

doi: 10.3969/j.issn.1674-0858.2016.06.4

不同取样方式在稻田节肢动物采集中的效率评估

王 宇, 陈 杰, 肖敦皇, 马富岗, 华红霞*

(华中农业大学植物科学技术学院, 武汉 430000)

摘要: 水稻是我国主要粮食作物, 每年都会因虫害造成大量的经济损失, 为了挽回害虫造成的损失, 必须对害虫进行防治。田间节肢动物群落调查是评价害虫防治效果的重要依据, 取样方式对节肢动物群落调查的准确性具有重要的影响。另外, 对转基因作物对稻田生物多样性安全性进行评价时, 取样方式对多样性评价的准确性也具有重要的影响。本文采用吸虫器法、盆拍法和马氏网诱集法 3 种取样方式进行稻田节肢动物调查, 并评估不同取样方式的采集效率。得到的结果有: 1. 采集到的节肢动物物种数: 马氏网诱集法 > 吸虫器法 > 盆拍法; 2. 采集的节肢动物数量: 盆拍法 > 吸虫器法 > 马氏网诱集法; 3. 吸虫器取样法在调查叶蝉科、秆蝇科、茧蜂科、姬蜂科、金小蜂科、缘腹细蜂科、蕈蚋科时, 取样效率较高; 4. 盆拍取样法在调查叶蝉科、瘿蚊科、微蛛亚科、跳蛛科、狼蛛科、猫蛛科、弹尾虫目、飞虱科时, 取样效率较高; 5. 马氏网诱集法在调查蝇科和毛蠓科时取样效率较高。马氏网诱集法善于采集具有飞行能力的节肢动物; 吸虫器法对不同习性的节肢动物采集效果均较高; 盆拍法适合采集活动于水稻基部的节肢动物。

关键词: 水稻; 节肢动物; 吸虫器法; 盆拍法; 马氏网诱集法

中图分类号: Q968.1; S476

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2016) 06-1090-09

Assessing the efficacy of different sampling methods for arthropods in rice field

WANG Yu, CHEN Jie, XIAO Dun-Huang, MA Fu-Gang, HUA Hong-Xia* (College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430000, China)

Abstract: Rice is the staple food in China, and pests cause huge yield losses every year. Pest control is necessary to be conducted to avoid the losses. Arthropods community survey is the important foundation for evaluating the effects of pest control, and sampling methods would affect the accuracy of arthropods community survey. In addition, when we assess the safety of insect-resistant transgenic rice on biodiversity of rice field, it is requisite to choose an appropriate sampling method. In the current experiment, we surveyed the arthropods using vacuum-suction method, the malaise trap method, the basin-beating method, and compare the efficacy of different sampling methods in rice field. The result indicated that the malaise trap method collected the most species of the arthropod, the vacuum-suction method is the second, and the basin-beating method is the least. The basin-beating method collected the most number of arthropod, followed by vacuum-suction method, then malaise trap. The vacuum-suction method is efficient in surveying Cicadellidae, Chloropidae, Braconidae, Ichneumonidae, Pteromalidae, Lycosidae, Mycetophilidae; the basin-beating method is efficient in collecting Cicadellidae, Cecidomyiidae, Erigoninae, Emerton, Salticidae, Lycosidae, Oxyopidae, Collembola, Delphacidae; the malaise trap method is efficient in investigating Lauxaniidae and Psychodidae. The malaise trap method is suitable for catching the arthropods

基金项目: 转基因生物新品种培育重大专项课题“转基因水稻环境安全评价技术(2016ZX08011001-002)”

作者简介: 王宇, 男, 1989年生, 河南林州人, 硕士研究生, 研究方向为农业昆虫与害虫防治, E-mail: zglnlzw@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: huahongxia@mail.hzau.edu.cn

收稿日期: 2016-01-25; 接受日期: 2016-07-25

which can fly. The vacuum-suction method could be widely used to collect the arthropods with different biological characteristics. The basin-beating is efficient in capturing the arthropods which inhabit at the base of the rice.

Key words: Rice; arthropod community survey; the vacuum-suction method; the basin-beating method; the malaise trap method

中国的水稻种植面积为 3000 万 ha, 占全世界种植面积的 18.7% (FAO, 2013)。在水稻生态系统中, 节肢动物群落是重要组成部分。节肢动物群落由害虫、天敌和中性昆虫组成, 稻田节肢动物种类丰富, 生活习性千差万别。据统计, 全世界水稻植食者至少有 1400 种, 亚洲热带地区有 650 种以上, 中国有 10 目 87 科 695 种以上, 较为重要的 30 余种; 稻田中的天敌有 137 科 613 属 1303 种, 其中捕食性天敌达 820 种、寄生性天敌 419 种、病原性天敌 64 种 (何俊华, 1996)。除此之外, 还有数量巨大的弹尾虫、摇蚊科和蚊科等中性昆虫。

在我国, 农民每年至少对水稻害虫进行 2-3 次化学防治, 但是防治之后虫害造成的损失仍然有 8.4 亿美元 (Zhang, 2007), 害虫防治效果对挽回水稻产量损失至关重要。评价某种害虫防治方法的效果时, 对靶标害虫的防治效率及对非靶标节肢动物的多样性影响是不可缺少的两个方面, 必须对稻田节肢动物群落进行准确的调查, 才能得出正确的结论。而选取恰当的取样方式, 对保证调查结果的准确性至关重要。

稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis*、二化螟 *Chilo suppressalis*、三化螟 *Tryporyza incertulas* 是水稻上重要鳞翅目害虫, 造成重大的产量损失 (Cheng, 1996; Nathan, 2006)。鳞翅目害虫防治主要依靠化学农药, 化学农药的大量施用, 不但使害虫产生抗药性, 还容易误伤天敌, 恶化稻田的生态环境。近年来研发出的转 Bt 基因水稻, 能够有效控制水稻鳞翅目害虫 (Chen *et al.*, 2005; Tang *et al.*, 2006), 可以作为化学防治的一种替代手段。然而, 转 Bt 基因水稻的安全性也引起了公众的极大关注。在转 Bt 基因水稻商业化之前, 必须要对转 Bt 基因水稻进行严格的安全性评价, 其中转 Bt 基因水稻对稻田生物多样性的安全性, 是安全性评价的重要内容。因此弄清取样方式对稻田节肢动物群落多样性调查结果的影响, 也是转 Bt 基因水稻安全性评价的迫切需要。

稻田节肢动物的取样方法主要包括吸虫器法

(慕立正等, 1993)、盆拍法 (冯兰萍等, 1999)、马氏网诱集法 (Malaise, 1937)、目测法 (周强, 1999)。前人的研究表明目测法准确性太低 (章康华和钟玲, 1992), 而吸虫器法、盆拍法、马氏网诱集法的取样效率较高。马氏网诱集法最先是 Malaise 发明, 后来 Townes (1962) 和 Sharkey (2000) 等对其不断改进, 其对节肢动物的诱集效果逐步提高。马氏网由尼龙网构成, 并用竹竿或铁棍固定在采样点。整体像底面长方形的帐篷, 顶部一端高一端低, 在较高一角有一收集头, 当节肢动物撞击到网上, 会试图向上爬, 离开障碍物, 最终进入较高一端的收集头。吸虫器法是利用机器产生的吸力将节肢动物吸入采集装置中。国内最早使用的吸虫器来自于菲律宾国际水稻所, 该 farm cop 吸虫器使用电池提供直流电源, 虽然能够吸入一些节肢动物, 但是吸力较小且操作不便, 电池的容量限制了工作效率。后来研究者根据相似原理, 对喷雾器进行改装, 使喷雾器喷力改为吸力, 把集虫网连接在吸管与机体交接处, 在喷雾器吸力作用下, 使节肢动物从采样框沿吸管进入集虫网, 无论个体较大的狼蛛还是个体较小的卵寄生蜂等都可被吸入集虫网, 并且体型较小的节肢动物完好无损, 便于分类计数, 结果准确可靠 (慕立正等, 1993; 刘雨芳, 1999)。盆拍法是把塑料盆置于水稻基部, 用手拍打水稻, 使节肢动物落入盆内, 操作方便, 经济实用。吴进才等 (1993) 研究发现, 盆拍法采集的稻飞虱数量显著高于吸虫器。

前人研究了不同取样方式所采集的节肢动物物种多样性指数和均匀性指数, 没有对香农指数和优势集中度进行比较; 只对少数主要节肢动物个体数进行比较, 没有对节肢动物整体按照功能团进行分类比较 (章康华和钟玲, 1992; 吴进才, 1993)。关于稻田节肢动物调查究竟应该使用哪种取样方式更为准确, 至今还有争议。本研究在吸取前人经验的基础上, 通过两年的系统调查, 将采集到的节肢动物全部鉴定到种或科, 比较 3 种取样方式所采集节肢动物群落参数、功能团、优

势科以及优势种的差异,明确每一种节肢动物所适合的取样方式,为今后的害虫综合防治效果评估以及转基因作物的安全性评价提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 水稻材料

以优良恢复系明恢 63 为实验材料,明恢 63 由华中农业大学作物遗传改良实验室林拥军教授提供。

1.2 田间试验设计

2013 与 2014 年于湖北省孝感市孝南区徐山村开展试验。水稻 2013 年 5 月 6 日播种,6 月 10 日移栽;2014 年 5 月 13 日播种,6 月 8 日移栽。采用随机区组设计,每个处理 4 次重复,每小区面积 150 m^2 。移栽时单本插秧,株行距为 $44.3\text{ cm} \times 99.6\text{ cm}$,小区之间空 1 m。稻田四周保护行宽度为 1 m。水肥管理采用当地常规管理措施,整个水稻生育期不喷施农药。移栽后一个月开始调查。

1.3 调查方法

在本试验中,采用吸虫器取样法、盆拍取样法和马氏网诱集法对节肢动物进行取样,具体方法:

吸虫器法:吸虫器参照刘雨芳等(1999)改装 WFB-48AC 背负式喷雾器(自山东华盛农业机械股份有限公司购买)。集虫网(长 $\times$ 宽 $=20\text{ cm} \times 10\text{ cm}$)用 100 目尼龙网制作,袋口束以皮筋,便于打开和关闭。每小区采用对角线五点法选取 5 个取样点,每点用采样框(长 $\times$ 宽 $\times$ 高 $=50\text{ cm} \times 50\text{ cm} \times 120\text{ cm}$)罩住 6 兜水稻,吸取采样框内所有节肢动物(每点至少吸 5 min),取样结束后把集虫网放入装有乙酸乙酯的毒瓶中使采集到的节肢动物死亡,后放入 50 mL 离心管中,加 75% 酒精保存。带回实验室进行鉴定。取样后用竹竿标记,避免同一位置重复取样。每 10 d 调查一次,直至水稻成熟。

盆拍法:采取平行跳跃法进行取样,每小区 10 个取样点,每点取两兜水稻,把塑料盆置于水稻基部,用手拍打水稻,使节肢动物落入盆内,后把节肢动物放入 50 mL 离心管内,加 75% 酒精保存,带回实验室进行鉴定。每 10 d 调查一次,直至水稻成熟。

马氏网诱集法:马氏网底面规格为长 $\times$ 宽 $=200\text{ cm} \times 150\text{ cm}$,一端高 150 cm,一端高 120 cm,在较高一边最上角有一收集头,收集头为 50 mL

离心管,离心管内装有敌敌畏乳油。以竹棍或铁棍做为支架,外罩白色纱网(100 目)。将其放置于小区中央,笼罩 98 兜水稻,每日上午 8:00 将样品收集头取回,并置换一个新的样品收集头,收集的节肢动物加 75% 酒精保存,带回室内进行鉴定。

1.4 数据分析

稻田节肢动物群落的群落多样性指数参照 Colinviaux (1986) 的方法,计算物种丰富度(S)、Shannon-Wiener 指数(H')、均匀性指数(J)和优势集中性指数(C);将稻田节肢动物分为植食类、捕食类、寄生类、腐食类和其他类 5 个功能团(刘志诚等,2003)。功能团优势度的计算:功能团优势度=该功能团个体数/节肢动物总个体数;将节肢动物鉴定到科或种,科/种优势度计算方法:科(种)优势度=该科(种)节肢动物个体数/总个体数。优势度用百分比表示,首先将百分比数据进行反正弦平方根转化,再进行统计分析。种群密度的计算:在整个水稻生育期内,采集到的某物种或某个科的个体总数,并转化为每 100 兜水稻的节肢动物数量。不同取样方式节肢动物之间的差异比较采用 one-way ANOVA 分析,多重比较采用最小显著差异法(LSD)进行多重比较($P < 0.05$)。使用统计软件 SPSS 16.0 进行分析。

2 结果与分析

2.1 节肢动物群落结构特征

马氏网诱集法与吸虫器采集的节肢动物物种丰富度均显著高于盆拍法;吸虫器与盆拍法采集的节肢动物数量均显著高于马氏网诱集法,其中 2013 年盆拍法采集的节肢动物数量显著高于吸虫器法,2014 年两者之间无显著差异(表 1)。

优势集中度:盆拍法所采集的节肢动物群落优势集中度显著高于马氏网诱集法和吸虫器法,后两者无显著差异;香农指数:马氏网诱集法和吸虫器采集的节肢动物群落香农指数均显著高于盆拍法,2013 年马氏网诱集法采集的节肢动物群落香农指数与吸虫器法无显著差异,2014 年马氏网诱集法采集的节肢动物群落香农指数高于吸虫器;均匀性指数:2013 年马氏网诱集法和吸虫器采集的节肢动物群落均匀性指数等于盆拍法,2014 年马氏网诱集法采集的节肢动物群落均匀性指数显著大于吸虫器法和盆拍。

表 1 2013 – 2014 年不同取样方式采集的节肢动物群落多样性参数

Table 1 The diversity index of arthropod scollcted by different sampling method in 2013 – 2014

	2013			2014		
	马氏网法 Malaise trap method	吸虫器法 Vacuum– suction method	盆拍法 Basin– beatingmethod	马氏网法 Malaise trap method	吸虫器法 Vacuum– suction method	盆拍法 Basin– beatingmethod
物种丰富度 Species richness (S)	93. 25 ± 8. 34 b	94 ± 2. 16 b	66. 75 ± 5. 57 a	82. 75 ± 2. 93 b	78. 75 ± 3. 82 b	63. 25 ± 2. 50 a
总虫量 Number of arthropod	2098. 98 ± 509. 84 a	9546. 67 ± 508. 65 b	30596. 25 ± 3020. 68 c	952. 81 ± 48. 67 a	12813. 33 ± 1136. 51 b	16891. 25 ± 3345. 63 b
优势集中度 (C) Dominance index	0. 14 ± 0. 02 a	0. 15 ± 0. 02 a	0. 39 ± 0. 02 b	0. 08 ± 0. 01 a	0. 21 ± 0. 04 a	0. 46 ± 0. 06 b
香农指数 (H') Shanon–Wiener diversity index	2. 78 ± 0. 12 b	2. 77 ± 0. 11 b	1. 66 ± 0. 08 a	3. 23 ± 0. 05 c	2. 26 ± 0. 18 b	1. 62 ± 0. 17 a
均匀性指数 (J) Evenness index	0. 03 ± 0. 00 a	0. 03 ± 0. 00 a	0. 03 ± 0. 00 a	0. 04 ± 0. 00 b	0. 03 ± 0. 00 a	0. 03 ± 0. 00 a

注: 3 种取样方式各重复 4 次, 表中数据为平均数 ± 标准误 (n = 4), 相同年份的同一行数据后不同字母表示经 LSD 多重比较差异显著 (P < 0. 05) 。 Note: Data are represented as mean ± SE (n = 4) . Different letters in the same year in a row indicate significant differences (P < 0. 05) by LSD test.

2. 2 功能团优势度

稻田节肢动物根据寄主及营养关系可分为捕食类、寄生类、植食类、腐食类和其他类 5 个功能团 (刘志诚等, 2003) 。

2013 年马氏网诱集法与吸虫器法采集的节肢动物中, 植食类优势度最高, 盆拍法采集的节肢动物中, 腐食类优势度最高, 其次为植食类; 2014 年马氏网诱集法与盆拍法采集的功能团中,

植食类优势度最高, 而吸虫器法采集到的其他类优势度最高, 其次为植食类 (表 2) 。2013 年和 2014 年马氏网诱集法采集的功能团中, 植食类与腐食类优势度高于其他 3 个功能团, 表明马氏网诱集法更善于采集植食类与腐食类节肢动物; 吸虫器取样法采集的功能团中, 植食类与其他类优势度高于其他 3 个功能团, 表明吸虫器取样法更善于采集植食类与其他类节肢动物; 盆拍法采

表 2 2013 – 2014 年不同取样方式调查得到的不同功能团优势度

Table 2 Gild dominance (%) collected by different sampling method in 2013 – 2014

功能团 Guild	2013			2014		
	马氏网法 Malaise trap method	吸虫器法 Vacuum–suction method	盆拍法 Basin–beating method	马氏网法 Malaise trap method	吸虫器法 Vacuum–suction method	盆拍法 Basin–beating method
植食类 Phytophages	45. 35 ± 5. 16 a	58. 77 ± 3. 32 b	38. 17 ± 3. 51 a	54. 62 ± 0. 85 b	29. 61 ± 3. 66 a	75. 55 ± 3. 10 c
腐食类 Detritivores	40. 82 ± 5. 24 b	4. 38 ± 0. 98 a	49. 62 ± 3. 44 b	18. 03 ± 0. 88 b	3. 75 ± 1. 00 a	4. 70 ± 1. 19 a
寄生类 Parasitoids	5. 46 ± 0. 21 b	8. 25 ± 1. 13 b	1. 21 ± 0. 13 a	7. 16 ± 0. 42 c	4. 43 ± 0. 53 b	1. 64 ± 0. 39 a
捕食类 Predators	5. 10 ± 1. 24 a	3. 20 ± 0. 11 a	10. 60 ± 1. 23 b	4. 98 ± 0. 18 a	0. 96 ± 0. 14 a	14. 58 ± 2. 67 b
其他类 Others	3. 26 ± 0. 35 a	25. 40 ± 2. 92 b	0. 39 ± 0. 1 a	15. 21 ± 0. 32 a	61. 25 ± 4. 51 b	3. 53 ± 0. 83 a

注: 表中数据为平均数 ± 标准误 (n = 4), 相同年份的同一行数据后不同字母表示经 LSD 多重比较差异显著 (P < 0. 05) 。 Note: Data are represented as mean ± SE (n = 4) . Different letters in the same year in a row indicate significant differences (P < 0. 05) by LSD test.

集的功能团中,植食类、腐食类和捕食类优势度高于其他两个功能团,表明盆拍法更善于采集植食类、腐食类与捕食类节肢动物。

2.3 优势科及优势种的比较

3 种取样方式采集的优势度最高的科均为飞虱科,只有 2014 年吸虫器法飞虱科为第三位。马氏

网诱集法采集的前十位优势科中都是具有飞行能力的节肢动物;吸虫器法较易采集到飞虱科、摇蚊科、叶蝉科和蚊科;盆拍法采集的前十位优势科中,2013 年有 7 个科属于捕食类,2014 年有 6 个科属于捕食类,且除盲蝽科外都属于蜘蛛目,生活在水稻基部(表 3-4)。

表 3 2013 年不同取样方式获得的优势科

Table 3 Dominant family collected by different sampling methods in 2013

马氏网法 Malaise trap method		吸虫器法 Vacuum-suction method		盆拍法 Basin-beating method	
优势科 Dominant family	优势度 (%) Dominance	优势科 Dominant family	优势度 (%) Dominance	优势科 Dominant family	优势度 (%) Dominance
飞虱科 Delphacidae	12.41	飞虱科 Delphacidae	35.33	飞虱科 Delphacidae	32.77
夜蛾科 Noctuidae	11.56	蚊科 Culicidae	13.06	皿蛛科 Linyphiidae	4.47
叶蝉科 Cicadellidae	10.75	叶蝉科 Cicadellidae	9.45	叶蝉科 Cicadellidae	3.06
螟蛾科 Pyralidae	4.12	摇蚊科 Chironomidae	8.31	狼蛛科 Lycosidae	1.50
毛蠓科 Psychodidae	3.97	秆蝇科 Chlorops	7.53	猫蛛科 Oxyopidae	1.43
蕈蚋科 Mycetophilidae	3.60	扁脚蝇科 Platypezidae	3.49	跳蛛科 Salticidae	0.99
缟蝇科 Lauxaniidae	3.56	蕈蚋科 Mycetophilidae	2.80	夜蛾科 Noctuidae	0.82
瘿蚊科 Cecidomyiidae	3.04	潜蝇科 Agromyzidae	2.15	盲蝽科 Miridae	0.72
茧蜂科 Braconidae	3.02	茧蜂科 Braconidae	1.98	蟹蛛科 Thomisidae	0.51
摇蚊科 Chironomidae	2.24	盲蝽科 Miridae	1.57	球腹蛛科 Theridiidae	0.36

表 4 2014 年不同取样方式获得的优势科

Table 4 Dominant family collected by different sampling methods in 2014

马氏网法 Malaise trap method		吸虫器法 Vacuum-suction method		盆拍法 Basin-beating method	
优势科 Dominant family	优势度 (%) Dominance	优势科 Dominant family	优势度 (%) Dominance	优势科 Dominant family	优势度 (%) Dominance
飞虱科 Delphacidae	20.72	摇蚊科 Chironomidae	35.37	飞虱科 Delphacidae	71.09
缟蝇科 Lauxaniidae	10.33	蚊科 Culicidae	24.34	皿蛛科 Linyphiidae	6.66
螟蛾科 Pyralidae	10.33	飞虱科 Delphacidae	14.69	叶蝉科 Cicadellidae	2.93
摇蚊科 Chironomidae	8.78	叶蝉科 Cicadellidae	7.27	摇蚊科 Chironomidae	2.92
夜蛾科 Noctuidae	6.51	蕈蚋科 Mycetophilidae	2.99	狼蛛科 Lycosidae	1.36
叶蝉科 Cicadellidae	6.16	秆蝇科 Chlorops	2.78	猫蛛科 Oxyopidae	1.12
毛蠓科 Psychodidae	3.85	潜蝇科 Agromyzidae	1.53	跳蛛科 Salticidae	1.06
蕈蚋科 Mycetophilidae	2.86	扁脚蝇科 Platypezidae	1.50	球腹蛛科 Theridiidae	1.01
水蝇科 Ephydriidae	2.73	茧蜂科 Braconidae	1.32	夜蛾科 Noctuidae	0.73
瘿蚊科 Cecidomyiidae	2.11	水蝇科 Ephydriidae	1.22	盲蝽科 Miridae	0.69

3 种取样方式采集的优势度最高的种均为白背飞虱 (2014 年吸虫器法白背飞虱为第 2 位)。马氏网诱集法采集的前十位优势种中都是具有飞行能力的节肢动物, 如白背飞虱、电光叶蝉、稻螟蛉、稻纵卷叶螟、二化螟、稻瘿蚊等植食性节肢动物; 吸虫器法更易采集到白背飞虱、电光叶蝉等同翅目昆虫, 稻摇蚊、稻潜蝇、杆蝇等双翅目节肢动物; 盆拍法采集的前十位优势种中, 有 5 种蜘蛛及黑肩绿盲蝽等捕食性天敌, 及飞虱、叶蝉等植食性节肢动物, 都是生活于水稻基部的节肢动物 (表 5-6)。

2.4 不同功能团代表科密度

选取采集的节肢动物功能团中优势度较高的科作为功能团代表科进行比较。

2.4.1 捕食类代表科密度

盆拍法采集的捕食类代表科密度显著大于吸虫器法和马氏网诱集法 ($P < 0.05$), 吸虫器法和马氏网诱集法之间无显著性差异 (图 1)。

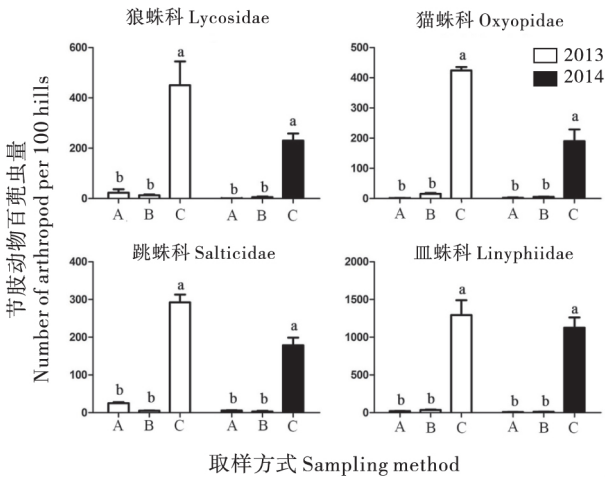


图 1 2013 年与 2014 年捕食类代表科密度
Fig. 1 The density of family of predators in 2013 and 2014
注: A, 马氏网诱集法; B, 吸虫器法; C, 盆拍法。数据为平均数 ± 标准误 (n = 4)。柱形图上的不同字母表示同一年份不同取样方式经 LSD 多重比较差异显著 ($P < 0.05$)。下同。
Note: A, Malaise trap method; B, Vacuum-suction method; C, Basin-beating method. Data are represented as mean ± SE (n = 4). Different letters in the same year indicate significant differences ($P < 0.05$) by LSD test. The same below.

表 5 2013 年不同取样方式获得的优势种
Table 5 Dominant species collected by different sampling method in 2013

马氏网法 Malaise trap method		吸虫器法 Vacuum-suction method		盆拍法 Basin-beating method	
优势科 Dominant family	优势度 (%) Dominance	优势科 Dominant family	优势度 (%) Dominance	优势科 Dominant family	优势度 (%) Dominance
白背飞虱 <i>Sogatella furcifera</i>	12.13	白背飞虱 <i>Sogatella furcifera</i>	34.25	白背飞虱 <i>Sogatella furcifera</i>	29.58
电光叶蝉 <i>Inazuma dorsalis</i>	9.23	稻摇蚊 <i>Chironomidae oryzae</i> (Matsumura)	8.13	草间小黑蛛 <i>Erigonidium graminicolum</i>	4.61
稻螟蛉 <i>Naranga aenescens</i> (Moore)	9.02	电光叶蝉 <i>Inazuma dorsalis</i>	8.02	褐飞虱 <i>Nilaparvata lugens</i> (Stål)	4.28
毛蠨 <i>Psychodidae</i>	4.51	杆蝇 <i>Chlorops oryzae</i>	7.55	电光叶蝉 <i>Inazuma dorsalis</i>	3.25
缟蝇 <i>Pachycerina</i> sp.	3.66	蕈蚋 <i>Mycetophilidae</i>	3.24	纵条蝇狮 <i>Marpissa magister</i>	1.97
蕈蚋 <i>Mycetophilidae</i>	3.62	稻潜蝇 <i>Opius</i> sp	2.93	拟环纹豹蛛 <i>Pardosa pseudoannulata</i>	1.49
稻瘿蚊 <i>Orseolia oryzae</i>	3.52	褐飞虱 <i>Nilaparvata lugens</i> (Stål)	2.74	稻螟蛉 <i>Naranga aenescens</i> (Moore)	1.33
二化螟 <i>Chilo suppressalis</i>	3.22	黑肩绿盲蝽 <i>Cyrtorrhinus lividipennis</i> (Reuter)	2.51	菱头跳蛛 <i>Bianor hotingchlehi</i> (Schentel)	1.31
纵卷叶螟绒茧蜂 <i>Apanteles cypris</i> (Nixon)	2.41	黑尾叶蝉 <i>Nephotettix bipunctatus</i>	1.22	黑肩绿盲蝽 <i>Cyrtorrhinus lividipennis</i> (Reuter)	1.22
稻纵卷叶螟 <i>Cnaphalocrocis medinalis</i> Guenee	1.02	绒茧金小蜂 <i>Trichomalopsis apantelectenus</i>	1.02	拟水狼蛛 <i>Pirata subpiraticus</i> (Boes)	1.19

表 6 2013 年不同取样方式获得的优势种

Table 6 Dominant species collected by different sampling method in 2013

马氏网法 Malaise trap method		吸虫器法 Vacuum-suction method		盆拍法 Basin-beating method	
优势科 Dominant family	优势度 (%) Dominance	优势科 Dominant family	优势度 (%) Dominance	优势科 Dominant family	优势度 (%) Dominance
白背飞虱 <i>Sogatella furcifera</i>	20.37	稻摇蚊 <i>Chironomidae oryzae</i> (Matsumura)	5.34	白背飞虱 <i>Sogatella furcifera</i>	68.64
縗蝇 <i>Pachycerina</i> sp.	10.33	白背飞虱 <i>Sogatella furcifera</i>	1.43	草间小黑蛛 <i>Erigonidium graminicolum</i>	5.89
稻纵卷叶螟 <i>Cnaphalocrocis medinalis</i> Guenee	9.24	电光叶蝉 <i>Inazuma dorsalis</i>	3.9	稻摇蚊 <i>Chironomidae oryzae</i> (Matsumura)	2.89
稻摇蚊 <i>Chironomidae oryzae</i> (Matsumura)	7.55	黑尾叶蝉 <i>Nephotettix bipunctatus</i>	3.36	褐飞虱 <i>Nilaparvata lugens</i>	2.42
稻螟蛉 <i>Naranga aenescens</i> (Moore)	5.11	蕈蚋 <i>Mycetophilidae</i>	2.91	黑尾叶蝉 <i>Nephotettix bipunctatus</i>	1.67
毛蠓 <i>Psychodidae</i>	3.86	稻潜蝇 <i>Opius</i> sp.	1.53	电光叶蝉 <i>Inazuma dorsalis</i>	1.26
蕈蚋 <i>Mycetophilidae</i>	2.84	秆蝇 <i>Chlorops oryzae</i>	2.3	纵条蝇狮 <i>Marpissa magister</i>	1.12
一点叶蝉 <i>Erythroneura sudra</i>	2.54	稻纵卷叶螟 <i>Cnaphalocrocis medinalis</i> (Guenee)	0.96	八斑球腹蛛 <i>Theridion octomaculatum</i> Boes. et Str.	1.01
电光叶蝉 <i>Inazuma dorsalis</i>	2.32	拟螟蛉绒茧蜂 <i>Apanteles</i> sp.	0.86	菱头跳蛛 <i>Bianor hotingchlehi</i> (Schentel)	0.93
稻瘿蚊 <i>Orseolia oryzae</i>	2.12	稻茎毛眼水蝇 <i>Hydrellia sasaki</i>	0.77	拟环纹豹蛛 <i>Pardosa pseudoannulata</i>	0.86

2.4.2 植食类代表科密度

由图 2 看出, 吸虫器法与盆拍法采集到的飞虱科与叶蝉科的数量均较多, 马氏网诱集法采集到的数量很少。吸虫器法采集到的秆蝇科昆虫数量最多, 马氏网诱集法与盆拍法采集到的数量很少。吸虫器法、盆拍法与马氏网诱集法采集到的瘿蚊科昆虫均较多。

2.4.3 寄生类代表科密度

由图 3 可以看出, 2013 年和 2014 年吸虫器法采集的姬蜂科和茧蜂科密度均显著大于盆拍法和马氏网诱集法, 盆拍法和马氏网诱集法之间无显著性差异; 吸虫器法和盆拍法采集的金小蜂科和缘腹细蜂科密度均显著大于马氏网诱集法, 吸虫器法和盆拍法之间无显著性差异。

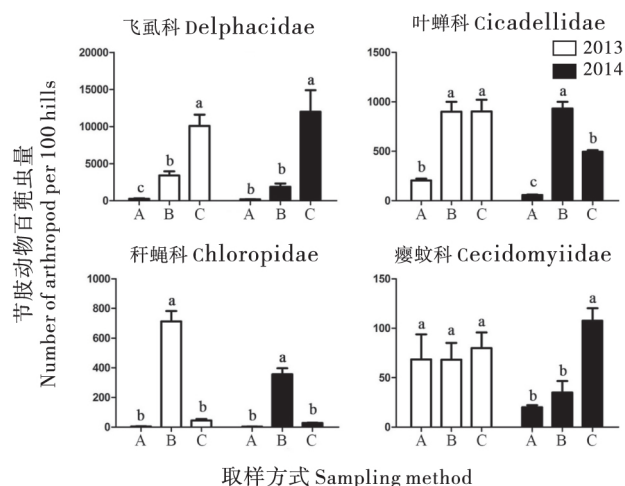


图 2 2013 年和 2014 年植食类代表科密度

Fig. 2 The density of family of phytophages in 2013 and 2014

2.4.4 腐食类代表科密度

由图 4 看出, 盆拍法采集的弹尾目密度显著大于马氏网诱集法和吸虫器法, 马氏网诱集法和吸虫器法之间无显著性差异; 马氏网诱集法和吸虫器法采集的毛蠓科密度显著大于盆拍法, 马氏网诱集法和吸虫器法之间无显著性差异; 马氏网

诱集法最适合采集的缟蝇科昆虫, 2013 与 2014 年采集的种群密度都最大, 而盆拍法最不适合采集缟蝇科昆虫, 2013 与 2014 年采集的种群密度都最小; 吸虫器法采集的蕈蚋科密度显著大于马氏网诱集法和盆拍法, 马氏网诱集法和盆拍法之间无显著性差异。

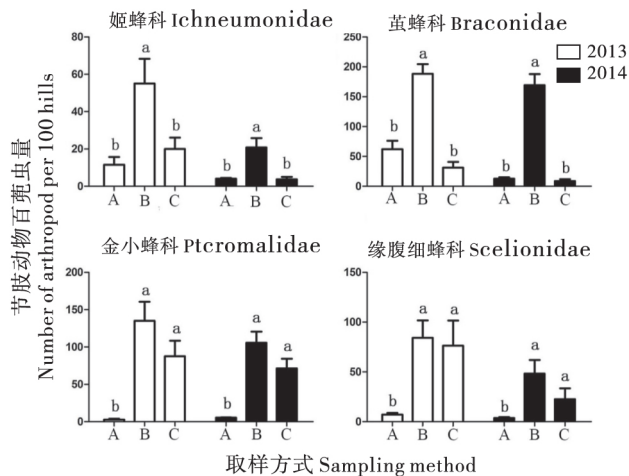


图 3 2013 年和 2014 年寄生类代表科密度

Fig. 3 The density of family of parasitoids in 2013 and 2014

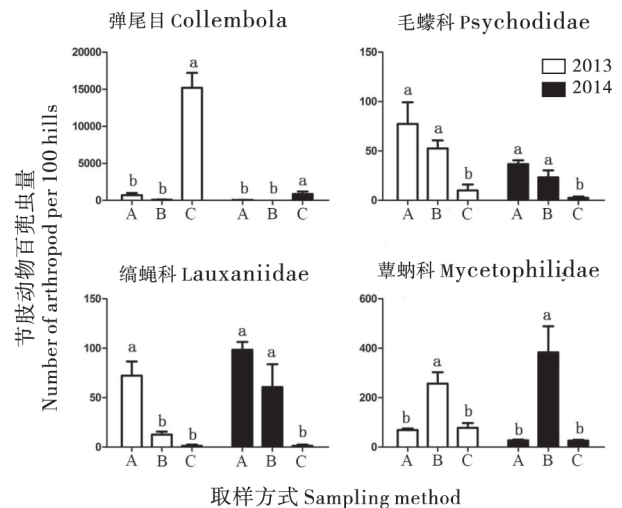


图 4 2013 年和 2014 年腐食类代表科密度

Fig. 4 The density of family of detritivores in 2013 and 2014

3 结论与讨论

本研究运用 3 种取样方法对稻田节肢动物进行取样, 通过对 3 种取样方式取样结果的分析来评价 3 种取样方式对稻田节肢动物取样效率的差异。

在进行取样调查时, 温湿度、云层、风速和风向都可能会对节肢动物的种类和数量产生影响, 为了有效减少偶然因素造成的数据误差, 采取了以下措施: 吸虫器取样法中, 小区中某一点取样过后, 原地插下竹竿, 防止同一位置重复取样; 3 种取样方式在同一时间进行, 避免时间因素对调查数据造成的影响; 调查人员固定, 有效减少调查人对调查数据的影响; 在阴云密布, 雨水将临时不进行取样, 避免湿度和气压等因素对调查数据的影响。

2013 与 2014 年调查数据均显示马氏网诱集法采集的物种数最多, 其后为吸虫器法, 盆拍法采集的物种数最少。马氏网诱集法采集的物种数最多, 可能是因为吸虫器法会惊飞一些节肢动物, 而马氏网诱集法可以最大限度的采集马氏网内的节肢动物。然而, 盆拍法采集的节肢动物数量最

多, 其次为吸虫器法, 马氏网诱集法采集的节肢动物数量最少。早在 1992 年章康华等对目测法、水盆法、粘板法和吸虫法对水稻害虫以及天敌取样准确性研究中, 发现吸虫法和水盆法准确有效, 最差的为目测法。1993 年吴进才等对吸虫法、盆拍法和目测法调查水稻节肢动物的准确性进行了调查, 结果表明, 吸虫器法所获得的物种数最多, 节肢动物群落多样性和均匀性指数都大于盆拍取样法。本研究在前人研究的基础上, 选取接受度高的吸虫器法、盆拍法和马氏网诱集法, 经过两年系统的田间调查, 比较了不同取样方式对不同功能团、不同优势科、不同优势种的取样效率差异, 不同取样方式对节肢动物群落指数的调查结果的影响, 结果表明: 吸虫器采集到的物种数及节肢动物数量均较多; 盆拍法采集到的节肢动物数量多, 但是物种数偏少。这与前人的研究结果类似。马氏网诱集法采集到的节肢动物物种数最多。因此, 如果要全面客观调查稻田节肢动物多样性, 马氏网诱集法与吸虫器法更为适合。

通过比较不同取样方式采集的节肢动物前十位优势科, 可以看到, 2013 年和 2014 年马氏网诱集法所采集的优势科中, 都是具有飞行能力的节肢动物, 如蛾蛾科和缟蝇科, 对于生活于水稻基

部且不具有飞行能力的节肢动物取样效率不佳, 这是由取样方法本身的局限所决定的, 马氏网诱集法是一种静态调查, 对调查整个取样区间内飞行类节肢动物具有良好的取样效率, 与陈芝等 (2008) 研究结果一致; 盆拍法取样中, 排名前十的优势科中, 除夜蛾科, 其余皆为活动在植株基部的节肢动物, 并且多数为捕食类节肢动物, 故盆拍法适合采集活动于水稻基部的节肢动物, 如跳蛛、狼蛛、飞虱、叶蝉等, 采用盆拍法调查精度优于其他两种取样方法; 吸虫器法除了飞虱、叶蝉以及蜘蛛等生活与水稻基部的节肢动物之外, 对杆蝇和寄生蜂采集效率显著高于其他两种方法。盆拍法也可以采集到较多数量的金小蜂科和缘腹细蜂科昆虫, 可能是因为这两个科的寄生蜂成虫经常在水稻基部寻找寄主, 被拍到盆中之后, 盆内的酒精很快使它们昏迷, 所以, 即使它们具有飞行能力, 也会因被麻醉而无法逃离。

从3种取样方式采集的优势种来看, 白背飞虱均为田间的最优势种优势度最高; 除去白背飞虱, 马氏网诱集法更易采集到电光叶蝉、稻摇蚊、稻螟蛉和稻纵卷叶螟等, 吸虫器法更易采集到稻摇蚊、电光叶蝉、黑尾叶蝉和蕈蚋等, 盆拍法更易采集到草间小黑蛛、电光叶蝉、褐飞虱和纵条蝇狮等。

总的来说, 每种取样方式都有其优势与缺陷, 在调查不同的节肢动物时, 取样效率不同。所以, 如果目的是调查某一种或者某一类节肢动物, 为了使调查结果更加精确, 在进行田间调查之前, 应当根据实验目标来选择具体的取样方式; 如果目的是全面调查稻田节肢动物群落, 多种取样方式并行更为有效。

参考文献 (References)

- Chen H, Mang G, Zhang QF, *et al.* Effect of transgenic *Bacillus thuringiensis* rice lines on mortality and feeding behavior of rice stem borers (Lepidoptera: Crambidae) [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2008, 101: 182–189.
- Chen Z, Liu XB, Luo JM, *et al.* Study on the insect fauna of six different habitats with malaise traps [J]. *Entomological Journal of East China*, 2008, 17 (1): 35–38. [陈芝, 刘筱兵, 罗建明, 等. 采用马氏网诱集法对不同小生境昆虫相的初步研究 [J]. 华东昆虫学报, 2008, 17 (1): 35–38]
- Colinvaux P. Strategies of species populations [J]. *Ecology*, 1986, 241–268.
- FAO. FAOSTAT [EB/OL]. 2013. <http://faostat.fao.org/site/576/default.aspx>.
- Feng LP, Zhang XL, Zhang JM. The major predator of *Nilaparvata lugens* (Stål) and the influence of pesticides on natural enemies [J]. *Natural Enemies of Insects*, 1999, 21 (2): 55–60. [冯兰萍, 张夕林, 张建明. 褐飞虱的主要捕食性天敌及农药对天敌的影响 [J]. 昆虫天敌, 1999, 21 (2): 55–60]
- He JH. The flora analysis of Chinese rice pests and natural enemy. In: Cheng JA, ed. *Rice Pest* [C]. Beijing: Agriculture Publishing House, 1996, 1–19. [何俊华. 中国水稻害虫及天敌类群的区系分析. 见: 程家安主编. 水稻害虫 [C]. 北京: 农业出版社, 1996, 1–19]
- Liu YF, Zhang GR, Gu DX. The research of arthropod community in paddy field by the converted vacuum suction machine [J]. *Plant Protection*, 1999, 25 (6): 39–40. [刘雨芳, 张古忍, 古德祥. 利用改装的吸虫器研究稻田节肢动物群落 [J]. 植物保护, 1999, 25 (6): 39–40]
- Liu ZC, Ye GY, Hu C. Impact of transgenic indica rice with a fused gene of *cry1Ab/cry1Ac* on the rice paddy arthropod community [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2003, 46: 454–465. [刘志诚, 叶恭银, 胡萃. 转 *cry1Ab/cry1Ac* 基因籼稻对稻田节肢动物群落影响 [J]. 昆虫学报, 2003, 46: 454–465]
- Malaise R. A new insect trap [J]. *Entomological Tidskrift*, 1937: 148–160.
- Nathan SS. Effects of *Melia azedarach* on nutritional physiology and enzyme activities of the rice leafhopper, *Cnaphalocrocis medinalis* [J]. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2006, 84: 98–108.
- Qi LZ, Wu JR, Pu FH. The introduce of insect vacuum suction by converted mist sprayer [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 1993, 30 (3): 184–185. [綦立正, 吴家荣, 浦奉华. 介绍一种用弥雾机改装的昆虫吸捕器 [J]. 昆虫知识, 1993, 30 (3): 184–185]
- Sharkey. A light weight malaise trap [J]. *Entomological News*, 2000, 83: 239–247.
- Tang W, Chen H, Xu CG, *et al.* Development of insect-resistant transgenic indica rice with a synthetic *cry1c* gene [J]. *Molecular Breeding: New Strategies in Plant Improvement*, 2006, 18: 1–10.
- Townes H, Arbor A. Design for a malaise trap [J]. *Proceeding of Entomological Society Washington*, 1962, 64: 253–262.
- Wu JC, Guo YJ, Shu ZL, *et al.* The comparison of different sampling methods for arthropod in rice field [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 1993, 30 (3): 182–183. [吴进才, 郭玉杰, 束兆林, 等. 稻田节肢动物群落不同取样方法的比较 [J]. 昆虫知识, 1993, 30 (3): 182–183]
- Zhang KH, Zhong L. The comparison of different sampling methods for pest in rice field [J]. *China Plant Protection*, 1992, 12 (3): 45–46. [章康华, 钟玲. 水稻几种害虫调查方法的比较 [J]. 病虫测报, 1992, 12 (3): 45–46]
- Zhou Q, Zhang GR, Zhang WQ. The structure and niche of arthropod communities in different resistant variety rice field [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19 (5): 728–731. [周强, 张古忍, 张文庆. 不同抗性品系稻田节肢动物群落的结构和动态 [J]. 生态学报, 1999, 19 (5): 728–731]
- Zhang QF. Strategies for developing green super rice [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2007, 104: 16402–16409.