

# 两种稻田摇蚊采集方法的比较\*

何佳春<sup>1</sup> 李志宇<sup>1,2</sup> 杨洪<sup>2</sup> 胡阳<sup>1\*\*</sup>

(1. 中国水稻研究所 水稻生物学国家重点实验室 杭州 310006;

2. 贵州大学昆虫研究所 贵州山地农业病虫害重点实验室 贵阳 550025)

**摘要** 本文介绍了一种较为简便和节省人工的稻田摇蚊田间取样方法: 笼罩法, 并将笼罩法得到的稻田摇蚊群落结构和发生动态和吸虫器法得到的结果进行了比较。研究表明: 在水稻的 4 个生育期中, 笼罩法和吸虫器法均采集到了中华摇蚊 *Chironomus sinicus* Kiknadze, Wang, Istomina & Gunderina; 台湾长跗摇蚊 *Tanytarsus formosanus* Kieffer; 云集多足摇蚊 *Polypedilum nubifer* Skuse 和刺铗长足摇蚊 *Tanypus punctipennis* Meigen, 而吸虫器法还采集到微小沼摇蚊 *Limnophyes minimus* Meigen。其中中华摇蚊和台湾长跗摇蚊为优势类群, 笼罩法取样得到的两种优势种种群密度均高于吸虫器法的, 例如在拔节期时笼罩法取样得到台湾长跗摇蚊的种群密度是吸虫器法的 22 倍。通过取样变异系数的比较发现, 两种方法精确性都不理想, 在今后的试验中可以通过增加取样的样点量或取样面积来提高精确度。相比较而言吸虫器法操作复杂, 而且较为耗时, 在实际操作中往往受到一定条件的限制, 而笼罩法则具有操作简便、准确度高等优点, 试验安排可以进行高频率取样, 能够更准确地反映田间摇蚊的种群动态。因此, 笼罩法为以后研究与摇蚊生活习性相似的稻田节肢动物类群(如蚊科昆虫)提供了一种新的取样方案。

**关键词** 取样方法, 笼罩法, 吸虫器法, 摇蚊, 群落结构, 种群动态, 稻田

## Comparison of two sampling methods for chironomid midges in rice fields

HE Jia-Chun<sup>1</sup> LI Zhi-Yu<sup>1,2</sup> YANG Hong<sup>2</sup> HU Yang<sup>1\*\*</sup>

(1. State Key Laboratory of Rice Biology, China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China;

2. Institute of Entomology, Guizhou University, The Provincial Key Laboratory for Agricultural Pest Management of Mountainous Region, Guiyang 550025, China)

**Abstract** The nature, operation and operator time requirements for emergence traps as a method for studying rice field-dwelling, non-biting midges are introduced. The bio-community structure and major aspects of population dynamics of non-biting midges determined using emergence traps are compared with those determined using the classical sampling method, a motorised suction trap. We found that both methods collected four species, namely *Chironomus sinicus* Kiknadze, Wang, Istomina & Gunderina; *Tanytarsus formosanus* Kieffer; *Polypedilum nubifer* Skuse and *Tanypus punctipennis* Meigen. In addition, *Limnophyes minimus* Meigen was collected by the motorized suction method only. Both methods demonstrated *C. sinicus* and *T. formosanus* to be the dominant species in rice fields, but the emergence trap collected significantly more midges than the motorised suction trap. For example, the estimated density of *T. formosanus* collected by the emergence trap was 22 times as high as that for the motorized suction method at the rice elongation stage. The comparison of variation coefficients shows that neither method has a marked advantage over the other. We suspect that both methods require the taking of more samples to increase accuracy. In comparison with the emergence trap, the motorized suction trap requires is much more labor intensive and time consuming in the field and laboratory. Therefore, sampling frequency can be more readily increased by use of the emergence trap providing much better information on population dynamics. We consider that the emergence trap is also a suitable method for studying mosquitoes in rice fields

\* 资助项目: 国家转基因生物重大科技专项(2011ZX08012-004)。

\*\* 通讯作者, E-mail: yanghucnri@gmail.com

收稿日期: 2013-02-19, 接受日期: 2013-06-07

as mosquitoes have similar biological characteristics to non-biting midges.

**Key words** sampling methods, emergence trap method, motor-sucking method, chironomids, bio-community. population, rice

在制定稻田节肢动物研究方案时,一般会根据研究目的,研究对象的生活习性、行为特征等因素来制定采用何种取样方法。目前稻田节肢动物研究常用的取样方法有:目测法、盘拍法、网捕法、灯诱法和吸虫器法等(綦立正等,1993;吴进才等,1993;戈峰,2008)。这些取样方法在实际应用中各有优缺点,目测法和盘拍法需要的设备简单且操作容易,但受调查者操作水平和本身状态的影响较大,从而导致取样误差可能比较大。网捕法也具有简便、取样面积大的优点,但是难以采集到生活在地面和稻株下半部分的节肢动物;同时由于网捕法受到采集者身高、步幅大小和扫网姿势的影响,往往难以做到量化。灯诱法则广泛应用于虫情的预测预报,但只能诱集成虫,受外界环境影响也较大,使其较难准确反映田间节肢动物的群落结构和种群密度。

吸虫器法是稻田节肢动物群落研究中一种常用的取样方法(刘雨芳等,1999;沈君辉等,2002)。相比较于上述几种方法,吸虫器法不仅取样效率高,有研究表明吸虫器法对稻飞虱取样效率为80%~100%(刘波等,1994)。而且还是一种较好的量化取样法,吸虫器法在取样时将整丛水稻罩住,然后把笼罩内的节肢动物全部搜集,采集到的节肢动物带回室内在解剖镜下分类和计数,因此吸虫器法在稻田节肢动物群落的研究中得到了广泛应用。然而,吸虫器法对设备要求较高,田间操作比较复杂,采集到的节肢动物样本中往往混有相当数量的腐植质、泥土等杂物,需要耗费大量的人工和时间剔除,导致取样间隔相对较长,难以及时了解研究对象的田间动态。同时吸虫器可能会对一些身体较为柔软的节肢动物(如摇蚊)造成破坏,无法进行准确的鉴定,从而产生试验误差。

摇蚊科昆虫一般是幼虫期营水生底栖生活,其成虫期较短且带有婚飞习性。摇蚊在稻田生态系统中十分常见,某些摇蚊种类会对水稻的早期生长造成危害(Ferrarese, 1992; Stevens and Warren, 1994; Stevens *et al.*, 2006)。同时有研究表明摇蚊不仅在稻田生态系统中具有一定的调控作用(吴进才等,1994;郭玉杰等,1994;徐建祥和

吴进才,1999),而且还是水环境质量的重要指示者(王俊才等,2000)。因此,有必要开展稻田摇蚊的相关研究。对稻田摇蚊的发生动态的研究中,吸虫器法是目前较为常用的一种方法,但吸虫器法需要的设备较复杂,取样消耗的人力较多,因此在制定取样方案中不得不采用较长的取样时间间隔;同时摇蚊身体较为柔软,吸虫器往往会损伤摇蚊的身体,我们发现很多时候吸虫器吸到的摇蚊往往只能见到其胸部,腹部和翅膀往往被破坏。笼罩法是一种在静水条件下研究摇蚊发生规律常用的取样方法(Kim *et al.*, 2001;李志宇等,2010),笼罩法不仅可以定量,还具备简便、省力的特点,因此取样时可以增加取样频率,并且采集到的摇蚊身体结构完整,鉴定工作不会受到影响,能及时、准确跟踪稻田摇蚊的发生动态。

因此我们将笼罩法与传统的吸虫器法进行比较,以探讨一种高效便捷的稻田摇蚊的取样方法,同时也为今后研究与摇蚊生活习性相似的稻田节肢动物类群(例如蚊科昆虫)提供一种新的取样方案。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点

试验地位于浙江省富阳市中国水稻研究所试验基地。试验田为相邻的两块长方形稻田,田块间有水泥田埂相隔,两块田面积均为80 m × 16.7 m,土壤肥力均等,且多年种植水稻。

### 1.2 供试水稻品种和田间管理

试验田种植的水稻品种为明恢63,明恢63是籼型三系、两系强优势恢恢复系,以其为亲本育成了许多大面积推广的高产优质杂交水稻。试验水稻于6月20日播种,7月13日移栽,10月19日收获。大田期间进行常规水肥管理,且未使用杀虫剂。

### 1.3 采集方法介绍

**1.3.1 笼罩法** 笼罩法是根据摇蚊的生活习性所设计的。将笼罩(图1:A)固定在田间,待笼罩内摇蚊羽化后,利用其趋上趋光性在笼罩的顶端

采集摇蚊成虫。

**1.3.1.1 笼罩及采集瓶** 笼罩的底部面积为  $50\text{ cm} \times 50\text{ cm}$ , 高为  $150\text{ cm}$ , 可罩 4 丛水稻。笼罩的框架是由直径为  $2\text{ cm}$  的不锈钢管焊接而成, 罩的四周用 20 目黑色纱网围住, 4 个底角另有  $15\text{ cm}$  长的固定锚, 以便将笼罩固定在田间泥土中, 防止大风将笼罩刮倒。笼罩的上部逐渐合拢并留一个直径为  $2.5\text{ cm}$  出口, 用于放置采集瓶。采集瓶 (图 1:B) 为长约  $20\text{ cm}$  的塑料瓶, 瓶内设置一个倒置的狭口漏斗, 在瓶口拼接一个口径为  $2.5\text{ cm}$  的狭口漏斗与笼罩出口相接 (Kim *et al.*, 2001)。

**1.3.1.2 样点设置及取样时间** 将每个田块平均分成 4 小区 ( $20\text{ m} \times 16.7\text{ m}$ ), 每个小区内随机

放置 1 个笼罩, 即 1 个试验重复, 共 4 个重复。取样时间从 7 月 22 日开始至 10 月 16 日结束, 根据采集到的摇蚊数量多少, 每 2~6 d 取样一次, 共取样 20 次。

**1.3.1.3 田间操作** 笼罩在田间放置时, 先将采集瓶安装在笼罩上方的出口处, 将笼罩罩住 4 丛水稻后, 把笼罩的固定锚插入到泥土中, 并使笼罩底部钢管没入泥土, 以防止水体表面羽化出来的摇蚊从笼罩的底部逃逸。取样时先更换采集瓶, 换上采集瓶时检查笼罩出口处是否有蜘蛛结网, 如有则及时清理。然后将笼罩随机放置在同一小区内新的位置上。

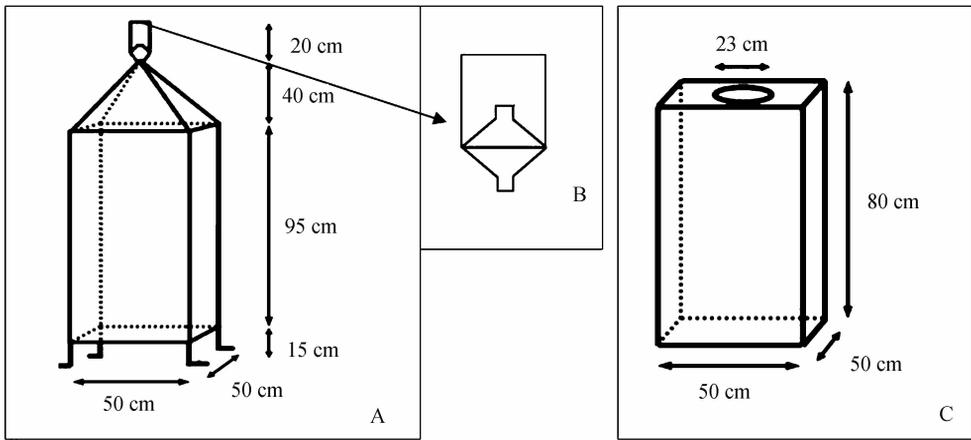


图 1 笼罩(A)、采集瓶(B)、吸虫罩(C)示意图

Fig. 1 Schematic diagram of emergence trap (A), collecting bottle (B), sucking trap (C)

**1.3.2 吸虫器法** 吸虫器法采用以汽油机为动力, 借助汽油机风机转动所形成的真空抽吸作用, 吸取稻田的节肢动物。

**1.3.2.1 吸虫器及吸虫罩** 吸虫器是由美国 John W. Hock Company 公司生产的型号为 ES-210 背负式吸虫器, 与之配套使用的吸虫罩 (图 1:C) 的底部面积为  $50\text{ cm} \times 50\text{ cm}$ , 高为  $80\text{ cm}$ , 可罩 4 丛水稻, 吸虫罩的框架为木质结构, 并用  $0.5\text{ mm}$  厚的透明塑料围成, 罩子上方留有一个直径为  $23\text{ cm}$  的圆形取样口。

**1.3.2.2 样点设置及取样时间** 将每个田块平均分成 4 个小区 ( $20\text{ m} \times 16.7\text{ m}$ ), 在每个小区按平行等距法吸取 3 个样点, 取样时将样点的水稻植株罩住, 然后将笼罩内的节肢动物吸取完, 并将

每个小区的 3 个样点中吸到的节肢动物合为 1 个样本, 即 1 个试验重复, 共 4 个重复。取样从 8 月 3 日开始至 10 月 14 日结束, 分别在水稻的分蘖期, 拔节期, 齐穗期和黄熟期各取样一次, 共取样 4 次。

**1.3.2.3 田间操作** 整个吸虫过程至少需 2 人协作完成。以 2 人为例, 一人背负吸虫器, 另一人移动吸虫罩, 并负责吸虫工作。取样时快速将吸虫罩罩在稻苗上, 罩的过程中尽量在稻丛之间放下罩子, 同时避免震动稻苗, 引起节肢动物逃逸。吸虫时先将罩口上部和罩壁四周的虫吸完, 再吸取稻丛上及笼罩基部的节肢动物, 直至将罩内的节肢动物采集完。

**1.3.3 标本鉴定** 两种方法采集到的样品均带

回室内进行分类鉴定、数据统计。用笼罩法采集到的样品带回室内用 75% 的酒精浸泡杀死后即可保存或进行分类鉴定。而吸虫器法采集的样品需先清除掉杂质,将节肢动物捡出后,再进行分类鉴定。

#### 1.4 数据统计分析

作者对两种方法在水稻 4 个生育期采集日期相近数据进行了对比。首先,比较两种方法采集到的摇蚊物种丰富度和优势种群密度,并采用 Duncan's 多重极差法检验两种方法采集到的优势种群密度差异;然后比较了两种方法对摇蚊优势种取样的变异系数,变异系数(CV)是衡量取样时各个重复间种群密度数值波动程度的一个统计量,此系数在一定程度上可以反映某种取样方法在田间取样结果的精确性,变异系数的计算公式为(盖钧镒,2008):

$$CV = \frac{S}{\bar{X}}$$

上式中  $\bar{X}$  代表种群密度(个体数/丛),  $S$  代表标准差,  $CV$  代表变异系数。

数据统计与分析使用 Excel 和 DPS 数据处理软件(Tang and Zhang, 2013)进行数据处理和分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 物种丰富度的比较

在 4 次采样中,笼罩法共采集到了 4 种摇蚊,吸虫器法共采集到了 5 种摇蚊,直突摇蚊亚科的微小沼摇蚊 *Limnophyes minimus* Meigen 仅吸虫器法采集到(表 1)。两种方法均采集到的 4 种摇蚊,分别是:摇蚊亚科的中华摇蚊 *Chironomus sinicus* Kiknadze, Wang, Istomina & Gunderina;台湾长跗摇蚊 *Tanytarsus formosanus* Kieffer;云集多足摇蚊 *Polypedilum nubifer* Skuse 和长足摇蚊亚科的刺铗长足摇蚊 *Tanypus punctipennis* Meigen。

在分蘖期时,笼罩法和吸虫器法均可以采集到中华摇蚊、台湾长跗摇蚊、刺铗长足摇蚊摇蚊,不同的是笼罩法采集到了云集多足摇蚊,而吸虫器法采集到了微小沼摇蚊。在拔节期时,两种方法均采集到中华摇蚊、台湾长跗摇蚊、刺铗长足摇蚊摇蚊和云集多足摇蚊这 4 种摇蚊。在齐穗期时,两种方法均采集到中华摇蚊和台湾长跗摇蚊,但刺铗长足摇蚊仅见于笼罩法,而云集多足摇蚊仅见于吸虫器法。黄熟期时笼罩法采集到了中华摇蚊、台湾长跗摇蚊和刺铗长足摇蚊 3 种,而吸虫器法采集到了中华摇蚊、台湾长跗摇蚊、云集多足摇蚊和微小沼摇蚊 4 种摇蚊。

表 1 两种取样方法在 4 个水稻生育期时采集到的摇蚊种类比较

Table 1 Comparison of collected species by two sampling methods at 4 rice stages

摇蚊种类 Species	分蘖期 Tillering		拔节期 Jointing		齐穗期 Heading		黄熟期 Ripening	
	笼罩法 Trap	吸虫器法 Motor-sucking	笼罩法 Trap	吸虫器法 Motor-sucking	笼罩法 Trap	吸虫器法 Motor-sucking	笼罩法 Trap	吸虫器法 Motor-sucking
中华摇蚊 <i>Chironomus sinicus</i>	√	√	√	√	√	√	√	√
台湾长跗摇蚊 <i>Tanytarsus formosanus</i>	√	√	√	√	√	√	√	√
刺铗长足摇蚊 <i>Tanypus punctipennis</i>	√	√	√	√	√		√	
云集多足摇蚊 <i>Polypedilum nubifer</i>	√		√	√		√		√
微小沼摇蚊 <i>Limnophyes minimus</i>		√						√

### 2.2 优势种种群密度的比较

中华摇蚊和台湾长跗摇蚊用两种取样方法在 4 个水稻生育期内均能采集到(表 1),且这两种摇蚊的发生密度也高,是稻田摇蚊的优势种。因此对这两种优势种的密度进行比较。首先,两种取

样方法反映出优势种种群密度变化规律基本一致——都呈现出水稻生育前期种群密度高,后期种群密度低的动态特点,但笼罩法采集到的优势种种群密度均高于吸虫器法(图 2)。

表 2 两种采集方法变异系数  
Table 2 Variation coefficient of two sampling methods

取样时期 Stage	取样方法 Methods	中华摇蚊 <i>Chironomus sinicus</i>		台湾长跗摇蚊 <i>Tanytarsus formosanus</i>	
		种群密度 ± 标准差 Density ± standard deviation	变异系数 Variation coefficient	种群密度 ± 标准差 Density ± standard deviation	变异系数 Variation coefficient
分蘖期 Tillering	笼罩法 Trap	1.00 ± 0.77	0.77	16.78 ± 13.14	0.78
	吸虫器法 Motor-sucking	0.33 ± 0.26	0.78	0.89 ± 0.51	0.57
拔节期 Jointing	笼罩法 Trap	6.38 ± 3.17	0.50	20.41 ± 17.26	0.85
	吸虫器法 Motor-sucking	1.19 ± 0.48	0.41	0.91 ± 1.02	1.13
齐穗期 Heading	笼罩法 Trap	0.34 ± 0.38	1.10	0.84 ± 0.3	0.35
	吸虫器法 Motor-sucking	0.22 ± 0.15	0.70	0.08 ± 0.08	1.00
黄熟期 Ripening	笼罩法 Trap	0.16 ± 0.19	1.19	0.59 ± 0.19	0.31
	吸虫器法 Motor-sucking	0.04 ± 0.04	1.00	0.07 ± 0.11	1.55

在水稻的 4 个生育期内,笼罩法对中华摇蚊取样得到的种群密度均高于吸虫器法,分别相差 3.03、5.36、1.55、4 倍。通过 Duncan's 多重极差法检验结果表明,在分蘖期和拔节期均有显著差异 ( $P < 0.05$ );而在齐穗期和黄熟期时没有显著差异。

在 4 个水稻生育期内,笼罩法对台湾长跗摇蚊取样得到的种群密度均高于吸虫器法,分别相差 18.85、22.43、10.5、8.45 倍。通过 Duncan's 多重极差法检验结果表明,在 4 个生育期都有显著差异 ( $P < 0.05$ )。

### 2.3 两种采集方法变异系数的比较

表 2 所示,两种方法采集到中华摇蚊的变异系数相比,在分蘖期和拔节期时,两种方法得到的变异系数基本相等,例如分蘖期是笼罩法的变异系数仅比比吸虫器法小 0.01。然而发生量较小的齐穗期和黄熟期,笼罩法的变异系数高于吸虫器法的。

在台湾摇蚊发生量较高的分蘖期时,笼罩法得到的变异系数比吸虫器法的大 0.21。而在台湾长跗摇蚊发生量最高的拔节期时,笼罩法的变异系数比吸虫器法小 0.28。在台湾摇蚊发生量较小的齐穗期和黄熟期,笼罩法的变异系数低于吸虫

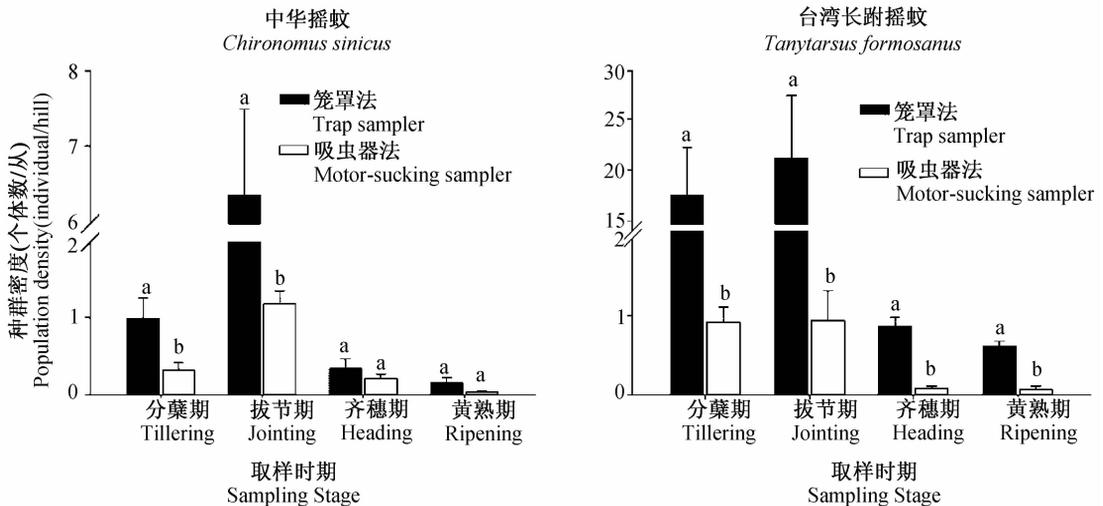


图2 两种取样方法采集的优势种群密度比较

Fig. 2 Comparison of population densities of dominant species collected by two sampling methods

注:柱上标有不同小写字母表示同一种摇蚊在同一时期差异显著( $P < 0.05$ )。

Histograms with different lowercase letters indicate significantly difference ( $P < 0.05$ ).

器法。

### 3 小结与讨论

从采集到的摇蚊物种丰富度来看,笼罩法可以采集到4种摇蚊,吸虫器法可以采集到5种摇蚊。其中两种优势摇蚊种类(中华摇蚊、台湾长跗摇蚊)用两种方法在4个时期均可采集到。然而在分蘖期、齐穗期和黄熟期两种方法采集到的摇蚊种类都不同,其中在黄熟期吸虫器法采集到4种摇蚊而笼罩法只采集到3种摇蚊(表1)。由此看来两种取样方法均能采集到稻田中摇蚊的优势种,但是对于数量相对较少的种类,如微小沼摇蚊用吸虫器法在分蘖期和黄熟期都能采集到,但笼罩法在4个生育期都没有采集到,作者推测的原因是吸虫器法在每次取样时,其取样样点上比笼罩法多3倍,即取样时的面积要比笼罩法大,而笼罩法的样点少。因此用笼罩法在田间进行物种多样性调查时,应该适当增加笼罩的数量。

在4个水稻生育期,笼罩法对中华摇蚊取样的种群密度均比吸虫器法高,尤其在中华摇蚊发生量较高的分蘖期和拔节期均达到了显著差异;笼罩法对台湾长跗摇蚊取样的种群密度在4个时期也均比吸虫器法高且都出现了显著差异。这主要是由于笼罩法在田间取样时间长,也不存在取样时样品破损和逃逸的现象,使其采集到的摇蚊

数量上远远大于了吸虫器法。同时在取样的频率上笼罩法是2~6 d可取样一次,吸虫器法由于操作复杂,费时费力其取样间隔需要14~20 d一次。因此在采集的数量和取样的频率上笼罩法都高于吸虫器法,这就反映出笼罩法取样效率相对较高,取样效率越高,越可以准确的反映田间摇蚊的群落演替和种群动态变化,所以在研究田间优势种群的发生动态时,笼罩法是一种更好的取样方法。

变异系数作为衡量各重复间取样数值波动程度的统计量,变异系数越小,说明各个样点间的精确度高。通过对两种取样方法变异系数的比较发现,在中华摇蚊发生量小的齐穗期和黄熟期,种群密度很小,这使得一些微小的环境变化和操作失误都对变异系数发生很大的影响,因此不能比较两种方法的取样结果的精确性。而在中华摇蚊发生量高的齐穗期和黄熟期,虽然种群密度上,笼罩法要高于吸虫器法,但是两种取样方法的变异系数基本相等,差异并不明显。

同样在台湾长跗摇蚊发生量小的齐穗期和黄熟期,种群密度很小,很难比较取样结果的精确性。而台湾长跗摇蚊发生量较高的分蘖期和拔节期时,两种取样方法的变异系数各有上下,笼罩法在分蘖期比吸虫器法高,拔节期却比吸虫器法低。这可能是由于台湾摇蚊种群在田间多以聚集型分布(李志宇,2011),而取样的样点量不够多的情况

下,使得每次取样时各个样点数值波动较大,两种方法的取样结果上都反映出了这一现象。因此在今后的研究中,两种方法都需要增加样点量来提高田间取样结果的精确性。

从试验操作来看,笼罩法田间操作十分简单,只需将笼罩放置于田间,定期由一个人收换采集瓶即可,不仅保证了笼罩内羽化的摇蚊都可以被采集到,而且采集到的虫体也都保存完整,很少混有杂物,减少了试验的误差。而吸虫器法采集到的节肢动物样本中往往混有相当数量的杂物,不仅需要耗费大量的人工和时间剔除,同时也会造成一些标本的损失,使得试验的误差较大。相比之下,笼罩法不仅节省了人力,减少了取样和标本鉴定的时间,其取样的结果也更加准确真实。

此外,笼罩法的笼罩采用黑色纱网罩住和独特的采集瓶(图 1:B)设计,可以有效利用摇蚊在稻田中羽化并带有趋上和趋光性的生物特性来取样。因此笼罩法还可以应用在稻田中与摇蚊生活习性相似昆虫(如蚊科等)的研究。

在笼罩法取样的试验中也存在一些问题。如笼罩是否稳固对试验影响很大,往往在出现台风等大风大雨天气时,会使安置在田间的笼罩倾倒,导致采集到的虫子逃逸。针对这点,可以通过加长笼罩固定锚的长度,保证其可在田间牢固安置,以增强笼罩的稳定性。

## 参考文献 (References)

Kim JY, Lee JH, Ree HI, 2001. Seasonal population dynamics of chironomid midges (Diptera: Chironomidae) emerging from reclaimed rice fields in Seosan, Korea in 1997–1999. *Korean J. Entomol.*, 31:225–232.

Stevens MM, Helliwell S, Cranston PS, 2006. Larval chironomid communities (Diptera: Chironomidae) associated with establishing rice crops in southern New South Wales, Australia. *Hydrobiology*, 556:317–325.

Stevens MM, Warren GN, 1994. Field evaluation of plaster-based temephos pellets for residual control of midge larvae

(Diptera: Chironomidae) in establishing rice crops. *Aust. J. Exp. Agric.*, 34:659–663.

Tang QY, Zhang CX, 2013. Data Processing System (DPS) software with experimental design, statistical analysis and data mining developed for use in entomological research. *Insect Sci.*, 20(2):254–260.

Ferrarese U, 1992. Chironomids of Italian rice fields. *Neth. J. Aquat. Ecol.*, 26(2/4):341–346.

盖钧镛, 2008. 试验统计方法. 北京:中国农业出版社. 42–46.

戈峰, 2008. 昆虫生态学原理与方法. 北京:高等教育出版社. 106–112.

郭玉杰, 王念英, 蒋金炜, 陈俊炜, 唐建, 1994. 不同稻区节肢动物群落中捕食者与猎物的种类与数量特征. 生物防治通报, 10(4):157–161.

李志宇, 2011. 稻田摇蚊发生规律及 Bt 水稻对其群落影响的研究. 硕士学位论文. 贵州:贵州大学.

李志宇, 杨洪, 赖凤香, 傅强, 胡阳, 2010. 早稻田发生的摇蚊种类及动态. 中国水稻科学, 24(6):630–634.

刘波, 宋晓川, 李平, 刘浩官, 1994. 稻田昆虫常规取样与机动吸虫器取样效率的研究. 福建省农科院学报, 9(1):42–46.

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.

綦立正, 吴家荣, 浦奉华, 丁锦华, 1993. 介绍一种用弥雾机改装的昆虫吸捕器. 昆虫知识, 30(3):184–185.

沈君辉, 刘光杰, 袁明, 2002. 我国稻田节肢动物群落研究新进展. 中国农学通报, 18(4):90–97.

王俊才, 方志刚, 鞠复华, 张少华, 2000. 摇蚊幼虫分布及其与水质的关系. 生态学杂志, 19(4):27–37.

王新华, 1998. 中国稻田摇蚊名录增补及修订. 天津自然博物馆论文集, 15:54–57.

吴进才, 郭玉杰, 束兆林, 杨金生, 1993. 稻田节肢动物群落不同取样方法比较. 昆虫知识, 30(3):182–184.

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.

徐建祥, 吴进才, 1999. 综论稻田生态系中性昆虫的意义及其调控. 生态学杂志, 18(5):41–44.