



江汉平原稻田主要害虫与天敌关系分析

蒲 雷, 蔡万伦, 华红霞, 沈栎阳, 朱宏远, 李绍勤*

(华中农业大学植物科学技术学院, 湖北省昆虫资源利用与害虫可持续治理重点实验室, 武汉 430070)

摘要:【目的】本研究旨在调查分析江汉平原稻田节肢动物群落的物种组成以及主要害虫与天敌相互作用的关系,为制定水稻害虫绿色防控技术体系提供科学依据。【方法】2019–2020 年通过吸虫器法和扫网法在水稻的分蘖期、孕穗期、齐穗期调查江汉平原监利市、潜江市、江陵县等市(县)28 块稻田节肢动物物种种类与个体数量,采用主成分分析和灰色关联度分析法分析了各主成分对稻田节肢动物群落的影响以及主要害虫与天敌种群数量之间的关系。【结果】2019–2020 年调查的江汉平原稻田节肢动物种类共 169 种,按照营养取食关系,将稻田节肢动物群落划分为 4 个亚群落,其中植食类 6 目 33 科 57 种,捕食类 7 目 30 科 50 种,寄生类 2 目 15 科 44 种,中性类 5 目 16 科 18 种。稻田节肢动物群落中对第 1 主成分贡献大的是白背飞虱 *Sogatella furcifera* 和黑尾叶蝉 *Nephotettix bipunctatus*;对第 2 主成分贡献大的是淡翅小花蝽 *Orius tantillus* 和青翅蚁形隐翅虫 *Paederus fuscipes*;对第 3 主成分贡献大的是稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* 和灰飞虱 *Laodelphax striatellus*。与主要害虫稻纵卷叶螟种群数量关联度大的前 3 位天敌依次为:草间钻头蛛 *Hylyphantes graminicola* > 拟环纹豹蛛 *Pardosa pseudoannulata* > 三突花蛛 *Misumenops tricuspidatus*。与主要害虫白背飞虱种群数量关联度大的前 3 位天敌依次为:华丽肖蛸 *Tetragnatha nitens* > 黑肩绿盲蝽 *Cyrtorhinus lividipennis* > 拟环纹豹蛛。【结论】稻田节肢动物群落构成差异主要是由优势植食性昆虫和优势捕食性天敌数量决定的。捕食动物草间钻头蛛种群数量与稻纵卷叶螟种群数量追随关系最为密切,对稻纵卷叶螟具有一定控制作用,华丽肖蛸的种群数量与白背飞虱种群数量追随关系最为密切,对白背飞虱具有一定控制作用。

关键词: 节肢动物群落; 主要害虫; 天敌; 主成分分析; 灰色关联度分析

中图分类号: Q968 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2024)04-0582-07

Analysis of the relationship between main insect pests and natural enemies in paddy fields in Jiangnan Plain, Central China

PU Lei, CAI Wan-Lun, HUA Hong-Xia, SHEN Li-Yang, ZHU Hong-Yuan, LI Shao-Qin* (Key Laboratory of Hubei Insect Resources Utilization and Sustainable Pest Management, College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract:【Aim】This study aims to investigate and analyze the species composition of arthropod community in paddy fields and the interaction between main insect pests and natural enemies in Jiangnan Plain of Central China, so as to provide a scientific basis for the development of a green management system for rice pests.【Methods】The numbers of species and individuals of arthropods in 28 paddy fields in Jianli City, Qianjiang City, Jiangling County, and other cities and counties in Jiangnan Plain were investigated at the tillering stage, booting stage and full heading stage of rice by sucking-machine method and sweeping-net method from 2019 to 2020. The effects of principal components on arthropod community

in paddy fields and the interactions between the population size of main insect pests and the population size of natural enemies were analyzed by principal component analysis and grey correlation analysis. 【Results】 There were 169 arthropod species in paddy fields investigated in Jiangnan Plain during 2019 – 2020. According to the nutrient feeding relationship, the arthropod community in paddy fields was divided into four subcommunities, including 6 orders, 33 families and 57 species of phytophagous species, 7 orders, 30 families and 50 species of predatory species, 2 orders, 15 families and 44 species of parasitic species, and 5 orders, 16 families and 18 species of neutral species. In the arthropod community in paddy fields, *Sogatella furcifera* and *Nephotettix bipunctatus* had the main contribution to the 1st principal component, *Orius tantillus* and *Paederus fuscipes* had the main contribution to the 2nd principal component, and *Cnaphalocrocis medinalis* and *Laodelphax striatellus* had the main contribution to the 3rd principal component. The first three natural enemies whose population size had high correlations with the population size of the main pest *C. medinalis* were ranked in a descending order as follows: *Hylyphantes graminicola* > *Pardosa pseudoannulata* > *Misumenops tricuspidatus*, while those whose population size had high correlations with the population size of the main insect pest *S. furcifera* were ranked in a descending order as follows: *Tetragnatha nitens* > *Cyrtorhinus lividipennis* > *P. pseudoannulata*. 【Conclusion】 The difference of arthropod community composition in paddy fields originates mainly from the population size of the dominant phytophagous insects and predatory natural enemies. The population size of *H. graminicola* shows the closest coupling pattern to that of *C. medinalis*, and similar coupling pattern exists in the predator *T. nitens* to *S. furcifera*, indicating that these predators play dominant roles in controlling the respective preys.

Key words: Arthropod community; main insect pests; natural enemy; principal component analysis; gray correlation analysis

江汉平原位于湖北省中南部,属于亚热带季风区,气候温暖湿润,光照充足,年均日照时数约 2 000 h,年均降水量 1 100 ~ 1 300 mm,气温较高的 4–9 月降水量约占年降水总量的 70%,无霜期约 285 d。江汉平原(主要包括荆州市、荆门市、仙桃市、潜江市和天门市)是湖北省水稻主产区,近年来,江汉平原水稻害虫发生面积逐年上升(刘芹等, 2021),稻田用药次数多、用药量大是害虫防治中的普遍问题,对害虫进行绿色可持续治理是稻谷安全生产的重要保障。

稻田节肢动物群落是一个以水稻为中心的多种害虫、天敌、中性类节肢动物共存的复杂网络系统,在该系统中,1 种天敌可以取食多种害虫,1 种害虫又受多种天敌的控制(郝树广, 1998)。水稻害虫和天敌是稻田节肢动物群落最重要的组成部分(吴进才等 1994; Liu *et al.*, 2019)。分析稻田节肢动物群落物种组成、主要害虫及天敌的相互作用关系是制定绿色可持续治理策略的基础。本研究于 2019–2020 年调查了江汉平原稻田节肢动物种类与数量,分析了江汉平原稻田节肢动物群落组成、稻田主要害虫及其主要天敌的相互作用关系,以期充分发

挥天敌控虫作用的水稻害虫绿色可持续治理策略的制定提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验器材

捕虫网:购自张家港市凤凰红光科教器材厂。规格:网口直径 35 cm,网深 80 cm,手柄长 170 cm,100 目尼龙网纱。

吸虫器:参照刘雨芳等(1999)方法,用 WFB-18AC 背负式喷雾器(山东华盛农业机械股份有限公司)改装而成。采样框(长×宽×高=50 cm×50 cm×120 cm),框架为铁棍,除底面外,采样框四周用尼龙网罩住,其中一面尼龙网是活动的,可以打开或关闭。集虫网(长×宽=20 cm×10 cm)用 100 目尼龙网制作,袋口束以皮筋。

1.2 田间调查时间和地点

2019 年 7–9 月和 2020 年 7–9 月,在江汉平原监利市、潜江市、洪湖市、石首市、江陵县等市(县),每个市(县)选取 1~4 个乡镇,每个乡镇选取 1 块中稻田,所选田块面积大于 667 m²,共选取 28 块稻

田。田间管理按照当地常规水肥管理,在水稻的分蘖期、孕穗期和齐穗期通过扫网法和吸虫器法进行稻田节肢动物调查。

1.3 样本采集

1.3.1 扫网法:在调查的田块里选择约 667 m² 作为调查样方,样方内采用两条互不干扰的平行线(两条平行线间距大于 5 m)作为取样线路。从每条平行线起点开始,左右一个来回记为 1 次,横扫宽度为 2 m,在长度为 10 m 的取样线路内进行 20 次扫网,每个样方总共扫网面积为 40 m² (2 m × 10 m × 2),持续时间 5 min,依照以上方法在水稻的分蘖期、孕穗期和齐穗期各调查 1 次。

1.3.2 吸虫器法:取样时需两人协作进行,1 人背负机器,1 人拿采样框。取样前把集虫网用皮筋固定在进风管与机器的连接处,每个取样点取样结束后把集虫网取出,用皮筋系紧,防止节肢动物逃跑,并更换新的集虫网。每块田采用对角线五点法选取 5 个取样点,每点用采样框罩住 6 兜水稻,用采样框罩水稻时要迅速准确,防止惊飞节肢动物,减小试验误差。然后把进风管伸入采样框内进行取样,取样时要用进风管吸遍采样框内各个部位,每样点吸 5 min,将绝大部分节肢动物吸进采样袋,依照以上方法在水稻的分蘖期、孕穗期和齐穗期各调查 1 次。

1.4 种类鉴定

将采集到的节肢动物放入含有乙酸乙酯的毒袋内,待所有节肢动物死亡后,装进 50 mL 离心管中先用 75% 乙醇浸泡,带回实验室后,再使用永久性浸泡液保存,以待种类鉴定。所有节肢动物依据《中国水稻害虫天敌的识别与利用》(Barrion *et al.*, 2021)、《中国稻区常见飞虱原色图鉴》(丁锦华等, 2012)、《中国昆虫生态大图鉴》(张巍巍和李元胜, 2019)等鉴定资料,使用体视显微镜尽量鉴定到种,难以鉴定到种的用属名代替。

1.5 数据分析

实验数据采用 Excel 2010 进行整理,统计分析使用 SPSS 22.0。

1.5.1 群落主成分分析:参照羊绍武等(2021)方法,以各调查地点为行,节肢动物种类为列,构成原始物种个体数矩阵,对原始数据进行标准化处理,计算得分矩阵和相应的特征值即特征向量,计算出各主成分的贡献率和累计贡献率,并求出相应各个主成分中各主要物种的负荷量,分析各主成分对稻田节肢动物群落的影响。

1.5.2 灰色关联度分析:参照林源等(2013)方法,

对稻田主要害虫及其主要天敌的相互作用关系采用灰色关联度分析。把主要害虫及其天敌看作一个本征性灰色系统,两年水稻不同生育期所有田块的主要害虫数量(Y_i)作为该系统的参考序列,主要天敌的数量(X_j)看作该系统的比较序列。不同时间上的主要害虫数量及其与主要天敌的数量作为 Y_i 与 X_j 在第 k 点上的效果白化值,进行关联分析, $R(Y_i, X_j)$ 即为第 j 种天敌的数量(X_j)与主要害虫数量(Y_i)的关联度,其大小反映 X_j 对 Y_i 的联系或影响程度。

2 结果

2.1 江汉平原稻田节肢动物群落物种组成

通过调查,2019–2020 年江汉平原稻田节肢动物物种共 169 种,按照取食关系,将稻田节肢动物群落分为植食类、捕食类、寄生类和中性类 4 个亚群落。从表 1 可以看出,其中植食类 6 目 33 科 57 种,捕食类 7 目 30 科 50 种,寄生类 2 目 15 科 44 种,中性类 5 目 16 科 18 种。在稻田节肢动物群落中,植食类物种数占 33.73%,是主要类群;捕食类(捕食性昆虫和蜘蛛)物种数也达到 29.59%,同样是主要类群;另外,寄生类和中性类物种数占比分别为 26.04% 和 10.65%。

从个体数量上看,植食性昆虫个体数为 42 446,占比为 31.20%;捕食性昆虫个体数为 1 733,占比为 1.27%;蜘蛛类个体数为 4 619,占比为 3.40%;寄生性昆虫个体数为 3 841,占比为 2.82%;中性类节肢动物个体数为 83 397,占比为 61.31%。

2.2 稻田节肢动物群落主成分分析

2019–2020 年江汉平原稻田节肢动物群落中各主成分的特征值、贡献率和累计贡献率见表 2。按照累计贡献率达到 85% 的原则,得到稻田节肢动物群落排在前 11 位的主成分。11 个主成分累计贡献率为 86.7%,这与在进行主成分分析时所选种类较多有一定关系,也说明了各主成分包含的原始信息较分散。

从表 2 和表 3 可知,稻田节肢动物群落第 1 主成分特征值、贡献率和累计贡献率分别为 14.19, 23.86% 和 23.86%,对第 1 主成分贡献大的是黑尾叶蝉 *Nephotettix bipunctatus* (0.895)、纵条蝇狮 *Marpissa magister* (0.765) 和白背飞虱 *Sogatella furcifera* (0.724);第 2 主成分特征值、贡献率和累计贡献率分别为 8.24, 12.12% 和 35.98%,对第 2

表 1 2019 – 2020 年江汉平原稻田节肢动物群落主要类群组成

Table 1 Composition of the main groups of arthropod community in paddy fields in Jianghan Plain during 2019 – 2020									
亚群落 Subcommunities	功能类群 Function groups	目 Order		科 Family		种 Species		个体 Individual	
		数目	占比(%)	数目	占比(%)	数目	占比(%)	数目	占比(%)
		Number	Proportion	Number	Proportion	Number	Proportion	Number	Proportion
植食类 Phytophages	植食性昆虫 Phytophagous insects	6	30	33	35.11	57	33.73	42 446	31.20
捕食类 Predators	捕食性昆虫 Predatory insects	6	30	22	23.40	28	16.57	1 733	1.27
	蜘蛛 Spiders	1	5	8	8.51	22	13.02	4 619	3.40
寄生类 Parasitoids	寄生性昆虫 Parasitic insects	2	10	15	15.96	44	26.04	3 841	2.82
中性类 Neutrals		5	25	16	17.02	18	10.65	83 397	61.31
合计 Total		20		94		169		136 036	

表 2 2019 – 2020 年江汉平原稻田节肢动物群落
特征值及贡献率

Table 2 Eigenvalues and their contribution rates of the arthropod community in paddy fields in Jianghan Plain during 2019 – 2020			
主成分 Principal components	特征值 Eigenvalues	贡献率(%) Contribution rate	累计贡献率(%) Accumulated contribution rate
1	14.19	23.86	23.86
2	8.24	12.12	35.98
3	6.77	9.96	45.94
4	6.09	8.95	54.89
5	3.95	5.81	60.70
6	3.66	5.39	66.09
7	3.49	5.13	71.22
8	3.02	4.44	75.66
9	2.80	4.11	79.77
10	2.21	3.84	83.61
11	2.10	3.09	86.70
12	1.27	2.60	89.29
13	1.04	2.27	91.56
14	0.70	2.91	94.47
15	0.27	2.66	97.13
16	0.17	2.59	99.72
17	0.08	0.181	99.90
18	0.04	0.10	100.00

主成分贡献大的是淡翅小花蝽 *Orius tantillus* (0.806)、青翅蚁形隐翅虫 *Paederus fuscipes* (0.739) 和稻潜叶蝇 *Hydrellia griseola* (0.713); 第 3 主成分特征值、贡献率和累计贡献率分别为 6.77, 9.96% 和 45.94%, 对第 3 主成分贡献大的为稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* (0.546)、灰飞虱 *Laodelphax striatellus* (0.407) 和黑盾黄秆蝇 *Chloropa* sp. (0.388) (括号中数值为负荷量)。由此可以初步判

定常见植食性昆虫黑尾叶蝉、白背飞虱和蜘蛛纵条蝇狮对第 1 主成分的作用较大, 常见捕食性昆虫淡翅小花蝽和青翅蚁形隐翅虫对第 2 主成分作用较大, 常见植食性昆虫稻纵卷叶螟和灰飞虱对第 3 主成分作用较大。即第 1 主成分和第 3 主成分是对总群落影响较大的优势害虫, 第 2 主成分是对总群落影响较大的优势天敌类。

2.3 稻田主要害虫及主要天敌的相互作用

2.3.1 稻纵卷叶螟与天敌相互关系的灰色关联度分析: 从表 4 可知, 不同种类天敌的数量与稻纵卷叶螟种群数量关联度 $R(Y_1, X_j)$ 排序前 3 位分别为: $R(Y_1, X_7) > R(Y_1, X_9) > R(Y_1, X_{10})$, 即草间钻头蛛 > 拟环纹豹蛛 *Pardosa pseudoannulata* > 三突花蛛 *Misumenops tricuspidatus*。其余依次为纵卷叶螟绒茧蜂 *Apanteles cypris* > 白足扁股小蜂 *Elasmus corbetti* > 稻螟赤眼蜂 *Trichogramma japonicum* > 无脊大腿小蜂 *Brachymeria excarinata* > 拟螟蛉绒茧蜂 *Apanteles* sp. > 螟蛉瘤姬蜂 *Itopectis naranyae* > 青翅蚁形隐翅虫。其中, 草间钻头蛛种群数量与稻纵卷叶螟种群数量之间关联度最大, 说明在自然状态下草间钻头蛛种群数量与稻纵卷叶螟种群数量追随关系最为密切, 对稻纵卷叶螟具有一定的控制作用。

2.3.2 白背飞虱与天敌相互关系的灰色关联度分析: 把白背飞虱及其主要天敌看作一个本征性灰色系统, 分析各天敌数量与白背飞虱数量的关联度, 结果见表 5。不同种类天敌数量与白背飞虱种群数量关联度 $R(Y_1, X_j)$ 排序前 3 位的分别为: $R(Y_1, X_{10}) > R(Y_1, X_4) > R(Y_1, X_7)$, 即华丽肖蛸 *Tetragnaeha nitens* > 黑肩绿盲蝽 *Cyrtorhinus lividipennis* > 拟环纹豹蛛。随后依次为稻虱缨小蜂

表 3 2019 – 2020 年江汉平原稻田节肢动物群落主要物种对前 3 个主成分的负荷量

Table 3 Factor loading of the main species of arthropod community in paddy fields to the first three principal components in Jiangnan Plain during 2019 – 2020

物种 Species	第 1 主成分 1st principal component	第 2 主成分 2nd principal component	第 3 主成分 3rd principal component
黑尾叶蝉 <i>Nephotettix bipunctatus</i>	0.895	0.289	–0.096
白背飞虱 <i>Sogatella furcifera</i>	0.724	0.007	0.162
稻纵卷叶螟 <i>Cnaphalocrocis medinalis</i>	–0.118	–0.156	0.546
稻潜叶蝇 <i>Hydrellia griseola</i>	–0.017	0.713	–0.143
青翅蚁形隐翅虫 <i>Paederus fuscipes</i>	0.002	0.739	0.305
纵条蝇狮 <i>Marpissa magister</i>	0.765	–0.070	0.187
淡翅小花蝽 <i>Orius tantillus</i>	0.543	0.806	–0.076
黑盾黄秆蝇 <i>Chloropa</i> sp.	0.112	0.176	0.388
灰黑秆蝇 <i>Chloropa</i> sp.	0.714	0.254	–0.011
灰飞虱 <i>Laodelphax striatellus</i>	–0.053	0.201	0.407

表 4 2019 – 2020 年江汉平原稻纵卷叶螟与天敌间关联度列表

Table 4 Relational grades of *Cnaphalocrocis medinalis* and its natural enemies in Jiangnan Plain during 2019 – 2020

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
Y_1	0.617	0.600	0.602	0.622	0.618	0.612	0.897	0.498	0.747	0.668

X_1 : 稻螟赤眼蜂种群数量 Population size of *Trichogramma japonicum*; X_2 : 螟蛉瘤姬蜂种群数量 Population size of *Itopectis naranyae*; X_3 : 拟螟蛉绒茧蜂种群数量 Population size of *Apanteles* sp.; X_4 : 纵卷叶螟绒茧蜂种群数量 Population size of *Apanteles cypris*; X_5 : 白足扁股小蜂种群数量 Population size of *Elasmus corbeti*; X_6 : 无脊大腿小蜂种群数量 Population size of *Brachymeria excarinata*; X_7 : 草间钻头蛛种群数量 Population size of *Hyllyphantes graminicola*; X_8 : 青翅蚁形隐翅虫种群数量 Population size of *Paederus fuscipes*; X_9 : 拟环纹豹蛛种群数量 Population size of *Pardosa pseudoannulata*; X_{10} : 三突花蛛种群数量 Population size of *Misumenops tricuspidatus*; Y_1 : 稻纵卷叶螟种群数量 Population size of *C. medinalis*.

表 5 2019 – 2020 年江汉平原白背飞虱与天敌间关联度列表

Table 5 Relational grades of *Sogatella furcifera* and its natural enemies in Jiangnan Plain during 2019 – 2020

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
Y_1	0.656	0.559	0.572	0.669	0.451	0.611	0.662	0.572	0.598	0.722

X_1 : 稻虱缨小蜂种群数量 Population size of *Anagrus nilaparvatae*; X_2 : 稻虱红螯蜂种群数量 Population size of *Haplogonatopus japonicas*; X_3 : 两色螯蜂种群数量 Population size of *Echthrodelfax fairchildii*; X_4 : 黑肩绿盲蝽种群数量 Population size of *Cyrtorhinus lividipennis*; X_5 : 尖钩宽尾蝽种群数量 Population size of *Microvelia horvathi*; X_6 : 青翅蚁形隐翅虫种群数量 Population size of *Paederus fuscipes*; X_7 : 拟环纹豹蛛种群数量 Population size of *Pardosa pseudoannulata*; X_8 : 拟水狼蛛种群数量 Population size of *Pirata subpiraticus*; X_9 : 食虫沟瘤蛛种群数量 Population size of *Ummeliata insecticeps*; X_{10} : 华丽肖蛸种群数量 Population size of *Tetragnatha nitens*; Y_1 : 白背飞虱种群数量 *S. furcifera*.

Anagrus nilaparvata > 青翅蚁形隐翅虫 > 食虫沟瘤蛛 *Ummeliata insecticeps* > 两色螯蜂 *Echthrodelfax fairchildii* 和拟水狼蛛 *Pirata subpiraticus* > 稻虱红螯蜂 *Haplogonatopus japonicas* > 尖钩宽尾蝽 *Microvelion horvathi*。其中,华丽肖蛸的种群数量与白背飞虱的种群数量之间关联度最大,说明在自然状态下华丽肖蛸种群数量与白背飞虱种群数量的追随关系最为密切,对白背飞虱具有一定的控制作用。

3 讨论

从江汉平原稻田节肢动物群落主要类群组成上

来看,捕食类昆虫所占比例小于植食类(表 1),但捕食性种类捕食量大,对维持稻田生态系统稳定性起着重要作用。中性类节肢动物所占比例最大,中性类节肢动物既非害虫又非天敌,它们与水稻无直接的营养关系(吴进才等, 1994; 郭玉杰等, 1995)。实际上中性类节肢动物在稻田节肢动物群落生态稳定性中起着重要作用,在害虫数量减少时,替代害虫作为捕食性天敌的猎物,对捕食性天敌亚群落的始建与重建起着重要作用(刘雨芳和古德祥, 2002)。

捕食类节肢动物在稻田中生态功能非常重要,但是个体数并不多。本研究中,捕食性节肢动物个体数量占比为 4.67%,比较低(表 1),这与前人研

究结果相类似。广西桂林永福县稻田节肢动物群落中,捕食类个数占比为 10% (张清泉等, 2014)。广东四会市双季稻区,不管早稻还是晚稻,捕食性节肢动物占比均较小,分别为 1.32% 和 2.76% (刘雨芳和古德祥, 2004)。另外在其他生境中,例如果园节肢动物中,捕食类占比也只有 10% (李生才, 2004)。虽然捕食类数量不多,但多数捕食性昆虫捕食量较大,且个体一般比植食类如飞虱、叶蝉等昆虫大,因此对植食类的控制作用仍然较强,对维系稻田生态系统的稳定同样起着重要作用。

在本研究当中,通过灰色关联度法分析了稻纵卷叶螟和白背飞虱与各自天敌间的相互作用,明确了草间钻头蛛与稻纵卷叶螟种群数量的追随关系最为密切,对稻纵卷叶螟具有一定的控害效应;华丽肖蛸与白背飞虱的种群数量的追随关系最为密切,对白背飞虱具有一定的控害效应(表 4, 5)。本研究结果表明对稻田主要害虫起主要控制作用的为草间钻头蛛、华丽肖蛸和拟环纹豹蛛等稻田常见蜘蛛类群,与王小武等(2017)、林源等(2013)研究结果相类似。王小武等(2017)应用灰色关联度分析了伊犁禾谷稻区主要害虫稻水象甲与其主要天敌类群的相互作用,结果表明蜘蛛与稻水象甲的关联度最大,即蜘蛛与稻水象甲的追随关系最为密切,对稻水象甲具有控制作用;林源等(2013)通过灰色关联度分析了安徽省怀宁县中稻防治田中稻飞虱与其主要天敌的相互作用,结果显示与白背飞虱关联度最大的前 3 位天敌为条纹蝇虎 *Plexippus setipet*、锥腹肖蛸 *Tetragnatha maxillosa* 和草间小黑蛛 *Hylyphantes graminicola*。

天敌与害虫间的相互制约、依存的关系是在长期协同进化所致,不同天敌与主要害虫之间存在动态平衡,通过了解害虫-天敌种群之间的相互作用,对确定防治对象,利用自然天敌来控制有害生物,协调化学防治与生物防治的矛盾,有效制定有害生物综合防治的策略具有十分重要的意义。

参考文献 (References)

Barrion AT, Fu Q, He JQ, Lü ZX, 2021. Identification and Utilization of Natural Enemies of Rice Pests in China. Zhejiang Science and Technology Press, Hangzhou. 20–78. [阿尔贝托·塔配·伯里昂, 傅强, 何佳春, 吕仲贤, 2021. 中国水稻害虫天敌的识别与利用. 杭州: 浙江科学技术出版社. 20–78]

Ding JH, Hu CL, Fu Q, He JC, Xie MC, 2012. A Colour Atlas of Commonly Encountered Delphacids in China Rice Regions. Zhejiang Science and Technology Press, Hangzhou. 10–32. [丁锦华, 胡春

林, 傅强, 何佳春, 谢茂成, 2012. 中国稻区常见飞虱原色图鉴. 杭州: 浙江科学技术出版社. 10–32]

Guo YJ, Wang NY, Jiang JW, Chen JW, Tang J, 1995. Study on the role of neutral insects as nutrient bridges for predators in rice field arthropod communities. *Chin. J. Biol. Control*, 11(1): 5–9. [郭玉杰, 王念英, 蒋金炜, 陈俊炜, 唐建, 1995. 中性昆虫在稻田节肢动物群落中作为捕食者营养桥梁作用的研究. 中国生物防治, 11(1): 5–9]

Hao SG, Zhang XX, Cheng XN, Luo YJ, Tian XZ, 1998. The dynamics of biodiversity and the composition of nutrition classes and dominant guilds of arthropod community in paddy field. *Acta Entomol. Sin.*, 41(4): 343–353. [郝树广, 张孝羲, 程遐年, 罗跃进, 田学志, 1998. 稻田节肢动物群落营养层及优势功能集团的组成与多样性动态. 昆虫学报, 41(4): 343–353]

Li SC, 2004. Ecology of Arthropod Community in Orchards. PhD Dissertation, Shanxi Agricultural University, Taiyuan. [李生才, 2004. 果园节肢动物群落生态学研究. 太原: 山西农业大学博士学位论文]

Lin Y, Zhou XZ, Bi SD, Zou YD, Ma F, Cheng XN, Ke N, Yang L, Guo H, 2013. Predatory natural memies of three planthoppers in middle rice fields and the effects of pesticides on natural enemies. *Acta Ecol. Sin.*, 33(7): 2189–2199. [林源, 周夏芝, 毕守东, 邹运鼎, 马飞, 程遐年, 柯磊, 杨林, 郭骅, 2013. 中稻田三种飞虱的捕食性天敌优势种及农药对天敌的影响. 生态学报, 33(7): 2189–2199]

Liu Q, Yang JJ, Yuan H, Luo HG, 2021. Occurrence trend of main crop diseases and pests in Hubei Province in 2021. *Hubei Plant Prot.*, (2): 51–54. [刘芹, 杨俊杰, 袁浩, 罗汉钢, 2021. 2021 年湖北省农作物主要病虫害发生趋势. 湖北植保, (2): 51–54]

Liu SY, Zhao J, Hamada C, Cai WL, Khan M, Zou YL, Hua HX, 2019. Identification of attractants from plant essential oils for *Cyrtorhinus lividipennis*, an important predator of rice planthoppers. *J. Pest Sci.*, 92(2): 769–780.

Liu YF, Gu DX, 2002. Diversity and ecological functions of neutral insects in rice fields. *Chin. J. Biol. Control*, 18(4): 149–152, 203. [刘雨芳, 古德祥, 2002. 稻田中性昆虫多样性及其生态功能分析. 中国生物防治, 18(4): 149–152, 203]

Liu YF, Gu DX, 2004. Compare the community structure of arthropods in heterogenous habitats with that in monotogeous ones in the two-crop paddy field area. *Ecol. Sci.*, 23(3): 196–199, 203. [刘雨芳, 古德祥, 2004. 双季稻区两类生境稻田节肢动物群落结构比较. 生态科学, 23(3): 196–199, 203]

Liu YF, Zhang GR, Gu DX, 1999. Arthropod community in paddy field was studied by using modified trematodes. *Plant Prot.*, 25(6): 39–40. [刘雨芳, 张古忍, 古德祥, 1999. 利用改装的吸虫器研究稻田节肢动物群落. 植物保护, 25(6): 39–40]

Wang XW, Ding XH, Tu EX, Fu KY, He J, Ban XL, Fu WJ, Guan ZJ, Liu W, Guo WC, 2017. The structure and diversity of arthropod communities in paddy fields under different management models in Yili River Valley. *Xinjiang Agric. Sci.*, 54(10): 1875–1886. [王小武, 丁新华, 吐尔逊, 付开赞, 何江, 班小莉, 付文

君, 关志坚, 刘文, 郭文超, 2017. 伊犁河谷不同管理模式稻田节肢动物群落结构及多样性. *新疆农业科学*, 54(10): 1875 – 1886]

Wu JC, Hu GW, Tang J, Shu ZL, Yang JS, Wan ZN, Ren ZC, 1994. Regulation of neutral insects on food web of rice communities. *Acta Ecol. Sin.*, 14(4): 381 – 386. [吴进才, 胡国文, 唐健, 束兆林, 杨金生, 万志农, 任正才, 1994. 稻田中性昆虫对群落食物网的调控作用. *生态学报*, 14(4): 381 – 386]

Yang SW, Fu Y, Li XX, Jiang ZX, Zhang XM, Chen GH, 2021. Analysis of arthropod community structure and stability in perennial paddy fields. *J. Yunnan Agric. Univ.*, 36(5): 775 – 782. [羊绍武, 傅杨, 李星星, 蒋正雄, 张晓明, 陈国华, 2021. 多年生水稻田节肢动物群落结构及稳定性分析. *云南农业大学学报*, 36(5): 775 – 782]

Zhang QQ, Wang HS, Qin BR, Xie YL, Huang CY, Wang F, Wang KX, 2014. Study on the structure and diversity of arthropod community in ecological rice fields. *China Plant Prot.*, 34(4): 19 – 24. [张清泉, 王华生, 覃保荣, 谢义灵, 黄超燕, 王峰, 王凯学, 2014. 生态稻田节肢动物群落结构及其多样性研究. *中国植保导刊*, 34: 19 – 24]

Zhang WW, Li YS, 2019. *Chinese Insect Ecology Map*. Chongqing University Press, Chongqing. 12 – 36. [张巍巍, 李元胜, 2019. *中国昆虫生态大图鉴*. 重庆: 重庆大学出版社. 12 – 36]

(责任编辑: 赵利辉)