

doi: 10.3969/j.issn.1674-0858.2016.04.18

2007–2012 年佛冈县稻飞虱灯下发生期 及种群数量动态分析

周小武¹, 齐国君^{2*}

(1. 佛冈县农业技术推广中心, 广东佛冈 511600; 2. 广东省农业科学院植物保护研究所, 广东省植物保护新技术重点实验室, 广州 510640)

摘要: 明确佛冈县稻飞虱灯下发生期及灯诱种群数量动态, 对当地稻飞虱的预测预报和防治工作具有重要意义。根据佛冈县 2007–2012 年白背飞虱和褐飞虱的灯诱数据, 分析了该县白背飞虱和褐飞虱的灯下始见日、终见日、发生期及灯诱量等。结果表明在佛冈地区, 白背飞虱和褐飞虱混合发生; 白背飞虱的灯下始见日集中在 3 月底至 4 月上旬, 明显比褐飞虱早一个月, 终见日均在 10 月下旬, 差别不大; 稻飞虱在早稻和晚稻期间均会出现大小不一的灯诱高峰, 早稻期间白背飞虱高峰期集中在 5 月中旬至 6 月中旬, 褐飞虱灯诱高峰期较迟, 主要在 7 月中旬前后; 晚稻期间白背飞虱高峰期大多在 9 月上旬至 10 月上旬, 褐飞虱高峰期在 10 月份; 早稻期间, 白背飞虱的灯诱量占绝对优势, 晚稻期间褐飞虱的灯诱量上升, 与白背飞虱灯诱量基本持平。因此, 佛冈县稻飞虱的灯下发生期及种群数量动态在一定程度上可反映当地稻飞虱的发生情况。

关键词: 白背飞虱; 褐飞虱; 灯诱; 发生期; 种群动态

中图分类号: Q968.1; S433.4

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2016) 04-0779-07

Population dynamics and occurrence period of *Sogatella furcifera* and *Nilaparvata lugens* based on the historic data analysis of light-trap catches from 2007 to 2012 in Fogang County, Guangdong Province

ZHOU Xiao-Wu¹, QI Guo-Jun^{2*} (1. Agricultural Technology Extending Service Centre of Fogang, Fogang 511600, Guangdong Province, China; 2. Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection, Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract: To clarify the population dynamics and occurrence period of WBPH (*Sogatella furcifera*) and BPH (*Nilaparvata lugens*) under light trap in Fogang County, Guangdong Province, plays an important role in the prediction and suppression of the pest in local rice cropping areas. In this paper, first occurrence date, last occurrence date, occurrence period and light-trap catches of WBPH and BPH were analyzed through the historic data of light-trap catches from 2007 to 2012 in Fogang. The results showed that *S. furcifera* and *N. lugens* occurred together in the rice cropping areas of Fogang. The first occurrence date of *S. furcifera* was concentrated from the end of March to early April, which was obviously one month ahead of that of *N. lugens*, and last occurrence date of *S. furcifera* and *N. lugens* were both in late October. There were two population peaks under light trap of *S. furcifera* and *N. lugens* during the period on early-season paddy field and late-season paddy field in one year. *S. furcifera* had two main density peaks which occurred from middle May to middle June during the period on early-season paddy field, while from early September to early October in late-season paddy field. *N. lugens* also had two main density peaks which occurred in

基金项目: 政府间科技合作项目 (S2016G3202); 公益性行业 (农业) 科研专项 (200903051); 公益性行业 (农业) 科研专项 (200803003)

作者简介: 周小武, 男, 农艺师, 主要从事病虫测报方面的研究

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: super_qi@163.com

收稿日期 Received: 2016-01-18; 接受日期 Accepted: 2016-04-30

middle July during the period on early-season paddy field, while in October during the period on late-season paddy field. The light-trap catches of *S. furcifera* were predominant during the period on early-season paddy field, while the light-trap catches of *N. lugens* increased during the period on late-season paddy field, which was almost equal to the light-trap catches of *S. furcifera*. Therefore, population dynamics and occurrence period of *S. furcifera* and *N. lugens* under light trap in Fogang were almost consistent with occurrence situation of rice planthoppers in local paddy fields.

Key words: *Sogatella furcifera* (Horváth); *Nilaparvata lugens* (Stål); light trap; occurrence period; population dynamics

稻飞虱是我国水稻生产的头号害虫,在广东省为害的主要以白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horváth) 与褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 为主(黄炳超等,1992)。稻飞虱不仅直接刺吸危害,造成水稻大面积虱烧绝产,还可作为媒介昆虫传播多种病毒病或诱发其它病害,给水稻生产造成毁灭性的灾难(姜辉等,2005;翟保平等,2011)。白背飞虱和褐飞虱均具有远距离迁飞习性(Kisimoto, 1971),这给预测预报和综合防治带来了很大的难度,往往猝不及防并造成惨重损失,致使小虫屡成大灾(翟保平和程家安,2006;程家安等,2008;姜永根和程家安,2011;翟保平,2011)。

诱虫灯是监测昆虫迁飞、扩散、发生期和发生量的重要工具(刘立春等,1994;靖湘峰和雷朝亮,2004;赵建伟等,2008)。白背飞虱和褐飞虱的长翅型成虫具有夜间扑灯的习性(赵世福,1992;Crummey and Atkinson, 1997),采取灯诱的方式可以直观地反映其长翅型成虫的迁入动态、高峰期、峰次以及季节性动态变化情况(程遐年等,2003;Otuka *et al.*, 2009),灯光诱虫已成为植保工作者常用的一种虫情调查和监测手段。诸多学者针对南方不同水稻种植区稻飞虱的灯诱种群消长动态开展了大量研究(张润杰等,2000;陈文龙等,2005,2006;闫香慧等,2008;罗举等,2010;薛文鹏等,2014),明确了不同稻区白背飞虱和褐飞虱的灯诱种群时空动态及变化规律。可见,灯诱作为稻飞虱预测预报最常用、最有效的方法之一,可直观地反映稻飞虱长翅型成虫的始见日、始盛日、高峰期、终见日及其灯下种群数量的时空动态变化,对稻飞虱的预测预报具有重要的参考作用。

佛冈县地处广东省中部,珠江三角洲稻区北缘,属于南岭以南双季稻区,每年稻飞虱春季虫源迁飞至此,在当地早稻上繁殖扩增后不断向北

迁飞,为长江流域稻区、江淮稻区提供大量的虫源(程遐年等,1979;全国白背飞虱科研协作组,1981;汪毓才等,1982),明确佛冈县稻飞虱的灯下发生期及灯诱种群数量动态,对当地及北方稻区稻飞虱的预测预报和防治工作具有重要意义。为此,本研究根据广东省佛冈县2007–2012年白背飞虱和褐飞虱的灯诱资料,分析佛冈县稻飞虱的灯下发生期及灯诱种群数量动态,以期对稻飞虱的精细化异地预测和源头治理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 诱测区域概况

灯诱地点位于佛冈县汤塘镇高岭村(23°45′N, 113°27′E),地处珠江三角洲北缘,属典型的南岭以南双季稻区,双季早稻一般于3月上旬播种,3月底至清明前后移栽,7月上旬收割;双季晚稻一般于7月上旬播种,7月底移栽,10月底至11月上旬收割。

1.2 诱虫灯设置

在水稻观测圃设诱虫灯1个,采用200W白炽灯作为标准诱虫光源。在2007–2012年间,每年3月1日开灯,10月31日停灯,每日19:00开灯,次日7:00关灯,逐日记录诱捕到的白背飞虱、褐飞虱成虫数量,诱虫灯的安装方法和稻飞虱的观测记录方法均参照农业部全国农业技术推广服务中心2009年制定的国家标准《稻飞虱测报调查规范》GB/T 15794–2009。

1.3 稻飞虱发生程度及发生面积

2007–2012年稻飞虱年度发生程度及发生面积资料来自佛冈县农业技术推广中心常规观测资料,稻飞虱发生程度参照国家标准《稻飞虱测报调查规范》GB/T 15794–2009,稻飞虱发生面积为早稻与晚稻的稻飞虱发生面积之和。

1.4 数据分析

数据均由 Excel 进行处理分析, 统计分析成虫的始见日、终见日、发生期、高峰日及高峰期虫量、逐旬灯诱虫量等。

2 结果与分析

2.1 佛冈县稻飞虱发生情况

根据 2007 – 2012 年佛冈县稻飞虱的发生面积

与发生程度可知, 稻飞虱年度间发生为害程度存在一定差异, 2008 年稻飞虱发生较轻, 发生面积仅为 0.7 万 hm^2 , 发生程度为 2 级, 而 2009 年稻飞虱发生较重, 发生面积达 1.24 万 hm^2 , 发生程度为 4 级, 其它年份发生面积在 0.78 – 1.02 万 hm^2 , 发生程度均为 3 级 (图 1)。可见, 稻飞虱在佛冈县发生较为普遍, 常年发生面积约为 0.91 万 hm^2 。

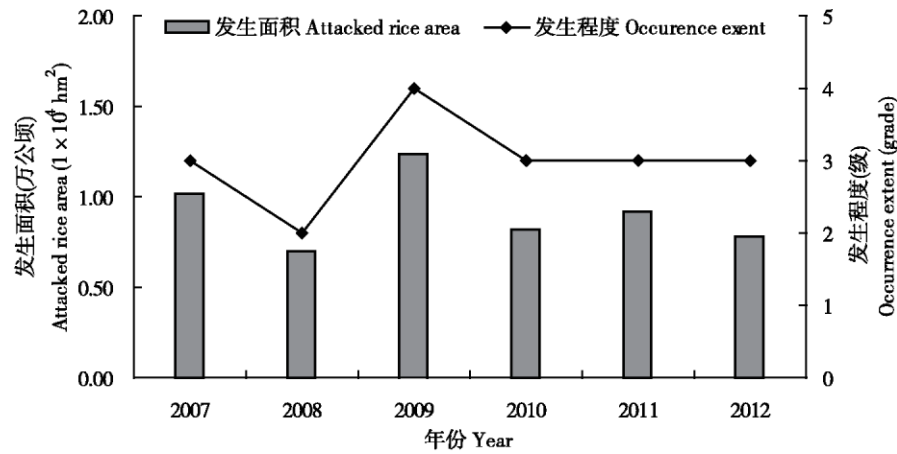


图 1 2007 – 2012 年佛冈县稻飞虱的发生面积与发生程度
Fig. 1 The attacked rice area and occurrence extent of rice planthoppers in Fogang from 2007 to 2012

2.2 佛冈县稻飞虱灯下始见日、终见日、发生期

佛冈县白背飞虱和褐飞虱的灯诱数据表明, 白背飞虱的灯下始见日集中在 3 月底至 4 月上旬, 历年平均始见期为 4 月 4 日, 终见日集中在 10 月下旬, 历年平均始见期为 10 月 26 日, 年发生期平均为 205.5 ± 2.99 d; 褐飞虱的灯下始见日明显较迟, 始见期跨度较大, 历年平均始见期为 4 月

30 日, 终见日集中在 10 月下旬, 历年平均始见期为 10 月 27 日, 年发生期平均为 180.50 ± 6.16 d (表 1)。可见, 白背飞虱的灯下始见日明显早于褐飞虱的, 大约早 1 个月左右, 其发生期也明显长于褐飞虱的, 平均长 25.0 ± 6.70 d, 而白背飞虱和褐飞虱的灯下终见日差别不大。

表 1 2007 – 2012 年佛冈县稻飞虱的始见日、终见日及发生期
Table 1 First occurrence date, last occurrence date and occurrence period of rice planthoppers in Fogang from 2007 to 2012

年份 Year	白背飞虱 <i>Sogatella furcifera</i>			褐飞虱 <i>Nilaparvata lugens</i>		
	始见日 First occurrence date	终见日 Last occurrence date	发生期 Occurrence period	始见日 First occurrence date	终见日 Last occurrence date	发生期 Occurrence period
2007	4 月 16 日	10 月 29 日	196	5 月 11 日	10 月 29 日	171.00
2008	4 月 8 日	10 月 29 日	204	5 月 11 日	10 月 29 日	171.00
2009	4 月 7 日	10 月 24 日	200	4 月 27 日	10 月 30 日	186.00
2010	3 月 23 日	10 月 17 日	208	3 月 22 日	10 月 17 日	209.00
2011	4 月 1 日	10 月 29 日	211	5 月 11 日	10 月 30 日	172.00
2012	3 月 29 日	10 月 31 日	216	5 月 9 日	10 月 30 日	174.00
平均 Average	4 月 4 日	10 月 26 日	205.5 ± 2.99	4 月 30 日	10 月 27 日	180.50 ± 6.16

2.3 佛冈县稻飞虱灯诱种群消长动态

佛冈县白背飞虱和褐飞虱逐旬灯诱种群动态分析结果表明,5月以前,白背飞虱灯诱种群数量一直较少,从5月上旬开始灯诱量急剧增多,5月中旬至6月中旬灯诱量一直维持在较高水平,之后灯诱量逐渐下降,7月下旬至8月上旬期间白背飞虱的灯诱量较低,9月白背飞虱灯诱量又明显升高,出现一段灯诱高峰,10月中旬之后灯诱量逐

渐下降。褐飞虱灯诱虫量明显小于白背飞虱,灯诱高峰期也迟于白背飞虱。6月下旬以前褐飞虱的灯诱量一直较少,仅在2009年5月中旬出现灯诱高峰,7月上旬开始褐飞虱灯诱种群数量开始增多,至7月下旬灯诱量一直维持在较高水平,之后灯诱量逐渐下降,9月上旬至10月中旬再次出现褐飞虱灯诱高峰,之后灯诱量逐渐下降(图2)。

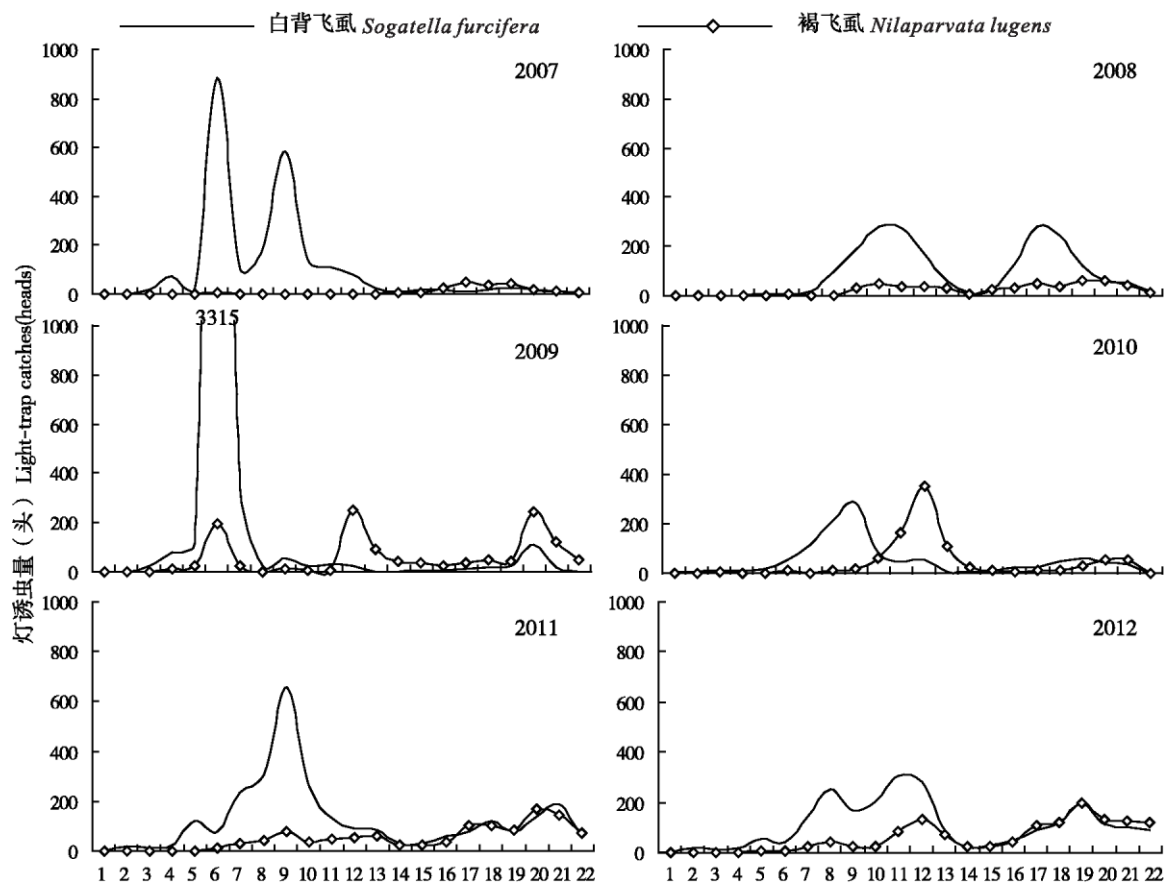


图2 2007-2012年佛冈县稻飞虱逐旬灯诱虫量

Fig. 2 The every ten-days light-trap catches of rice planthoppers in Fogang from 2007 to 2012

注: 横坐标中1-22分别代表3月下旬至10月下旬。Note: 1, Late March; 2, Early April; 3, Middle April; 4, Late April; 5, Early May; 6, Middle May; 7, Late May; 8, Early June; 9, Middle June; 10, Last June; 11, Early July; 12, Middle July; 13, Late July; 14, Early August; 15, Middle August; 16, Late August; 17, Early September; 18, Middle September; 19, Late September; 20, Early October; 21, Middle October; 22, Late October.

2.4 佛冈县稻飞虱灯诱种群高峰期

佛冈县白背飞虱和褐飞虱逐旬灯诱虫量分析结果表明,早稻期间白背飞虱灯诱高峰期主要集中在5月中旬至6月中旬,褐飞虱灯诱高峰期主要在7月中旬;晚稻期间白背飞虱高峰期大多集中在9月上旬至10月上旬,褐飞虱灯诱高峰期主要

在10月份。白背飞虱和褐飞虱在早稻和晚稻期间均会出现大小不一的灯诱高峰,一般年份白背飞虱在早稻期间的灯诱高峰明显大于晚稻,褐飞虱在晚稻期间的灯诱高峰大于早稻,但年度间差别较大,如2007-2012年,白背飞虱在早稻期间均会出现明显的灯诱高峰,在晚稻期间出现灯诱高

峰仅有 2008 年、2011 年、2012 年, 其它年份灯诱高峰不明显; 而褐飞虱在 2007 年、2008 年灯诱量低, 全年无明显灯诱高峰期, 2009 年褐飞虱在早稻、晚稻期间均出现灯诱高峰, 2010 年褐飞虱灯诱高峰出现在早稻期间, 2011 年、2012 年褐飞虱在晚稻期间出现灯诱高峰 (图 2)。

2.5 佛冈县稻飞虱灯诱虫量

对比分析佛冈县白背飞虱和褐飞虱的灯诱量, 结果表明白背飞虱的年灯诱量明显高于褐飞虱年灯诱量, 白背飞虱的年平均灯诱虫量为 $2503.50 \pm$

412.24 头, 褐飞虱的年平均灯诱虫量为 900.50 ± 179.51 头, 佛冈县稻飞虱的优势种群为白背飞虱。早稻期间, 白背飞虱的平均灯诱虫量为 1982.83 ± 459.53 头, 褐飞虱的平均灯诱虫量为 394.17 ± 111.37 头, 晚稻期间, 白背飞虱的平均灯诱虫量为 520.67 ± 144.71 头, 褐飞虱的平均灯诱虫量为 506.33 ± 121.66 头 (表 2)。可见, 早稻期间, 白背飞虱的灯诱量占绝对优势, 晚稻期间褐飞虱的灯诱量上升, 与白背飞虱基本持平。

表 2 2007 – 2012 年佛冈县稻飞虱灯诱虫量
Table2 Light-trap catches of rice planthoppers adults in Fogang from 2007 to 2012

年份 Year	白背飞虱灯诱虫量 (头) Light-trap catches of <i>Sogatella furcifera</i> (heads)			褐飞虱灯诱虫量 (头) Light-trap catches of <i>Nilaparvata lugens</i> (heads)		
	早稻 Early rice	晚稻 Late rice	全年累计 Total catches	早稻 Early rice	晚稻 Late rice	全年累计 Total catches
2007	2220	149	2369	11	205	216
2008	1111	947	2058	197	326	523
2009	4039	202	4241	630	646	1276
2010	915	259	1174	754	209	963
2011	2016	774	2790	362	761	1123
2012	1596	793	2389	411	891	1302
M $\pm$ SD	1982.83 $\pm$ 459.53	520.67 $\pm$ 144.71	2503.50 $\pm$ 412.24	394.17 $\pm$ 111.37	506.33 $\pm$ 121.66	900.50 $\pm$ 179.51

注: M, 平均值; SD, 标准差。Note: M, Means; SD, standard deviation.

3 结论与讨论

稻飞虱是佛冈县水稻生产上的重要害虫, 常年发生面积约占水稻种植面积的 60% 以上, 危害程度较重, 每年给当地水稻生产造成较大损失。本研究分析了佛冈县 2007 – 2012 年白背飞虱和褐飞虱的灯下始见日、终见日、发生期及高峰期。研究表明白背飞虱的灯下始见日集中在 3 月底至 4 月上旬, 明显比褐飞虱早 1 个月, 终见日均在 10 月下旬, 这与肇庆地区相差不大 (陈文龙等, 2005, 2006), 亦与侯再芬等 (2007) 研究结果相一致。研究表明早稻期间白背飞虱高峰期集中在 5 月中旬至 6 月中旬, 褐飞虱的在 7 月中旬前后, 而晚稻期间白背飞虱高峰期大多在 9 月上旬至 10 月上旬, 褐飞虱高峰期在 10 月份, 比肇庆地区的灯诱高峰期略迟 (陈文龙等, 2005, 2006)。

佛冈县稻飞虱在早稻和晚稻期间均会出现大小不一的灯诱高峰, 一般年份白背飞虱在早稻期间的灯诱高峰大于晚稻, 仅 2008 年早稻、晚稻灯诱高峰基本相当; 而褐飞虱在晚稻期间的灯诱高峰大于早稻, 但 2010 年褐飞虱的灯诱高峰却出现在早稻期间, 晚稻期间无明显灯诱高峰, 这可能与当地稻飞虱的迁入量、自然环境及防治水平有关 (程遐年等, 2003)。

本研究利用早稻、晚稻期间的灯诱虫量对比分析了佛冈县白背飞虱和褐飞虱的发生情况, 结果表明, 早稻期间白背飞虱的灯诱量占绝对优势, 晚稻期间褐飞虱的灯诱量上升, 与白背飞虱基本持平。稻飞虱在不同年度间的灯诱量存在一定的差异, 2009 年白背飞虱和褐飞虱的灯诱虫量分别为 4241 头、1276 头, 稻飞虱的发生程度为中等偏重, 而 2008 年其灯诱量仅为 2058 头、523 头, 其发生程度为偏轻发生。可见, 佛冈县稻飞虱的灯

诱虫量与当地稻飞虱的发生情况基本吻合。

佛冈县属南岭以南双季稻区,白背飞虱和褐飞虱混合发生,本研究发一般年份下,白背飞虱种群发生时间早,集中在水稻生育前期,而褐飞虱发生相对较晚,集中在水稻生育后期,这与张润杰等(2000)、侯再芬等(2007)研究结果一致。在灯诱时间和田间发生时间上,白背飞虱一般均早于褐飞虱,这可能与迁飞期、水稻的生育期等因素有关。研究表明白背飞虱一般在水稻穗期后迁出(程遐年等,1979),而褐飞虱在水稻黄熟期后迁出(全国白背飞虱科研协作组,1981),白背飞虱的迁飞时间明显早于褐飞虱,而水稻生育期对白背飞虱、褐飞虱卵巢发育与起飞行为的影响也明显不同(陈宇等,2012),这种差异应是白背飞虱的发生早于褐飞虱的一个重要原因。

白背飞虱和褐飞虱成虫具有明显的翅二型现象,即同一种群可以产生长翅型和短翅型个体,长翅型可进行远距离迁飞,以寻找适宜的生境,而短翅型适宜于居留繁殖,以充分利用当地资源扩大种群数量(张增全,1983; Xu *et al.*, 2015)。灯诱诱捕的稻飞虱种群为长翅型成虫(赵世福,1992),而本地田间发生的稻飞虱种群则存在长翅型成虫和短翅型成虫并存的现象。因此,灯诱种群数量动态仅可在一定程度上反映稻飞虱的发生情况,并不能完全反映当地田间的实际发生动态。

参考文献 (References)

- Chen WL, Shen K, Li J, *et al.* Seasonal trends of light-trap collections of brown planthopper [J]. *Plant Protection*, 2006, 32 (1): 59 – 63. [陈文龙, 申科, 黎坚, 等. 水稻褐飞虱灯诱种群数量动态分析 [J]. 植物保护, 2006, 32 (1): 59 – 63]
- Chen WL, Shen K, Peng H, *et al.* Seasonal change of light – trap collections of *Sogatella furcifera* [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2005, 26 (3): 37 – 40. [陈文龙, 申科, 彭华, 等. 白背飞虱灯诱种群数量季节动态 [J]. 华南农业大学学报, 2005, 26 (3): 37 – 40]
- Chen Y, Fu Q, Lai FX, *et al.* The effects of rice growth stages on the ovarian development and take – off of *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera* [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32 (5): 1546 – 1552. [陈宇, 傅强, 赖凤香, 等. 水稻生育期对褐飞虱和白背飞虱卵巢发育及起飞行为的影响 [J]. 生态学报, 2012, 32 (5): 1546 – 1552]
- Cheng JA, Zhu JL, Zhu ZR, *et al.* Rice planthopper outbreak and environment regulation [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2008, 30 (2): 176 – 182. [程家安, 朱金良, 祝增荣, 等. 稻田飞虱灾变与环境调控 [J]. 环境昆虫学报, 2008, 30 (2): 176 – 182]
- Cheng XN, Chen RC, Xi X, *et al.* Studies on the migrations of brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stål [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1979, 22 (1): 1 – 21. [程遐年, 陈若麓, 习学, 等. 稻褐飞虱迁飞规律的研究 [J]. 昆虫学报, 1979, 22 (1): 1 – 21]
- Cheng XN, Wu JC, Ma F. Occurrence and Control of Brown Planthopper [M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2003: 104 – 105. [程遐年, 吴进才, 马飞. 褐飞虱研究与防治 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 104 – 105]
- Crummay FA, Atkinson BW. Atmospheric influences on light – trap catches of the brown planthopper rice pest [J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 1997, 88 (1 – 4): 181 – 197.
- Hou ZF, Xie QQ, Shao XQ, *et al.* The change regulation of pests number density of white back and brown planthopper in rice fields during rice growth period [J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2007, 35 (5): 53 – 56. [侯再芬, 谢启强, 邵先强, 等. 水稻生育期间白背飞虱与褐飞虱田间虫量变化规律 [J]. 贵州农业科学, 2007, 35 (5): 53 – 56]
- Huang BC, Chen BX, Lin ZY, *et al.* Studies on population dynamics and forecast of rice planthopper in Guangdong Province [J]. *Plant Pest Forecasts*, 1992, 12 (3): 25 – 29. [黄炳超, 陈炳旭, 林祖源, 等. 广东省稻飞虱种群数量变动及其预测研究 [J]. 病虫害测报, 1992, 12 (3): 25 – 29]
- Jiang H, Lin RH, Liu L, *et al.* Planthoppers damage to rice and the resurgence mechanism [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2005, 42 (6): 612 – 615. [姜辉, 林荣华, 刘亮, 等. 稻飞虱的危害及再猖獗机制 [J]. 昆虫知识, 2005, 42 (6): 612 – 615]
- Jing XF, Lei CL. Advances in research on phototaxis of insects and the mechanism [J]. *Entomological Knowledge*, 2004, 41 (3): 198 – 203. [靖湘峰, 雷朝亮. 昆虫趋光性及其机理的研究进展 [J]. 昆虫知识, 2004, 41 (3): 198 – 203]
- Kisimoto R. Synoptic weather conditions inducing long-distance immigration of planthoppers, *Sogatella furcifera* Horváth and *Nilaparvata lugens* Stål [J]. *Ecological Entomology*, 1976, 1 (2): 95 – 109.
- Liu LC. Progress and general application in research of insect light trap [J]. *Entomological Journal of East China*, 1994, 3 (1): 75 – 78. [刘立春. 诱虫灯的研究进展及应用概况 [J]. 华东昆虫学报, 1994, 3 (1): 75 – 78]
- Lou YG, Cheng JA. Basic research on the outbreak mechanism and sustainable management of rice planthoppers [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2011, 48 (2): 231 – 238. [娄永根, 程家安. 稻飞虱灾变机理及可持续治理的基础研究 [J]. 应用昆虫学报, 2011, 48 (2): 231 – 238]
- Luo J, Fu Q, Lu ZJ, *et al.* Population dynamics of *Nilaparvata lugens* and its two sibling species under black light trap [J]. *Chinese Journal of Rice Science*, 2010, 24 (3): 315 – 319. [罗举, 傅强, 陆志坚, 等. 测报灯下褐飞虱及其两种近似种的数量动态 [J]. 中国水稻科学, 2010, 24 (3): 315 – 319]
- National coordinated research group for white back planthoppers. Studies on the migration of white back planthoppers (*Sogatella furcifera* Horváth) [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 1981, 14 (5): 25 –

31. [全国白背飞虱科研协作组. 白背飞虱迁飞规律的初步研究 [J]. 中国农业科学, 1981, 14 (5): 25–31]
- Otuka A, Matsumura M, Watanabe T. The search for domestic migration of the white-backed planthopper, *Sogatella furcifera* (Horváth) (Homoptera: Delphacidae), in Japan [J]. *Applied Entomology and Zoology*, 2009, 44 (3): 379–386.
- Wang YC, Hu GW, Xie MX. A study of upper winds analysis for the migratory path of the white-back planthopper and the brown plant hopper in China [J]. *Acta Phytophylacica Sinica*, 1982, 9 (2): 73–82. [汪毓才, 胡国文, 谢明霞. 我国白背飞虱和褐稻虱迁飞路径的气流分析 [J]. 植物保护学报, 1982, 9 (2): 73–82]
- Xu HJ, Xu J, Lu B, et al. Two insulin receptors determine alternative wing morphs in planthoppers [J]. *Nature*, 2015, 519 (7544): 464–467.
- Xue WP, Jin DC, Yang H. The comparative research of light-traps population dynamics of white-backed planthopper, *Sogatella furcifera* (Horváth) in Guizhou, China [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2014, 36 (4): 487–493. [薛文鹏, 金道超, 杨洪. 贵州白背飞虱灯下种群发生动态区域性比较研究 [J]. 环境昆虫学报, 2014, 36 (4): 487–493]
- Yan XH, Liu H, Zhao ZM, et al. Population dynamics and occurrence period of brown planthoppers based on the historic data analysis of light trap catches [J]. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2008, 35 (6): 501–506. [阎香慧, 刘怀, 赵志模, 等. 水稻褐飞虱灯下发生期及种群数量动态分析 [J]. 植物保护学报, 2008, 35 (6): 501–506]
- Zhai BP, Cheng JA. The conference summary of workshop on the two primary migratory pests of rice, rice planthopper and rice leaf roller in 2006 [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2006, 43 (4): 585–588. [翟保平, 程家安. 2006 年水稻两迁害虫研讨会纪要 [J]. 昆虫知识, 2006, 43 (4): 585–588]
- Zhai BP, Zhou GH, Tao XR, et al. Macroscopic patterns and microscopic mechanisms of the outbreak of rice planthoppers and epidemic SRBSDV [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2011, 48 (3): 480–487. [翟保平, 周国辉, 陶小荣, 等. 稻飞虱暴发与南方水稻黑条矮缩病流行的宏观规律和微观机制 [J]. 应用昆虫学报, 2011, 48 (3): 480–487]
- Zhai BP. Rice planthoppers: A China problem under the international perspectives [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2011, 48 (5): 1184–1193. [翟保平. 稻飞虱: 国际视野下的中国问题 [J]. 应用昆虫学报, 2011, 48 (5): 1184–1193]
- Zhang RJ, Chen HD, Kang HC, et al. Study on characteristics of population dynamics of rice planthopper from lamp-lured amount [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2000, 5: 40–42. [张润杰, 陈海东, 康华春, 等. 从灯诱数量看稻飞虱种群动态的特点 [J]. 广东农业科学, 2000, 5: 40–42]
- Zhang ZQ. A study on the development of wing dimorphism in the rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1983, 26 (3): 260–267. [张增全. 褐稻虱翅型分化的研究 [J]. 生态学报, 1983, 26 (3): 260–267]
- Zhao JW, He YX, Weng QY. Application and research of insect light traps in China [J]. *Entomological Journal of East China*, 2008, 17 (1): 76–80. [赵建伟, 何玉仙, 翁启勇. 诱虫灯在中国的应用研究概况 [J]. 华东昆虫学报, 2008, 17 (1): 76–80]
- Zhao SF. Behavioral mechanism of phototactic response of natural planthopper population (*Sogatella furcifera* and *Nilaparvata lugens*) [J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 1992, 4 (1): 74–79. [赵世福. 稻飞虱自然种群扑灯行为的初步观察 [J]. 江西农业学报, 1992, 4 (1): 74–79]