大学博士点基金的资助下,依托黑龙江省普通高校寒地作物种质改良与栽培重点实验室,进行了“不同抗性水稻对水稻负泥虫胁迫应答的生理生化机制研究”的课题研究。多年的研究取得了丰硕的研究成果,发表相关论文7篇,其中的许多研究内容达到国内领先水平,填补了国内的空白,可为水稻产业的可持续发展提供科学保障,其中害虫的可持续控制技术已在黑龙江垦区大面积推广,取得了显著的经济和社会效益。在此,对多年来所做的研究进行了总结,并结合课题研究成果著成专著,奉献社会,可供有关生产部门、科研部门和教学部门参考。在此,我对在试验研究过程中提供过帮助的所有同志表示由衷的感谢!

本书所著内容以著者的科研成果为主,均为著者已发表或即将发表的研究资料。本书著者:王丽艳(黑龙江八一农垦大学农学院教授,博士,硕士研究生导师);金永玲(黑龙江八一农垦大学农学院讲师,在读博士)。书中图片由王丽艳拍摄。全书共分四章,第一章、第三章由王丽艳执笔(约16万字);第二章、第四章由金永玲执笔(约14万字)。

限于水平和时间,书中难免有错误和不妥之处,敬请专家、同仁和广大读者批评指正。

王丽艳
于黑龙江八一农垦大学
2014年7月10日

目 录

前言

第一章 黑龙江寒地水稻田节肢动物多样性研究	1
第一节 节肢动物群落多样性研究进展	1
第二节 黑龙江垦区水稻害虫种类调查	10
第三节 寒地水稻田节肢动物种类调查	15
第四节 杀虫剂对寒地稻田节肢动物群落多样性的影响	20
第五节 施肥对寒地稻田节肢动物群落多样性的影响	35
第二章 水稻负泥虫的研究	51
第一节 温度对水稻负泥虫生长发育的影响	51
第二节 黑龙江寒地水稻负泥虫种群多样性分析	54
第三节 水稻不同品种对水稻负泥虫的抗性研究	69
第四节 水稻负泥虫胁迫下水稻生理响应的研究	81
第五节 水稻不同品种次生物质对水稻负泥虫的影响	100
第六节 水稻负泥虫胁迫下的水稻次生物质分析	111
第七节 小结	126
第三章 杀虫剂胁迫对水稻负泥虫发生的影响	129
第一节 概述	129
第二节 杀虫剂胁迫下水稻生理指标的变化	134
第三节 杀虫剂胁迫下水稻负泥虫体内保护酶及解毒酶变化	154
第四节 杀虫剂胁迫对寒地稻田优势种蜘蛛的影响	167
第五节 小结	175
第四章 黑龙江寒地水稻负泥虫可持续控制技术	177
第一节 害虫综合治理研究进展	177
第二节 杀虫剂对水稻负泥虫的控制效果评价	180
第三节 寒地水稻负泥虫可持续控制策略	186
附录	191

第一章 黑龙江寒地水稻田节肢动物多样性研究

第一节 节肢动物群落多样性研究进展

1 我国节肢动物群落的研究进展

研究节肢动物的多样性,是研究群落功能的基础,因节肢动物多样性和群落的稳定性是反映整个群落生态组织水平功能的重要特征,节肢动物多样性可以通过观察、统计测得,对反映群落的结构水平很重要,节肢动物多样性可以反映群落的丰富度,同时可以反映地理条件以及生态环境对群落发展的影响。

1.1 节肢动物群落调查与分析方法

1.1.1 调查方法

节肢动物群落的调查方法较多,其中常用的有目测法、盆拍法、网捕法、灯诱法、吸虫器法。这五种方法各有所长,其中吸虫器法较适于群落的采样。亦可采用多种方法结合进行取样,如尤民生 (1989) 结合网捕法、手捕法和灯诱法对稻田节肢动物群落进行研究,而陶方玲和梁广文 (1995) 则采用了网捕法、盆拍法和手捕法。也有人采用吸虫器取样法,盆拍或者直接用目测等方法进行多样性研究。

1.1.2 分析方法

不同学者根据研究目的采用的指标不同,与其相应的计算方法也有所不同。在节肢动物群落研究中,常用的群落结构特征和动态分析指标有:物种个体数量、物种丰富度、生态位、优势度指数、多样性指数、均匀性指数、优势集中性指数、相似系数及其对应的相异系数等。在这些指标中,大多数存在多种计算方法。

如物种数用丰富度 S 表示,就是群落中节肢动物的物种数;而多样性用多样性指数 H' 表示,计算公式为 $H' = -\sum P_i \ln P_i$, 式中 P_i 为第 i 个物种的数量占有所有物种总数的比例,用 Shannon 的信息多样性指数表示;均匀性指数用 E 表示,公式为 $E = (-\sum P_i \ln P_i) / \ln S$, 用 Shannon 的信息多样性指数与理论最大多样性指数的比值来表示;而群落的物种个体数 N , 用全部物种的个数之和表示。

生态位的研究方法：生态位一般用生态位的宽度和重叠参数来衡量，生态位宽度 (B_i) 采用 $B_i = 1/n \sum P_{ik} P_{jk}^2$ 计算公式来计算物种间的生态位宽度。生态位重叠 (L_{ij}) 计算公式 $L_{ij} = n \sum P_{ik} P_{jk}$ 计算，式中， n 代表资源单元数， P_{ik} 、 P_{jk} 为第 i 物种与第 j 物种在第 k 资源所占的比例。另外群落常用排序方法为系统、模糊聚类、主成分分析、最优分割和灰色关联度等多种方法。

1.2 节肢动物群落组成结构及特征

1.2.1 节肢动物群落多样性

现代生态学研究的核心内容是群落多样性的研究，群落多样性的研究不仅与整个农田生态系统，而且与人类的生存和发展关系紧密。生态系统中主要的天敌类节肢动物蜘蛛的生活环境范围非常广泛，而且蜘蛛的适应机制比较独特，对环境的反应较敏锐，所以不同环境中种类和数量会发生较大变化，正是这一原因致使其群落的结构更加复杂，所以在研究群落结构时，大多集中在对蜘蛛群落的研究。早在 20 世纪 80 年代，有关蜘蛛群落研究就已经开展，如 1982 年，叶正襄和汪笃栋研究了稻田蜘蛛的种群动态及其对害虫的控制效果。随着首届蜘蛛研讨会的召开，蜘蛛生态学等方面的研究开始快速发展。吴亚和金翠霞于 1986 年开展了对稻田蜘蛛的群落结构及其动态的研究，先后有很多种类蜘蛛的生物学和生态学特性得以系统研究。生物学部分研究运用田间观察与室内、外饲养相结合的方法，对一些蜘蛛种类的发生时期、发育历期、生活习性、生殖方式、产卵和羽化特性等方面进行了详细研究，而生态学部分主要是研究蜘蛛种类的捕食习性，包括对不同昆虫的捕食行为、方式，以及捕食功能，构建功能模型，研究温度、湿度对蜘蛛种群变化动态的影响等。侯有明等对菜田节肢动物群落研究发现，菜田节肢动物群落物种丰富度很大，不同蔬菜田物种组成不同，由于蜘蛛和捕食性天敌对害虫的控制作用，使得群落多样性指数较高，另外，在菜田中害虫的丰富度较小，中型昆虫种类在节肢动物中所占比例较高，节肢动物在菜田中形成相互制约、相互作用的动态种群。从营养与取食角度，将桃园节肢动物群落划分为植食性昆虫(害虫)、捕食性天敌、寄生性天敌和中性昆虫几类。通过分析这些类群的动态变化、群落功能等特征，发现优势集中性指数表现为：植食性害虫>捕食性天敌>寄生性天敌，多样性指数表现为：捕食性天敌>总群落>植食性害虫。多样性指数也表现为：捕食性天敌>总群落>植食类害虫。郭玉杰等 (1994) 对水稻田的节肢动物群落的研究表明，中性昆虫在稻田节肢动物群落中发挥着桥梁作用，中性昆虫在水稻生长前期为捕食者的主要猎物，其丰富度的比例很高，可有效地维持天敌的种群数量。吴进才等 (1993)、郝树广等 (1998) 把稻田节肢动物群落按营养和取食关系划分为三个营养层，即基位物种、中位物种、顶位物种和不同的功能集

团,在物种、功能集团和营养层三个层次上,探讨了群落的营养结构和多样性。丁伟等(2002)将玉米地节肢动物按营养关系进行了划分和归类,并以功能集团为单位,分析了节肢动物群落的组成结构及动态规律,将害虫划分为优势功能集团,首次应用于害虫的综合防治。总之,不同类型田的节肢动物群落具有不同的组成和多样性。

1.2.2 节肢动物群落生态位的研究进展

在捕食性天敌捕食害虫的过程中,因为一种天敌能捕食多种害虫,同时一种害虫也可能被多种天敌所捕食,这样天敌与害虫构成了一个错综复杂的网络系统,在这个系统中,天敌和害虫都有自己的栖境生态位,所以了解了天敌的栖境生态位,也就明确了群落的结构、天敌的捕食效应,以及天敌与其他成员(如害虫)间的关系,这样对保护、利用天敌,合理进行化学防治及害虫生物防治,具有一定的理论指导意义。如吴进才等(1993)研究了稻田捕食性天敌与害虫稻飞虱的栖境生态位,并研究了多个物种的栖境生态位与各天敌的关系。王智等(2002)在研究稻田蜘蛛优势种和目标害虫的时间生态位时发现,害虫生态位宽度值的大小变化能够影响蜘蛛的生态位宽度值,早、晚稻田蛛、虫生态位重叠指数值不一致。李生才等对棉田的节肢动物生态位进行了分析,明确群落中各物种对时、空的资源利用程度及关系。一般来说,生态位宽度可以反映天敌的活动范围和强度。目前,生态位的研究多与种间竞争相联系。通过研究竞争物种对空间、时间和食物资源的分配策略探讨竞争共存机制、协同进化、多物种群落的演替及多样性的生态学问题。

1.2.3 节肢动物群落的演替

群落结构随时间变化而发生变化的现象,是节肢动物群落的一种重要动态特征,这一特征称为群落的演替。在不同生态环境下,不同品种、不同耕作制度,以及采取的害虫控制措施不同,必然会影响害虫的种类,从而影响整个节肢动物群落,所以研究群落的演替对于生态学、群落学等领域的研究至关重要。胡阳等(1998)将浙江省富阳市的稻田节肢动物群落划分为扩展期、波动期、衰退期三个阶段,利用这三个阶段来研究群落的演替过程。将稻田节肢动物群落分为天敌、害虫、中性昆虫三个亚群落。这三种亚群落的演替过程并不同步。人为天敌亚群落也与害虫亚群落具有相似性,但数量消长并不呈正相关而呈负相关。枣园调查研究表明,随季节变动,节肢动物群落也有季节性变动趋势,从休眠状态到开始出蛰活动的种类、个体数量少和多样性低,到后来的种群建立,各种节肢动物由外界陆续迁入,种群逐渐丰富,数量也开始逐渐增多、优势种开始出现。随着时间的延续,优势种发生了变化,个体数量开始增大,园内、外各种作物和杂草的

生长,为节肢动物提供了丰富的食物源及活动和隐蔽繁殖的场所,导致多样性开始增加。到了枣树幼果期,枣园环境变化更趋复杂,丰富的食物为害虫提供更多的食料,气候适宜更加快了节肢动物的繁殖速度,群落各功能团中各物种的种类和数量更是明显增多,此时是全年节肢动物群落各营养层多样性达到较高的时期。等到枣果收获季节植被减少,气候变得恶劣,这些原因导致害虫食料短缺,害虫开始进入休眠或准备过冬时期,节肢动物群落各营养层多样性指数开始降低。不仅在果园,在其他农作物田节肢动物群落变化也大多随季节变化而呈现出类似的变化趋势。

1.3 不同类型植物田节肢动物多样性研究

迄今为止,果树园节肢动物群落的研究比较广泛,如在桃园中节肢动物群落可划分为植食类(大多是害虫)、捕食类(天敌)、寄生类(天敌)和中性类几个亚群落。各亚群落的优势度大多表现为植食害虫类大于捕食天敌类,捕食天敌类大于寄生天敌类;多样性指数为捕食天敌类亚群落大于节肢动物总群落,大于植食类节肢动物亚群落。黄保宏等(2005)采用物种多样性、均匀性、优势度指标测定梅园昆虫群落的时间结构变化,结果表明,季节变化对梅园昆虫群落物种数、多样性指数、均匀性指数影响较大,随季节推移,各个参数逐渐增加,优势种群也随季节而变化。在节肢动物主要成分分析中,食叶性昆虫及刺吸性昆虫在群落中具有重要作用,刺吸性昆虫与捕食性昆虫的发生、发展趋势一致,不同月份群落的相似系数不同,8月份是昆虫大群落时期。周夏芝等采用通径分析方法分析了葡萄园害虫—天敌群落,植食性害虫亚群落和捕食性天敌亚群落多样性指数与群落其他指数之间的关系,结果表明,葡萄园害虫和天敌群落多样性指数与均匀度指数呈正相关,其优势度指数和优势集中性之间呈负相关,植食性害虫亚群落多样性指数与均匀度指数之间呈极显著相关,捕食性天敌亚群落多样性指数与优势集中性和优势度之间均达到极相关水平。在永泰脐橙园有节肢动物157种、176727个个体,其中害虫68种,中性昆虫21种,天敌68种,包括56种捕食性天敌和12种寄生性天敌。害虫类群的优势种为柑橘红蜘蛛 *Panonychus citri* Megregor、柑橘粉虱 *Dialeurodes citri* (Ashmead) 和柑橘潜叶蛾 *Phyllocnistis citrella* Stainton,常见种为橘二叉蚜 *Toxoptera aurantii* Boyer de Fonscolombe,偶见种为绣线菊蚜 *Aphis citricola* Van der Goot 和桃蚜 *Myzus persicae* Sulzer。捕食性天敌主要是螨类和小黑蜘蛛等,寄生性天敌主要为小蜂、赤眼蜂及细蜂等,除此以外还有一些中性昆虫,主要为蚊类和蜜蜂等。脐橙园节肢动物群落总体的多样性指数和均匀性指数较低,优势集中性指数较高,整个节肢动物群落特征是个体分布不均匀,优势种数量较高,天敌对害虫起到明显的控制作用。尤其在冬春季捕食性天敌对害虫的控制起主导作用。李先秀等(2008)将杏园节肢动物群落物种群落划

分为植食类、捕食类、寄生类、中性类,结果显示杏园内共有昆虫 59 种,其中捕食类天敌有 16 种,植食类昆虫有 37 种,寄生类及中性类昆虫共 6 种,植食类相对丰盛度大于捕食类相对丰盛度,不同月份的节肢动物群落多样性和均匀性随季节不同呈现明显的波动性。杨梅园节肢动物群落及其数量动态研究结果发现,杨梅基地节肢动物有 359 种,余姚杨梅基地有 256 种,黄岩杨梅基地有 232 种。其中同翅目、半翅目、直翅目、鳞翅目、鞘翅目、双翅目、膜翅目、蜘蛛目是杨梅园节肢动物群落的优势目,在诸多目昆虫中,又以双翅目所占的比重最大,果蝇是杨梅园主要的害虫种类。按照昆虫的食性及对杨梅生长的影响,把杨梅园节肢动物群落划分为害虫功能团、天敌昆虫功能团、中性昆虫功能团及蜘蛛功能团。在杨梅成熟过程中,害虫数量可以被控制在一定水平之下,天敌昆虫和蜘蛛的数量有一定的互补性。常晓冰等 (2005) 对 5 种不同管理类型枣园中的天敌昆虫群落结构特征进行了分析和研究,结果表明,枣园天敌昆虫群落结构指数随季节变化而变化,随枣园里植物的多样性提高而增加。不同管理措施,枣园中天敌昆虫群落结构指数也有一定的差异,有草及用药对枣园天敌昆虫的物种数、总个体数及多样性指数有一定影响。生态系统多样化的枣园天敌昆虫更为丰富和多样。增大天敌昆虫的种群数量,可以通过植物多样性的增加、调整作物间作结构、改善天敌昆虫的生存环境及减少用药次数来实现。

蔬菜田中,油菜田整个生育期节肢动物种类丰富,卢申等 (2008) 调查油菜田节肢动物共 52 种,同翅目昆虫的相对丰盛度最高,其次为双翅目昆虫,采用模糊聚类分析发现,不同时间油菜田节肢动物群落可分为群落建立阶段的动态类型,节肢动物大量迁入阶段的动态类型,蚜虫大发生阶段的动态类型和相对稳定阶段的动态类型 4 类。徐增恩等对秋季花椰菜田节肢动物群落的研究表明,花椰菜田共有害虫 8 种,捕食性天敌 7 种,寄生和中性昆虫 3 种,其中危害严重的是烟粉虱和甜菜夜蛾,主要天敌是蜘蛛类。

不同作物田节肢动物多样性以水稻田研究居多,一般学者从生态学营养关系上,将稻田节肢动物群落的组成划分为害虫、天敌及腐生类和水生类。从营养和取食关系上,把水稻田节肢动物群落划分为基位物种、中位物种和顶位物种三个营养层和不同的功能集团,从物种、功能集团和营养层这三个层次上,探讨群落的营养结构和多样性。此外,棉田、玉米田等作物田的群落组成和功能的研究都得到广泛开展。不同类型的节肢动物群落组成、群落多样性明显不同。

1.4 不同耕作、管理措施对节肢动物多样性的影响

不同耕作及管理措施对节肢动物群落的结构组成及多样性有一定程度的影响,钟平生等研究了不同耕作方式对稻田节肢动物群落的影响,结果表明,有机耕作、纯化肥、常规耕作水稻田中各种节肢动物所占比例有一定差异,有机耕作

区害虫的发生数量最少,天敌对害虫有较强的控制作用,纯化肥区害虫的发生数量较多,常规耕作区害虫总数最多,天敌对害虫的控制作用最弱,实施有机耕作能够增强稻田自然天敌对害虫的控制作用。脐橙园内节肢动物在不同管理模式下的多样性结果是,天敌数量和所占比例均为生防园大于化防园,中性昆虫数量和所占比例均为化防园大于生防园,而害虫数量为生防园大于化防园,但是所占比例为生防园小于化防园,在生防园可以吸引更多的节肢动物,增加脐橙园物种多样性,而吸引的天敌种类也会增加。在脐橙园中进行生态控制的防治效果可以达到化防园的防治效果。曾赞安和梁广文在 2004~2005 年对珠海市斗门区的有机荔枝园、失管荔枝园和常规荔枝园节肢动物群落调查结果表明,不同管理方式荔枝园的节肢动物差异较大。物种数以失管荔枝园大于有机荔枝园大于常规荔枝园。有机管理下荔枝园节肢动物群落的变化较小,捕食性天敌数量较高。由于频繁地使用化学农药,控制害虫的同时也大量地杀伤捕食性天敌,也影响了其他类群的节肢动物。泽泻生长期间施用生物农药类杀虫剂,既能对泽泻害虫种群起到持续稳定的控制效果,又能与环境相容,对天敌安全系数高,不容易引发害虫的再增猖獗。而施用化学杀虫剂虽能对泽泻田害虫种群起到控制作用,但易降低群落结构稳定性,破坏节肢动物群落结构,致使泽泻田生态系统恶化。

作物品种不同对节肢动物群落影响较小,周强等研究了‘粳粳 89’、‘七桂早’和‘七袋占’3 个不同水稻抗性品种稻田中的节肢动物群落,调查结果表明,水稻品种抗性没有明显影响捕食性天敌类节肢动物群落的结构、动态,但是捕食性天敌的迁入量在高抗虫性品种田中相对较低,另外高抗品种稻田群落的物种丰富度、多样性和均匀指数都较低。中抗品种稻田中天敌群落的迁入量高于感性样田和高抗样田,天敌群落的物种丰富度、多样性和均匀性高于抗性样田。据调查发现海拔高度对节肢动物群落分布存在一定影响。不同蔬菜田调查统计的群落各指数变化不同,白菜、包菜和萝卜三种蔬菜田中,以萝卜田的丰富度、优势集中性指数最高,包菜田的均匀性指数最大,引起这些差异的主要原因与蔬菜田栖境、不同害虫对蔬菜的嗜好及人为措施对群落结构影响有关。

2 稻田节肢动物群落

2.1 稻田节肢动物群落

稻田节肢动物群落是稻田生物群落重要的组成部分。稻田节肢动物群落具有非常丰富的种类和数量。我国有记载的水稻害虫达 624 种,稻田节肢动物天敌 1187 种,当然还有大量未知种类。节肢动物群落结构和功能是影响稻田节肢动物群落的因素,对稻田群落调控与害虫控制等都应开展深入的研究。

2.2 稻田节肢动物群落结构与功能

2.2.1 基本类群划分

为便于分析群落结构和功能的关系, 研究人员通常要将群落中的物种进行归类, 将其称为亚群落或类群。因不同的研究目的, 类群的划分并无统一标准。一般国外, 将稻田节肢动物划分为植食类 (包括吸汁类和食根茎叶类)、捕食类和寄生类; 也有把稻田节肢动物分为植食类、腐生类、天敌类和过境类; 或者将稻田节肢动物归为害虫、捕食者、寄生者和中性昆虫的分类方法。国内, 有根据稻田食物网猎物和捕食者的营养层次, 从功能上把稻田节肢动物划分为基位物种、中位物种、顶位物种和中性物种; 有根据稻田节肢动物的生态学上的营养关系将其分为植食类 (害虫)、捕食类和寄生类 (天敌)、腐生类、水生类和其他类等 6 个生态族; 也有按营养和取食关系将稻田节肢动物群落划分为基位物种、中位物种、顶位物种 3 个营养层; 还有把稻田节肢动物划分为捕食性天敌、寄生性天敌、害虫、中性昆虫等 4 个类群; 为便于评价转基因抗虫水稻对稻田节肢动物群落的影响, 又将节肢动物群落分为靶标害虫、非靶标害虫、捕食性天敌、寄生性天敌、其他类等 5 大类。

2.2.2 稻田节肢动物群落的结构与动态

稻田节肢动物群落的结构特征及演替动态国外学者相继开展了研究, 对害虫猖獗的原因及天敌对水稻害虫的控制作用进行了探讨, 最终认为稻田自然天敌种群对害虫具有明显控制作用, 水稻生长早期施用杀虫剂会引起后期害虫的猖獗, 同时对保护自然天敌控制作用的方法和途径进行了探讨。

国内许多学者对稻田节肢动物群落及其亚群落的种类组成、数量结构和季节动态、群落的稳定性和多样性、群落的营养关系和功能等方面进行了广泛的研究和探讨。稻田生态系统稻田近的非稻田生境中贮存着丰富的天敌资源, 是稻田节肢动物群落天敌亚群落的种库, 对稻田天敌亚群落的物种丰富度、个体数量及群落的重建和发展有着积极的影响。稻田天敌是水稻害虫 (猎物) 的重要控制因子, 密切跟随害虫的种群数量消长。稻田中大量的中性昆虫可作为天敌的替代猎物, 维持和发展了水稻生长早期的天敌种群。在诸多因素中地理位置、水稻品种、气候条件、耕作制度与栽培措施都能影响稻田节肢动物群落的种类组成、数量结构及季节动态。

2.2.3 中性昆虫的地位和功能

稻田节肢动物群落中既非害虫也非天敌的一类昆虫称之为中性昆虫。多是双

翅目和弹尾目。取食习性主要为腐食性昆虫和食浮游生物昆虫。中性昆虫对群落的整体功能起着不可忽视的作用。研究表明,中性昆虫对稻田节肢动物群落食物网的调控具有正反双重作用:在水稻生长前期,在害虫数量很少的情况下,数量庞大的中性昆虫可为天敌提供丰富的替代食物,天敌的迅速生长、增殖,建立强大的天敌库;水稻生长后期,由于天敌取食过程中对食物选择的随机性,中性昆虫的存在将分散捕食性天敌对害虫的控制作用,往往使一些害虫得以逃脱天敌控制而猖獗。中性昆虫调控是在水稻生长前期,应采取适当措施,提早翻耕灌水、增施有机肥、慎用对中性昆虫杀伤力大的化学农药等方法,来维持高数量的中性昆虫;在水稻生长后期,应采取措施抑制中性昆虫的种群数量,减轻其负面影响。

2.3 影响稻田节肢动物群落的因素

影响稻田节肢动物群落的因素很多,首先是气候因素、温度、湿度、降雨、风速等。气候因子既能直接影响节肢动物的生长发育、繁殖、分布、扩散迁移和越冬等生物学或生态学特性,又能通过对节肢动物的寄主和天敌的作用而间接影响节肢动物。随着全球气候的变暖,昆虫的发育速率加快,年世代数增加,越冬界线北移,物种的地理分布范围扩大,这些影响将导致害虫的为害加重。害虫侵入新地区,从而影响节肢动物群落的组成结构、食物网、种间关系及群落演替。许多科学家都已预测下个世纪全球的温度可能提高 $3\pm 1.5^{\circ}\text{C}$,提出在全球气候变暖的情况下,许多昆虫等节肢动物的生长发育会发生变化,扩散范围变大,生活周期延长等,气候的变化对物种的作用程度要结合群落水平或生态系统的水平进一步的研究探讨。

不同地理区域、不同生态类型的水稻田节肢动物群落组成也不同,浙江富阳、河南郑州、江苏句容 3 个生态类型田调查结果表明,害虫优势种类调查中,郑州以黑尾叶蝉和灰飞虱为主,富阳和句容以白背飞虱和褐飞虱为主。富阳早稻田捕食性天敌主要为微蛛科若蛛和食虫沟瘤蛛成蛛,富阳和句容捕食性天敌主要为黑肩绿盲蝽和狼蛛,中性昆虫在江苏句容和浙江富阳主要有蚊虫,中后期主要是弹跳虫,郑州稻区主要是蚊科的种类。另外在武夷山区,单季稻田节肢动物种类调查表明,狼蛛和尖钩宽尾蛛为主要的捕食性天敌,稻虱缨小蜂、褐腰赤眼蜂和寡索赤眼蜂为主要寄生性天敌,白背飞虱和稻叶蝉为主要害虫,中性昆虫为跳虫和摇蚊。北方沈阳地区在 1999 年就有调查发现,水稻田害虫 15 种,其中稻螟蛉、飞虱、稻蝗等较主要;天敌昆虫 51 种,其中蜻蜓、瓢虫、猎蝽等数量较大;蜘蛛 20 种,棕管巢蛛、草间小黑蛛、三突花蛛等为优势种。而王丽艳 (2005) 在黑龙江省密山市裴德镇的寒地自然稻田的调查群落组成结果表明,节肢动物共 110 种,其中植食性 44 种,捕食性 21 种,寄生性 12 种,中性昆虫 33 种。而在牡丹江管局云山农场水稻田节肢动物种类有 65 种,节肢动物中各目、科的种类数量所占比

例差异很大,鞘翅目所占比例最大,天敌以蜘蛛类最多,中性昆虫以双翅目比例最大。在寒地稻田中位物种和基位物种的丰盛度变化明显,种的多样性整体变化幅度大。

农用化学物,包括杀虫剂、除草剂、杀菌剂、肥料等也影响稻田节肢动物群落。可持续的害虫治理理论要求农用化学品对农业生态系统具有安全性。陈建明等对常用化学药剂扫氟特、丁草胺、乙草胺、尿素等对害虫的致死效应和毒力已开展了研究。杀虫剂对害虫—天敌系统造成很大的影响,金翠霞等认为害虫再猖獗的原因是杀虫药剂的应用,杀虫剂虽然提高了群落总体的 H' 和 V' , 也促进害虫亚群落 H' 和 V' 的上升,扩大了害虫与天敌之间的稳定性差距,使害虫和天敌两者的发生不能同步,减少天敌亚群落种类数和个体数,特别是寄生天敌昆虫种类数、个体数均大幅度下降,使其难以起到控制害虫的作用,最终为害虫的再猖獗创造条件。同时有研究发现,溴氰菊酯、氰戊菊酯两种菊酯农药对天敌蜘蛛的毒力远大于害虫飞虱,可在稻田形成对稻飞虱非常有利的化学环境,刺激稻飞虱繁殖又促进了稻飞虱种群数量的快速增长,引起飞虱的再猖獗。除此以外,选择性农药对稻田蜘蛛群落杀伤力小,且施药后对群落生态位影响不大,但施用时要注意量的控制,剂量使用不当也会造成害虫的再猖獗。

耕作制度和耕作方式也会影响稻田节肢动物群落,如水稻的种植密度、种植方式都会对害虫和天敌的物种丰富度、多样性、丰盛度造成影响。另外,植被与生境多样性是影响稻田节肢动物群落结构的又一因素,如增加系统内生境和植被多样性就能够增加天敌的物种丰富度和种群数量,从而降低或抑制有害节肢动物的种群数量。还有,水稻抗虫品种的种植、合理的田间管理措施等,都会对稻田节肢动物群落的多样性和结构造成不同程度的影响。

2.4 生物多样性在害虫控制中的生态功能

研究农田节肢动物群落的最终目的是持续控制害虫。姜永根等 (1999) 提出增强天敌作用的 5 个基本措施:①要调节非稻田生境,增加稻田植物多样性,增加天敌种库数量,重建或增强天敌群落的恢复能力及增长能力;②改进水稻品种;③调节中性昆虫;④合理使用农药;⑤改进农业措施,创造有利于天敌群落发展或增强天敌作用的生境条件。农田生态系统是一个经过人工改造并不断受到干扰的系统。农田节肢动物群落的多样性和稳定性与作物病虫害的发生与发展有很密切的关系。从稻田生态系统中的节肢动物群落入手才能实现水稻害虫的持续控制。近年稻田节肢动物群落研究所取得的成果,为水稻害虫持续控制技术和策略的制定提供了充实的理论和实践依据。

在稻田节肢动物群落中,害虫、天敌和中性昆虫以错综复杂的关系共存,在该系统中,害虫与天敌和水稻之间存在着密切的关联,害虫、天敌和植物会因某

一环节被严重破坏而失去平衡,从而导致稻田生境下生物群落的稳定性降低,成为生态脆弱区域,一遇到影响生态平衡就会被打破,某个繁殖力强的害虫就可能成灾。与水稻无直接经济意义的中性昆虫是节肢动物群落中猎物的重要组分,它们通过自身种类和数量的变化,对中位和顶位物种的数量和效能发挥影响,从而对害虫起到间接的调节和控制作用,如何正确地阐述和评价天敌对害虫控制的功能效应、时间及空间的群落稳定性情况,为害虫治理和 IPM 理论提供理论和实践的依据,是研究者们迫于解决的问题。

近几年,国内外对稻田生态系统中节肢动物群落多样性开展了许多研究,对多样性的理论和应用价值进行了探讨。但是,中国稻区面积辽阔,各地的地理位置、气候条件、耕作制度差异很大,稻田节肢动物群落组成和结构也不同。因此,结合寒地水稻害虫普查工作,把寒地水稻田群落中的节肢动物按照营养和取食的关系进行划分和归类,从物种 (species)、营养层 (nutrition) 和功能集团 (guild) 3 个水平上对黑龙江寒地稻田节肢动物群落进行群落的组成结构及多样性的分析,以便为进一步保护农业生态系统的昆虫多样性,维持农业系统的稳定,防止病虫害爆发提供理论依据。

著者于 2000 ~ 2008 年对寒地稻田节肢动物种类普查及多样性进行分析:选择了黑龙江省农垦总局建三江分局、红兴隆分局、宝泉岭分局、绥化分局、北安分局、齐齐哈尔分局、牡丹江分局七个分局若干农场为调查点,进行节肢动物群落生态学的深入研究,是最基础又十分必要的工作,也很有现实指导意义。

第二节 黑龙江垦区水稻害虫种类调查

水稻是主要的粮食作物之一,全世界近一半的人口以稻米为主食 (Awmack 和 Leather, 2002; Maclean 等, 2002)。我国的水稻种植面积仅次于印度居世界第二。水稻产量的高低已成为左右国家粮食供求形势的重要因素。黑龙江省是我国重要的商品粮基地和水稻生产基地。近年来,随着省委省政府 1000 亿斤粮食产能工程战略的提出,水稻作为高产粮食作物其种植面积逐年增加。

水稻害虫为害是世界各水稻生产国造成水稻产量损失的重要原因之一。20 世纪 60 年代以来,单一化学杀虫剂的大面积应用,在杀死稻田害虫的同时,也杀死了益虫和中性节肢动物,破坏了水稻田的生态平衡,使节肢动物群落稳定性降低,也使得一些次要害虫上升为主要害虫,水稻害虫的为害日益猖獗。尤其是提高了白背飞虱、褐飞虱和稻纵卷叶螟等主要害虫的发生频率,新害虫的侵入也有所增加,给水稻生产带来了严重的经济损失。1993 年据联合国粮农组织 (FAO) 估算,因虫害造成世界粮食生产常年损失约达 14%,我国因虫害造成水稻的产量损失达 17 亿 kg。

黑龙江省具有独特的地理位置和特殊的生态条件,稻田节肢动物种类繁多,群落结构复杂,系统内各物种相互联系相互制约的关系又错综复杂。要想充分利用自然资源,为作物田有害生物经济有效的综合治理寻求理论依据,进行节肢动物群落生态学的深入研究,是十分必要的。

1 材料与方法

1.1 调查地点

为了能比较全面地了解黑龙江水稻害虫种类情况,选择了具有代表性七个分局的21个农场为调查地点,并对附近的水稻田进行系统调查。

1.2 调查时间

2000~2003年于原密山八一农大水稻研究中心及附近个人种植稻田,从育苗开始一直到水稻收获为止,每隔5d调查一次。裴德乡水稻田不定期调查。每15d调查一次。各分局3个代表性农场调查时间分别在7~9月各进行一次。此外,八一农大调查组,每年7~9月之间派专人去各分局一些农场抽查一次。

1.3 调查方法

调查采用网捕、灯诱与人工搜索相结合的方式。网捕时距稻丛顶部约2cm呈“8”字形摆动进行表面扫捕,以及将网插入稻丛行间进行纵向扫捕,取点照顾田内与田边,每点至少扫捕50网。人工搜索时采用棋盘式取样,取样点数依据田块的大小而定,平均一次一个地点调查取样30点,每点10m²,注意稻丛内及稻株上、中、下各部位的害虫情况及为害状。同时以不定点的随机查看作为补充。灯诱于水稻插秧后在稻田安置25瓦黑光灯1支,至水稻收获后终止。每隔5天于夜晚开灯诱集1次。各种方法所采集的昆虫均仔细收集后携入室内鉴定保存。灯诱结果作为田间调查的参考。

1.4 鉴定方法

利用有关的专著、图谱、检索等书籍进行核对,确定无误时定名。对于资料缺乏或不能确定的种类,送有关专家鉴定。所有鉴定的种类均制作成标本保存。