

稻飞虱迁飞种群的上灯行为节律研究*

蔡磊^{1**} 贾艺凡¹ 温洋² 张行国¹ 王瑞林¹
李腾¹ 张逸飞¹ 陈法军^{1***}

(1. 南京农业大学植物保护学院昆虫系, 南京 210095; 2. 山东省济阳县农业局, 济南 251400)

摘要 【目的】明确稻飞虱迁飞种群的上灯行为节律, 以指导其大田迁入种群和迁出种群的发生预测与灾变预警。【方法】本研究运用逐时自动灯诱装置对 2010 和 2011 连续两年稻飞虱迁飞种群的上灯行为节律进行了系统研究。【结果】灰飞虱 *Laodelphax striatellus* 迁飞种群上灯始见期和灯诱虫量年际间差异不明显, 白背飞虱 *Sogatella furcifera* 和褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 迁飞过境种群上灯始见期和灯诱虫量年际间差异较大。此外, 灰飞虱迁飞种群的特大高峰期和高峰期逐时灯诱虫量百分比与一般上灯期和零星上灯期相比突出了晨暮双峰型中的暮峰型上灯行为特点; 白背飞虱迁飞种群特大高峰期逐时灯诱虫量百分比与高峰期和一般期相比突出了晨暮双峰型中的晨峰型生物学特性。【结论】稻飞虱迁飞种群的上灯行为节律存在种的特异性, 这一行为节律除了受环境因素的影响外主要与其生物学特性有关。

关键词 稻飞虱, 上灯行为, 生物学特性, 预测预报

Study on the behavioral rhythms of migratory population of rice planthoppers, *Nilaparvata lugens*, *Sogatella furcifera* and *Laodelphax striatellus*, light-trapped by blacklamp

CAI Lei^{1**} JIA Yi-Fan¹ WEN Yang² ZHANG Xing-Guo¹ WANG Rui-Lin¹
LI Teng¹ ZHANG Yi-Fei¹ CHEN Fa-Jun^{1***}

(1. Department of Entomology, College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Jiangsu Province, Nanjing 210095, China;

2. Agricultural Bureau of Jiyang County, Shandong Province, Jinan 251400, China)

Abstract [Objectives] This study was carried out to confirm the light-trapped behavioral rhythms of migratory populations of rice planthoppers, including brown planthopper (BPH) *Nilaparvata lugens*, small brown planthopper (SBPH) *Laodelphax striatellus* and white backed planthopper (WBPH) *Sogatella furcifera*, which is, in turn, to guild. The occurrence forecasting and outbreak early warning of the immigration and emigration populations of these three species of rice planthoppers in paddyfields. [Methods] The behavioral rhythms of rice planthoppers, *N. lugens*, *L. striatellus* and *S. furcifera* were researched by using the blacklamp with hourly automatic light trapping device from 2010 to 2011 in this study. [Results] The results indicated that there were no obvious differences in the beginning date and total abundances of light-trapped SBPH between 2010 and 2011, while obvious differences in the beginning date and total abundances of light-trapped BPH and WBPH were shown between 2010 and 2011. Moreover, based on the percent data of hour by hour intervals of light-trapped *L. striatellus* and *S. furcifera* from 6: 00 p.m. to 6: 00 a.m., the behavioral rhythms of evening peak of light-trapped SBPH were found for the migration populations on the days of super peak and normal peak compared to the normal days and sporadic days; and the behavioral rhythm of morning peak of light-trapped WBPH was found for the migration populations on the days of super peak

*资助项目 Supported projects :国家重点基础研究规划“973”计划项目(2010CB126200) ;国家自然科学基金项目(31470454, 31272051, 31170362); 江苏省“青蓝工程”优秀中青年学术带头人项目; 2015 年度江苏省和南京农业大学大学生创新性实验计划“SRT”

**第一作者 First author, E-mail: 2012102056@njau.edu.cn

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: fajunchen@njau.edu.cn

收稿日期 Received: 2015-11-11, 接受日期 Accepted: 2016-3-28

compared to the normal peak and normal days. [Conclusion] The light-trapped behavioral rhythms of migratory populations of rice planthoppers shows species specific performance, mainly owing to their biological characteristics besides of the effects of environmental factors.

Key words rice planthopper, light-trapped behavior, biological characteristics, prediction and forecast

稻飞虱属同翅目飞虱科,主要危害农业生产的种类为褐飞虱 *Nilaparvata lugens*、白背飞虱 *Sogatella furcifera* 和灰飞虱 *Laodelphax striatellus*,广泛分布于南亚、东南亚、太平洋岛屿及日本、朝鲜和澳大利亚等地区(罗守进, 2011)。已有大量研究证实,褐飞虱和白背飞虱是亚洲地区典型的远距离迁飞性水稻害虫(Heong *et al.*, 1992; 齐国军等, 2010; 罗举等, 2011),近 30 年来发生面积不断扩大,暴发频率持续增加,给我国水稻生产带来了严重危害(Holt *et al.*, 1996; 汤金仪等, 1996; Wang *et al.*, 2008)。关于灰飞虱国外已有其远距离迁飞的报道(Kisimoto, 1976; Hirao and Ito, 1980; Riley *et al.*, 1991; Hoshizaki, 1997),在中国东部海上网捕、飞机航捕和大陆高山网捕等也都曾有灰飞虱入网的记录(刘浩官等, 1980; 邓望喜, 1981)。目前,国内普遍认为灰飞虱主要以本地越冬为主,远距离迁飞对种群结构的影响较小(陈祥盛和丁锦华, 2002; 刘向东等, 2006)。但近年来的研究不断证实灰飞虱在我国大陆地区也存在远距离迁飞现象(林志伟等, 2004; 王丽等, 2011; 张海燕等, 2011)。此外,灰飞虱除了通过直接刺吸危害还可传播病毒病,对水稻、小麦和玉米等生产造成很大影响(徐广春等, 2007)。

研究证实,稻飞虱迁飞成虫的起飞有明显的日节律,呈现弱光双峰型,即日出前的朦影时分和日落后的昏影时分起飞,其中又以日落后起飞较多(陈若簏等, 1979; Riley *et al.*, 1991, 1994)。有关稻飞虱迁飞成虫的降落行为节律少有研究报道。以往的研究大多是在稻飞虱迁飞高峰期,通过观察者连续 12 h 不休息,分时段从诱虫灯人工取虫、分类鉴定和计数,以明确稻飞虱迁飞种群的上灯行为节律,但无法确定昆虫在迁飞高

峰期和整个发生期所体现的夜间迁飞特性是否一致。本研究以山东省宁津县“气候变化与生物多样性和控害减排(联合)创新研究基地”(http://www.ccbpm.org) 2010 和 2011 连续两年稻飞虱灯诱数据,并结合 2011 年利用自行设计制造的分时段自动诱集装置(专利授权号 ZL 2011 2 0265335.8)开展的稻飞虱发生期夜间连续 12 h(晚 6:00—凌晨 6:00)逐时自动收集灯诱稻飞虱,用于分析稻飞虱迁飞种群的上灯行为节律,为稻飞虱迁入种群的预测预报提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 试验地设置

灯诱试验点设置在山东省宁津县(116.80°E, 37.64°N),该地区为稻飞虱南北往返迁飞的过境区域。该县及周边地区主要粮食作物为小麦和玉米,周边 100 km 内无水稻种植,仅在该县“气候变化与生物多样性和控害减排(联合)创新研究基地”实验田里罩网种植转 Bt 水稻(华恢 1 号)及其对照亲本水稻(明恢 63)各 667 m²用于开展转基因水稻环境安全评价研究。

1.2 灯诱装置

2010 年使用佳多频振式诱虫灯(型号: PS-15II),2011 年在佳多频振式诱虫灯基础上自主设计制造了自动分时段逐时灯诱装置(专利授权号 ZL 2011 2 0265335.8),每晚 6:00—早晨 6:00 期间分 12 个收集袋自动逐时收集上灯的稻飞虱雌、雄成虫。灯诱第 2 天上午 8:00 收样,分类计数褐飞虱、白背飞虱和灰飞虱的雌、雄成虫量,用以统计每晚 6:00—早晨 6:00 期间逐时的褐飞虱、白背飞虱和灰飞虱的雌、雄成虫量,以及每晚和整个发生季节褐飞虱、白背飞虱和灰飞虱迁

飞过境种群迁飞上灯的雌、雄成虫量。

1.3 稻飞虱上灯峰期判定标准

根据 2011 年灯诱收集的整个发生季节及每晚逐时的褐飞虱和白背飞虱迁飞过境种群,以及灰飞虱迁飞种群的雌、雄成虫的上灯虫量,计算每日上灯的雌、雄成虫量占整个发生期灯诱的雌、雄成虫量的百分比(P),根据这一百分比把稻飞虱上灯日划分为 4 种类型,即特大高峰日($P > 10\%$)、高峰日($1\% < P \leq 10\%$)、一般上灯日($0.1\% < P \leq 1\%$)和零星上灯日($0 < P \leq 0.1\%$)。

1.4 稻飞虱上灯行为节律研究

分别计算特大高峰日、高峰日、一般上灯日和零星上灯日 4 种上灯期类型的稻飞虱迁飞过境种群灯诱期间每晚各时段灯诱的雌、雄成虫量占当天灯诱总虫量的百分比,用以分析稻飞虱迁飞过境种群雌、雄成虫及成虫种群的上灯行为节律。

1.5 统计分析

褐飞虱和白背飞虱迁飞过境种群,以及灰

虱迁飞种群的逐日上灯的雌、雄成虫量占整个发生期灯诱的雌、雄成虫总虫量的百分比,以及灯诱期间每晚逐时灯诱的雌、雄成虫量占当天灯诱的雌、雄成虫总虫量的百分比利用 Excel 2003 软件进行处理分析。褐飞虱和白背飞虱迁飞过境种群,以及灰飞虱迁飞种群不同上灯峰期逐时灯诱的雌、雄成虫量百分比差异显著性比较采用 SPSS19 统计分析软件的 LSD 检验进行($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 稻飞虱灯诱虫量动态及时间的比较

根据 2010 和 2011 年逐日灯诱数据可得,灰飞虱灯上始见日分别为 6 月 6 日和 5 月 30 日,日灯诱虫量分别为 18 头和 16 头(图 1);白背飞虱灯上始见日分别为 6 月 30 日和 7 月 20 日,日灯诱虫量分别为 64 头和 1 头(图 2);褐飞虱灯上始见日分别为 7 月 11 日和 8 月 27 日,日灯诱虫量分别为 22 头和 2 头(图 3)。可见,2011 年稻飞虱初见期均比 2010 年晚 20 d 以上,且白背飞虱和褐飞虱的始见虫量明显少于 2010 年。此

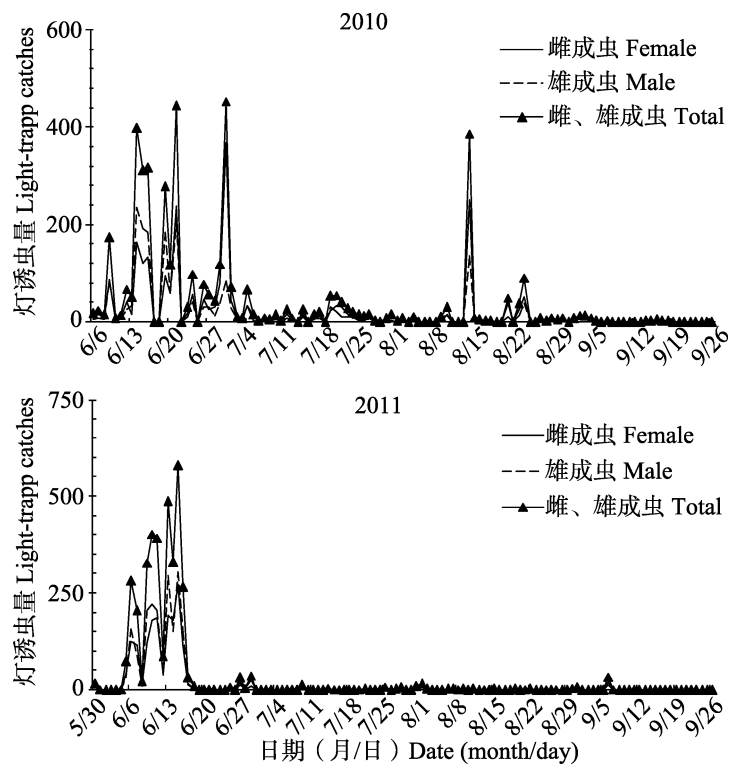


图 1 灰飞虱迁飞过境种群雌、雄成虫的上灯虫量

Fig. 1 Light-trap catches of migratory female and male adult populations of small brown planthoppers, *Laodelphax striatellus*

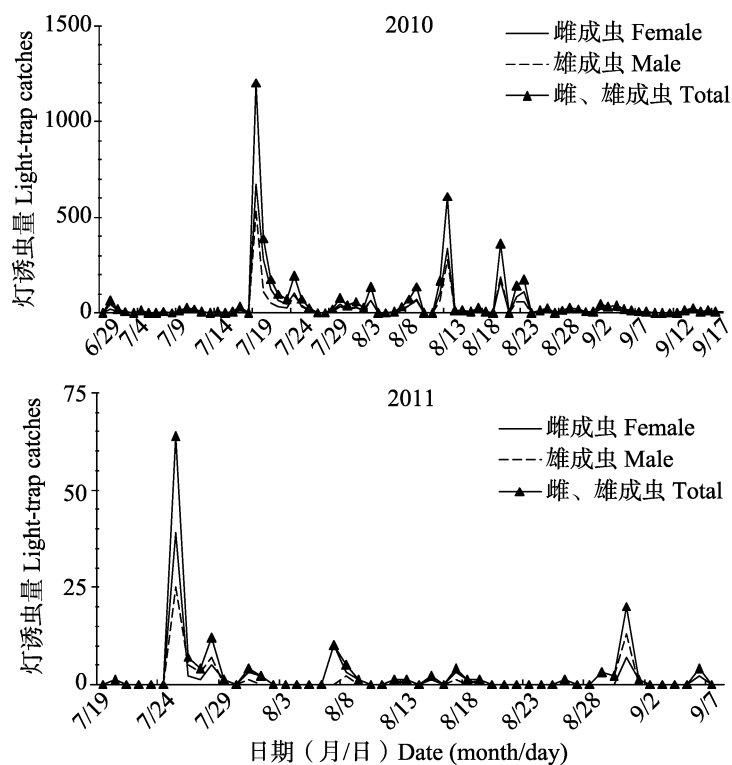


图 2 白背飞虱迁飞过境种群的雌、雄成虫上灯虫量

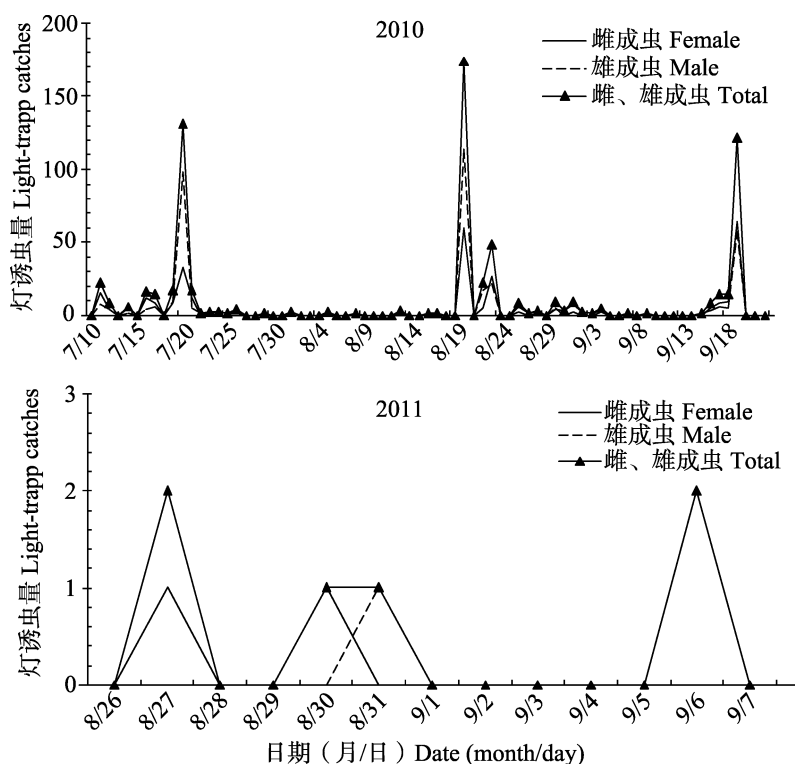
Fig. 2 Light-trap catches of migratory female and male adult populations of white-backed planthoppers, *Sogatella furcifera*

图 3 褐飞虱迁飞过境种群的上灯雌、雄成虫量

Fig. 3 Light-trap catches of migratory female and male adult populations of brown planthoppers, *Nilaparvata lugens*

外, 2010 和 2011 年灰飞虱上灯最大高峰日分别在 6 月 30 日和 6 月 15 日, 日上灯最大虫量分别为 453 头和 580 头 (图 1); 白背飞虱上灯最大高峰日分别在 7 月 19 日和 7 月 25 日, 日上灯最大虫量分别为 1 204 头和 64 头 (图 2) 褐飞虱上灯最大高峰日分别在 8 月 20 日和 8 月 27 日, 日上灯最大虫量分别为 174 和 2 头 (图 3)。2010 和 2011 年, 灰飞虱、白背飞虱和褐飞虱迁飞种群灯诱总虫量分别为 4 446 头和 3 770 头 (图 1)、4 931 头和 152 头 (图 2)、697 头和 6 头 (图 3)。其中, 2011 年白背飞虱和褐飞虱灯诱总虫量明显少于 2010 年。

2.2 稻飞虱上灯行为节律研究

利用自主研发的分时段自动诱虫灯 (专利授权号 ZL 2011 2 0265335.8) 系统研究了 2011 年褐飞虱和白背飞虱迁飞过境种群, 以及灰飞虱迁飞种群的逐时灯诱虫量, 并按照上灯峰期判定标准分析了特大高峰日、高峰日、一般日和零星日灰飞虱和白背飞虱迁飞种群的上灯行为节律。考虑到 2011 年度褐飞虱灯诱总虫量仅为 6 头 (雌虫 2 头、雄虫 4 头), 没有进一步分析褐飞虱迁

飞种群逐时的上灯行为节律。

2.2.1 灰飞虱 2011 年灰飞虱上灯特大高峰日为 4 d, 高峰日为 7 d, 一般日为 21 d, 零星日为 32 d (图 1)。18:00—19:00 期间, 特大高峰日、高峰日、一般日和零星日逐时灯诱虫量占当天总虫量的百分比之间存在显著性差异 ($P<0.05$; 表 1); 其中, 特大高峰日和高峰日 18:00—19:00 时段上灯虫量占当天总虫量的百分比高达 30.64% 和 16.70%, 均表现为暮峰型上灯节律。一般日和零星日逐时灯诱最高百分比分别出现在 1:00—2:00 (16.26%) 和 2:00—3:00 (20.31%), 且均未表现晨暮双峰型中任何一种上灯节律 (表 1)。

2.2.2 白背飞虱 2011 年白背飞虱上灯特大高峰日为 2 d, 高峰日为 12 d, 一般日为 9 d, 无零星日 (图 2)。特大高峰日、高峰日、一般日只在 5:00—6:00 时段内灯诱虫量占当天灯诱总虫量的百分比之间存在显著差异, 且特大高峰日灯诱虫量百分比 (25.00%) 显著高于高峰日和一般日, 进而呈现为晨峰型上灯行为节律 ($P<0.05$; 表 2)。高峰日和一般日逐时灯诱最高百分比分别出现在 23:00—24:00 (18.63%) 和 19:00—20:00

表 1 18:00—6:00 各时段灰飞虱迁飞种群逐时灯诱虫量占当日总虫量的百分比 (%)
Table 1 The percent data (%) of individuals per hour to the total number of light-trapped migratory populations of small brown planthopper, *Laodelphax striatellus*

时段 Hour intervals	特大峰日 Super peaks	高峰日 Normal peaks	一般日 Normal days	零星日 Sporadic days
18:00-19:00	30.64±11.54A,a	16.70±5.00B,a	6.42±2.41BC,b	1.56±1.56C,c
19:00-20:00	1.94±1.77A,c	5.19±3.95A,b	7.10±2.97A,b	4.69±3.45A,c
20:00-21:00	1.88±0.64A,c	4.26±2.00A,b	3.46±1.33A,b	4.69±3.45A,c
21:00-22:00	4.44±2.19A,c	9.60±5.98A,ab	9.47±2.00A,ab	4.17±3.26A,c
22:00-23:00	6.55±1.72A,c	7.84±2.40A,ab	9.79±3.14A,ab	4.17±2.37A,c
23:00-24:00	6.36±1.35A,c	12.15±4.96A,ab	6.57±1.86A,b	17.19±5.82A,ab
00:00-01:00	5.26±1.37A,c	7.54±0.77A,ab	9.10±2.36A,ab	7.29±3.81A,bc
01:00-02:00	5.96±1.13A,c	8.57±2.19A,ab	16.26±5.37A,a	5.21±2.53A,c
02:00-03:00	18.85±5.65A,ab	6.27±2.67A,b	9.24±1.96A,ab	20.31±5.78A,a
03:00-04:00	8.87±3.07A,bc	6.00±2.08A,b	8.83±1.98A,ab	8.33±4.49A,bc
04:00-05:00	8.28±4.24A,bc	5.76±2.61A,b	6.51±1.98A,b	11.98±5.41A,abc
05:00-06:00	0.97±0.44A,c	10.11±4.34A,ab	7.26±3.21A,b	10.42±5.28A,abc

不同大写字母和小写字母分别表示同一时间点不同上灯期, 以及同一上灯期、不同时间点之间差异显著 (LSD 检验: $P<0.05$)。下表同。

Different uppercase or lowercase letters show significant difference between different stages and same timing, or between different timings at same stage at 0.05 level by LSD test, respectively. The same below.

表 2 18:00—6:00 各时段白背飞虱迁飞种群逐时灯诱虫量占当日总虫量的百分比 (%)
Table 2 The percent data (%) of individuals per hour to the total number of light-trapped migratory populations of white-backed planthopper, *Sogatella furcifera*

时段 Hour intervals	特大高峰日 Super peaks	高峰日 Normal peaks	一般日 Normal days
18:00-19:00	3.28±1.72A,a	6.25±4.49A,ab	0.00±0.00A,a
19:00-20:00	0.00±0.00A,a	7.44±4.49A,ab	22.22±14.70A,a
20:00-21:00	3.13±3.13A,a	5.16±3.00A,b	11.11±11.11A,a
21:00-22:00	10.94±10.94A,a	11.11±5.06A,ab	0.00±0.00A,a
22:00-23:00	3.13±3.13A,a	2.08±2.08A,b	0.00±0.00A,a
23:00-24:00	1.56±1.56A,a	18.63±8.22A,a	11.11±11.11A,a
00:00-01:00	5.63±0.63A,a	2.78±2.14A,b	11.11±11.11A,a
01:00-02:00	9.84±5.16A,a	10.00±3.73A,ab	11.11±11.11A,a
02:00-03:00	15.31±0.31A,a	9.44±4.79A,ab	11.11±11.11A,a
03:00-04:00	14.84±14.84A,a	14.58±5.72A,ab	11.11±11.11A,a
04:00-05:00	7.34±2.66A,a	9.05±5.39A,ab	11.11±11.11A,a
05:00-06:00	25.00±25.00A,a	3.47±2.80B,b	0.00±0.00B,a

(22.22%), 但均未表现晨暮双峰型中任何一种上灯行为节律 (表 2)。

3 讨论

稻飞虱是水稻上重要的农业害虫, 尤其是传播病毒病造成的危害更是严重影响了水稻生产。研究稻飞虱迁飞种群动态及其迁飞特性, 可以为稻飞虱发生及其所传病毒病流行的监测与预警提供科学依据。白背飞虱和褐飞虱不能在山东省内越冬, 且这两种飞虱均以水稻为食。而当前山东省主要以小麦和玉米两种粮食作物为主。因此, 白背飞虱和褐飞虱在山东省内的危害也较轻。灰飞虱主要以禾本科作物水稻、小麦大麦和杂草等为食。从山东省宁津当地 2010 和 2012 年的灯诱结果, 以及以往的调查研究可以看出在 3 种稻飞虱中以灰飞虱的发生时间最长, 危害也最为严重。此外, 2010 和 2011 年连续两年的灯诱结果表明, 褐飞虱和白背飞虱迁飞过境外种群上灯虫量的年际间差异较大; 灰飞虱迁飞种群的上灯虫量则无明显的年际间差异, 且其上灯高峰时段主要集中在 6 月初至 6 月底这段时间内, 而此期正值小麦成熟收割期, 灰飞虱灯诱个体多为当地迁出种群。

前人的研究表明, 稻飞虱成虫的起飞有明显

的日节律, 呈现弱光双峰型, 即日出前和日落后的朦影时分起飞, 其中又以日落后起飞较多 (陈若篪等, 1979; Riley *et al.*, 1991, 1994)。本研究 2011 年逐时灯诱的结果表明, 灰飞虱特大高峰日和高峰日逐时灯诱百分比突出了晨幕双峰型中的幕峰型上灯行为节率, 而白背飞虱特大高峰日逐时灯诱百分比则突出了晨幕双峰型中的晨峰型上灯行为节率; 由于 2011 年度褐飞虱迁飞种群的灯诱虫量仅为 6 头, 无法进行迁飞种群逐时上灯行为节率的比较分析。虽然有研究表明: 稻飞虱迁飞季节内, 每次大规模迁入过程都与当时大气环流背景、温度、降水、气流等气象因子密切相关 (沈慧梅等, 2011)。本研究结果表明, 白背飞虱的迁飞过境外种群在特大高峰期体现了晨峰型上灯行为节率, 灰飞虱当地的迁飞种群在特大高峰期和高峰期体现了幕峰型上灯行为节率。可见, 稻飞虱迁飞种群的迁入和迁出除了受环境因素的影响外, 很可能也与迁飞行为节律等生物学特性有关。以上研究结果只是一两年的稻飞虱发生期样本数据的调查分析, 多年的监测数据分析 (尤其是在褐飞虱迁飞种群大发生年开展系统的逐时灯诱数据分析) 更具有代表性, 应该在今后的调查中继续这项工作, 并结合大田罩网试验以开展褐飞虱、灰飞虱和白背飞虱迁飞

种群起飞和降落的行为节律研究,最终服务于稻飞虱迁飞种群的迁入和迁出预测与预警。

参考文献 (References)

- Chen RC, Cheng XN, Yang LM, Yin XD, 1979. Ovarian development in the brown planthopper and its relationship with migratory, *Acta Entomologica Sinica*, 22(3): 280–288. [陈若簾, 程遐年, 杨联民, 殷向东, 1979. 褐飞虱卵巢发育及其与迁飞的关系. 昆虫学报, 22(3): 280–288.]
- Chen XS, Ding JH, 2002. One new genus and two new species of Delphacidae (Homoptera: Fulgoroidea) from China. *Acta Entomologica Sinica*, 45(2): 226–229. [陈祥盛, 丁锦华, 2002. 飞虱科一新属二新种(同翅目: 蜡蝉总科). 昆虫学报, 45(2): 226–229.]
- Deng WX, 1981. Research on migratory regularity of brown planthopper and white-backed planthoppers. *Acta Phytophylacica Sinica*, 8(5): 73–80. [邓望喜, 1981. 褐飞虱及白背飞虱空中迁飞规律的研究. 植物保护学报, 8(5): 73–80.]
- Heong KL, Aquino GB, Barrion AT, 1992. Population dynamics of plant- and leafhoppers and their natural enemies in rice ecosystems in the Philippines. *Crop Prot.*, 11(4): 371–379.
- Hirao J, Ito K, 1980. Observations on rice planthoppers collected over the East China Sea in June and July, 1974. *Appl. Entomol. Zool.*, 24(2): 121.
- Holt J, Chancellor TCB, Reynolds DR, Tionoco ER, 1996. Risk assessment for rice planthopper and tungro disease outbreaks. *Crop Prot.*, 15(4): 359–368.
- Hoshizaki S, 1997. Allozyme polymorphism and geographic variation in the small brown planthopper, *Laodelphax striatellus* (Homoptera: Delphacidae). *Biochem. Gen.*, 35(12): 283–293.
- Kisimoto R, 1976. Synoptic weather conditions inducing long-distance immigration of planthoppers, *Sogatella furcifera* Horvath and *Nilaparvata lugens* Stal. *Ecol. Entomol.*, 1(2): 95–109.
- Lin ZW, Liu HY, Liu Y, Xin HP, 2004. The study on occurrence regularity of *Laodelphax striatella* (Fallén) on cold region. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, (6): 24–26. [林志伟, 刘宏毅, 刘洋, 辛惠普, 2004. 寒地灰飞虱田间发生规律的研究. 黑龙江农业科学, (6): 24–26.]
- Liu HG, Liu ZJ, Wang QC, Jiang ZC, 1996. The preliminary report of brown planthopper trapped by net in the East China Sea. *Entomological Knowledge*, 33(5): 193–196. [刘浩官, 刘振杰, 王乾超, 江智才, 1980. 东海网补褐稻虱初报. 昆虫知识, 33(5): 193–196.]
- Liu XD, Zhai BP, Liu CM, 2006. Outbreak reasons of *Laodelphax striatellus* population. *Chinese Bulletin of Entomology*, 43(2): 141–146. [刘向东, 翟保平, 刘慈明, 2006. 灰飞虱种群暴发成灾原因剖析. 昆虫知识, 43(2): 141–146.]
- Lou J, Wang YK, Zhang XX, Zhai BP, 2011. Migratory biology of the white backed planthopper: take-off and emigration. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(5): 1202–1212. [罗举, 汪远昆, 张孝羲, 翟保平, 2011. 白背飞虱的迁飞生物学: 起飞与迁出. 应用昆虫学报, 48(5): 1202–1212.]
- Lou SJ, 2011. Research on rice planthopper. *Journal of Agricultural Catastrophology*, 1(1): 1–13. [罗守进, 2011. 稻飞虱的研究. 农业灾害研究, 1(1): 1–13.]
- Qi GJ, Lu F, Hu G, Wang FY, Cheng XN, Shen HM, Huang SS, Zhang XX, Zhai BP, 2010. Dynamics and population analysis of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stal) in the early rice field in Guangxi municipality, 2007. *Acta Ecologica Sinica*, 2: 462–472. [齐国军, 芦芳, 胡高, 王凤英, 程遐年, 沈慧梅, 黄所生, 张孝羲, 翟保平, 2010. 2007年广西早稻田褐飞虱发生动态及虫源分析. 生态学报, 2: 462–472.]
- Riley JR, Cheng XN, Zhang XX, Reynolds DR, Xu GM, Smith AD, Cheng JY, Bao AD, Zhai BP, 1991. The long-distance migration of *Nilaparvata lugens* in China: radar observation on the mass return flight in autumn. *Ecol. Entomol.*, 16(4): 471–489.
- Riley JR, Reynold DR, Smith AD, Rosenberg LJ, Cheng XN, Zhang XX, Xu GM, Cheng JY, Bao AD, Zhai BP, Wang HK, 1994. Observation on the autumn migration of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) and other pest in east central China. *Bull. Entomol. Res.*, 84(3): 389–402.
- Shen HM, Lv JP, Zhou JY, Zhang XX, Cheng XN, Zhai BP, 2011. Source areas and landing mechanism of early immigration of white-backed planthoppers *Sogatella furcifera* (Horváth) in Yunnan, 2009. *Acta Ecologica Sinica*, 31(15): 4350–4364. [沈慧梅, 吕建平, 周金玉, 张孝羲, 程遐年, 翟保平, 2011. 2009年云南省白背飞虱早期迁入种群的虫源地范围与降落机制. 生态学报, 31(15): 4350–4364.]
- Tang JY, Hu BH, Wang JQ, 1996. Outbreak analysis of rice migratory pests in china and management strategies recommended. *Acta Ecologica Sinica*, 16(2): 167–173. [汤金仪, 胡伯海, 王建强, 1996. 我国水稻迁飞性害虫猖獗成因及其治理对策建议. 生态学报, 16(2): 167–173.]
- Wang HY, Yang Y, Su JY, Shen JL, Gao CF, Zhu YC, Shen JL, 2008. Assessment of the impact of insecticides on *Anagrus nilaparvatae* (Pang et Wang) (Hymenoptera: Mymanidea), an egg parasitoid of the rice planthopper, *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae). *Crop Prot.*, 27(3/5): 514–522.
- Wang L, Han C, Xu YB, Cai GC, Sun YW, Hu XY, Zhang XX, Zhai BP, 2011. Migration and dispersal of the small brown

- planthopper *Laodelphax striatellus* (Fallén) in the Jianghuai region: Case studies in Fengtai, Anhui Province in spring of 2009 and 2010. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(5): 1288–1297. [王丽, 韩超, 徐艳博, 蔡广成, 孙友武, 胡学友, 张孝羲, 翟保平, 2011. 安徽江淮地区灰飞虱的春季迁飞与扩散. *应用昆虫学报*, 48 (5): 1288–1297.]
- Xu GC, Xu DJ, Gu ZY, Xu XL, 2007. Research progress and prevention on the resurgence of the small brown planthopper. *Agrochemicals*, 46(8): 510–512. [徐广春, 徐德进, 顾中言, 许小龙, 2007. 灰飞虱再猖獗研究进展及其防治. *农药*, 46(8): 510–512.]
- Zhang HY, Diao YG, Yang HB, Zhao Y, Zhang XX, Zhai BP, 2011. Population dynamics and migration characteristics of the small brown planthopper in spring in Jinan, Shandong Province. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(5): 1298–1308. [张海燕, 刁永刚, 杨海博, 赵悦, 张孝羲, 翟保平, 2011. 山东济宁灰飞虱春季种群动态及迁飞特性. *应用昆虫学报*, 48(5): 1298–1308.]



枸杞红瘿蚊 *Jaapiella* sp. 幼虫

枸杞红瘿蚊隶属于双翅目 (Diptera) 瘿蚊科 (Cecidomyiidae), 是危害枸杞的重要害虫, 主要以幼虫在枸杞花蕾中取食危害, 致使子房畸形形成虫瘿, 造成花蕾不能正常开花结实, 严重影响枸杞产量。枸杞红瘿蚊分布于我国宁夏、内蒙古和青海等地, 以老熟幼虫在土壤中结茧越冬, 春季枸杞现蕾时成虫羽化并在花蕾上产卵, 幼虫在花蕾中取食危害, 幼虫老熟后坠土化蛹, 每年发生 5~6 代。

(张润志 中国科学院动物研究所)