



许见辉, 刘佰明, 白义川, 王芳, 何亮, 谷希树, 张李香, 杨泽众. 天津武清区稻田节肢动物群落多样性 [J]. 环境昆虫学报, 2024, 46 (2): 449–458. XU Jian-Hui, LIU Bai-Ming, BAI Yi-Chuan, WANG Fang, HE Liang, GU Xi-Shu, ZHANG Li-Xiang, YANG Ze-Zhong. Arthropod diversity of paddy fields in Wuqing District, Tianjin [J]. Journal of Environmental Entomology, 2024, 46 (2): 449–458.

天津武清区稻田节肢动物群落多样性

许见辉^{1,2}, 刘佰明², 白义川², 王芳², 何亮²,
谷希树², 张李香^{1*}, 杨泽众^{2*}

(1. 黑龙江大学现代农业与生态环境学院, 哈尔滨 150001; 2. 天津市农业科学院植物保护研究所, 天津 300384)

摘要: 明确稻田节肢动物多样性, 发挥自然生态系统对害虫的调控作用是制定水稻害虫生态控制策略前提和基础。本研究调查了天津市武清区稻田节肢动物群落多样性, 采集了 8 262 个节肢动物样本, 隶属 3 纲、12 目、59 科、127 种。其中, 害虫 41 种、中性节肢动物 29 种和天敌 57 种。其中天敌包括捕食性天敌 49 种及寄生性天敌 8 种。天津稻田节肢动物群落 Shannon – Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀性指数分别为 3.1513 和 0.6505, Simpson 优势集中性指数为 0.1193。天津稻田害虫优势种为灰飞虱 *Laodelphax striatellus*, 中性节肢动物以铜色长角沼蝇 *Sepedon aenescens* 数量最多, 捕食性天敌主要有黄尾小螳 *Agriocnemis pygmaea*、褐斑异痣螳 *Ischnura sengalensis*、黄蜻 *Pantala flavescens*、圆尾肖蛸 *Tetragnatha vermiformis*、锥腹肖蛸 *Tetragnatha maxillosa*、异色瓢虫 *Harmonia axyridis* 等。寄生性天敌主要以黑腹单节螯蜂 *Haplogonatopus oratorius* 占优势, 且在天津首次报道。本研究明确了天津武清稻田节肢动物群落的多样性, 为开发应用天敌昆虫及害虫生态控制提供借鉴。

关键词: 稻田; 节肢动物; 群落多样性; 调查

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2024) 02-0449-10

Arthropod diversity of paddy fields in Wuqing District, Tianjin

XU Jian-Hui^{1,2}, LIU Bai-Ming², BAI Yi-Chuan², WANG Fang², HE Liang², GU Xi-Shu², ZHANG Li-Xiang^{1*}, YANG Ze-Zhong^{2*} (1. College of Modern Agriculture and Ecological Environment, Heilongjiang University, Harbin 150001, China; 2. Institute of Plant Protection, Tianjin Academy of Agricultural Sciences, Tianjin 300384, China)

Abstract: Understanding the arthropod diversity in paddy fields and applying ecosystem's regulating function is the base for putting up ecologically based pest management. In this study, the arthropod diversity of paddy fields in Wuqing, Tianjin was investigated and 8 262 arthropod samples, which belonging to 3 classes, 12 orders, 59 families and 127 species, were collected. Totally, there were 41 species of pests, 29 species of neutral arthropods and 57 species of natural enemies. Among natural enemies, 49 predatory natural enemies and 8 parasitic natural were identified. The Shannon-Wiener diversity index, Pielou evenness index and Simpson dominant index of arthropod population in Tianjin paddy field were 3.1513, 0.6505 and 0.1193, respectively. Our study showed that *Laodelphax striatellus* was the dominant rice pests and *Sepedon aenescens* was the most abundant neutral arthropod. *Agriocnemis*

基金项目: 天津市农业科学院青年创新与实验项目 (2022005); 天津市“131”创新型人才团队 (201931)

作者简介: 许见辉, 男, 硕士研究生, 研究方向为农业昆虫与害虫防治, E-mail: 1162159139@qq.com

* 共同通讯作者 Author for correspondence: 张李香, 博士, 副教授, 主要研究方向为农业昆虫与害虫防治, E-mail: fjszhanglx@126.com;

杨泽众, 博士, 副研究员, 主要研究方向为蔬菜害虫防治, E-mail: yyll88523@126.com

收稿日期 Received: 2023-02-25; 接受日期 Accepted: 2023-04-25

pyqmaea, *Ischnura sengalensis*, *Pantala flavescens*, *Tetragnatha vermiformis*, *Tetragnatha maxillosa*, *Harmonia axyridis* were the major predatory natural enemies. *Haplogonatopus oratorius* was the dominant parasitoid, and was first reported in Tianjin. This study showed arthropod diversity of paddy fields in Wuqing, Tianjin, and provided clues for the developing both natural enemy and ecologically based pest management.

Key words: Paddy field; arthropod; community diversity; investigation

天津地区水稻种植历史悠久,“小站稻”是当地著名的地理标志作物之一(丁毅和胡志全, 2020)。近年来,随着“小站稻振兴计划”的开展,天津水稻种植面积逐年增加。病虫害一直是制约水稻产量和品质的重要因子(车琳等, 2022)。化学杀虫剂大量使用,不但增加了害虫抗药性,还降低了稻田节肢动物多样性,更导致了一系列食品安全和环境污染问题(Horgan *et al.*, 2017)。在水稻产业发展、食品安全和生态保护等诸多需求下,近年来以生物防治和生态控制为主的绿色防控水稻病虫技术越来越受到重视。

农田生物多样性是害虫绿色防控的基础,其与农业生态系统稳定性等紧密相关(Liu *et al.*, 2013; Tsiafouli *et al.*, 2015)。自20世纪90年代开始,稻田节肢动物群落调查研究陆续报道(杨韶松等, 2009; Yuan *et al.*, 2013; 辛德育等, 2017; Lee *et al.*, 2019)。研究发现种植模式、施肥模式和自然环境等条件会影响稻田节肢动物的群落多样性(Mukherjee & Khan, 2017; Purwanti *et al.*, 2019; 羊绍武等, 2021; Ali *et al.*, 2022),如相比于常规淹灌,间歇灌溉显著增加水稻节肢动物群落科数和种数,在水稻整个生育期,节肢动物物种科数平均增加25.4%,种数平均增加17.4%,天敌种类数平均增加24.4%,数量平均增加26.2%(邱佩等, 2016)。施用有机肥促进稻田涵养更多的捕食性天敌,进而减轻水稻害虫为害,增强生态控害效能(阳菲等, 2020)。此外,稻蟹、稻虾和稻鸭等新型生态农业模式也能影响稻田节肢动物群落的多样性(肖求清, 2017; Lee *et al.*, 2019; 马晓慧等, 2019)。可见,受自然环境和农事操作等因素影响,不同稻田间节肢动物群落具有一定的特异性。

查明稻田节肢动物多样性,对保护稻田生物多样性、充分利用生物多样性控制有害生物有重要意义。本研究自2021年起对天津市武清区稻田节肢动物群落进行调查,以期摸清天津市武清区

稻田主要害虫和天敌的种类,为后续评估及有针对性研发天津稻田有害生物绿色防控防治技术奠定基础。

1 材料与方法

1.1 调查地点和时间

调查地点为天津市武清区天津市农业科学院现代农业创新基地稻田(116°56'54"E, 39°25'52"N),水稻主栽品种为津育梗37。自8月1日起,每7 d调查一次,共调查12次。

1.2 调查方法

随机选取3个调查小区,每个小区500 m²。每小区随机选取16个样方,每个样方面积为4 m²,其中8个样点采用扫网法取样,8个样点进行人工搜捕法取样。

取样方法:(1)扫网法:在设置的样方内Z字形扫网取样,每走1步扫网1次,180°为一复次,每样方扫10复次;(2)人工搜捕法:每样方内对角线选取20丛水稻,用塑料盘和小网兜对水稻中下层进行人工搜捕。

调查采集的样品先用塑料密封袋封装、标记记录,带回实验室后,所有采集样品保存在75%酒精中,并贮存于-20℃冰箱。

1.3 物种鉴定

利用形态学鉴定方法和基于mtDNA COI基因序列的分子鉴定方法对鉴定采集样品种类。

在形态学鉴定中,形态学鉴定参考相关分类书籍资料(何俊华, 1991; 洪晓月和丁锦华, 2007; 文礼章, 2010; 张巍巍和李元胜, 2011; 张志升, 2017; 蔡春轶等, 2018)和文献(何佳春, 2014; 洪锐, 2021)。采集的节肢动物尽量鉴定到种,对于无法鉴定到种的,则尽可能鉴定到较低的分类阶元(科或属)。基于mtDNA COI基因序列的分子鉴定主要步骤如下:利用CTAB法提取采集样本的基因组DNA,进行PCR扩增,获取采集样品的COI基因片段。PCR扩增引物为:

LCO1490: 5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3' 和 LCO2198: 5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3'。回收 PCR 扩增产物并送往北京生物工程技术服务有限公司测序。将测序结果提交到 NCBI 数据库进行 BLAST 比对, 获取其他昆虫 mtDNA COI 基因序列。利用 MAGA 11 构建所测序列与下载序列间系统发生关系, 鉴定所测样品种类。

1.4 分析方法

本研究采用物种丰富度指数 (d)、Berger-Parker 的优势度指数 (D)、Shannon-Wiener 的多样性指 (H')、Pielou 的均匀性指数 (J')、Simpson 的优势集中性指数 (C) (陈宜修等, 2017) 等指标进行稻田节肢动物群落的结构特征分析, 数据的统计与计算在 Excel (2019) 中进行。具体的计算方法参考如下 (Hill, 1973; Wheeler, 1990):

物种丰富度指数 (d):

$$d = (S - 1) / \ln N$$

Berger-Parker 的优势度指数 (D):

$$D = N_i / N$$

Shannon-Wiener 的多样性指数 (H'):

$$H' = - \sum_{i=1}^S (P_i \ln P_i)$$

Pielou 的均匀性指数 (J'):

$$J' = - \sum_{i=1}^S \left(\frac{P_i \ln P_i}{\ln S} \right)$$

Simpson 的优势集中性指数 (C):

$$C = \sum_{i=1}^S P_i^2$$

式中: S 为物种数; N_i 为第 i 个物种个数; N 为群落物种的总个数; P_i 为第 i 个物种个数 (N_i) 占群落物种总个数 (N) 的比例。

1.5 物种优势度等级及类群划分

物种优势度等级及类群划分参照生态学中常用的物种优势度等级划分方法 (郑尚刚, 2007), 划分标准如下: 若物种优势度 $D \geq 0.1$ 时, 物种为优势种 (Dominant, 用 D 表示); $0.05 \leq D < 0.1$ 时, 物种为丰盛种 (Abundant, 用 A 表示); $0.01 \leq D < 0.05$ 时, 物种为常见种 (Frequent, 用 F 表示); $0.001 \leq D < 0.01$ 时, 该物种为偶见种 (Occasional, 用 O 表示); $D < 0.001$ 时, 物种为稀少种或罕见种 (Rare, 用 R 表示)。

根据物种的功能和食性将稻田节肢动物群落

划分为 4 大类群: 害虫、捕食性天敌 (主要包括捕食性昆虫和蛛形纲节肢动物)、寄生性天敌 (以寄生蜂为主) 和中性节肢动物 (不会直接为害水稻或食性不详的节肢动物)。

2 结果与分析

2.1 天津武清区稻田节肢动物在各目分布

本研究在天津市武清区稻田调查到的节肢动物主要隶属于 12 个目 59 科 127 种, 在各个目中的分布情况见表 1。

2.2 天津武清区稻田节肢动物群落结构与多样性特征

本次调查发现害虫 41 种, 捕食性天敌 49 种、寄生性天敌 8 种、中性节肢动物 29 种 (表 2)。其中, 捕食性天敌的物种数最多, 寄生性天敌的物种数最少, 二者分别占总群落物种数的 38.58%、6.30%; 害虫物种数仅次于捕食性天敌的物种数量, 占稻田节肢动物总群落物种数的 32.28%; 中性节肢动物占总群落物种数的 22.83%。在采集的 8 262 头个体中, 害虫个体数为 3 900, 占总数的 47.20%; 捕食性天敌个体数和中性节肢动物个体数分别为 2 027 和 2 204, 各占总数的 24.53% 和 26.68%; 寄生性天敌个体数最少, 共采集到 131 头, 占总数的 1.58%。

多样性分析结果显示, 天津武清区稻田节肢动物总群落的多样性指数为 3.1513、均匀性指数为 0.6505、优势集中性指数为 0.1193。其中, 害虫群落丰富度指数为 5.0621, 其优势集中性指数 (0.4413) 高于总群落优势集中性指数, 多样性指数 (1.5190) 和均匀性指数 (0.4064) 均低于总群落相应指数; 捕食性天敌的物种丰富度为 6.3039, 多样性指数 (3.3828) 和均匀性指数 (0.8692) 与总群落相应指数接近; 寄生性天敌丰富度指数为 1.4360, 均匀性指数 (0.9616) 和优势集中性指数 (0.1439) 高于总群落相应指数, 多样性指数 (1.9996) 低于总群落相应指数; 中性节肢动物群落的丰富度指数 (3.5313) 介于上述 3 个群落之间, 优势集中性指数 (0.2325) 高于总群落相应指数, 多样性指数 (1.9463) 和均匀性指数 (0.5841) 低于总群落相应指数 (表 2)。

表 1 天津市武清区稻田节肢动物群落落在各个目中的分布情况
Table 1 Order distribution of arthropod community in paddy fields of Wuqing District, Tianjin

目 Order	科数 Number of families	比例 (%) Proportion	物种数 Number of species	比例 (%) Proportion	个体数 Number of individuals	比例 (%) Proportion
鞘翅目 Coleoptera	7	11.86	18	14.17	453	5.48
半翅目 Hemiptera	11	18.64	24	18.90	3 431	41.53
直翅目 Orthoptera	2	3.39	6	4.72	58	0.70
双翅目 Diptera	12	20.34	24	18.90	2 287	27.68
膜翅目 Hymenoptera	6	10.17	10	7.87	155	1.88
鳞翅目 Lepidoptera	7	11.86	14	11.02	95	1.15
缨翅目 Thysanoptera	1	1.69	1	0.79	144	1.74
脉翅目 Neuroptera	1	1.69	1	0.79	52	0.63
蜻蜓目 Odonata	3	5.08	7	5.51	583	7.06
蜉蝣目 Ephemera	1	1.69	1	0.79	8	0.10
弹尾目 Collembola	1	1.69	1	0.79	264	3.20
蜘蛛目 Araneae	7	11.86	20	15.75	732	8.86
总计 Total	59	100.00	127	100.00	8 262	100.00

表 2 天津武清区稻田节肢动物群落结构与多样性特征
Table 2 Structure and diversity characteristics of arthropod community in paddy fields of Wuqing District, Tianjin

节肢动物类型 Arthropod types	物种数		个体数		物种丰富 度指数 (<i>d</i>) Species richness index	多样性 指数 (<i>H'</i>) Diversity index	均匀性 指数 (<i>J'</i>) Uniformity index	优势集中性 指数 (<i>C</i>) Dominant concentration index
	Number of species		Number of individuals					
	数量(种) Number	比例(%) Proportion	数量(头) Number	比例(%) Proportion				
害虫 Pest	41	32. 28	3 900	47. 20	5. 0621	1. 5190	0. 4064	0. 4413
捕食性天敌 Predatory natural enemy	49	38. 58	2 027	24. 53	6. 3039	3. 3828	0. 8692	0. 0451
寄生性天敌 Parasitism natural enemy	8	6. 30	131	1. 58	1. 4360	1. 9996	0. 9616	0. 1439
中性节肢动物 Neutral arthropods	29	22. 83	2 204	26. 68	3. 5313	1. 9463	0. 5841	0. 2325
总计 Total	127	100. 00	8 262	100. 00	13. 9700	3. 1513	0. 6505	0. 1193

2.3 天津武清区稻田节肢动物群落的优势度分析

采集样品群落优势度分析结果表明,灰飞虱为害虫优势种 (D);白背飞虱 *Sogatella furcifera* 为害虫丰盛种 (A);稻管蓟马 *Haplothrips aculeatus*、麦黑斑潜叶蝇 *Cerodonta denticornis*、赤须盲蝽 *Trigonotylus coelestialium*、稻刺角水蝇 *Notiphila*

maculata 为害虫常见种 (F)。

在采集到的 49 种捕食性天敌中,异色瓢虫 *Harmonia axyridis*、四星瓢虫 *Hyperaspis repensis*,圆臀大龟蝽 *Aquarius paludum*、黄尾小螳 *Agriocnemis pygmaea*、褐斑异痣螳 *Ischnura sengalensis*、黄蜻 *Pantala flavescens*、鳞纹肖蛸 *Tetragnatha squamata*、

圆尾肖蛸 *Tetragnatha vermiformis* 和锥腹肖蛸 *Tetragnatha maxillosa* 为常见种 (F)，主要分布在鞘翅目瓢虫科、蜻蜓目以及蜘蛛目肖蛸科；偶见种 (O) 包含 25 种节肢动物，分别隶属于鞘翅目 (4 种)、半翅目 (4 种)、脉翅目 (1 种)、蜻蜓目 (3 种) 和蜘蛛目 (13 种)，其余 15 种为稀少或罕见种 (R)。

本研究共采集到 8 种寄生性天敌，除采集到的甘蓝夜蛾拟瘦姬蜂 *Netelia ocellaris* 为稀少或罕见种 (R)，其余 7 种均为偶见种 (F)。其中黑腹单节螯蜂 *Haplogonatopus oratorius* 的数量相对较多。

在 29 种中性节肢动物中，铜色长角沼蝇 *Sepedon aenescens* 为丰盛种 (A)，条带库蠓 *Kiefferulus tainanus*、长距哈摇蚊 *Harnischia longispuria*、巴比雕翅摇蚊 *Glyptotendipes barbipes*、迷走库蚊 *Culex vagans*、台刺齿跳虫 *Homidia tiantaiensis* 为常见种 (F)；偶见种 (O) 和稀少或罕见种 (R) 分别为 5 种和 18 种。在中性节肢动物类群中双翅目昆虫数量较大，尤以铜色长角沼蝇、条带库蠓、长距哈摇蚊、巴比雕翅摇蚊、迷走库蚊居多，双翅目昆虫构成稻田主要的中性节肢动物。

表 3 天津市武清区稻田节肢动物物种组成及优势度

Table 3 Species composition and dominance of arthropod in paddy field of Wuqing District, Tianjin

分类地位 Taxonomic status	类群划分 Category	优势度 Dominance	分类地位 Taxonomic status	类群划分 Category	优势度 Dominance
昆虫纲 Insecta			蠓科 Ceratopogonidae		
鞘翅目 Coleoptera			条带库蠓 <i>Kiefferulus tainanus</i>	IV	F
步甲科 Carabidae			钁蠓属待定种 1	IV	R
条速步甲 <i>Drypta lineola</i>	II	R	钁蠓属待定种 2	IV	R
疾步甲 <i>Tachyura diabrachys</i>	II	R	食蚜蝇科 Syrphidae		
拟步甲科 Tenebrionidae			黑带食蚜蝇 <i>Episyrphus balteatus</i>	II	O
蒙古土潜 <i>Gonocephalum reticulatum</i>	I	O	连带细腹食蚜蝇 <i>Sphaerophoria taeniata</i>	II	R
叶甲科 Chrysomelidae			方斑墨蚜蝇 <i>Melanostoma mellinum</i>	II	O
萤叶甲属待定种	I	R	梯斑墨食蚜蝇 <i>Melanostoma scalare</i>	II	O
褐背小萤叶甲 <i>Galerucella griseascens</i>	I	O	膜翅目 Hymenoptera		
叶甲待定种	I	R	螯蜂科 Dryinidae		
象虫科 Curculionidae			黑腹单节螯蜂 <i>Haplogonatopus oratorius</i>	III	O
稻水象甲 <i>Lissorhoptrus oryzophilus</i>	I	O	姬蜂科 Ichneumonidae		
锯谷盗科 Silvanidae			黏虫白星姬蜂 <i>Vulgichneumon leucaniae</i>	III	O
锯谷盗 <i>Oryzaephilus surinamensis</i>	I	R	棉铃虫齿唇姬蜂 <i>Campoletis chlorideae</i>	III	O
瓢虫科 Coccinellidae			甘蓝夜蛾拟瘦姬蜂 <i>Netelia ocellaris</i>	III	R
十三星瓢 <i>Hippodamia tredecimpunctata</i>	II	R	姬蜂待定种	III	O
星堆异点瓢虫 <i>Anisosticta bitriangularis</i>	II	O	金小蜂科 Pteromalidae		
异色瓢虫 <i>Harmonia axyridis</i>	II	F	金小蜂待定种	III	O
稻红瓢虫 <i>Micraspis discolor</i>	II	O	泥蜂科 Sphecidae		
二星瓢虫 <i>Adalia bipunctata</i>	II	O	泥蜂待定种	II	O
四星瓢虫 <i>Hyperaspis repensis</i>	II	F	茧蜂科 Braconidae		
孟氏隐唇瓢虫 <i>Cryptolaemus montrouzieri</i>	II	R	螟蛉绒茧蜂 <i>Cotesia ruficrus</i>	III	O
小毛瓢虫属待定种	II	R	<i>Triraphis rufithorax</i>	III	O

续表 3 Continued table 3

分类地位 Taxonomic status	类群划分 Category	优势度 Dominance	分类地位 Taxonomic status	类群划分 Category	优势度 Dominance
隐翅虫科 Staphylinidae			蚁科 Formicidae		
梭毒隐翅虫 <i>Paederus fuscipes</i>	II	O	蚁科待定种	IV	O
隐翅虫待定种	II	R	鳞翅目 Lepiaoptera		
半翅目 Hemiptera			螟蛾科 Pyralidae		
飞虱科 Delphacidae			稻纵卷叶螟 <i>Cnaphalocrocis medinalis</i>	I	O
灰飞虱 <i>Laodelphax striatellus</i>	I	D	菜螟 <i>Hellula undalis</i>	I	R
白背飞虱 <i>Sogatella furcifera</i>	I	A	二化螟 <i>Chilo suppressalis</i>	I	O
叶蝉科 Cicadellidae			三化螟 <i>Scirpophaga incertulas</i>	I	R
条沙叶蝉 <i>Psammotettix striatus</i>	I	R	亚洲玉米螟 <i>Ostrinia furnacalis</i>	I	R
二点叶蝉 <i>Cotton leafhopper</i>	I	O	弄蝶科 Hesperidae		
叶蝉待定种 1	IV	R	稻苞虫 <i>Parnara guttata</i>	I	O
叶蝉待定种 2	IV	R	夜蛾科 Noctuidae		
蜡蝉科 Fulgoridae			棉铃虫 <i>Helicoverpa armigera</i>	I	R
兔五胸菱蜡蝉 <i>Pentastiridius leporinus</i>	IV	R	一点钻夜蛾 <i>Earias pudicana</i>	IV	R
蜡蝉待定种	IV	R	黏虫 <i>Mythimna seperata</i>	I	R
盲蝽科 Miridae			甘薯绮夜蛾 <i>Emmelia trabealis</i>	IV	R
绿盲蝽 <i>Apolygus lucorum</i>	I	O	菜蛾科 Plutellidae		
黑肩绿盲蝽 <i>Cyrtorhinus lividipennis</i>	II	O	小菜蛾 <i>Plutella xylostella</i>	I	R
赤须盲蝽 <i>Trigonotylus ruficornis</i>	I	F	灯蛾科 Arctiidae		
苜蓿盲蝽 <i>Adelphocoris lineolatus</i>	I	O	美国白蛾 <i>Hyphantria cunea</i>	I	R
盲蝽待定种	IV	R	蛱蝶科 Nymphalidae		
长蝽科 Lygaeidae			黄钩蛱蝶 <i>Polygonia c - aureum</i>	IV	R
小长蝽 <i>Nysius ericae</i>	I	O	尺蛾科 Geometridae		
长蝽待定种 1	I	R	紫条尺蛾 <i>Calothysanis comptaria</i>	IV	R
长蝽待定种 2	I	R	缨翅目 Tliysanoptera		
缘蝽科 Coreidae			管蓟马科 Phlaeothripidae		
栗缘蝽 <i>Liorhyssus hyalinus</i>	I	R	稻管蓟马 <i>Haplothrips aculeatus</i>	I	F
蝽科 Pentatomidae			脉翅目 Neuroptera		
二星蝽 <i>Eysacoris guttiger</i>	I	R	草蛉科 Chrysopidae		
斑须蝽 <i>Dolycoris baccarum</i>	I	O	中华草蛉 <i>Chrysoperla sinica</i>	II	O
花蝽科 Anthocoridae			蜻蜓目 Odonata		
东亚小花蝽 <i>Orius sauteri</i>	II	O	蜓科 Aeshnidae		
蚜科 Aphididae			长痣绿蜓 <i>Aeschnophlebia longistigma</i>	II	R
荻草谷网蚜 <i>Sitobion miscanthi</i>	I	R	蜻科 Libellulidae		
网蝽科 Tingidae			白尾灰蜻 <i>Orthetrum albistylum</i>	II	O

续表 3 Continued table 3

分类地位 Taxonomic status	类群划分 Category	优势度 Dominance	分类地位 Taxonomic status	类群划分 Category	优势度 Dominance
网蝽待定种	Ⅳ	O	黄蜻 <i>Pantala flavescens</i>	Ⅱ	F
姬蝽科 Nabidae			红蜻 <i>Crocothemis servilia</i>	Ⅱ	O
暗色姬蝽 <i>Nabis stenoferus</i>	Ⅱ	O	螳科 Coenagrionoidea		
水黾科 Gerridae			矛斑螳 <i>Coenagrion lanceolatum</i>	Ⅱ	O
圆臀大黾螋 <i>Aquarius paludum</i>	Ⅱ	F	褐斑异痣螳 <i>Ischnura sengalensis</i>	Ⅱ	F
直翅目 Orthoptera			黄尾小螳 <i>Agriocnemis pygmaea</i>	Ⅱ	F
蝗科 Acrididae			蜉蝣目 Ephemeroptera		
短额负蝗 <i>Atractomorpha sinensis</i>	I	O	四节蜉科 Baetidae		
中华剑角蝗 <i>Acrida cinerea</i>	I	O	<i>Cloeon ryogokuensis</i>	Ⅳ	O
稻蝗 <i>Oxya chinensis</i>	I	O	弹尾纲 Collembola		
黄胫小车蝗 <i>Oedaleus infernalis</i>	I	R	弹尾目 Collembola		
东亚飞蝗 <i>Locusta migratoria</i>	I	R	台刺齿跳虫 <i>Homidia tiantaiensis</i>	Ⅳ	F
螽斯科 Tettigoniidae			蛛形纲 Arachnida		
长翅草螽 <i>Conocephalus longipennis</i>	I	O	蜘蛛目 Araneae		
双翅目 Diptera			狼蛛科 Lycosidae		
水蝇科 Ephydriidae			类水狼蛛 <i>Pirata piratoides</i>	Ⅱ	O
稻刺角水蝇 <i>Notiphila maculata</i>	I	F	黑腹狼蛛 <i>Lycosa coelestis</i>	Ⅱ	O
沼蝇科 Sciomyzidae			豹蛛 <i>Pardosa nigriceps</i>	Ⅱ	O
铜色长角沼蝇 <i>Sepedon aenescens</i>	Ⅳ	A	肖蛸科 Tetragnathidae		
蝇科 Muscidae			锥腹肖蛸 <i>Tetragnatha maxillosa</i>	Ⅱ	F
池蝇属待定种	Ⅳ	F	圆尾肖蛸 <i>Tetragnatha vermiformis</i>	Ⅱ	F
斑纹蝇 <i>Graphomya maculata</i>	Ⅳ	R	羽斑肖蛸 <i>Tetragnatha pinicola</i>	Ⅱ	O
瘦须溜蝇 <i>Lispe pygmaea</i>	Ⅳ	O	鳞纹肖蛸 <i>Tetragnatha squamata</i>	Ⅱ	F
夏厕蝇 <i>Fannia canicularis</i>	Ⅳ	R	四斑锯螯蛛 <i>Dyschiriognatha quabrimaculata</i>	Ⅱ	R
丽蝇科 Calliphoridae			螯蛛待定种	Ⅱ	R
亮绿蝇 <i>Lucilia illustris</i>	Ⅳ	R	跳蛛科 Salticidae		
丽蝇待定种	Ⅳ	R	黑猫跳蛛 <i>Carrhotus xanthogramma</i>	Ⅱ	R
果蝇科 Drosophilidae			卷带跃蛛 <i>Sitticus fasciger</i>	Ⅱ	O
灰姬果蝇 <i>Scaptomyza pallida</i>	Ⅳ	R	朝鲜拟伊蛛 <i>Pseudicius koreanus</i>	Ⅱ	O
黑腹果蝇 <i>Drosophila melanogaster</i>	Ⅳ	F	跳蛛待定种	Ⅱ	O
实蝇科 Tephritidae			蟹蛛科 Thomisidae		
实蝇待定种	I	O	三突伊氏蛛 <i>Ebrechtella tricuspidata</i>	Ⅱ	O
虻科 Tabanidae			波纹花蟹蛛 <i>Xysticus croceus</i>	Ⅱ	R
短角水虻 <i>Odontomyia pubescens</i>	Ⅳ	R	圆蛛科 Araneidae		
潜蝇科 Agromyzidae			角类肥蛛 <i>Larinioides cornuta</i>	Ⅱ	O

续表 3 Continued table 3

分类地位 Taxonomic status	类群划分 Category	优势度 Dominance	分类地位 Taxonomic status	类群划分 Category	优势度 Dominance
麦黑斑潜叶蝇 <i>Cerodonta denticornis</i>	I	F	横纹金蛛 <i>Argiope bruennichi</i>	II	O
蚊科 Culicidae			皿蛛科 Linyphiidae		
迷走库蚊 <i>Culex vagans</i>	IV	F	食虫沟瘤蛛 <i>Ummeliata insecticeps</i>	II	O
二带喙库蚊 <i>Culex bitaeniorhynchus</i>	IV	O	草间小黑蛛 <i>Erigonidium graminicolum</i>	II	O
摇蚊科 Chironomidae			球蛛科 Theridiidae		
巴比雕翅摇蚊 <i>Glyptotendipes barbipes</i>	IV	F	<i>Cryptachaea blattea</i>	II	O
长距哈摇蚊 <i>Harnischia longispuria</i>	IV	F			

注：I，害虫；II，捕食性天敌；III，寄生性天敌；IV，节肢动物；D 表示该物种为稻田优势种；A 表示该物种为稻田丰盛种；F 表示该物种为稻田常见种；O 表示该物种为稻田偶见种；R 表示该物种为稻田稀少或罕见种。Note: I, Pest; II, Predatory natural enemies; III, Parasitic natural enemies; IV, Neutral arthropod; D indicated that the dominant specie in paddy field; A indicated abundance specie in paddy field; F indicated common specie in paddy field; O indicated occasional specie in paddy fields; R indicated rare specie in paddy fields.

3 结论与讨论

本研究共发现害虫 41 种，中性节肢动物 29 种，捕食性天敌 49 种，寄生性天敌 8 种，结果表明天津市武清区稻田节肢动物群落丰富。多样性特征分析结果显示天津稻区节肢动物群落多样性较高，个体数量的分布较为均匀，群落稳定性较高。害虫种群与中性节肢动物种群内部个体数量分布不均匀，推测这主要由害虫灰飞虱和中性昆虫铜色长角沼蝇个体数量较多导致。捕食性天敌和寄生性天敌群落内部个体数的分布均匀，这可能由于较多的害虫和中性节肢动物的影响。本研究结果与其它地区的研究结果存在一定差异(王丽艳等, 2009; 付东波等, 2011; 张清泉等, 2014)，推测这是由于不同的气候条件、植被环境、水稻品种和杀虫剂施用等因素导致。另外，不同调查方法也会影响结果的偏向性(王宇, 2016)。

种群优势度分析发现，天津武清区稻田的害虫优势种为灰飞虱，与前人报道的吉林省和辽宁省等北方稻区主要稻害虫相符(李志强和孙富余, 2021; 张强等, 2021)。本研究调查初期采到大量灰飞虱样品，推测这是因为灰飞虱能够在天津越冬，调查初期仍具有较高的虫口基数，并且当年“烟花”台风过境天津导致的降温降雨也延长了灰飞虱种群爆发。本研究系首次在天津地区监测到白背飞虱，且种群优势度为丰盛种。白背飞虱主

要发生在我国南方稻区，尤以华南稻区为主(陆明红等, 2020)。近年来，研究发现白背飞虱有北迁现象。如 2019 年在山东长岛首次检测到北迁的白背飞虱，迁飞虫量近年来有增加的趋势且与降雨量相关(姜姗, 2019)。在此推测采集到的白背飞虱是随台风北迁，并随降雨降落天津。台风等气候异常现象对天津稻田飞虱类害虫的影响还需要进一步监测验证。

本研究发现武清区稻田中性节肢动物种类丰富，个体数量多。稻田中性节肢动物能够促进捕食性天敌数量增加、亚群落重建与发展(刘雨芳, 2019)。据此推测繁多的中性节肢动物是维持天津武清区稻田丰富捕食性天敌资源的重要因素之一。因此，要注意保护中性节肢动物，提高中性节肢动物的群落多样性和个体数量，发挥它们对捕食性天敌的维持作用，最终控制水稻害虫的爆发。

本研究共发现天敌 57 种，其中捕食性天敌 49 种，寄生性天敌 8 种，二者之和大于害虫物种数(41 种)和中性节肢动物物种数(29 种)天敌资源丰富。种群优势度分析显示捕食性天敌中锥腹肖蛸和圆尾肖蛸(蜘蛛目)，黄蜻、褐斑异痣螳和黄尾小螳(蜻蜓目)及异色瓢虫(鞘翅目)是本地稻田中的重要天敌。这与其他地区的相关报道存在差异(李寒松和郑康建, 2019; 周霞等, 2020)，推测气候，水稻品种和植被环境是造成上述差异的重要原因。寄生性天敌以黑腹单节螯蜂为主。黑腹单节螯蜂广泛分布在浙江、海南、广

西和湖南等 21 个水稻生产省，具有寄生兼捕食稻飞虱若虫和成虫的特性（马晓慧等，2022）。本研究首次报道了天津地区黑腹单节螯蜂，并发现大量被该蜂寄生的灰飞虱和白背飞虱的若虫、成虫，是田间寄生稻飞虱的重要天敌。本研究结果可望为天津地区稻飞虱寄生性天敌资源开发利用提供借鉴。总之，本研究发现的黑腹单节螯蜂、锥腹肖蛸和圆尾肖蛸等几种天敌是本地区田间具有较高利用价值和潜力的天敌资源，发挥其控害潜能，对减少化学农药的使用、提高稻田害虫的生态控制具有重要意义。

参考文献（References）

Ali MP, Haque SS, Afrin S, *et al.* Surrounding landscape influences the abundance of insect predators in rice field [J]. *BMC Zoology*, 2022, 5 (1): 85–96.

Cai CY, Zhu SW, Pan YP. Insect atlas of Hanshiqiao wetland in Beijing [M]. Beijing: Science Press, 2018. [蔡春轶, 朱绍文, 潘彦平. 北京汉石桥湿地昆虫图鉴 [M]. 北京: 科学出版社, 2018]

Che L, Jiang QH, Wang Y, *et al.* Comparative analysis of occurrence and control of pests in five rice producing regions in China [J]. *Plant Protection*, 2022, 48 (3): 233–241. [车琳, 蒋沁宏, 王也, 等. 我国水稻五大产区虫害发生及防控情况差异的比较分析 [J]. 植物保护, 2022, 48 (3): 233–241]

Chen YX, Li JY, Shi MZ, *et al.* Investigation on arthropod community diversity in vegetable fields [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2017, 33 (26): 93–99. [陈宜修, 李建宇, 史梦竹, 等. 蔬菜田节肢动物群落多样性系统调查研究 [J]. 中国农学通报, 2017, 33 (26): 93–99]

Ding Y, Hu ZQ. Development status and trend analysis of Tianjin rice industry [J]. *Jiangxi Chemical Industry*, 2020, 4: 194–195. [丁毅, 胡志全. 天津水稻产业发展现状及趋势分析 [J]. 江西化工, 2020, 4: 194–195]

Fu DB, Wang LY, Yu L. Effect of pesticide on diversity of the arthropod community in cold rice fields [J]. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2011, 1: 60–63. [付东波, 王丽艳, 于磊. 施药对寒地稻田节肢动物群落多样性的影响 [J]. 黑龙江农业科学, 2011, 1: 60–63]

He JC. Diversity Studies and Characteristic Color Photo of Natural Enemies of Rice Planthoppers in Zhejiang and Hunan Provinces [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Science, 2014. [何佳春. 浙江、湖南稻飞虱天敌调查及原色特征图片采集 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2014]

He JC. Study on the Diversity of Parasitoids of Hemiptera Pests in Southern China and the Biological Characteristics of *Gonatopus flavifemur* [D]. Guiyang: Guizhou University, 2022. [何佳春. 中国南方稻区半翅目害虫寄生蜂多样性及黄腿双距螯蜂生物学特性的研究 [D]. 贵阳: 贵州大学, 2022]

He JH. List of Natural Enemies of Rice Pests in China [M]. Beijing: Science Press, 1991. [何俊华. 中国水稻害虫天敌名录 [M].

北京: 科学技术出版社, 1991]

Hill MO. Diversity and evenness: A unifying notation and its consequences [J]. *Ecology*, 1973, 54 (2): 427–432.

Hong R. Image Iatabase Construction and Intelligent Recognition of Common Spiders in Rice Paddy Fields [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2021. [洪锐. 稻田常见蜘蛛的图像数据库构建及智能识别 [D]. 杭州: 浙江大学, 2021]

Hong XY, Ding JH. Agricultural Entomology (Second Edition) [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2007. [洪晓月, 丁锦华. 农业昆虫学 (第二版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2007]

Horgan FG, Ramal AF, Villegas JM, *et al.* Effects of bund crops and insecticide treatments on arthropod diversity and herbivore regulation in tropical rice fields [J]. *Journal of Applied Entomology*, 2017, 141 (8): 587–599.

Jiang S. Cross-sea Migration Monitoring of Three Species of Planthoppers and the Phylogenetic Structure of *Laodelphax striatellus* in the Monsoon Region of China [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2019. [姜姗. 三种稻飞虱跨海迁飞监测及中国季风区灰飞虱 *Laodelphax striatellus* 谱系结构研究 [D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2019]

Lee SY, Kim MH, Eo J, *et al.* Comparative analysis of terrestrial arthropod community and biomass in differently managed rice fields in Korea [J]. *Environmental Biology Research*, 2019, 37 (3): 317–334.

Li HS, Zheng KJ. Investigation and study on the type of predatory arthropods in paddy field in Yingkou [J]. *North Rice*, 2019, 49 (3): 34–36. [李寒松, 郑康建. 营口地区稻田捕食性节肢动物种类调查研究 [J]. 北方水稻, 2019, 49 (3): 34–36]

Li YC. The Diversity of Arthropod Community Rice Fields at Longji [D]. Haikou: Hainan University, 2015. [李意成. 龙吉稻田节肢动物群落多样性 [D]. 海口: 海南大学, 2015]

Li ZQ, Sun FY. Disaster causes and control measures of *Laodelphax striatellus* and the rice stripe virus in Liaoning province [J]. *North Rice*, 2021, 51 (4): 55–59. [李志强, 孙富余. 辽宁省灰飞虱与水稻条纹叶枯病灾变原因分析及防控对策 [J]. 北方水稻, 2021, 51 (4): 55–59]

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

Liu YH, Duan MC, Yu ZR. Agricultural landscapes and biodiversity in China [J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2013, 166: 46–54.

Lu MY, Zhou LL, Yin L, *et al.* Occurrence characteristics and cause analysis of rice planthopper in China in 2019 [J]. *China Plant Protection*, 2020, 40 (5): 52–57. [陆明红, 周丽丽, 尹丽, 等. 2019 年我国稻飞虱发生特点及原因分析 [J]. 中国植保导刊, 2020, 40 (5): 52–57]

Ma XH, Che XQ, Wang JS, *et al.* The structure of spider communities in crab paddies and conventional paddies [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2019, 27 (8): 1157–1162. [马晓慧, 车喜

- 庆, 王井士, 等. 稻蟹共作与常规稻田蜘蛛群落组成及多样性分析 [J]. 中国生态农业学报, 2019, 27 (8): 1157–1162]
- Ma XH, Xing YN, *et al.* Research progress of dryinidae for natural enemy of rice planthoppers [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2022, 44 (4): 859–868. [马晓慧, 邢亚楠, 车喜庆, 等. 稻飞虱天敌螳螂研究进展 [J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 (4): 859–868]
- Meng QX. Integrated control technology of rice diseases, pests and weeds in Tianjin [J]. *Science and Technology of Tianjin Agriculture and Forestry*, 2012, 226 (2): 27–28. [孟庆霞. 天津地区水稻病虫害草综合防治技术 [J]. 天津农林科技, 2012, 226 (2): 27–28]
- Mukherjee P, Khan MMH. Abundance of arthropod insect pests and natural enemies in rice field as influenced by rice growth stages and neighboring crops [J]. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 2017, 42 (2): 309–319.
- Pan YL, Huang J, Ge M, *et al.* Arthropod community structure and environmental assessment in the important frog habitats under ecological restoration and protection in the Pujiang suburb of Shanghai [J]. *Ecology and Environment Sciences*, 2018, 27 (7): 1189–1202. [潘伊凌, 黄骥, 葛栋, 等. 上海浦江郊野蛙类重要栖息地不同生境下节肢动物的群落结构研究 [J]. 生态环境学报, 2018, 27 (7): 1189–1202]
- Purwanti EW, Sunaryono JG, Rahardjo BT. The effect of organic biomass application to diversity of detritus arthropods and natural enemies in rice field [J]. *AIP Conference Proceedings*, 2019, 2120 (1): 040010.
- Qiu P, Cui YL, Luo YF, *et al.* Effect of flooding irrigation and intermittent irrigation patterns on arthropod community diversity in late rice fields [J]. *China Rural Water and Hydropower*, 2016, 8: 113–117. [邱佩, 崔远来, 罗玉峰, 等. 淹灌和间歇灌溉对晚稻田节肢动物群落多样性影响 [J]. 中国农村水利水电, 2016, 8: 113–117]
- Tsiafouli MA, Thébault E, Sgardelis SP, *et al.* Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe [J]. *Global Change Biology*, 2015, 21 (2): 973–985.
- Wang Y. Comparison of the Results of Arthropod Survey in Paddy Fields with Different Sampling Methods [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2016. [王宇. 不同取样方式对稻田节肢动物调查结果的比较 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2016]
- Wen LZ. Introduction to Entomological Research Methods and Techniques [M]. Beijing: China Agricultural Prese, 2010. [文礼章. 昆虫学研究方法与技术导论 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2010]
- Wheeler QD. Insect diversity and cladistic constraints [J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 1990, 83 (6): 1031–1047.
- Xiao QQ. Effects of Rice-crayfish Farming on Biodiversity of Paddy Field [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2017. [肖求清. 稻虾共作对稻田生物多样性的影响 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2017]
- Xin DY, Xie ZG, Gao GQ, *et al.* Studies on the constructions and diversity of arthropod community of paddies in Cambodia [J]. *Guangxi Plant Protection*, 2017, 30 (3): 1–4. [辛德育, 谢植干, 高国庆, 等. 柬埔寨稻田节肢动物群落结构及多样性比较研究 [J]. 广西植保, 2017, 30 (3): 1–4]
- Yang F, Yang H, Zhao WH, *et al.* Effect of organic fertilizer on arthropod community in paddy field and its Top-down effect [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2020, 57 (1): 153–165. [阳菲, 杨荷, 赵文华, 等. 有机肥对稻田节肢动物群落的影响及其 Top-down 效应 [J]. 应用昆虫学报, 2020, 57 (1): 153–165]
- Yang SS, Chen B, Li ZY, *et al.* Diversity of coleoptera insects in rice planting traditional ecosystem of Yuanyang terrace [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2009, 22 (4): 942–945. [杨韶松, 陈斌, 李正跃, 等. 云南元阳梯田稻作传统农业生态系统中鞘翅目昆虫多样性研究 [J]. 西南农业学报, 2009, 22 (4): 942–945]
- Yang SW, Fu Y, Li XX, *et al.* Arthropod community structure and its stability in perennial rice field [J]. *Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science)*, 2021, 36 (5): 775–782. [羊绍武, 傅杨, 李星星, 等. 多年生水稻田节肢动物群落结构及稳定性分析 [J]. 云南农业大学学报 (自然科学版), 2021, 36 (5): 775–782]
- Yuan FG, Zhang J, An KP, *et al.* Arthropod biodiversity and community structure in Dongxiang wild rice (*Oryza rufipogon* Griff.) Fields [J]. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 2013, 29 (1): 55–67.
- Zhang Q, Zhang YY, Zhu XM, *et al.* Investigation and population dynamics analysis of the main pests in the rice area of Xiliaohe River, Jilin Province [J]. *Journal of Northeast Agricultural Sciences*, 2021, 46 (3): 54–57. [张强, 张云月, 朱晓敏, 等. 吉林省西辽河稻区主要害虫发生情况调查及种群动态分析 [J]. 东北农业科学, 2021, 46 (3): 54–57]
- Zhang QQ, Wang HS, Qin BR, *et al.* Study on community structure and diversity of arthropods in ecological rice paddy fields [J]. *China Plant Protection*, 2014, 34 (4): 19–24. [张清泉, 王华生, 覃保荣, 等. 生态稻田节肢动物群落结构及其多样性研究 [J]. 中国植保导刊, 2014, 34 (4): 19–24]
- Zhang WW, Li YS. Insect Ecology in China [M]. Chongqing: Chongqing University Press, 2011. [张巍巍, 李元胜. 中国昆虫生态大图鉴 [M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2011]
- Zhang ZS. Chinese Spider Ecological Map [M]. Chongqing: Chongqing University Press, 2017. [张志升. 中国蜘蛛生态大图鉴 [M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2017]
- Zheng SG. Studies on the Diversity of Arthropod Community and Major Pests' Ecological Control in Navel Orange Orchard [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2007. [郑尚刚. 脐橙园节肢动物多样性及主要害虫生态控制的研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2007]
- Zhou X, Xie X, Tan YH, *et al.* Community of predatory arthropods in rice fields in off-season breeding region [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2020, 41 (8): 1642–1647. [周霞, 谢翔, 谭燕华, 等. 三亚南繁区稻田捕食性天敌研究 [J]. 热带作物学报, 2020, 41 (8): 1642–1647]