

2008 年桂北地区稻飞虱特大迁入事件分析*

齐国君^{1,2} 谢茂昌³ 梁载林⁴ 张孝羲¹ 程遐年¹ 翟保平^{1**}

(1. 南京农业大学植物保护学院 农作物生物灾害综合治理教育部和农业部重点实验室 南京 210095;

2. 广东省农业科学院植物保护研究所 广州 510640; 3. 广西壮族自治区植保总站 南宁 530022;

4. 永福县植保站 永福 541800)

摘 要 2008 年 5 月下旬—6 月中旬,桂北地区出现了褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 和白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horváth) 特大迁入峰,单晚单灯虫量超百万。如此大量的迁入虫源究竟来自何方? 利用 HYSPLIT 轨迹分析平台、地理信息系统 ArcGIS 和气象图形软件 GrADS,对稻飞虱的特大迁入峰及其大气背景场的个例分析表明: (1) 西南方向的低空急流为广西稻飞虱大规模迁入提供了运载气流,降雨是迫使稻飞虱集中降落的主要原因; (2) 5 月下旬,虫源地主要分布在越南北部地区(20°~22°N),6 月上旬,虫源地主要分布在越南东北部地区(21°~23°N),6 月中旬桂西北地区大规模迁入的虫源地位于越南东北部、广西西南部,桂东北虫源地分布在广西东南部; (3) 虫源地的空间分布和虫源基数的差异直接导致了 6 月中旬桂东北和桂西北地区降虫量的巨大差异。

关键词 稻飞虱,虫源性质,轨迹分析,虫源地

Anylysis of the unusual immigration of rice planthoppers in northern Guangxi in 2008

QI Guo-Jun^{1,2} XIE Mao-Chang³ LIANG Zai-Lin⁴ ZHANG Xiao-Xi¹

CHENG Xia-Nian¹ ZHAI Bao-Ping^{1**}

(1. College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Key Laboratory of Integrated Management of Crop Diseases and Pests (Ministry of Education, Ministry of Agriculture), Nanjing 210095, China; 2. Institute of Plant Protection, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China; 3. Plant Protection Station of Guangxi Municipality, Nanning 530022, China; 4. Yongfu Plant Protection Station, Yongfu 541800, China)

Abstract A huge immigration peak (more than one million captures in a single light trap in one night) of rice planthoppers (RPH), including the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) and the white backed planthopper, *Sogatella furcifera* (Horváth) occurred in northern Guangxi Municipality from late May to mid June 2008. Where did these insects come from? The RPH immigration process and the atmospheric conditions that influenced the insects' settlement process were analyzed with HYSPLIT, a trajectory analysis software that simulates migration trajectories, GIS (Geographic Information System) and GrADS (Grid Analysis and Display System). The results were as follows: (1) Airborne RPH populations were carried by a strong, low-level, southwest jet-stream and the mass migration into Guangxi was caused by extensive heavy rainfall in northern Guangxi during late May to mid June. (2) Most of the immigrants were tracked to northern Vietnam (20°–22°N) in late May, and to northeastern Vietnam (21°–23°N) in early June. The mass immigration of RPH into north-western Guangxi during mid June was found to have originated in northeastern Vietnam and southwestern Guangxi, but the insects that migrated to northeastern Guangxi at the same time came from southeastern Guangxi. (3) The significant difference in number of migrants between northwestern and northeastern Guangxi was caused by variation in spatial distribution and population density in their respective source areas.

Key words rice planthoppers, population characteristics, trajectory analysis, insect source area

* 资助项目: 国家 973 项目(2010CB126201)、公益性行业(农业)科研专项(200903051)、国家水稻产业技术体系项目(nycyt-001)。

** 通讯作者, E-mail: bpzhai@njau.edu.cn

收稿日期: 2011-08-22, 接受日期: 2011-08-25

稻飞虱主要包括褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) (BPH) 与白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horváth) (WBPH), 是广西最重要的水稻害虫之一。2005 年以来, 稻飞虱在广西连续大发生, 发生面积逐年递增, 对广西的水稻生产构成了极大的威胁(王华生等, 2009)。稻飞虱在桂北地区不能越冬, 初始虫源主要来自中南半岛(程遐年等, 1979; 全国白背飞虱科研协作组, 1981; 沈慧梅, 2010), 境外虫源地的虫源基数直接关系到桂北地区的迁入虫量。

桂东北地区位于我国稻飞虱南北往返迁飞的主要路径, 稻飞虱迁入量大, 常年偏重或大发生的频率最高, 而桂西北地区常年稻飞虱发生中等偏轻, 一般年份稻飞虱迁入量也低于桂东北地区(孙经耀, 1987; 廖皓年, 1995)。2008 年 1—2 月, 我国南方大部 and 越南北部出现了低温雨雪冰冻的极端天气, 导致境内外虫源遭受重创, 这大大减小了我国华南稻区前期迁入的压力。然而在境内外虫源基数大大减少的情况下, 3—4 月我国华南部分地区却出现了大规模的稻飞虱迁入峰(沈慧梅等, 2011), 而 5 月底—6 月中旬, 桂北地区又相继出现了大规模的稻飞虱同期突增峰, 灯诱虫量之大历史罕见。其中 6 月 11 日广西凤山单晚单灯虫量竟达百万头之巨。如此巨大的迁入虫源到底来自何处? 是什么因素使得如此大量的稻飞虱迁入了桂西北呢?

为此, 本研究根据广西稻飞虱的灯诱数据和地面虫情数据, 利用 HYSPLIT 轨迹分析平台、地理信息系统 ArcGIS 和气象图形软件 GrADS 对 2008 年 5 月下旬—6 月中旬桂北地区出现的稻飞虱特大迁入峰进行了气象背景分析和回推轨迹分析, 以期探明桂北地区稻飞虱特大迁入的虫源地分布和降落机制。

1 材料与方法

1.1 资料来源

虫情资料: 2008 年广西稻飞虱逐日灯诱资料及虫情资料, 来源于广西壮族自治区植保总站。永福县稻飞虱田间调查资料及卵巢解剖资料, 来源于南京农业大学水稻两迁害虫研究小组。

气象资料: 美国环境预报中心(NCEP)、国家大气研究中心(NCAR)的全球再分析数据(全球 6 h 1 次, $1^{\circ} \times 1^{\circ}$, 26 个高度层, GRIB 格式)和广西

气象数据共享系统(GMISS)。

地图资料: 中国省级行政区图(1:4 000 000)从国家基础地理信息中心(<http://nfgis.nsdi.gov.cn>)下载。

1.2 轨迹分析及生物学参数的设定

轨迹分析采用美国国家海洋和大气管理局(NOAA 网站)研发的 HYSPLIT 平台(http://www.arl.noaa.gov/HYSPLIT_info.php)。

轨迹分析的生物学参数设定:(1) 稻飞虱是顺风迁移的(陈若簏和程遐年, 1980; Riley *et al.*, 1991, 1994; 翟保平等, 1997); (2) 稻飞虱在日出前或日落后 1 h 内起飞(陈若簏和程遐年, 1980; 邓望喜, 1981; 陈若簏等, 1984); (3) 稻飞虱在春夏季适宜的迁飞高度为 1 500 ~ 2 000 m, 本研究根据不同高度层的温度设置了 1 200、1 500、1 800 m 3 个高度(邓望喜, 1981; 陈若簏等, 1984; 封传红等, 2002; 华红霞等, 2002, 2003); (4) 回推轨迹以降虫区为起点, 降落日期即灯诱高峰日, 以晨昏朦影时刻作为轨迹回推的起始时刻, 回推至稻飞虱虫源地的起飞时刻(翟保平等, 1997; 胡高等, 2007; 芦芳等, 2010)。

轨迹分析的模型只是根据高空的温度和气流场和以上所列的几个生物学参数来进行分析的, 获得迁飞轨迹后还要根据生物学特性、地形或寄主等因子进行筛选, 才能得到有效的迁飞轨迹, 因此, 在分析得到每条轨迹和最终落点后, 还必须根据以下几个条件进行取舍:(1) 轨迹终止点的时间必须符合稻飞虱的起飞节律(翟保平, 2004); (2) 轨迹终止点必须在水稻种植区且该稻区内水稻必须处于生长后期(邹运鼎等, 1982); (3) 该稻区存在大量的稻飞虱长翅型成虫, 可提供迁出虫源(程遐年等, 1979); (4) 该稻区稻飞虱正值迁出高峰。按以上标准进行轨迹的取舍, 最后剔除不合理轨迹后得到有效轨迹。

1.3 天气背景分析

天气背景分析根据 NCEP 和 NCAR 的全球再分析数据, 选取对稻飞虱迁飞影响较大的 850 hPa 等压面的水平流场、垂直速度场, 利用 GrADS 绘出 850 hPa 等压面的水平流场, 垂直速度场等物理量, 分析稻飞虱迁飞降落的高空风场。根据 GMISS 地面观测资料, 利用 ArcGIS 绘制 6 h 降雨区分布和降雨量插值图, 分析降雨对稻飞虱迁飞

降落的影响。

2 结果与分析

2.1 虫情资料分析

桂北地区的水稻一般在3月中下旬播种,4月中下旬移栽。受2008年低温雨雪冰冻的极端天气的影响,该地区水稻播种及移栽推迟7—10 d,5月下旬至6月中旬,水稻大都处于分蘖至拔节期,水稻生育期利于稻飞虱的繁殖、定居,这种生育期的水稻一般不存在迁出种群。

根据5月25日—6月15日永福县田间虫情监测数据可知,永福县褐飞虱田间发生量低,虫态以低龄若虫和长翅型成虫居多,白背飞虱以低龄若虫为主虫态,而灯下突然出现大规模的灯诱高峰,与本地稻田稻飞虱若虫的发育进度不相衔接,这说明该稻飞虱灯诱高峰不是本地发生的。卵巢

解剖结果表明,5月25日—6月15日期间,褐飞虱Ⅲ级以上的成熟卵巢比例平均81.82%,Ⅰ、Ⅱ级未成熟卵巢的比例占18.18%,交配率>80%,虫源性质为迁入型,两个不同时段褐飞虱的虫源性质均符合迁入型的虫源性质(表1)。5月25日—6月15日期间,白背飞虱Ⅲ级以上的成熟卵巢比例平均占59.8%,Ⅰ、Ⅱ级未成熟卵巢的比例占40.2%,交配率为55.56%,虫源性质符合本地繁殖型的种群特征;5月下旬起,白背飞虱虽已经出现了部分本地羽化的成虫,但5月25至30日和6月7日至11日两段时期,白背飞虱Ⅲ级以上的成熟卵巢比例和交配率均高于70%,虫源性质仍符合部分迁入型的种群特征(表1)。以上分析表明,桂北地区出现的大规模稻飞虱灯诱高峰主要为外地迁入。

表1 2008年5月25日—6月15日永福县田间稻飞虱的卵巢发育程度

Table 1 The ovarian development grade of field populations of BPH and WBPH 25th May to 15th June, Yongfu, 2008

日期(月-日) Date (month-day)	褐飞虱卵巢发育程度(%) Ovarian development grades of BPH				白背飞虱卵巢发育程度(%) Ovarian development grades of WBPH			
	I	II	III - V	交配率(%) Mated ratio	I	II	III - V	交配率(%) Mated ratio
5-25/5-30	0	16.67	83.33	83.33	12.99	15.58	70.13	70.13
6-07/6-11	7.69	15.38	76.92	73.00	19.12	4.41	76.47	75.00
5-25/6-15	3.03	15.15	81.82	80.30	32.03	8.17	59.8	55.56

2008年5月下旬—6月中旬,桂北地区多个植保站测报灯下出现灯诱高峰,其中桂西北凤山县6月11日单灯单日灯诱虫量达116万头,虫量之大为历史罕见。根据永福、天峨、南丹、凤山稻飞虱逐日灯诱虫量的消长动态和广西植保总站提供的全区灯诱资料,确定了2008年广西稻飞虱的迁入峰次分别为5月26—29日、6月7—9日、6月11—14日(图1),迁入峰主降区位于桂北地区。

2.2 迁入种群的虫源地及气象背景分析

2.2.1 5月26日至30日 5月下旬广西大部出现明显的迁入峰,迁入峰主降区位于桂西北、桂东北局部,其中天峨、凤山的高峰日虫量分别高达13.8万头、31.1万头(图1)。

5月26日20:00(文中所述时间为BJT,下同)850 hPa高度,12 m/s以上的西南低空急流一直维

系并贯穿越南中北部、两广大部,广西大部地区上空盛行西南风(图2),这为稻飞虱的远距离迁飞提供了运载气流。5月27日08:00 850 hPa高度上,桂北地区上空没有的下沉气流(图2),但5月27—31日广西出现了2008年入汛以来范围最大、持续时间最长的强降雨天气过程,稻飞虱出现明显的迁入峰,可见,稻飞虱迁飞种群的集中降落是降雨造成的,与下沉气流无关。根据5月27日02:00至08:00的6 h累计降雨量分布图可见,桂西北天峨、南丹、凤山位于降雨区的边缘,直接导致了稻飞虱大规模降落于此(图3:A)。天峨、南丹、凤山回推轨迹分析表明虫源来自越南西北部靠近老挝的部分稻区,永福回推轨迹分析表明虫源来自越南北部红河三角洲稻区(图3:A)。

2.2.2 6月7日至9日 6月7日至9日,桂北地

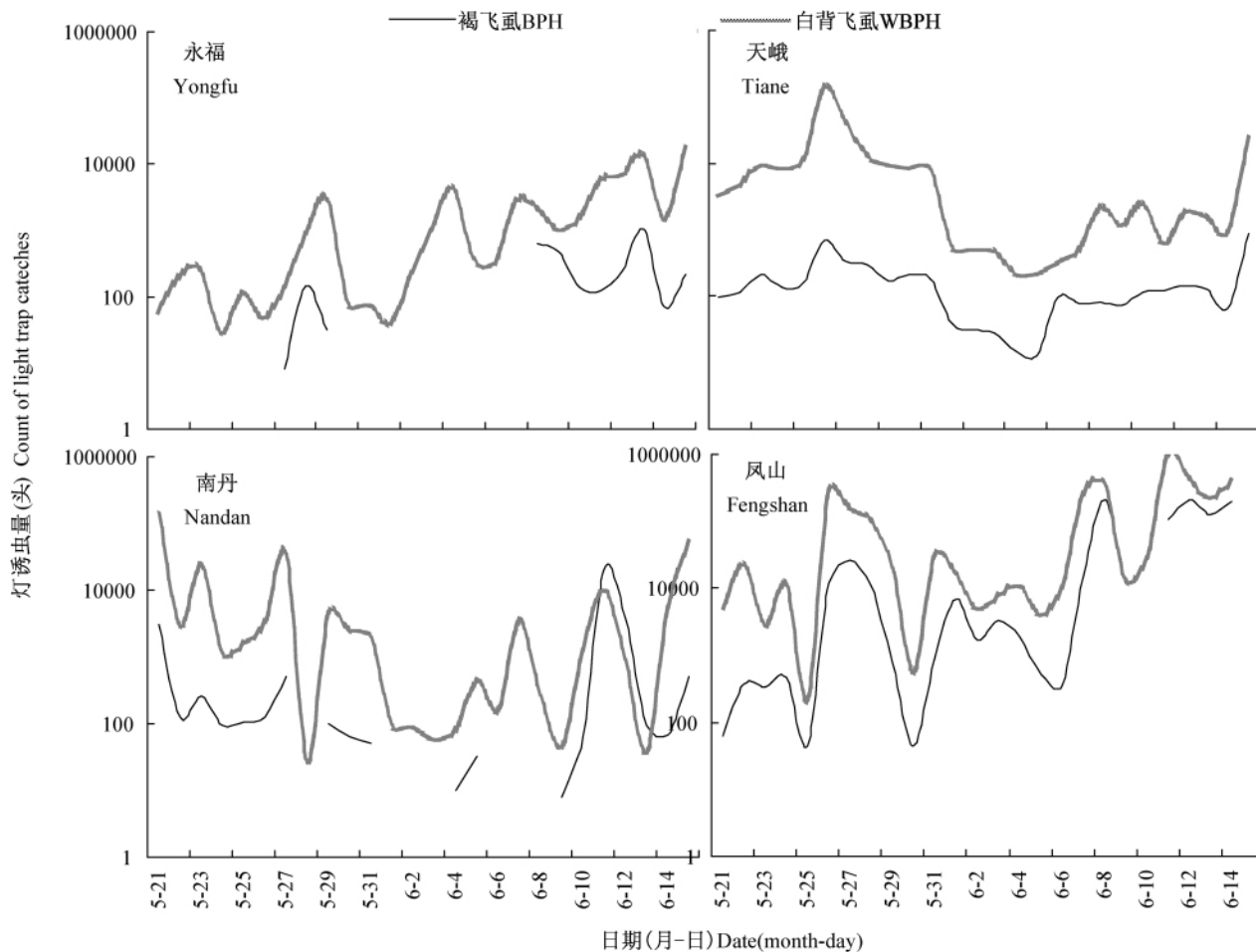


图 1 2008 年 5 月 21 日—6 月 15 日广西永福、天峨、南丹、凤山稻飞虱逐日灯诱虫量

Fig.1 The daily light-trap catches of BPH and WBPH in Yongfu, Tian'e, Nandan, Fengshan from 21st May to 15th June, 2008

区出现明显的迁入峰,其中凤山灯诱虫量最高,达 58 万头(图 1)。

6 月 7 日 20:00 850 hPa 高度,10 m/s 西南气流横贯广西大部,可以为稻飞虱的远距离迁飞提供运载气流(图 2)。6 月 8 日 08:00 850 hPa 高度上,桂北地区上空没有下沉气流,反而存在上升气流(图 2),但 6 月 8 日桂西北地区出现了明显的降雨过程,这对稻飞虱的降落十分有利。根据 6 月 8 日 02:00 至 08:00 的 6 h 累计降雨量可见,桂西北、桂南局部出现了明显的降雨,桂西北的天峨、南丹、凤山等地 6 h 累计降雨量超过 30 mm,在降雨的过程中,远距离迁飞至此的稻飞虱随之降落,形成迁入峰。天峨、南丹、凤山、永福回推轨迹分析表明,其虫源主要来自越南北部稻区(图 3:B)。

2.2.3 6 月 11 日至 14 日 6 月 11 日至 14 日,桂西北地区出现明显的迁入峰,其中凤山灯诱虫量

最高,达 116 万头,虫量之大为历史罕见,天峨、南丹、永福的高峰日虫量也分别为 2.5 万头、5.4 万头、1.5 万头(图 1)。

6 月 11 日 20:00 850 hPa 高度,10 m/s 以上偏南气流自越南北部横贯广西大部,为稻飞虱向北迁飞提供了运载气流(图 2),桂东北至西北一带出现切变线,来自南海的西南气流与东北风辐合形成狭长的辐合带,南部暖湿气流与北部冷空气在此交汇,形成强烈的对流天气(图 2)。6 月 12 日 02:00 至 08:00 的 6 h 累计降雨量表明降雨区主要集中在桂东北至桂西北一带,部分地区 6 h 累计降雨量超过 50 mm,达暴雨水平(图 3:C),迁飞至此的稻飞虱在降雨的拖带下大规模集中降落,形成历史罕见的特大迁入峰。天峨、南丹、凤山的回推轨迹分析表明虫源来自越南东北部、广西西南部,而永福回推轨迹分析表明虫源来自广西东南部(图 3:C)。

综上所述,西南方向的低空急流为广西稻飞虱远距离迁飞提供了运载气流,降雨是迫使稻飞虱集中降落的主要原因。5月下旬,虫源地主要分布在越南北部的地区($20^{\circ} \sim 22^{\circ}\text{N}$);6月上旬,虫

源地主要分布在越南东北部地区($21^{\circ} \sim 23^{\circ}\text{N}$);6月中旬,桂西北地区大规模迁入的虫源地主要分布在越南东北部、广西西南部,桂东北虫源地分布在广西东南部。

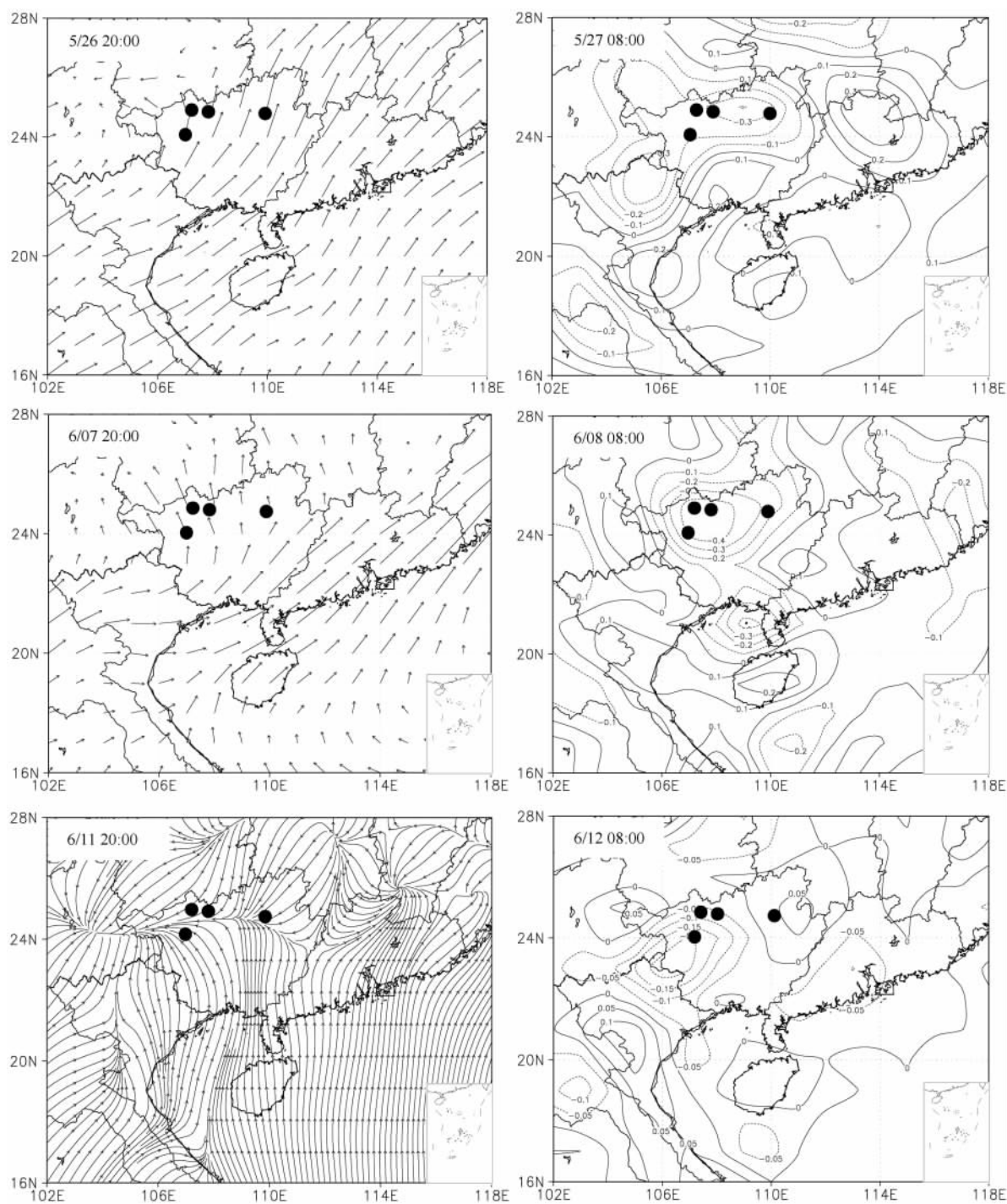


图2 2008年广西各迁入高峰期850 hPa上的水平风场(m/s)和垂直速度(Pa/s)

Fig.2 Horizontal wind field (m/s) and vertical velocity (Pa/s) on 850 hPa during the major immigration peaks, Guangxi, 2008

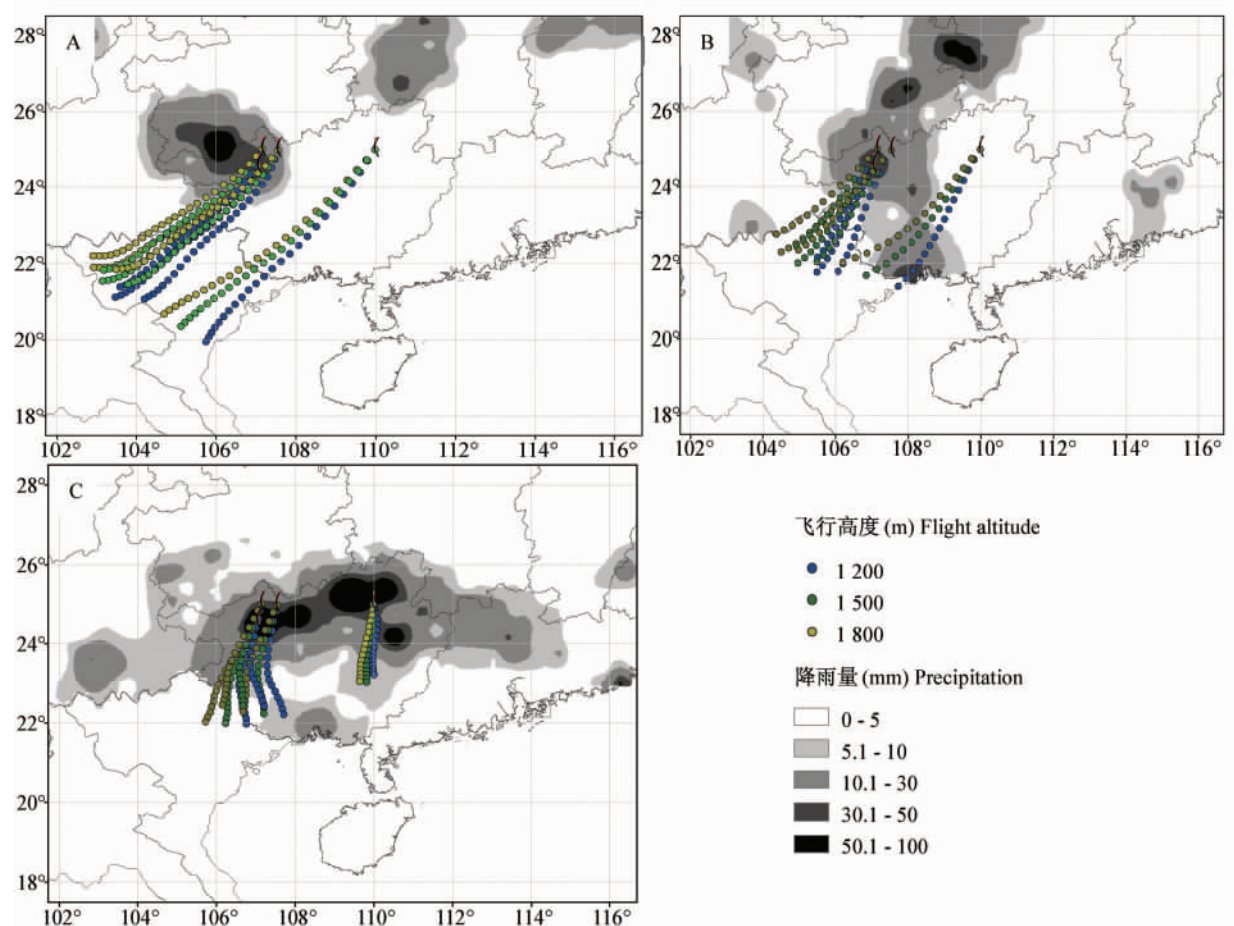


图3 2008年5月27日(A)、6月8日(B)、6月12日(C) 02:00—08:00的6 h累计降雨量和迁入种群的回推轨迹

Fig. 3 Accumulated precipitation (mm) from 02:00 to 08:00 on 27th May (A), 8th (B) and 12th (C) June, 2008 and backward trajectories of immigration population, Guangxi

2.3 桂东北、桂西北稻飞虱降虫高峰的对比分析

2008年6月中旬桂北地区的大规模迁入峰中,桂东北与桂西北的降虫量存在显著差异,桂西北凤山单日单灯灯诱量达116万头,而桂东北永福县灯诱量仅为1.5万头(图1),是什么因素使得如此大量的稻飞虱迁入了桂西北呢?

从气象方面看,6月中旬桂东北至西北一带出现切变线,南部暖湿气流与北部冷空气在此交汇(图2),形成强烈的对流天气,桂北地区出现大范围的暴雨天气过程。从6月12日02:00至08:00的24 h累计降雨量分布(图3:C)可见,降雨区主要集中在桂东北至桂西北一带,部分地区6 h累计降雨量超过50 mm,达暴雨水平。迁飞至此的稻飞虱在强降雨的阻滞下大规模集中降落,形成迁入高峰。可见,桂东北、桂西北地区均处于大范围的降雨区,天气条件基本相似,均有利于稻飞虱的降

落,这显然不是造成降虫量迥异的主要原因。

轨迹分析结果表明桂西北、桂东北地区的中、小尺度虫源地的空间分布不同,桂西北的虫源地位于越南东北部、桂西南稻区,而桂东北虫源地分布在桂东南稻区(图3:C)。分析以龙州、防城港代表的桂西南、桂南稻区和以平南、博白代表的桂东南稻区6月第3候(6月11日—15日)的稻飞虱侯报表(表2)可知,6月中旬,龙州、防城港地区田间稻飞虱以长翅型成虫为主虫态(约占2/3),长翅型成虫的百丛虫量千头以上;而同期博白地区的田间稻飞虱以高龄若虫为主虫态,平南地区以低龄若虫为主虫态,稻飞虱长翅型成虫百丛虫量不足百头,比例约为1/10。由此可见,桂西南、桂南稻区田间稻飞虱长翅型成虫处于盛发期,可以提供大量迁出的虫源,而桂东南稻区田间稻飞虱长翅型成虫少,迁出虫源的基数低。因此,桂东

北、桂西北地区降虫量的巨大差别是由于中小尺度虫源地的空间分布和虫源基数的差异所致。

表 2 2008 年 6 月第 3 侯稻飞虱观测区田间种群动态

Table 2 Population dynamics of BPH and WBPH in the monitoring fields from 11th to 15th June, 2008

地点 Location	主虫态 Major developmental state	百丛虫量 Total numbers on 100 hills	长翅型成虫百丛虫量 Numbers of macropterous adult on 100 hills	长翅型成虫比例 Percentage of macropterous adult
龙州 Longzhou	长翅型成虫 Macropterous adult	1 527	1 283	84%
防城港 Fangchenggang	长翅型成虫 Macropterous adult	4 760	2 808	59%
博白 Bobai	高龄若虫 Old nymphs*	1 112	84	7.5%
平南 Pingnan	低龄若虫 Small nymphs*	698	97	14%

* 高龄若虫指 4 龄和 5 龄若虫, 低龄若虫指 1 龄、2 龄和 3 龄若虫。

* The old nymphs mean the 4th and 5th instar nymphs, and the small nymphs are 1st, 2nd and 3rd instar nymphs.

3 讨论

稻飞虱的迁飞性给预测预报和综合防治带来了很大的难度,也是导致其大范围暴发成灾的主要原因之一。目前,对于稻飞虱境外虫源的研究还很薄弱,明确其中小尺度虫源地是异地预测与源头治理的重中之重。齐国君等(2010)对 2007 年广西稻飞虱不同迁入时段的虫源地进行轨迹分析的结果表明,广西境外虫源地的分布随着越南中北部稻区冬春稻的成熟收割期由南向北逐步推移,如 4 月下旬—5 月上旬虫源地位于 18°~20°N 的越南、老挝中部地区;5 月中下旬虫源地位于 20°~22°N 的越南、老挝较北的地区。本研究分析了 2008 年 5 月下旬—6 月中旬桂北地区的特大迁入峰,表明 5 月下旬虫源地主要分布在 20°~22°N;6 月上旬虫源地分布在 21°~23°N,而 6 月中旬虫源地主要分布在越南东北部、桂南稻区。在目前尚无法得到境外虫源虫情动态信息的条件下,利用轨迹分析方法结合天气背景场分析对境内外中小尺度虫源地做模拟研究和深度分析,可为稻飞虱的异地预测和源头治理提供不可或缺的基础信息和可操作的技术支撑,并在一定程度上丰富和补充了早期对稻飞虱北迁路径研究中(程遐年等,1979;全国白背飞虱科研协作组,1981)所无法顾及的诸多细节。

2008 年 1—2 月,我国南方大部 and 越南北部出

现了低温雨雪冰冻的极端天气,导致境内外虫源遭受重创,而在境内外虫源基数大大减少的情况下,我国北部湾地区在 3—4 月却出现了大规模的稻飞虱迁入峰。沈慧梅(2010)通过轨迹模拟、气象分析等证实了该地区早期迁入的主要虫源地位于越南中部稻区,境外考察结果也表明越南中部稻区的水稻生育期和田间虫量均可提供迁出虫源,此外,高空温度偏高、低空急流频繁及过早出现的台风为稻飞虱远距离迁飞和集中降落提供了有利条件,从而使华南部分地区出现了大规模的迁入虫源。受低温影响,桂南稻区的水稻播期推迟,越南中部稻区稻飞虱虫源迁入后,当地水稻正处于分蘖期,这种生育期的水稻对稻飞虱的种群增长最有利(陈若簏等,1986)。经过稻飞虱种群的世代增殖,6 月份以龙州、防城港为代表的桂西南、桂南稻区稻飞虱长翅型成虫盛发,在合适的天气条件下稻飞虱便向外迁出,因此,低温虽然缩小了稻飞虱的越冬范围,大大减少了越南北部虫源地的虫源基数,但对越南中部稻区的虫源影响甚微,且低温使桂南稻区水稻生育期推迟,一定程度上有利于桂南稻区稻飞虱虫量的增殖与积累,从而为桂北地区提供了大量的迁出虫源。

一些特定的条件如地理条件、天气系统和天气过程等,会导致虫源区的稻飞虱大量起飞,空中集聚,进而中途迫降,形成局地大发生种群。一般认为,降水、下沉气流是影响稻飞虱迫降的主要气

象因素(江广恒等,1981;蔡文华等,1998),江广恒等(1981)研究发现褐飞虱北迁过程中,受降水影响造成的迁入峰占 57.5%;谈涵秋等(1984)分析了褐飞虱 20 个迁入峰日,初步统计了降虫与垂直气流和降雨关系的概率;胡高等(2007)对 1999 年一次褐飞虱的降落机制进行了研究,初步明确了地形胁迫作用产生的降水和梅雨锋降水导致了褐飞虱的集中降落,不同的地理条件、不同天气系统和虫源的空间分布差异形成了褐飞虱降落分布的时空差异,但具体到某时某地稻飞虱迁飞降落的大气动力背景却不尽相同,年度间、代际间、地区间差异极大。本研究结果表明,桂北地区受切变线的影响,暴雨区集中在桂东北至桂西北一带,直接迫使迁飞至此的稻飞虱大规模集中降落,从而形成了稻飞虱特大迁入峰;而在天气条件基本相似的情况下,虫源地的空间分布和虫源基数的差异直接导致了桂东北、桂西北降虫量的巨大差别。

参考文献(References)

- 蔡文华,林添忠,吴美英,1998. 福建褐稻虱迁飞降落大气环流类型研究. 植物保护学报,25(4):325—329.
- 陈若簾,程遐年,1980. 褐飞虱起飞行为与自身生物学节律、环境因素同步关系的初步研究. 南京农学院学报,(2):42—49.
- 陈若簾,暴立正,程遐年,丁宗泽,吴中林,1986. 褐飞虱种群动态的研究 I. 温度、食料条件对种群增长的影响. 南京农业大学学报,(3):23—33.
- 陈若簾,吴家荣,祝树德,张建新,1984. 褐飞虱的飞翔能力. 昆虫学报,27(2):121—127.
- 程遐年,陈若簾,习学,杨联民,朱子龙,吴进才,钱仁贵,杨金生,1979. 稻褐飞虱迁飞规律的研究. 昆虫学报,22(1):1—21.
- 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(2):73—81.
- 封传红,翟保平,张孝羲,汤金仪,2002. 我国北方稻区 1991 年稻飞虱大发生虫源形成. 生态学报,22(8):1302—1314.
- 胡高,包云轩,王建强,翟保平,2007. 褐飞虱的降落机制. 生态学报,27(12):5068—5075.
- 华红霞,邓望喜,李儒海,2003. 长江中游稻区夏季飞机航捕迁入白背飞虱的轨迹分析. 华中农业大学学报,22(4):325—330.
- 华红霞,邓望喜,李儒海,2002. 长江中游稻区夏季飞机航捕迁入褐飞虱的轨迹分析. 昆虫学报,45(1):68—74.
- 江广恒,谈涵秋,沈婉贞,程遐年,陈若簾,1981. 褐飞虱远距离向北迁飞的气象条件. 昆虫学报,24(3):251—261.
- 廖皓年,1995. 广西水稻病虫区划的研究及应用. 广西植保,(1):1—4.
- 芦芳,齐国君,陈晓,董西贵,郭玉人,武向文,倪秀红,陈时健,张纪英,张孝羲,翟保平,2010. 上海地区 2007 年褐飞虱的后期迁入和虫源地的个例分析. 生态学报,30(12):3215—3225.
- 齐国君,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的发生动态及虫源分析. 生态学报,30(2):462—472.
- 全国白背飞虱科研协作组,1981. 白背飞虱迁飞规律的初步研究. 中国农业科学,14(5):25—30.
- 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* (Stål) (Delphacidae) in China: radar observations of mass return flight in the autumn. *Ecol. Entomol.*, 16(4):471—489.
- Riley JR, Reynolds DR, Smith AD, Rosenberg LJ, Cheng XN, Zhang XX, Xu GM, Cheng JY, Bao AD, Zhai BP, Wang HK,1994. Observations of the autumn migration of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) and other pests in East Central China. *Bull. Entomol. Res.*, 84(3):389—402.
- 沈慧梅,陈晓,胡高,程遐年,张孝羲,翟保平,2011. 2008 年广西稻飞虱初迁入过程分析. 应用昆虫学报,48(5):1268—1277.
- 沈慧梅,2010. 我国褐飞虱与白背飞虱的境外虫源研究. 博士学位论文. 南京:南京农业大学.
- 孙经耀,1987. 南岭稻区褐稻虱白背飞虱稻纵卷叶螟迁飞高峰期与天气系统关系的研究. 广西农业科学,(6):16—21.
- 谈涵秋,毛瑞曾,程极益,姚禾芬,1984. 褐飞虱远距离迁飞中的降落和垂直气流、降雨的关系. 南京农业大学学报,(2):18—25.
- 王华生,林作晓,唐洁瑜,黄成宇,2009. 广西水稻稻飞虱的发生演变规律及原因分析. 广西植保,22(1):27—29.
- 翟保平,2004. 昆虫行为研究中日长的计算. 昆虫知识,41(2):178—184.
- 翟保平,张孝羲,程遐年,1997. 昆虫迁飞行为的参数化 I. 行为分析. 生态学报,17(1):7—17.
- 邹鼎鼎,陈基诚,王士槐,1982. 稻株营养物质与褐飞虱翅型分化的关系. 昆虫学报,25(2):220—222.

2008 年广西北部湾稻区稻飞虱初迁入过程分析^{*}

沈慧梅^{1,2**} 陈晓¹ 胡高¹ 程遐年¹ 张孝羲¹ 翟保平^{1***}

(1. 南京农业大学昆虫学系, 农作物生物灾害综合治理教育部和农业部重点实验室 南京 210095;

2. 云南省农业科学院农业环境资源研究所 昆明 650205)

摘 要 2008 年 2 月,我国南方和越南北方普遍遭遇了罕见的低温冻害,褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 与白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horváth) 越冬虫量大大减少,而广西北部湾稻区在 3—4 月却出现了大规模的稻飞虱迁入峰。结合 2008 年越冬考察、灯下监测以及田间系统调查结果,通过 HYSPLIT 模型与 GrADS 软件对此阶段出现的稻飞虱大规模迁入过程进行轨迹模拟与天气学背景分析,得出以下结论: (1) 2008 年广西早期迁入稻飞虱虫源与越南北部虫源关系不大,主要来自越南中部及老挝南部; (2) 850 hPa 高空温度较高,低空急流频繁,以及过早出现的台风是造成钦州 4 月份稻飞虱大规模远距离迁入的最主要原因。因此,除越南北部红河三角洲地区外,为我国华南稻区提供早期迁入虫源的越南中部稻区更值得关注。

关键词 虫源地, 轨迹分析, 降落机制, 褐飞虱, 白背飞虱

Analysis on the early immigration of rice planthoppers in southern Guangxi in 2008

SHEN Hui-Mei^{1,2**} CHEN Xiao¹ HU Gao¹ CHENG Xia-Nian¹

ZHANG Xiao-Xi¹ ZHAI Bao-Ping^{1**}

(1. Department of Entomology, Nanjing Agricultural University, Key Laboratory of Integrated Management of Crop Diseases and Pests (Ministry of Education, Ministry of Agriculture), Nanjing 210095, China; 2. Institute of Environmental Resources,

Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China)

Abstract Southern China experienced unusually cold conditions in February 2008 which caused an obvious decline in the number of brown planthoppers (BPH, *Nilaparvata lugens* (Stål)) and white-backed planthoppers (WBPH, *Sogatella furcifera* (Horváth)) overwintering in the region. However, mass immigration of WBPH occurred in late March and April 2008 in the Guangxi Zhuang Autonomous Region. Based on the analysis of daily light-trap catches, field surveys, overwintering, immigration trajectory simulation and meteorological background analysis, the following conclusions can be drawn: (1) The main source areas of the early immigration of WBPH into Qinzhou in 2008 were in central Vietnam and southern Laos, with very few sites in northern Vietnam. (2) High temperature at 850 hPa, lower level jet stream winds and premature typhoons were the key factors affecting the settlement of both BPH and WBPH in Qinzhou. Therefore, central as well as northern Vietnam must be regarded as potential sourced of rice planthoppers in southern China.

Key words source areas, trajectory analysis, landing mechanism, *Nilaparvata lugens*, *Sogatella furcifera*

褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) (BPH) 与白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horváth) (WBPH) 每年 3—5 月份自中南半岛随西南气流北上行覆瓦式迁飞,先陆续降落至广西,在早稻繁殖一代后,于 6—

7 月份开始不断向北迁出(程遐年等,1979;全国白背飞虱科研协作组,1981)。广西既是中南半岛稻飞虱虫源最早迁入我国的地区,同时也是国内虫源最早迁出北上的起点。作为稻飞虱迁入与迁出

* 资助项目: 国家 973 项目(2010CB126200)、农业公益性行业科研专项(200903051)、国家水稻产业技术体系建设专项(nycyt-001)

**E-mail: shenhuimei@gmail.com

***通讯作者, E-mail: bpzhai@njau.edu.cn

收稿日期: 2011-08-15, 接受日期: 2011-09-05