研究论文

基于 CNKI 分析的我国农田捕食性昆虫资源与应用*

刘雨芳** 赵文华 阳 菲 谢美琦 陈思源

（湖南科技大学生命科学学院，园艺作物病虫害治理湖南省重点实验室，湘潭 411201）

摘 要 **【目的】** 了解我国农田捕食性昆虫资源与应用研究态势。**【方法】** 应用文献计量学方法，分析中国知网（CNKI）收录的全部年代的我国农田捕食性昆虫的中文文献。**【结果】** 提取到 544 篇与农田捕食性昆虫相关文献及包含在这些文献中的 1 747 条关键信息词，研究内容主要包括以下 5 个方面：农田节肢动物群落与捕食性优势种；农田重要捕食者；捕食作用、食物网关系与生态服务价值评价；人工繁育、人工饲料与天敌释放应用；主要农作物的重要害虫种群及其综合管理。水稻与棉花生态系统及其中的捕食昆虫与害虫被重点关注。异色瓢虫 *Harmonia axyridis*、七星瓢虫 *Coccinella septempunctata*、龟纹瓢虫 *Propylea japonica*、黑肩绿盲蝽 *Cyrtorhinus lividipennis*、青翅蚁形隐翅虫 *Paederus fuscipes*、稻红瓢虫 *Micraspis discolor*、尖钩宽黽蝽 *Microvelia horvathi* 等是农田中的优势性捕食性昆虫。**【结论】** 在我国主要农田生态系统中，存在着丰富的捕食性昆虫资源，它们扮演着农作物害虫天敌的角色，实现对农作物害虫的生物防治或自然控制。建议加强对重要害虫种群发生机制研究，促进有利于天敌生存、保存的条件与方法研究，提高天敌的生态防控效能。

关键词 农田；捕食性昆虫；捕食性瓢虫；生态服务；中国知网

An analysis of predatory insects in farmlands in China based on the CNKI database: Future potential and current application

LIU Yu-Fang** ZHAO Wen-Hua YANG Fei XIE Mei-Qi CHEN Si-Yuan

(College of Life Science, Hunan University of Science and Technology, Hunan Province Key Laboratory for Integrated Management of the Pests and Diseases on Horticultural Crops, Xiangtan 411201, China)

Abstract **[Objectives]** To determine the future potential and current application of predatory insects as biological control agents in Chinese farmland. **[Methods]** Chinese literature on the potential, and current, use of predatory insects in farmland for biological control collected by the CNKI database was identified and analyzed using the bibliometrics method. **[Results]** 544 predatory insect-related papers and 1 747 relevant key words were identified. The identified contents were mainly on the arthropod community and the dominant predatory species in farmland, key predators in farmland; predation, food webs, evaluating the value of the ecological services provided by predators, artificial breeding, artificial feeding, the release and application of predators, key pests of major crops and integrated pest management. Most papers were on the rice and cotton ecosystem and its associated pests and their natural enemies. *Harmonia axyridis*, *Coccinella septempunctata*, *Propylea japonica*, *Cyrtorhinus lividipennis*, *Paederus fuscipe, Micraspis discolor* and *Microvelia horvathi* are the dominant predatory insects in Chinese farmland. **[Conclusion]** There is great potential for utilizing predatory insects for biological control in the main farmland ecosystems in China. More research on the occurrence of important pest populations is required, as is research on the conditions preferred by these species and their biocontrol efficiency.

Key words farmland; predatory insect; predatory lady beetle; ecological service; CNKI database

*资助项目 Supported projects：国家重点研发计划（2017YFD0200400）

**通讯作者 Corresponding author，E-mail：yfliu2011@126.com

收稿日期 Received：2019-11-30；接受日期 Accepted：2019-12-26

在我国水稻、棉、玉米、大豆与小麦等主要农田生态系统中，存在着丰富的捕食性昆虫资源（陈常铭等，1980；杨艳，2018；刘雨芳，2019）。这些捕食性昆虫扮演着农作物害虫天敌的角色，实现对农作物害虫的生物防治或自然控制（Rajendran and Singh，2016），减轻害虫对农作物的为害，降低作物产量损失，充分体现捕食性昆虫生物控害的生态服务价值（欧阳芳等，2015），捕食性瓢虫成为农业生态系统中最有前景的生物防治服务的贡献者（戈峰和丁岩钦，1996；Yang *et al.*，2019），也常被作为评估不同农田生态系统物种多样性与安全性的指示生物（Zhang *et al.*，2013；Yang *et al.*，2016；Khan *et al.*，2018）。

20 世纪后叶通过对捕食者-猎物和寄生虫-宿主相互作用之间的营养关系的科学研究与分析，不仅促进了昆虫科学的繁荣与蓬勃发展，更是极大地推动了利用捕食者防治作物害虫的害虫管理模式（Rajendran and Singh，2016）。在我国应用捕食性昆虫自然防治作物害虫（戈峰和丁岩钦，1996；戈峰等，2002；Yang *et al.*，2019）或开发捕食性昆虫种类进行人工饲养，释放控制作物害虫（罗希成和李井茹，1965；王红托等，2012；周宇航等，2017），产生了许多研究成果，积累了大量研究文献。但目前缺少对这些相关文献的系统分析。

应用文献计量学方法，对某领域大量科技文献进行综合分析，能全面系统地阐明给定主题的研究概况与重点内容（刘雨芳，2016；Liu *et al.*，2017；刘雨芳等；2019a）。中国知网（CNKI）是我国最全面的中文文献数据库。本文基于 CNKI 数据库，对该数据库收录的全部年限内的关于农田生态系统中捕食性昆虫研究的中文文献进行分析，旨在了解我国在该领域的研究态势，为相关学者提供研究参考。

1　研究方法

1.1　数据来源与检索方法

数据来源于CNKI收录的全部年代的相关中文文献。在初步检索基础上，确定单检索词与复合检索词，在“主题”范围内检索。单检索词直接检索，复合检索词采用组合词直接检索结合“词 1”+“词 2”的分步检索方式，并采用多组词复合循环检索方式，实现多次检索。检索年度范围：CNKI 收录全部年限。检索日期：2019 年 10 月 16 日。对上述获取文献进行初步分析，再以被重点关注的捕食性昆虫名称为单检索词进行主题二次检索，以获得单种捕食性昆虫的研究文献。检索年度范围同上，检索日期：2019 年 10 月 22 日。

1.2　分析方法

采用文献计量分析方法，对所获取的文献进行分类与综合统计、提取关键信息词量，对重要关键词等构建全列、双列或单列关系矩阵，分析被重点关注的农田捕食性昆虫种类，构建重要捕食者昆虫的研究内容关系图，并以此为基础，结合研读与综合分析文献本体，提炼被我国研究者关注的主要研究内容。

2　结果与分析

2.1　农田捕食性昆虫资源与范畴

根据我国主要作物种类与种植情况，在初步检索的基础上，经过分析确定单检索词 2 个：“捕食性昆虫”、“捕食性瓢虫”与复合检索词 8 组：“农业”+“捕食性昆虫”、“农田”+“捕食性昆虫”、“稻田”+“捕食性昆虫”、“棉田”+“捕食性昆虫”、“玉米田”+“捕食性昆虫”、“麦田”+“捕食性昆虫”、“果园”+“捕食性昆虫”、“蔬菜地”+“捕食性昆虫”，在“主题”范围内逐一检索。除在“蔬菜地”+“捕食性昆虫”组合主题词未检出文献外，其他单检索词与复合检索词组合均检出一定量文献，特别是以捕食性昆虫、农业捕食性昆虫与稻田捕食性昆虫检出文献较多。各种检索条件下获得的文献总量、文献类别、最早收录入 CNKI 的时间及提取获得的关键信息词量详见表 1。

通过对提取的关键词进行计量，结合文献阅读，获取文献中被研究的农田捕食性昆虫 47 种，主要是鞘翅目瓢虫科的捕食性瓢虫，有 21 种，

表 1 我国农田捕食性昆虫研究文献信息
Table 1 Literature information on predatory insects in farmlands in China

主题词 Key word	总计 Total	文献类别 Literature category				最早收藏文献日期 Date of the earliest document collected	重要词量 Number of key word
		期刊论文 Journal article	硕士论文 Master thesis	博士论文 Doctor thesis	会议论文 Conference proceedings		
捕食性昆虫 Predatory insect	491	202	181	95	13	1958-7-30	1 572
捕食性瓢虫 Predatory lady beetle	43	37	2	2	2	1979-12-31	174
农业捕食性昆虫 Agricultural predatory insect	93	11	52	30	0	1982-5-1	376
稻田捕食性昆虫 Predatory insect in rice field	61	17	23	20	1	1985-3-2	281
棉田捕食性昆虫 Predatory insect in cotton field	34	6	19	9	0	2002-7-30	122
农田捕食性昆虫 Predatory insect in farmland	17	4	10	3	0	1981-6-30	78
玉米田捕食性昆虫 Predatory insect in corn field	18	4	10	4	0	2003-6-1	68
麦田捕食性昆虫 Predatory insect in wheat field	10	2	5	3	0	2007-4-1	51
果园捕食性昆虫 Predatory insect in orchard	17	3	10	4	0	1958-07-30	75

其中七星瓢虫 *Coccinella septempunctata*、异色瓢虫 *Harmonia axyridis*、龟纹瓢虫 *Propylea japonica*、多异瓢虫 *Hippodamia variegata*、深点食螨瓢虫 *Stethorus punctillum* 出现频次较高，特别是前 3 种作为关键词出现频次分别高达 13、12 与 11 次。其次是半翅目种类较多，有 9 种，被重点关注的有黑肩绿盲蝽 *Cyrtorhinus lividipennis*、尖钩宽黽蝽 *Microvelia horvathi* 与南方小花蝽 *Orius similis*，出现频次分别为 5、3 与 2 次。鞘翅目的青翅蚁形隐虫 *Paederus fuscipes*、其他隐翅虫、稻红瓢虫 *Micraspis discolor*、步甲，脉翅目的叶色草蛉 *Chrysopa phyllochroma*、中华草蛉 *Chrysopa sinica*、双翅目的黑带食蚜蝇 *Episyrphus balteatus* 等、螳螂目的螳螂等均为提取得到的名录中的捕食性昆虫。与捕食性昆虫相关联的农业害虫种类多达 106 种，出现频次比较高的害虫种类为褐飞虱 *Nilaparvata lugens*、棉蚜 *Aphis gossypii*、白背飞虱 *Sogatella furcifera*、小菜蛾 *Plutella xylostella*、稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis*、假眼小绿叶蝉 *Empoasca vitis*、棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 与麦长管蚜 *Sitobion avenae*，其出现频次分别为 16、10、9、8、7、7、6 与 6 次。由此可知，主要害虫为我国的水稻、棉花、小麦、蔬菜与茶园等主要作物害虫，与我国的实际情况相符。

2.2 农田捕食性昆虫领域重点研究内容

对用上述 9 组检索词所获文献去重，获得文献 544 篇。提取重要信息词量 1 747 条。出现频次 F≥5 的进入前 100 位，对其进行手工清洗，合并实质等同的词，得到 77 个重要信息词。构建 77×77 的全列矩阵，分析这些重要信息词之间的共现关系，得到知识共现图（图 1）。

结合分析图 1 及提取到的 1 774 个重要信息词，可知我国在农田捕食性昆虫资源与利用领域的研究主要集中在以下几个方面：农田节肢动物群落与捕食性优势种的研究；农田重要捕食者研究；捕食作用、食物网关系与生态服务价值评价

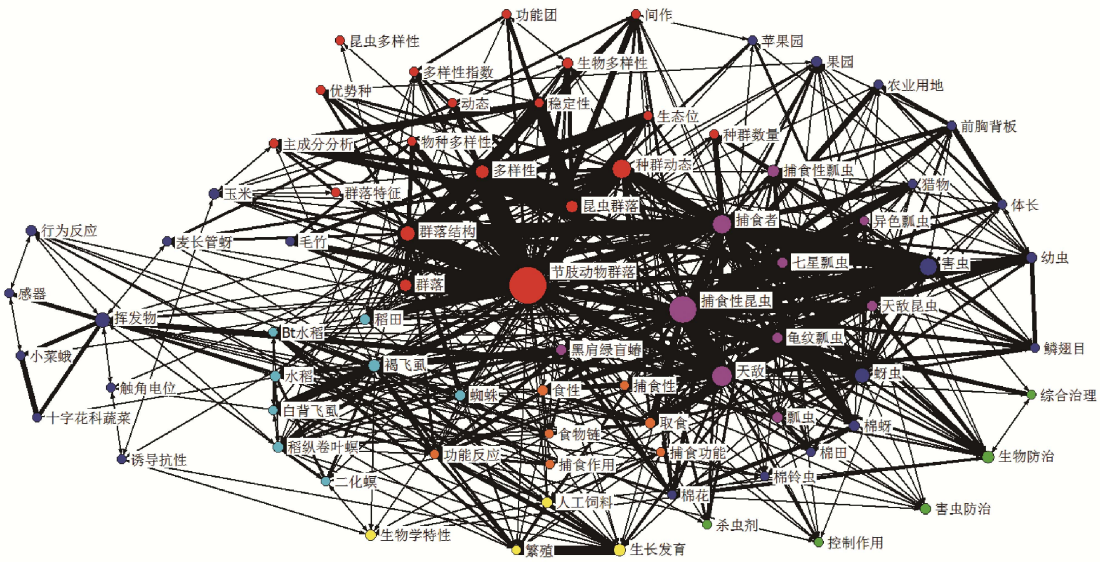

图 1　农田捕食性昆虫的重点研究内容关系图

Fig. 1　Relationship map of key research contents of predation insects in farmlands

研究；人工繁育、人工饲料与天敌释放应用研究；主要农作物的重要害虫种群与综合管理研究。被重点研究的农田主要有稻田与棉田，以水稻与棉花为关键种建立的农田生态系统中的捕食昆虫与害虫成为重点关注的研究对象，另外十字花科蔬菜、苹果园也是被研究者关注的作物或农田生态系统。

在前面 77×77 的全列矩阵分析的基础上，再选择“捕食性昆虫”与“捕食性瓢虫”为主题，选取至少与其中一个主题词共现频次 F≥2 的关联词，构建双列矩阵，分析得到互相关联的重点研究内容（图 2）。图 2 表明捕食性昆虫含捕食性瓢虫的重点研究内容是以稻田、棉田与果园生态系统的害虫防治占优势，七星瓢虫与异色瓢虫仍然是关键优势捕食性昆虫。

2.2.1　农田节肢动物群落与捕食性优势种研究　研究捕食性昆虫，是了解捕食性昆虫物种多样性与稳定性及天敌资源利用的重要内容，也是利用捕食性昆虫对作物害虫进行生物防治的物质基础。因此对农田捕食性昆虫的研究，很多内容被渗透包含在节肢动物群落研究中，借助群落学研究方法，如通过研究群落特征、群落特征指数，群落结构、组成、功能团与优势种，群落结构和动态，群落的多样性、稳定性与群落动态，群落重建等内容，来明确农田捕食性昆虫的多样性与资源利用基础。近年来加重关注因农业用地变化而引起的生境与景观改变对农田捕食者与其他节肢动物的影响，关注的农业生境状况如景观多样性格局，生境斑块、生境破碎化与生境丧失，生境分化、生境类型与生境选择，生境异质性，以及通过生境调节与调控达到生境管理，以实现害虫生态控制与综合治理的目标。对棉田天敌群落结构与功能关系的研究表明，捕食性瓢虫种群是棉田捕食性天敌的优势种类，对棉蚜控害系数 5.07%-12.85%，在棉田生态系统害虫生态调控中发挥着重要作用（戈峰等，2002）。提高稻田边缘生境异质性，能显著提高稻田捕食性天敌个体数量，提高益害比，具有更好的控制害虫的物质基础，促进捕食性天敌对水稻害虫的生态控制效能（刘雨芳等，2019b）。

2.2.2　农田重要捕食者研究　农田捕食性天敌资源丰富，多样性极高。被重点关注的农田捕食性天敌种类主要是捕食性瓢虫、半翅目与鞘翅目的一些种类。根据前面所述文献中获得的信息，对频次较高或较重要的捕食性昆虫：异色瓢虫、七星瓢虫、龟纹瓢虫、黑肩绿盲蝽、青翅蚁形隐翅虫、稻红瓢虫、尖钩宽黾蝽，以单种种名为检索词，在主题范围内完成第二次检索，获得各单种捕食性昆虫被研究的文献总量、文献类别、最早收录入 CNKI 的时间（表 2）。

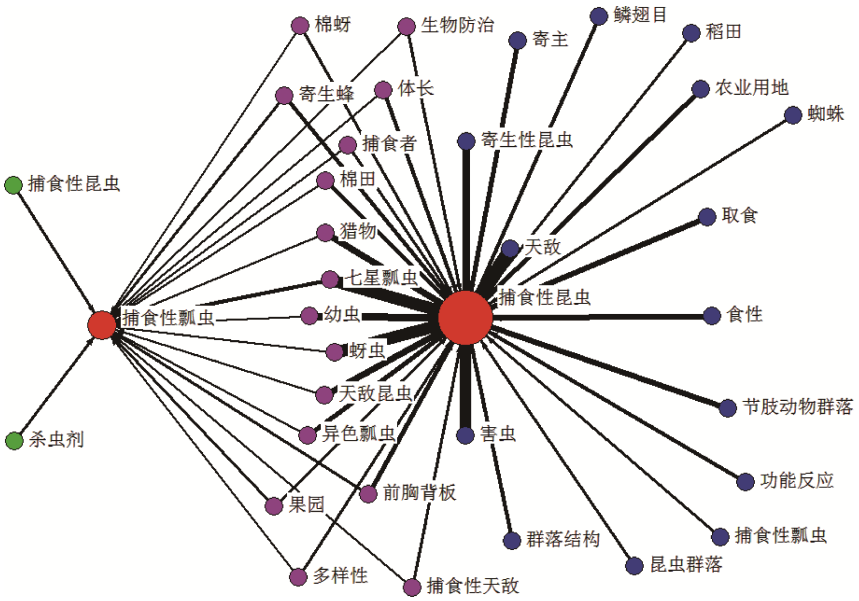

图 2　以捕食性昆虫与捕食性瓢虫为核心词的主要研究内容关系图

Fig. 2　The relationship map of key research contents of predation insects and predatory lady beetles as the core words

表 2　我国农田中重要捕食性昆虫种类的研究文献信息

Table 2　Literature information on key species of predatory insects in farmlands in China

重要物种 Key species	总计 Total	文献类别 Literature category				最早收藏文献日期 Date of the earliest document collected
		期刊论文 Journal article	硕士论文 Master thesis	博士论文 Doctor thesis	会议论文 Conference proceedings	
异色瓢虫 *Harmonia axyridis*	665	537	83	9	36	1960-05-30
七星瓢虫 *Coccinella septempunctata*	455	391	24	4	36	1962-11-15
龟纹瓢虫 *Propylea japonica*	366	285	54	7	20	1976-02-08
黑肩绿盲蝽 *Cyrtorhinus lividipennis*	142	110	16	7	9	1977-05-01
青翅蚁形隐翅虫 *Paederus fuscipes*	50	48	1	0	1	1981-03-02
稻红瓢虫 *Micraspis discolor*	19	17	1	0	1	1959-04-01
尖钩宽黾蝽 *Microvelia horvathi*	15	13	1	1	0	1987-06-30

对异色瓢虫的研究文献最多，仅期刊论文有 537 篇。对文献进行提取分析，对出现频次 F≥5 的重要信息词与异色瓢虫构建单列全矩阵，被研究的主要内容关系被清晰呈现（图 3）。与异色瓢虫研究相伴出现的捕食性昆虫主要有七星瓢虫、龟纹瓢虫、隐斑瓢虫 *Ballia obscurosignata*、中华草蛉，出现频次（F）：3≤F<5 的其他捕食性昆虫还有大草蛉 *Chrysopa pallens*、多异瓢虫、草蛉、小赤星瓢虫（红点唇瓢虫）*Chilocorus kuwanae* 等种类。主要研究异色瓢虫的捕食效能与生物防治应用。防治的作物害虫主要是蚜虫类，出现频次较多的蚜虫有桃蚜 *Myzus persicae*、棉蚜、烟蚜 *Myzus persicae*、豆蚜 *Aphis craccivora*、大豆蚜 *Aphis glycines*、槐蚜 *Aphis sophoricola*、白毛杨蚜 *Chaitopgorus populeti*、麦蚜与麦长管蚜。出现频次（F）：3≤F<5 的其他害虫还有烟粉虱 *Bemisia tabaci*、苹果瘤蚜 *Myzus malisuctus*、苹果绵蚜 *Eriosoma lanigerum*、菜缢管蚜 *Lipaphis erysimi*、禾谷缢管蚜 *Rhopalosiphum padi*、枸杞木虱 *Paratrioza sinica*、

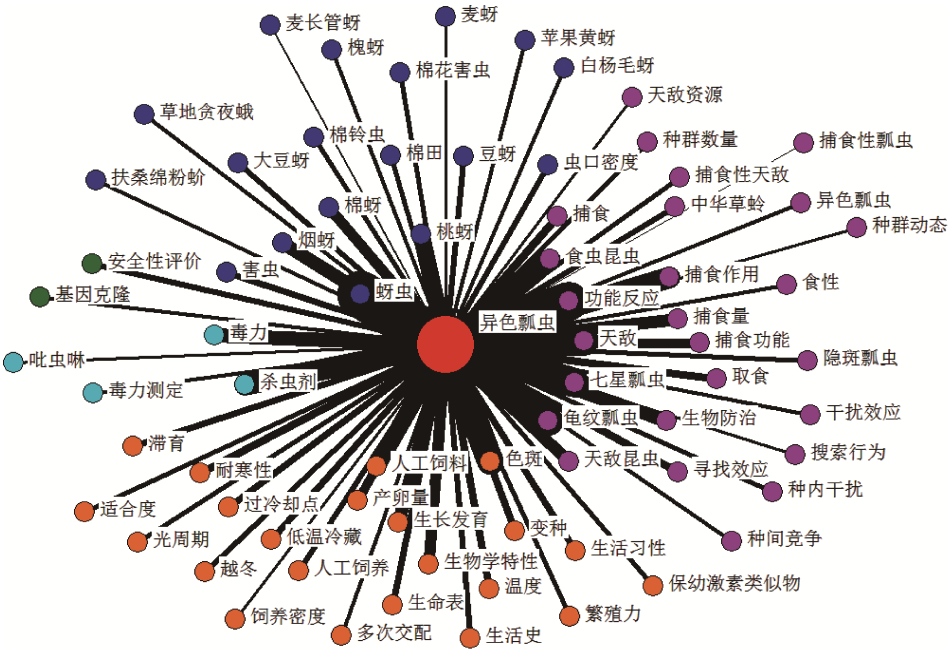

图 3　异色瓢虫研究主要内容关系图

Fig. 3　Relationship map of key research content of *Harmonia axyridis*

桃粉大尾蚜 *Hyalopterus pruni*、日本龟蜡蚧 *Ceroplastes japonicus*、白毛蚜 *Chaitopgorus populialbae*、玉米蚜 *Phopalosiphum maidis*、绣线菊蚜 *Aphis citricola* 等种类。异色瓢虫也是棉铃虫、草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda*、扶桑绵粉蚧 *Phenacoccus solenopsis* 等的捕食者。异色瓢虫的基础生物学，种群生物学，色斑与变型种，人工饲料、人工饲养与繁殖及其相关问题，低温冷藏与越冬等得到全面深入的研究。化学杀虫剂及其毒力检测，安全性评价的指示生物及生物化学与分子生物学等研究也渗入其中。在我国研究异色瓢虫或相关人员且在 CNKI 上收录的中文论文作者有 1 328 人。发表与异色瓢虫研究相关文献最多的研究者发表了 41 篇中文文献。全国拥有多个研究异色瓢虫的团队。

七星瓢虫作为蚜虫的优势捕食者，在农田生态系统的 IPM 策略中发挥着重要作用（Jiang *et al.*, 2018），对七星瓢虫的研究文献也较多，仅次于异色瓢虫，期刊论文有 391 篇。对文献进行提取分析，对与七星瓢虫共现频次 F≥5 的重要信息词与七星瓢虫构建单列全矩阵，被研究的主要内容关系被清晰呈现（图 4）。与七星瓢虫研究相伴出现的主要捕食性昆虫有异色瓢虫、多异瓢虫、龟纹瓢虫、大草蛉；出现频次（F）：3≤F<5 的其他捕食性昆虫还有六斑月瓢虫 *Menochilus sexmaculata* 与狭臀瓢虫 *Coccinella transversalis* 等种类。主要研究内容是：应用七星瓢虫的捕食效能防治各类蚜虫，七星瓢虫的人工饲养、人工饲料及生殖生物学研究，杀虫剂的影响等。

2.2.3　捕食作用、食物网关系与生态服务价值评价研究　以营养关系、能流为基础，通过对捕食者的食性分析，研究其取食、捕食作用与功能、捕食功能反应，建立起食物链与食物网关系，同时研究天敌的生态功能评价方法，这种关系也是生物防治的基础与物质前提。应用 ELISA 方法研究稻田节肢动物的食物关系，证实捕食性昆虫青翅蚁形隐翅虫和印度细颈步甲 *Casnoidea indica* 捕食了稻纵卷叶螟幼虫、白背飞虱与褐飞虱，且均是稻纵卷叶螟幼虫的重要捕食性天敌；稻红瓢虫与尖钩宽黽蝽均捕食了白背飞虱与褐飞虱，建立起稻田重要捕食者与主要猎物的食物网关系图（刘雨芳等，2002），明确天敌对水稻害虫自然控制中的生态功能等（Xiao and Tang，2007）。根据能量传递规律，捕食性昆虫的能量完全依靠捕食猎物（害虫）而获取，捕食性昆虫摄入的能量相当于猎物（害虫）的被捕食消耗量，

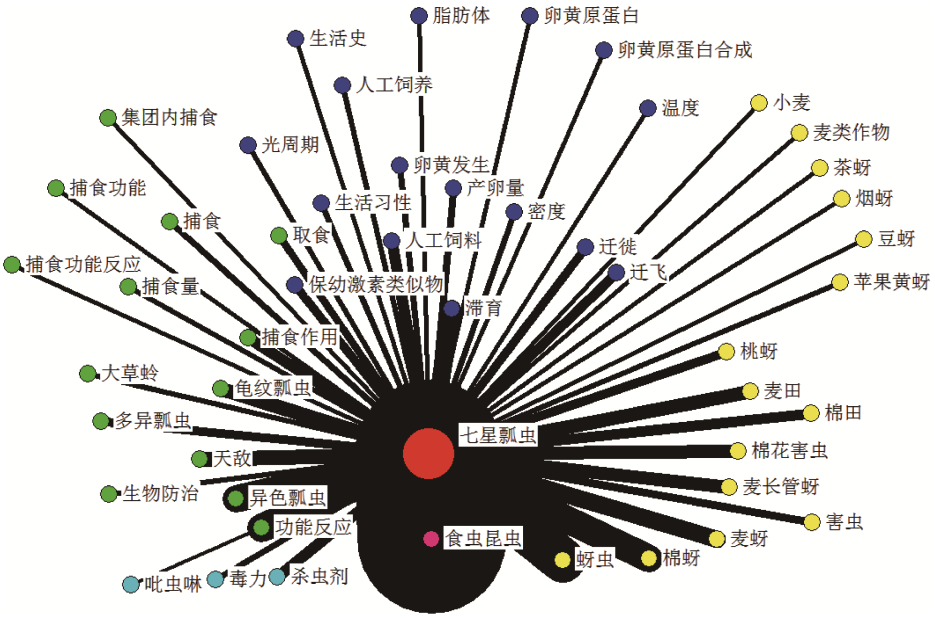

图 4　七星瓢虫研究主要内容关系图

Fig. 4　Relationship map of key research content of *Coccinella septempunctata*

通过棉田捕食性瓢虫类捕食作用例证，研究捕食性瓢虫和害虫种群的能量动态，应用生态能量学新方法定量分析评价捕食性瓢虫对害虫的控制作用（戈峰和欧阳芳，2014）。应用稳定同位素碳标记方法研究捕食性昆虫龟纹瓢虫在棉花和玉米农田景观系统中取食来源与食物比例（欧阳芳等，2014）。利用铷（Rb）元素标记技术定量阐明天敌昆虫的取食关系、转移扩散规律及定量评价果园天敌的控害作用（蔡志平等，2019）。捕食性昆虫天敌除了显而易见的捕食作用实现对害虫的自然控制外，还可以通过捕食过程中产生的“威吓”等非直接致死效应（Non-lethal effects）或胁迫作用（Stress），影响害虫的生长发育与繁殖。有时这种因天敌的存在而产生的非直接致死效应对害虫的间接控制作用甚至比天敌对害虫的直接捕食作用还强。因此，在评价天敌的捕食效能时，除了计算天敌对害虫的直接捕食效能，还应考虑非直接致死效应产生的间接捕食效能（李姣等，2014），扩展了捕食性天敌评价内容。

2.2.4　人工繁育、人工饲料与天敌释放应用研究

为促进捕食性昆虫更好地发挥天敌的生物防治作用，在天敌生物学研究基础上，开展人工饲料、人工繁殖研究，通过扩繁捕食性昆虫种群，人工释放到需要的作物生境，防治作物害虫，也成为一种重要的害虫综合管理手段。我国从 20 世纪 60 年代就开始人工释放异色瓢虫防治黄瓜蚜虫（罗希成和李井茹，1965），随后许多有应用价值的捕食性昆虫成为人工饲养研究对象。如对龟纹瓢虫人工饲料的研究（张丽丽等，2007），南方小花蝽大量繁殖关键技术及其田间释放生态学基础研究（周兴苗，2008），红彩真猎蝽 *Harpactor fuscipes* 的人工饲养研究（朱丹荔，2016），利用一种非昆虫源人工饲料饲养异色瓢虫，能提高异色瓢虫幼虫存活率和成虫寿命，且幼虫期取食人工饲料对成虫期产卵量影响较小，此种非昆虫源人工饲料适合作异色瓢虫人工饲养中幼虫阶段的食物（张岫等，2015）。人工释放异色瓢虫控制甘蓝蚜虽然速效性较差,但持效性较好（孙梅梅等，2015），异色瓢虫实现规模化生产并建立瓢虫工厂（王红托等，2012）。七星瓢虫也具规模化生产并在田间释放，以 1 卵：40 蚜虫及 1 幼虫：80 蚜虫的瓢蚜比释放到黄瓜棚内，10 d 后七星瓢虫对黄瓜蚜虫的控制效果分别达 86.18%和 84.40%（周宇航等，2017）。捕食性蝽类昆虫资源丰富，可捕食蚜虫、螨类、叶蝉、蓟马、鳞翅目昆虫的卵和初孵幼虫等，可被广泛用于农林害虫的生物防治，但我国研究起步较

晚，其人工饲料研究有待进一步加强（刘丰姣和曾凡荣，2013）。

2.2.5　主要农作物的重要害虫种群与综合管理研究　我国水稻的主要害虫有褐飞虱、白背飞虱、稻纵卷叶螟、二化螟 *Chilo suppressalis*，棉花的主要害虫为棉蛉虫与棉蚜；蔬菜害虫主要有十字花科蔬菜的重要害虫小菜蛾 *Plutella xylostella*，其他害虫种群有菜粉蝶（菜青虫）*Pieris rapae*、甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua*、斜纹夜蛾 *Spodoptera litura*、烟粉虱、B 型烟粉虱、各类蚜虫等；大豆害虫大豆蚜、玉米害虫亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* 等，麦类作物重要害虫除麦长管蚜外，还有麦二叉蚜 *Schizaphis graminum* 和禾谷缢管蚜。草地斑块面积的增大、区域景观与耕地的破碎化、区域景观的聚集会促进蚜虫种群数量的增加（张永生等，2018）。而害虫综合治理以生物防治为核心，强调自上而下（Top-down）源于天敌的控制作用（陈学新等，2014），因此，很多研究均是围绕如何保护天敌多样性、提高天敌数量以增强对害虫的控制作用而开展。增强天敌对害虫的控制作用主要是通过减少或削弱对天敌不利的因素，如减少农药用量和使用高效低毒农药减轻对天敌的伤害（Liu *et al.*，2014）；或者增强对天敌有利的作用因子，如增强植物多样性、种植蜜源植物、提高生境异质度（陈学新等，2014；刘雨芳等，2019b），为天敌提供更加有效的复杂的小栖境与食物。

3　讨论

应用大数据与文献计量方法，利用关键信息词与共现法可以明晰生动地展示某领域的研究重点、特点及基本状况等，并发现重大的科学规律（刘雨芳，2017）。从 CNKI 收录的全部年代中文文献计量分析，呈现我国在农田捕食性昆虫资源与利用领域的研究主要集中在农田节肢动物群落与捕食性优势种、农田重要捕食者、作物重要害虫种群的综合管理与捕食功能评价、捕食性昆虫人工饲养与释放应用等方面。被重点研究的捕食性昆虫是捕食性瓢虫，异色瓢虫、七星瓢虫等是关键优势种捕食性昆虫。重点关注的农田生态系统有稻田、棉田、麦田、玉米、蔬菜地与果园等。同时也发现，我国从事该领域研究的团队与人员较多，论文数量也较多，这些研究可能因为稍偏应用或应用基础，或多属于与生产实践联系比较紧密的传统生物学或农学学科内容，来源于学位论文、地方性刊物或一般性农业刊物的比例较高，在国家级重要学报上发表的论文比例不高。

农作物新品种不断涌现但区域种植品种单一化有越来越严重的趋势，除草剂的大量施用、农业机械化与集约化使生境简单化，不利于捕食性天敌的生存与发挥自然控制作用。尽管我国已有很多关于利用捕食性天敌与生态调控综合防治作物害虫的研究（徐红星等，2017），但因为其田间研究的生态性与复杂性，害虫发生的季节性、地域性、某些害虫如褐飞虱的迁飞性，以及由作物品种抗性、长势等引发的自下而上（Bottom-up）效应等，使害虫发生总处于一种不断变化的生态环境与生态气候条件下，从而赋予该领域研究的新活力与持续性、长期性特征。建议加强重要害虫种群发生机制研究，促进有利于天敌生存、保存的条件与方法研究，强化天敌的生态防控效能。

参考文献 (References)

Cai ZP, Ouyang F, Ge F, Zhang JP, 2019. Quantitative evaluation of the biological control efficiency of predatory insects based on rubidium marking method. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 56(2): 348–353. [蔡志平, 肖云丽, 欧阳芳, 戈峰, 张建平, 2019. 定量评价天敌昆虫控害功能的铷元素标记技术. 应用昆虫学报, 56(2): 348–353.]

Chen CM, Song HY, Xiao TG, 1980. Insect resources of natural enemy in rice field in Hunan province. *Journal of Hunan Agricultural College*, (1): 35–46. [陈常铭, 宋慧英, 肖铁光, 1980. 湖南稻田天敌昆虫资源. 湖南农学院学报, (1): 35–46.]

Chen XX, Liu YQ, Ren SX, Zhang F, Zhang WQ, Ge F, 2014. Plant-mediated support system for natural enemies of insect pests. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(1): 1–12. [陈学新, 刘银泉, 任顺祥, 张帆, 张文庆, 戈峰, 2014. 害虫天敌的植物支持系统. 应用昆虫学报, 51(1): 1–12.]

Ge F, Ding YQ, 1996. The population energy dynamics of predacious natural enemies and their pest control activity in

different cotton agroecosystems. *Acta Entomologica Sinica*, 39(3): 266–273. [戈峰, 丁岩钦, 1996. 不同类型棉田捕食性天敌的种群能量动态及其对害虫的控制作用. 昆虫学报, 39(3): 266–273.]

Ge F, Liu XF, Pang WD, Ding YQ, 2002. Biological control efficiency of ladybirds on arthropod pests in cotton agroecosystems. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 13(7): 841–844. [戈峰, 刘向辉, 潘卫东, 丁岩钦, 2002. 棉田捕食性瓢虫控害功能的分析. 应用生态学报, 13(7): 841–844.]

Ge F, Ouyang F, 2014. Quantitative evaluation of the biological control value of predatory insects based on ecological energetic analyses. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(1): 307–313. [戈峰, 欧阳芳, 2014. 定量评价天敌控害功能的生态能学方法. 应用昆虫学报, 51(1): 307–313.]

Jiang JG, Zhang ZQ, Yu X, Ma DC, Yu CH Liu F, Mu W, 2018. Influence of lethal and sublethal exposure to clothianidin on the sevenspotted lady beetle, *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 161: 208–213.

Khan MM, Nawaz M, Hua HX, Cai WL, Zhao J, 2018. Lethal and sublethal effects of emamectin benzoate on the rove beetle, *Paederus fuscipes*, a non-target predator of rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 165: 19–24.

Li J, Jin CZ, Long DB, Ouyang F, Ge F, 2014. Non-lethal effects of a natural enemy on herbivore insect population. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(4): 863–870. [李姣, 金晨钟, 龙大彬, 欧阳芳, 戈峰, 2014. 天敌昆虫对害虫的非直接致死效应. 应用昆虫学报, 51(4): 863–870.]

Liu FJ, Zeng FR, 2013. Advances in artificial diet for rearing of predatory bugs. *Chinese Journal of Biological Control*, 29(2)：294–300. [刘丰姣, 曾凡荣, 2013. 捕食性蝽类昆虫人工饲料研究进展. 中国生物防治学报, 29(2)：294–300.]

Liu YF, 2016. Bibliometric review of international research on insect-resistant transgenic Bt rice. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(3): 648–659. [刘雨芳, 2016. 基于 WOS 文献计量的转 Bt 基因抗虫水稻研究国际动态分析. 应用昆虫学报, 53(3): 648–659.]

Liu YF, 2017. A bibliometric analysis of Chinese entomology based on WOS and CSCD between 2011 and 2016. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 54(6): 898–908. [刘雨芳, 2017. 基于 WOS 与 CSCD 文献计量的中国昆虫学研究透视(2011-2016). 应用昆虫学报, 54(6): 898–908.]

Liu YF, 2019. A review of the diversity and ecological function of paddy field insect communities in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 56(2): 183–194. [刘雨芳, 2019. 中国稻田昆虫群落多样性及生态调控功能研究进展. 应用昆虫学报, 56(2): 183–194.]

Liu YF, Sun LC, Jiang YL. 2017. Bibliometric review of research on phytoplankton in water quality assessment. *Acta Ecologica Sinica*, 37(3): 165–172.

Liu YF, Yang H, Yang F, Xie MQ, 2019a. Analysis of research on the relationship between habitat heterogeneity and biodiversity in worldwide. *Insect Research of Central China*, 15: 260–268. [刘雨芳, 杨荷, 阳菲, 谢美琦, 2019a. 生境异质性与生物多样性关系研究态势分析. 华中昆虫研究, 15: 260–268.]

Liu YF, Yang H, Yang F, Xie MQ, 2019b. Ecological regulation effectiveness of habitat heterogeneity on predatory natural enemies and rice pests in rice paddy fields. *Acta Entomologica Sinica*, 62(7): 857–867. [刘雨芳, 杨荷, 阳菲, 谢美琦, 2019b. 生境异质度对稻田捕食性天敌及水稻害虫的生态调节有效性. 昆虫学报, 62(7): 857–867.]

Liu YF, Zhang GR, Gu DX, Wen RZ, 2002. Enzyme-linked immunosorbent assay used to detect the food relationships of the arthropods in paddy fields. *Acta Entomologica Sinica*, 45(3): 352–358. [刘雨芳, 张古忍, 古德祥, 温瑞贞, 2002. 用 ELISA 方法研究稻田节肢动物的食物关系. 昆虫学报, 45(3): 352–358.]

Liu YQ, Shi ZH, Zalucki MP, Liu SS, 2014. Conservation biological control and IPM practices in Brassica vegetable crops in China. *Biological Control*, 68: 37–46.

Luo XC, Li JR, 1965. Research of artificial release of lady beetle, *Harmonia axyridis* to control aphids on cucumber. *Entomological Knowledge*, 9(2): 99. [罗希成, 李井茹, 1965. 人工释放异色瓢虫防治黄瓜蚜虫的初步研究. 昆虫知识, 9(2): 99.]

Ouyang F, Cao J, Ge F, 2014. Quantitative evaluation of the biological control efficiency of predatory insects based on stable isotope analyses. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(1): 302–306. [欧阳芳, 曹婧, 戈峰, 2014. 定量评价天敌昆虫控害功能的稳定同位素方法. 应用昆虫学报, 51(1): 302–306.]

Ouyang F, Lü F, Men XY, Zhao ZH, Zeng JP, Xiao YL, Ge F, 2015. The economic value of ecological regulating services provided by agricultural insects in China. *Acta Ecologica Sinica*, 35(12): 4000–4006. [欧阳芳, 吕飞, 门兴元, 赵紫华, 曾菊平, 肖云丽, 戈峰, 2015. 中国农业昆虫生态调节服务价值估算. 生态学报, 35(12): 4000–4006.]

Rajendran TP, Singh D, 2016. Insects and Pests//Omkar(ed.). Ecofriendly Pest Management for Food Security. Elsevier: Academic Press. 1–24.

Sun MM, Cai WG, Chen JH, Wang LL, 2015. The control effect of

aphids on cabbage by artificial release lady beetle, *Harmonia axyridis*. *Zhejiang Agricultural Science*, 56(9): 1452–1453, 1456. [孙梅梅, 柴伟纲, 谌江华, 王丽丽, 2015. 人工释放异色瓢虫对甘蓝蚜的控制效果. 浙江农业科学, 56(9): 1452–1453, 1456.]

Wang HT, Zhang WD, Chen XZ, Zheng JF, Miao L, Qin QL, 2012. Mass rearing the multicolored Asian lady beetle on beet armyworm larvae. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(6): 1726–1731. [王红托, 张伟东, 陈新中, 郑建峰, 苗麟, 秦启联, 2012. 异色瓢虫规模化生产技术及瓢虫工厂的建立. 应用昆虫学报, 49(6): 1726–1731.]

Xiao TG, Tang JX, 2007. Effects of the susceptibility of rice varieties to *Sogatella furcifera* on nymphal development and reproduction of *Microvelia horvathi* through a food chain. *Insect Science*, 14(4): 317–321.

Xu HX, Zheng XS, Tian JC, Lai FX, He JC, Lü ZX, 2017. Advances in the development and application of control technologies for insect pest management in paddy fields in China. *Journal of Plant Protection*, 44(6): 925–939. [徐红星, 郑许松, 田俊策, 赖凤香, 何佳春, 吕仲贤, 2017. 我国水稻害虫绿色防控技术的研究进展与应用现状. 植物保护学报, 44(6): 925–939.]

Yang L, Xu L, Liu B, Zhang Q, Pan YF, Li Q, Li HQ, Lu YH, 2019. Non-crop habitats promote the abundance of predatory ladybeetles in maize fields in the agricultural landscape of northern China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 277: 44–52.

Yang Y, 2018. Establishment and trial application of a database of arthropods in Chinese main crops fields. Doctoral dissertation. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences. [杨艳, 2018. 中国主要作物田节肢动物数据库的构建与试用. 博士学位论文. 北京: 中国农业科学院.]

Yang YJ, Liu K, Han HL, Xu HX, Zhang FC, Zheng XS, Tian J, Wang GY, Chen GH, Lu ZX, 2016. Impacts of nitrogen fertilizer on major insect pests and their predators in transgenic Bt rice lines T2A-1 and T1C-19. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 160(3): 281–291.

Zhang J, Zheng X, Jian H, Qin X, Yuan F, Zhang R, 2013. Arthropod biodiversity and community structures of organic rice ecosystems in Guangdong province, China. *Florida Entomologist*, 96(1): 1–9.

Zhang LL, Li K, Zhang TS, Wang B, 2007. The effect of the artificial diets on *Propylea japonica* growth and fecundity. *Chinese Bulletin of Entomology*, 44(6): 871–876. [张丽丽, 李恺, 张天澍, 王斌, 2007. 人工饲料对龟纹瓢虫生长和繁殖的影响. 昆虫知识, 44(6): 871–876.]

Zhang S, Mao JJ, Zeng FR, 2015. Effects of an artificial diet with non-insect ingredient on biological characteristics of *Harmonia axyridis* (Pallas). *Chinese Journal of Biological Control*, 31(1): 35–40. [张屾, 毛建军, 曾凡荣, 2015. 非昆虫源人工饲料对异色瓢虫生物学特性的影响. 中国生物防治学报, 31(1): 35–40.]

Zhang YS, Ouyang F, Men XY , Ge F, Yuan ZM, 2018. Effects of regional agricultural landscape patterns on populations of wheat aphids. *Acta Ecologica Sinica*, 38(23): 8652–8659. [张永生, 欧阳芳, 门兴元, 戈峰, 袁哲明, 2018. 区域农田景观格局对麦蚜种群数量的影响. 生态学报, 38(23): 8652–8659.]

Zhou XM, 2008. Key technology of mass rearing of *Orius similis* and its ecological basement of field release. Doctoral dissertation. Wuhan: Huazhong Agricultural University. [周兴苗, 2008. 南方小花蝽大量繁殖关键技术及其田间释放生态学基础研究. 武汉: 华中农业大学.]

Zhou YH, Cheng Y, Jin JX, Li WH, Li FL, 2017. Large scale production and release application of *Coccinella septempunctata*. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 30(3): 602–605. [周宇航, 程英, 金剑雪, 李文红, 李凤良, 2017. 七星瓢虫规模化生产与释放的应用效果. 西南农业学报, 30(3): 602–605.]

Zhu DL, 2016. Studies on artificial rearing and taxis reaction to volatile phytochemicals of *Harpactor fuscipes* (Fabrieius). Maste dissertation. Guangzhou: South China Agricultural University. [朱丹荔, 2016. 红彩真猎蝽的人工饲养和其对信息化合物的趋性反应研究. 广州: 华南农业大学.]