

稻飞虱及黑肩绿盲蝽在探照灯下的扑灯节律

齐会会 张云慧 王 健 彭 赫 张 智 程登发*

(中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193)

摘要: 为明确稻飞虱及其天敌黑肩绿盲蝽在探照灯下的扑灯节律, 2012 和 2013 年在广西兴安县应用探照灯诱虫器对稻飞虱及黑肩绿盲蝽进行了分时段监测。结果表明: 稻飞虱和黑肩绿盲蝽年度间扑灯量有所不同, 夜晚扑灯类型属于整夜扑灯型, 晚上一般有 1~2 个扑灯高峰。2012 年稻飞虱和黑肩绿盲蝽、2013 年白背飞虱在迁入高峰期扑灯高峰不固定, 2013 年褐飞虱扑灯高峰主要集中在 19:30~21:00 时段, 黑肩绿盲蝽 2013 年扑灯高峰主要集中在 00:00~01:30 和 01:30~03:00 时段。稻飞虱和黑肩绿盲蝽迁出高峰期及黑肩绿盲蝽本地活动期扑灯高峰主要集中在前半夜, 稻飞虱本地活动期扑灯高峰主要集中在前半夜和 04:30~06:00 时段。

关键词: 褐飞虱; 白背飞虱; 黑肩绿盲蝽; 探照灯诱虫器; 扑灯节律

Rhythm of rice planthoppers and *Cyrtorhinus lividipennis* to the searchlight trap

Qi Huihui Zhang Yunhui Wang Jian Peng He Zhang Zhi Cheng Dengfa*

(State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection,
Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract: In order to elucidate the rhythm of rice planthoppers, *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera*, and their natural enemy plant bug, *Cyrtorhinus lividipennis*, to the searchlight trap in the night, a time-dividing monitoring of rice planthoppers and *C. lividipennis* during different periods was conducted with the searchlight trap in Xing'an County, Guangxi Zhuang Autonomous Region from 2012 to 2013. The results showed that catch amount of rice planthoppers and *C. lividipennis* were different between 2012 and 2013. Generally, insects could be trapped during the whole night with one or two peaks. The peak times of rice planthoppers and *C. lividipennis* in 2012, *S. furcifera* in 2013, to searchlight trap, during immigrant peak periods, were not stable. Peak times of *N. lugens* to searchlight trap in 2013, during immigrant peak periods, were mainly in 19:30–21:00, and *C. lividipennis* were mainly in 00:00–01:30 and 01:30–03:00. During emigrant peak periods of rice planthoppers and local action of *C. lividipennis*, insects were captured mainly before mid-night. Peak times of rice planthoppers to searchlight trap, during local action, were mainly before mid-night and in 04:30–06:00.

Key words: *Nilaparvata lugens*; *Sogatella furcifera*; *Cyrtorhinus lividipennis*; searchlight trap; rhythm to searchlight trap

大多数夜行性昆虫都具有趋光性, 因此灯光诱虫是监测夜行性昆虫常用的一种手段^[1], 不同种类的趋光性昆虫存在着特定的扑灯节律。研究趋光性

昆虫的扑灯节律, 可以指导预测预报, 合理设置亮灯时间, 降低能耗, 节约诱虫成本, 并为模拟迁飞性昆虫轨迹时生物学参数的设定提供数据支撑。国内对

基金项目: 国家自然科学基金(31101431), 国家“973”计划(2010CB126200)

作者简介: 齐会会, 女, 1985 年生, 博士研究生, 研究方向为昆虫生态学, E-mail: qihuihui2008@163.com

* 通讯作者 (Author for correspondence), E-mail: dfcheng@ippcaas.cn

收稿日期: 2013-12-11

蛾类的扑灯行为及机制做了大量研究^[2-3],但对稻飞虱(褐飞虱 *Nilaparvata lugens* Stål 及白背飞虱 *Sogatella furcifera* Horváth, 下同)及其天敌黑肩绿盲蝽 *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter 的扑灯行为研究较少。程遐年等^[4]报道,褐飞虱夜间扑灯活动是非均匀性的,以 20:00~23:00 时段扑灯量最多。赵世福^[5]详细研究了稻飞虱自然种群扑灯行为,结果表明白背飞虱扑灯高峰发生于日照降至 0.9 lx 时(黑光灯作诱杀光源),高峰维持几分钟至十几分钟后,扑灯强度迅速减弱,并保持较低水平的扑灯量至次日天明。杨菁菁等^[6]于 2011 年 5—6 月在华南农业大学实验农场用太阳能智能诱虫灯研究昆虫的扑灯节律时发现,稻飞虱和黑肩绿盲蝽均以 20:00~21:00 扑灯为主,稻飞虱在 23:00~03:00 出现次扑灯高峰,黑肩绿盲蝽在 02:00~03:00 出现次扑灯高峰。

稻飞虱和黑肩绿盲蝽是长距离迁飞性昆虫^[7-9],在我国越冬的范围仅限于南部的少部分地区,每年春季初次虫源主要是由热带终年繁殖区迁入而来,在空中的飞行高度能达到 1000 m 以上,以往的研究中由于光源的限制,诱虫灯对昆虫的监测范围有限,对稻飞虱及黑肩绿盲蝽的空中种群无法进行诱集。Feng 等^[10]通过对 GT75 型探照灯进行改进,设计出探照灯诱捕器,装备的是 ZJD 1 000 W 金属卤化物灯泡,对地面以上至少 500 m 以内具有趋光性的昆虫有明显的诱集效应。探照灯因能诱捕空中昆虫种群,在迁飞性昆虫的研究中发挥了重要作用^[11-13],为了明确探照灯诱虫器下稻飞虱及黑肩绿盲蝽的扑灯节律及其种群的季节性变化规律,本研究利用时控开关控制的探照灯诱虫器进行自动分时段取样,分析昆虫种群不同迁飞时期的扑灯节律,并比较探照灯诱虫器与传统诱虫灯在监测昆虫扑灯行为方面的差异。

1 材料与方法

1.1 材料

探照灯诱虫器设备:探照灯诱虫器由 GT75 型探照灯(上海亚明灯泡厂有限公司生产)制作而成,装置 ZJD 1 000 W 金属卤化物灯泡。探照灯用铁圈架在白铁皮制成的大漏斗内,漏斗下端接以直径 10 cm 的集虫口,探照灯和白铁皮制成的大漏斗一起固定在 100 cm × 100 cm × 120 cm 的金属支架上。漏斗下方使用盛有 5% 洗衣粉溶液的塑料桶收集诱捕到的昆虫。白天探照灯关闭后,对收集到的昆虫直接在室内分类鉴定计数,对不同时段的昆虫分开记录。

2012—2013 年在农业部桂林有害生物防治野外科学观测试验站观测时共设置了 7 个探照灯,相应地使用 7 个时控开关对每一盏灯分别按照所设置的时段控制开闭,2012 年从 6 月中旬开始,2013 年从 6 月下旬开始 7 个探照灯都开始运行,晚上的工作时间依次为:19:30~21:00、21:00~22:30、22:30~00:00、00:00~01:30、01:30~03:00、03:00~04:30 和 04:30~06:00,9 月到 10 月第 1 个灯的工作时间设为 19:00~21:00,其它灯工作时间相同;2012 年的 5 月到 6 月上旬只有 6 个灯,晚上的工作时间依次为:19:30~21:00、21:00~23:00、23:00~01:00、01:00~03:00、03:00~05:00 和 05:00~07:00,而 2013 年 6 月上、中旬每晚有 5 个灯运行,工作时间依次为:19:30~22:00、22:00~00:00、00:00~02:00、02:00~04:00 和 04:00~06:00。

1.2 方法

1.2.1 试验时间和地点

2012—2013 年的 4—10 月在农业部桂林有害生物防治野外科学观测试验站内(25°36.301' N, 110°41.650' E, 海拔 212 m)进行试验,探照灯设在试验站内的一个山头上,距离山脚下的稻田垂直距离约有 30 m,试验站表面积约为 106 667 m²,除了种植约 6 667 m² 水稻外,其余均为树木覆盖的山地。

1.2.2 田间调查

2012 年在试验基地选择一块中稻田,生长期间不施药,其余耕作管理方式相同。采用平行双行跳跃式取样,一行取 5 点,每点 2 丛,共取 2 行,一共 20 丛,每 3 天进行一次。采用 33 cm × 45 cm 的白糖瓷盘作载体,用水湿润盘内壁,查虫时将盘轻轻插入稻行,下缘紧贴水面稻丛基部,快速拍击植株中、下部,连拍 3 下,每点计数 1 次。分别记录各虫态数量,最后统计时折算成百丛虫量。每次拍查计数后,清洗白糖瓷盘,再进行下次拍查。

1.2.3 迁飞时期划分

稻飞虱不能在广西兴安县越冬,每年春季初次虫源主要从外地迁入而来^[14],黑肩绿盲蝽作为稻飞虱的重要伴迁天敌,与稻飞虱迁飞峰同步^[15],6 月上、中旬是白背飞虱的主迁入峰,褐飞虱的主迁入峰在 6 月中、下旬至 7 月初,7 月上、中旬白背飞虱大量迁出,7 月中、下旬本地早稻开始黄熟收割,褐飞虱大量外迁。

1.2.4 扑灯高峰时段划分

在不同的迁飞期分别选择探照灯上出现的突增高峰日作为迁飞高峰期,进行单个晚上扑灯节律分析。划定单个晚上的扑灯高峰时,把每个时段的诱

虫量分别与当晚的时段平均诱虫量进行比较, 卡方检验 (SPSS 16.0 软件) 诱虫量显著大于平均诱虫量的时段定为扑灯高峰时段。

2 结果与分析

2.1 稻飞虱及黑肩绿盲蝽灯下种群动态

2012 和 2013 年黑肩绿盲蝽在探照灯下的始见

期晚于稻飞虱 (图 1), 其中白背飞虱始见期最早, 迁飞高峰期也较早, 始见期之后黑肩绿盲蝽的迁飞高峰期基本同步于褐飞虱, 3 种昆虫在灯下有多次突增突减现象, 种群波动较一致。3 种昆虫 2 年间的诱虫量有所不同, 褐飞虱 2013 年的诱虫总量多于 2012 年, 白背飞虱和黑肩绿盲蝽 2012 年的诱虫总量多于 2013 年。

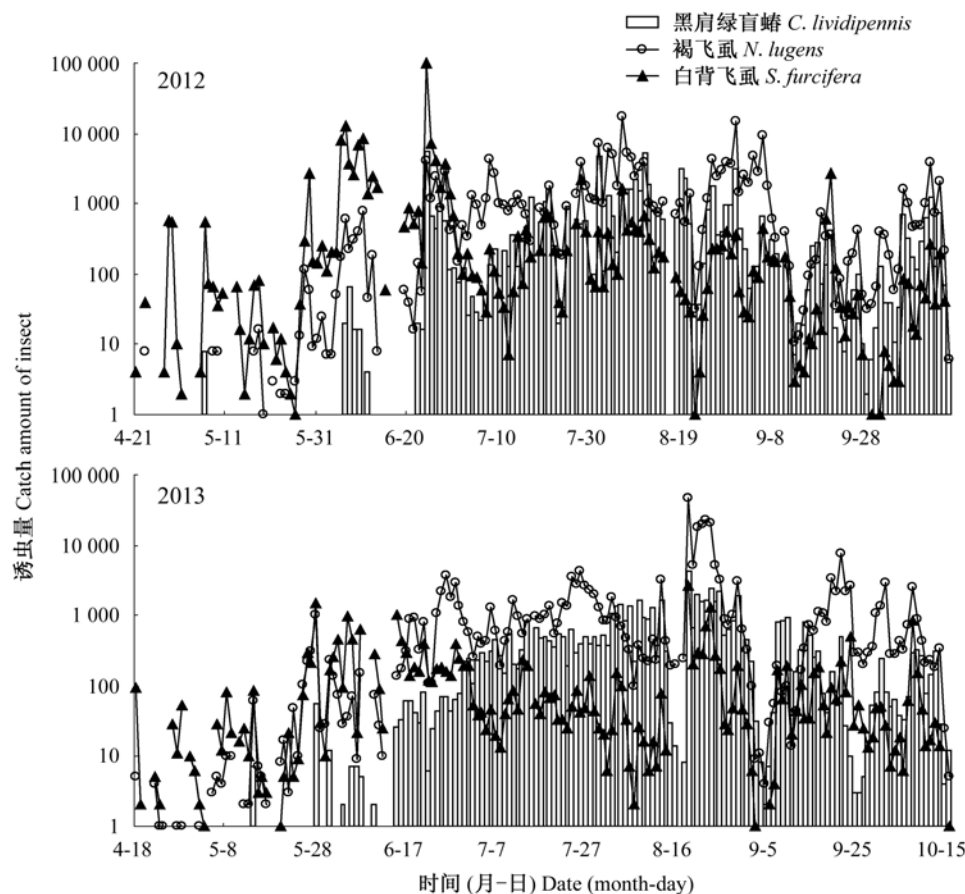


图 1 2012 和 2013 年稻飞虱和黑肩绿盲蝽在探照灯下的种群动态 (广西 兴安)

Fig.1 The population dynamics of rice planthoppers and *Cyrtorhinus lividipennis* in searchlight trap in 2012 and 2013 (Xing'an, Guangxi)

2.2 稻飞虱及黑肩绿盲蝽田间种群动态

昆虫在田间的种群动态变化与探照灯上的趋势具有一致性, 白背飞虱在田间的始见期早于褐飞虱和黑肩绿盲蝽 (图 2), 白背飞虱在中稻田有 2 个高峰期, 第 1 个高峰期在 6 月下旬到 7 月上旬, 虫量较多, 第 2 个高峰期在 8 月中旬; 褐飞虱和黑肩绿盲蝽在中稻田也有 2 个高峰期, 第 1 个高峰期出现在 7 月下旬, 第 2 个高峰期出现在 8 月下旬, 虫量较多。

2.3 稻飞虱及黑肩绿盲蝽的扑灯类型

3 种昆虫的扑灯类型属于整夜扑灯型, 2012 年

和 2013 年的整夜扑灯类型所占比例有一定的差别, 2012 年褐飞虱、白背飞虱和黑肩绿盲蝽整夜扑灯的天数所占比例分别为 85%、57% 和 82%, 2013 年 3 种昆虫整夜扑灯的天数所占比例均在 90% 以上, 其中褐飞虱所占比例最高达到了 98%。

3 种昆虫晚上一般有 1~2 个扑灯高峰, 所占比例之和都在 80% 以上 (2012 年褐飞虱 1 个和 2 个扑灯高峰所占比例之和为 77%), 3 种昆虫出现 3 个扑灯高峰和无高峰的天数所占比例均最低, 褐飞虱在 2012 年有几天出现了 4 个扑灯高峰。

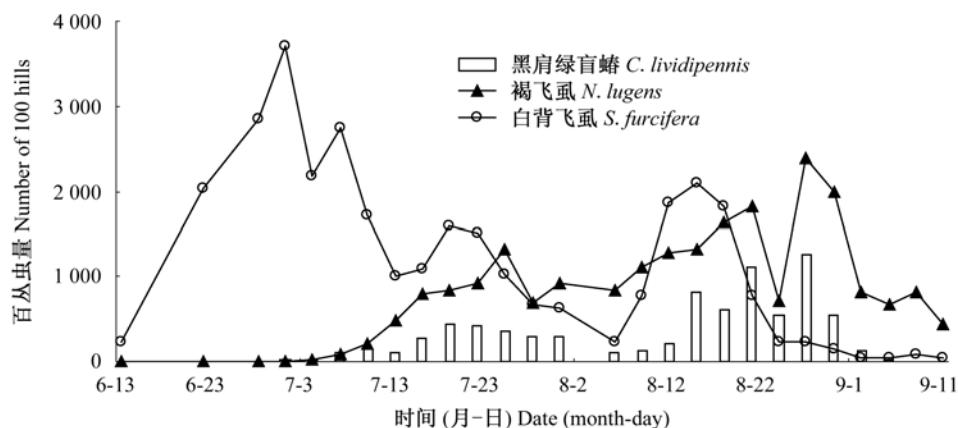


图2 2012年稻飞虱和黑肩绿盲蝽在田间的种群动态(广西兴安)

Fig. 2 The population dynamics of rice planthoppers and *Cyrtorhinus lividipennis* in fields in 2012 (Xing'an, Guangxi)

2.4 稻飞虱及黑肩绿盲蝽不同迁飞期的扑灯节律

根据昆虫的迁飞时期划分原则,并结合探照灯下虫情以及田间种群动态,选择如下日期进行不同迁飞期昆虫的扑灯节律分析,2012年昆虫的迁入高峰日如下:褐飞虱:6月27—28日、6月30—7月2日;白背飞虱:5月28—29日、6月5—7日;黑肩绿盲蝽:6月27—28日、6月30—7月2日。2013年昆虫的迁入高峰日如下:褐飞虱:6月25—29日;白背飞虱:6月4—5日、6月10日、6月15—16日;黑肩绿盲蝽:6月30—7月2日、7月4—5日。

2012年昆虫的迁出高峰日如下:褐飞虱:7月13—14日、7月25日、7月27—28日;白背飞虱:7月8—9日、7月14日、7月16—17日;黑肩绿盲蝽:7月25日、7月27—29日和7月31日。2013年昆虫的迁出高峰日如下:褐飞虱:7月22—26日;白背飞虱:7月11日、7月13—14日、7月18—19日;黑肩绿盲蝽:7月22—26日。

选择8月上旬扑灯量比较平稳的5d作为昆虫在本地的活动繁殖期进行扑灯节律的分析。

2.4.1 褐飞虱不同迁飞期的扑灯节律

褐飞虱迁入高峰期2年内的扑灯节律有所不同(图3-A),2012年扑灯高峰比较分散,除了21:00~22:30时段,其它时段均出现过扑灯高峰;2013年扑灯高峰主要集中在前半夜,以19:30~21:00时段出现扑灯高峰最频繁。褐飞虱迁出高峰期扑灯高峰主要集中在前半夜(图3-B),2012年扑灯高峰主要集中在21:00~22:30时段,2013年扑灯高峰主要集中在19:30~21:00和22:30~00:00时段。褐飞虱在本地活动繁殖期(图3-C),扑灯高峰主要集中在前半夜和日出之前,00:00~04:30之间的时段扑灯

高峰频次较少。

2.4.2 白背飞虱不同迁飞期的扑灯节律

白背飞虱2年内的扑灯节律不一致,迁入高峰期扑灯高峰出现时间不固定(图4-A,B),各个时段均出现过扑灯高峰。迁出高峰期2012年扑灯高峰主要集中在00:00~01:30时段(图4-C),2013年扑灯高峰主要集中在19:30~21:00和21:00~22:30时段。本地活动繁殖期2012年扑灯高峰主要集中在19:30~21:00和04:30~06:00时段(图4-D),2013年扑灯高峰则主要集中在19:30~21:00和21:00~22:30时段。

2.4.3 黑肩绿盲蝽不同迁飞期的扑灯节律

黑肩绿盲蝽迁入高峰期和迁出高峰期2年内的扑灯节律差别较大,迁入高峰期2012年扑灯高峰较分散(图5-A),2013年扑灯高峰主要集中在后半夜,以00:00~01:30和01:30~03:00时段出现扑灯高峰频次较高。迁出高峰期2012年扑灯高峰较分散(图5-B),2013年扑灯高峰主要集中在19:30~21:00和22:30~00:00时段。黑肩绿盲蝽本地活动繁殖期扑灯高峰主要集中在前半夜(图5-C)。

3 讨论

不同夜行性昆虫的扑灯类型有所不同。胡梅操和敖秋春^[16]研究了221种夜行性昆虫的扑灯规律,结果表明有的昆虫属于整夜扑灯类型,有的昆虫属于非整夜扑灯类型,稻飞虱和黑肩绿盲蝽属于整夜扑灯类型,戊时单高峰型。本试验发现稻飞虱和黑肩绿盲蝽属于整夜扑灯类型,与前人研究结果相似,只有个别几天会出现非整夜扑灯现象,并且年度间会有一定的差异,2013年整夜扑灯类型的天数所占

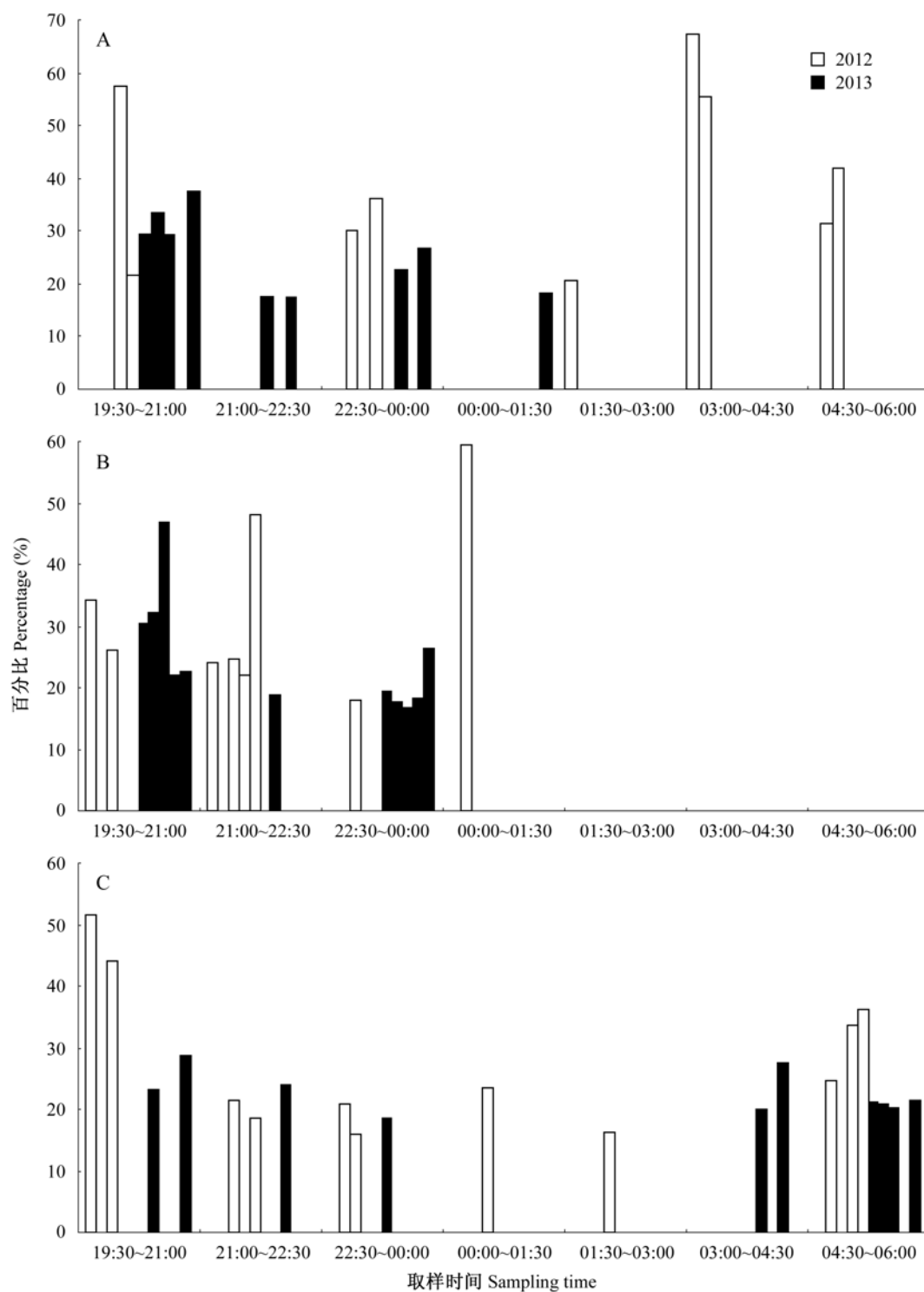


图3 褐飞虱迁入期(A)、迁出期(B)和本地活动期(C)的扑灯高峰时段诱集量所占百分比(广西 兴安)

Fig. 3 The percentage of peak times of *Nilaparvata lugens* in searchlight trap during immigrant peak periods (A), emigrant peak periods (B) and local action (C) (Xing'an, Guangxi)

比例高于2012年;3种昆虫晚上一般有1~2个扑灯高峰,3个扑灯高峰和无高峰的天数所占比例最低,褐飞虱在2012年有几天出现了4个扑灯高峰。迁飞性昆虫的初始迁入量受虫源地虫情的影响,由于虫源地每年虫情的变化,使得迁入地虫情在年度

间也有所不同,2012和2013年3种昆虫诱集量之间差异较大,有可能导致了2年间整夜扑灯类型所占比例的差异。

迁飞昆虫降落并不像起飞那样以一定的规模发生在一定的时间,降落时间也难以像起飞那样以一

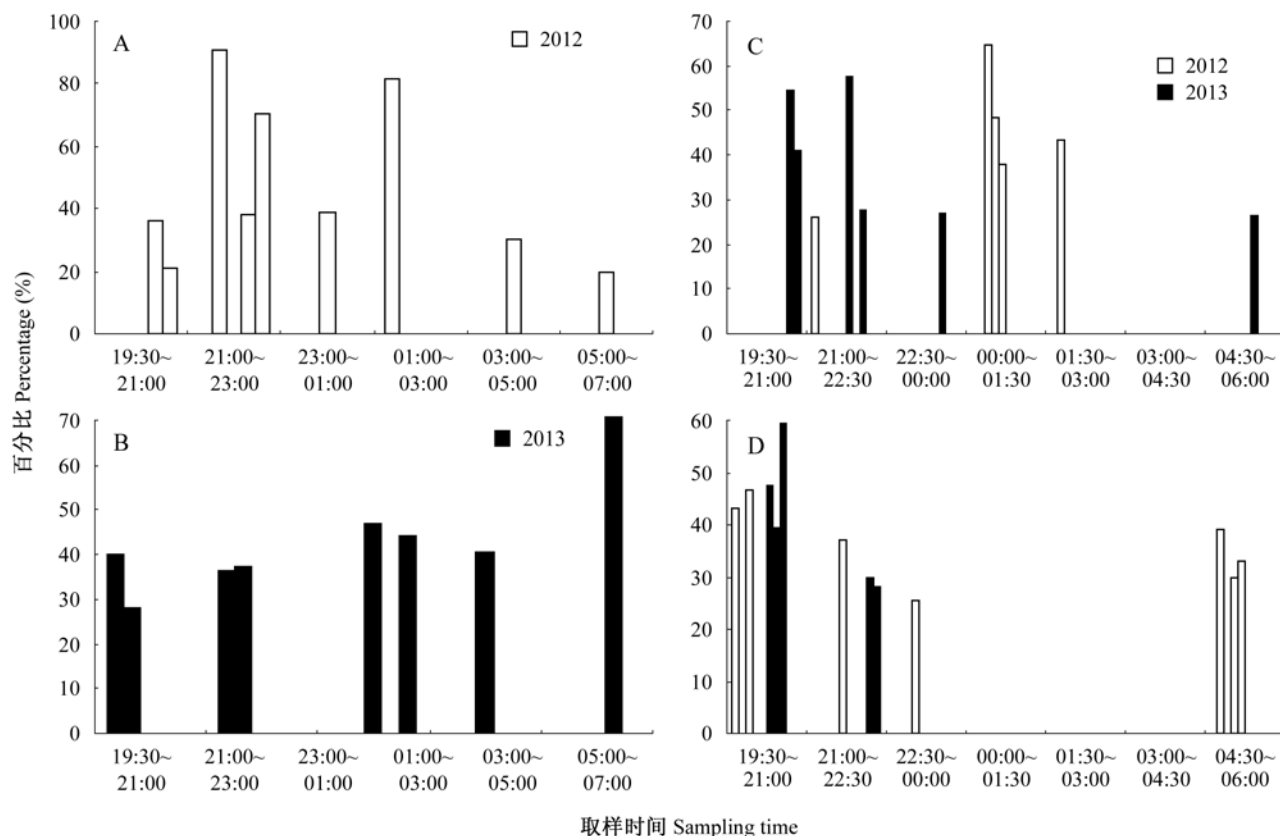


图4 白背飞虱迁入期(A、B)、迁出期(C)和本地活动期(D)的扑灯高峰时段诱集量所占百分比(广西 兴安)

Fig. 4 The percentage of peak times of *Sogatella furcifera* in searchlight trap during immigrant peak periods (A, B), emigrant peak periods (C) and local action (D) (Xing'an, Guangxi)

固定时间来描述^[17],迁飞个体由于飞行能力的差异而在迁飞途中不断地降落,而降水是导致迁飞种群在降虫区集中降落的一个主要原因^[18]。随着降水时间的不同以及其它天气条件的影响,昆虫的降落时刻也会随着发生变化。本研究发现稻飞虱和黑肩绿盲蝽迁入期扑灯高峰不固定,扑灯高峰可出现在各个时刻,并且年度间变化也较大。在进行轨迹分析时应根据具体的降落时刻作为轨迹的起点进行轨迹模拟,才能得到与实际比较吻合的迁飞路线。

程遐年等^[4]曾提出褐飞虱在迁出期间,通常在本地并不趋灯。大多数在夜间迁飞的昆虫,一般在日落后起飞,稻飞虱日出前还会有小部分个体起飞^[19-21],由此推测稻飞虱和黑肩绿盲蝽迁出时扑灯高峰主要集中在黄昏时刻。赵世福^[5]用高位灯和低位灯研究了稻飞虱的趋高升空习性后提出稻飞虱种群离株起飞时,强烈的趋高活动抑制着趋光性,经过一段时间升空飞行活动后,趋光性迅速增强,表现对高处光源的大量扑灯。本研究发现稻飞虱和黑肩绿盲蝽迁出期扑灯高峰主要集中在前半夜,后半夜也出现过扑灯高峰,推测 19:30~21:00 时段和 04:

30~06:00 时段出现的扑灯高峰主要是本地迁出种群,中间出现的扑灯高峰应该是距离监测点依次渐远的地方迁出过境形成的。探照灯诱虫器对高空至少 500 m 处的虫群都具有诱集效应^[10],不仅能诱捕到地面的虫群,还能诱捕到高空处的虫群。因此,当地黄昏迁出的虫群上升到一定高度时会被探照灯诱虫器诱集到,并且从远处迁出过境的虫群也会被探照灯诱集到。在昆虫迁飞高峰期,不同区域的昆虫在黄昏起飞时,由于经过本地的时间不同,使得探照灯下出现多次扑灯高峰。

程遐年等^[4]认为本地活动的褐飞虱以 20:00~23:00 时段扑灯最多,赵世福^[5]研究结果表明白背飞虱自然种群在日照降至 0.9 lx 时有一个扑灯高峰,高峰维持时间为几分钟至十几分钟。本研究发现稻飞虱和黑肩绿盲蝽本地活动期扑灯高峰主要集中在前半夜,褐飞虱在日出之前也出现了扑灯高峰,而白背飞虱和黑肩绿盲蝽后半夜出现的扑灯高峰频次较低。昆虫属于变温动物,温度是其行为活动的主要限制因子,一天之中凌晨温度最低,因此昆虫凌

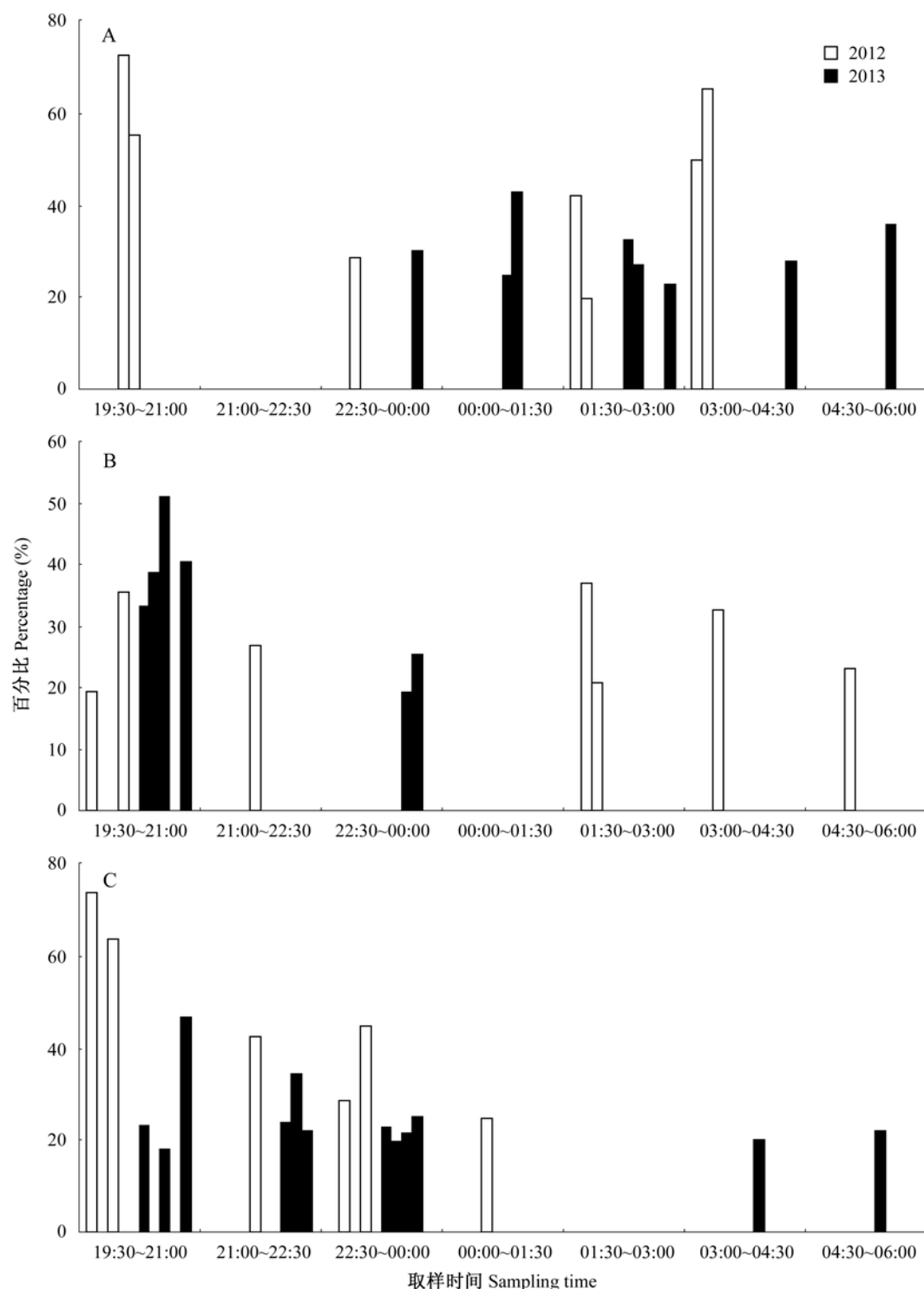


图5 黑肩绿盲蝽迁入期(A)、迁出期(B)和本地活动期(C)的扑灯高峰时段诱集量所占百分比(广西 兴安)

Fig. 5 The percentage of peak times of *Cyrtorhinus lividipennis* in searchlight trap during immigrant peak periods (A), emigrant peak periods (B) and local action (C) (Xing'an, Guangxi)

晨之后的活动较少,随着温度的上升,日出左右昆虫活动又开始频繁。

以往对稻飞虱和黑肩绿盲蝽扑灯节律的研究较少,并且所用光源不统一,有黑光灯、白炽灯和太阳能智能诱虫灯^[5-6],这些光源有一个共同点是光线

弱,照射距离近,只对灯附近的昆虫种群有诱集作用,而对高空飞行的昆虫种群则无能为力。近年来探照灯诱虫器作为研究迁飞昆虫的一种工具,对高空至少 500 m 处的昆虫种群都具有诱集效应^[10],在迁飞性昆虫的研究中发挥了重要作用^[11-13]。本试

验用 2 年的探照灯下虫情数据分析了稻飞虱和黑肩绿盲蝽的扑灯节律,结果表明稻飞虱和黑肩绿盲蝽在探照灯下的扑灯高峰多于传统光源。探照灯诱虫器不仅能诱到地面的昆虫种群,还能诱到高空中的种群,因此得到的扑灯信息更全面。

昆虫的扑灯节律受到多种因素的影响,除温度直接影响外,还有诸如湿度、光照、降雨、月光和风等多种因素的影响^[22-25],另外由于所用虫情资料年份较少,有可能造成昆虫扑灯节律的不稳定性。本试验仅研究了 2 年的稻飞虱和黑肩绿盲蝽不同活动时期的扑灯节律,下一步还需要继续进行扑灯节律的观测,通过多年的资料来分析昆虫扑灯节律差异的原因及扑灯行为的机制。

参 考 文 献 (References)

- [1] Williams C B. The influence of moonlight on the activity of certain nocturnal insects, particularly of the family Noctuidae, as indicated by a light trap. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, 1936, 226 (537): 357-389
- [2] 侯无危, 贺小威. 夜蛾趋光特性的研究: 复眼转化过程中的行为变异. 昆虫学报, 1979, 22(1): 34-41
- [3] 刘立春, 顾国华, 陈建军, 等. 四种蛾类灯下行为特点初步研究. 昆虫知识, 1997, 34(2): 96-99
- [4] 程遐年, 吴进才, 马飞. 褐飞虱研究与防治. 北京: 中国农业出版社, 2003: 49
- [5] 赵世福. 稻飞虱自然种群扑灯行为的初步观察. 江西农业学报, 1992, 4(1): 74-79
- [6] 杨菁菁, 梁朝巍, 沈斌斌, 等. 昆虫扑灯节律研究. 安徽农业科学, 2012, 40(1): 210-212
- [7] 程遐年, 陈若麓, 习学, 等. 稻褐飞虱迁飞规律的研究. 昆虫学报, 1979, 22(1): 1-21
- [8] 全国白背飞虱科研协作组. 白背飞虱迁飞规律的初步研究. 中国农业科学, 1981(5): 25-31
- [9] 陈常铭, 肖铁光, 胡淑恒. 黑肩绿盲蝽的初步研究. 植物保护学报, 1985, 12(1): 69-72
- [10] Feng H Q, Wu K M, Cheng D F, et al. Radar observations of the autumn migration of the beet armyworm *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) and other moths in northern China. Bulletin of Entomological Research, 2003, 93(2): 115-124
- [11] Feng H Q, Wu K M, Cheng D F, et al. Northward migration of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) and other moths in early summer observed with radar in northern China. Journal of Economic Entomology, 2004, 97(6): 1874-1883
- [12] Feng H Q, Wu K M, Ni Y X, et al. Nocturnal migration of dragonflies over the Bohai Sea in northern China. Ecological Entomology, 2006, 31(5): 511-520
- [13] 蒋春先, 齐会会, 杨秀丽, 等. 稻纵卷叶螟种群动态变化的探照灯诱虫器监测. 植物保护学报, 2011, 38(3): 193-211
- [14] 南岭稻区迁飞性害虫科研协作组. 南岭稻区迁飞性害虫褐飞虱、白背飞虱、稻纵卷叶螟综合研究. 广西农业科学, 1987(1): 33-37
- [15] 朱明华. 黑肩绿盲蝽的迁飞观察. 昆虫知识, 1989, 26(6): 350-353
- [16] 胡梅操, 敖秋春. 南昌郊区主要夜出性昆虫扑灯规律的探讨. 江西林业科技, 1984(1): 24-32
- [17] 翟保平, 张孝羲, 程遐年. 昆虫迁飞行为的参数化 I. 行为分析. 生态学报, 1997, 17(1): 7-17
- [18] 胡高, 包云轩, 王建强, 等. 褐飞虱的降落机制. 生态学报, 2007, 27(12): 5068-5075
- [19] 邓望喜. 褐飞虱及白背飞虱空中迁飞规律的研究. 植物保护学报, 1981, 8(2): 73-82
- [20] Riley J R, Cheng X N, Zhang X X, et al. The long-distance migration of *Nilaparvata lugens* (Stål) (Delphacidae) in China: radar observations of mass return flight in the autumn. Ecological Entomology, 1991, 16(4): 471-489
- [21] Riley J R, Reynolds D R, Smith A D, et al. Observations on the autumn migration of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) and other pests in east central China. Bulletin of Entomological Research, 1994, 84(3): 389-402
- [22] 顾国华, 葛红, 陈小波, 等. 几种夜出性昆虫夜间扑灯节律研究及应用. 湖北农学院学报, 2004, 24(3): 174-177
- [23] Steinbauer M J, Haslem A, Edwards E D. Using meteorological and lunar information to explain catch variability of Orthoptera and Lepidoptera from 250 W Farrow light traps. Insect Conservation and Diversity, 2012, 5(5): 367-380
- [24] Crummay F A, Atkinson B W. Atmospheric influences on light-trap catches of the brown planthopper rice pest. Agricultural and Forest Meteorology, 1997, 88(1): 181-197
- [25] Nowinszky L, Kiss O, Szentkirályi F, et al. Influence of illumination and polarized moonlight on light-trap catch of caddisflies (Trichoptera). Research Journal of Biology, 2012, 2(3): 79-90

(责任编辑:高 峰)