

2012 年盛夏多台风发生对褐飞虱迁飞动态的影响*

史金剑¹ 陈晓¹ 陆明红² 张国¹ 杨海博¹ 胡高¹ 翟保平^{1**}

(1. 南京农业大学植物保护学院昆虫系, 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. 全国农业技术推广服务中心, 北京 100125)

摘要 【目的】台风能极大地改变褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 的迁飞路径和落区分布, 阐释连续登陆的台风对褐飞虱种群动态的影响, 可为其异地预测提供科学依据。【方法】通过对 2012 年盛夏的台风“韦森特”、“苏拉”、“海葵”等影响时期的多站点灯诱数据和风场做轨迹分析, 解析台风影响下褐飞虱迁飞动态的变化。【结果】2012 年盛夏, 多个台风在华南江南早稻黄熟收割和褐飞虱羽化迁出高峰期连续登陆我国, 高空气流场和雨带分布发生了不利于褐飞虱北迁的变化。华南地区多盛行东北风或偏东风, 即使在台风过境后有利北迁的风向影响时, 持续强降水、风切变和下沉气流多发而不利北迁。西南季风受台风影响始终无法主导大气流场, 北迁通道难以建立, 而褐飞虱的第 5 次北迁进程受阻。【结论】2012 年盛夏台风多发严重阻滞了褐飞虱的第 5 次北迁过程, 大大减轻了长江中下游水稻主产区褐飞虱的危害程度。7 月中下旬和 8 月上旬的风场条件和雨带位置是决定我国长江中下游稻区褐飞虱发生程度的重要预警指标。

关键词 褐飞虱, 台风, 轨迹分析, 迁飞动态

The effect of typhoons on the migration patterns of the brown planthopper in the summer of 2012

SHI Jin-Jian¹ CHEN Xiao¹ LU Ming-Hong² ZHANG Guo¹ YANG Hai-Bo¹
HU Gao¹ ZHAI Bao-Ping^{1**}

(1. Department of Entomology, College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Key Laboratory of Integrated Management of Crop Diseases and Insect Pests, Ministry of Education and Ministry of Agriculture of China, Nanjing 210095, China;

2. National Agricultural Technical Extension and Service Center, Beijing 100125, China)

Abstract 【Objectives】To understand the effects of successive typhoons on the migration dynamics of the brown planthopper in order to provide useful information for inter-regional forecasting. 【Methods】The influence of successive typhoons (1208 Vicente, 1209 Saola and 1211 Haikui) in the summer of 2012 on the migration patterns of brown planthopper (BPH) *Nilaparvata lugens* (Stål) were studied by trajectory analysis based on light-trap data and NCEP-NCAR reanalysis of data with GrADS and HYSPLIT. 【Results】The synoptic wind fields and rain belt in eastern China became unfavorable to the northward migration of BPH when typhoons were approaching and had made landfall. The northward migration passage of the hoppers was broken by the prevailing northeasterly or easterly winds during the typhoons' passage, and the fifth northward migration of BPH was obstructed by the continuous strong rainfall, windshear and sinking vertical airflow, even though southerly winds were temporarily re-established after the typhoon had passed. 【Conclusion】The fifth northward migration process of BPH in 2012 was retarded by unusual typhoon weather. This mitigated the expected serious damage to rice crops in the mid and lower Yangtze River basin. The wind fields and rain belt distribution in eastern China during July and early August

* 资助项目: 国家 973 项目 (2010CB126201); 国家自然科学基金项目 (31301655); 农业公益性行业科研专项 (200903051)

**通讯作者, E-mail: bpzhai@njau.edu.cn

收稿日期: 2014-03-11, 接受日期: 2014-03-29

will probably be a useful index for forecasting BPH damage in the mid and lower Yangtze River basin.

Key words brown planthopper, typhoon, trajectory analysis, migratory dynamics

褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 是我国水稻生产中最危险的害虫。我国幅员辽阔,不同地域之间地理气候条件的极大差异使其水稻种植制度也有很大的不同。从南至北,水稻栽插期依次推迟,黄熟收获期也相应顺延,各地水稻栽插期和黄熟期交替衔接,褐飞虱为追踪食物资源而形成与水稻黄熟期同步的南北往返迁飞(程遵年等, 1979)。7月中下旬到8月上旬是岭北和沿江稻区双季早稻的黄熟收割盛期,此期也是我国西南风低空急流最强盛的季节,为早稻褐飞虱大规模迁入长江中下游水稻主产区的第5次北迁提供了最佳的大气物理环境和地面资源配置(封传红等, 2002a)。但台风的出现往往会极大地改变褐飞虱北迁途中的大气背景场,从而严重影响褐飞虱的迁飞路径与迁入区的分布(翟保平, 1995; 封传红等, 2002b; 包云轩等, 2008; 王翠花等, 2009; 郝振华等, 2011; Hu *et al.*, 2013; 王翠花和翟保平, 2013)。

2012年5月,我国南方稻区出现了规模空前的稻飞虱迁入峰,且迁入量特大,西南、华南、江南稻区大部迁入虫量为历史罕见。4月底,广西灯下始现单灯单晚万头虫峰,5月4日桂北和黔东南始现单灯单晚十万头量级虫峰;5月1—17日连续出现超大规模主迁峰,同期突增区纵横千余公里(21°~30°N、99°~118°E),覆盖云贵川渝两湖两广闽赣10省区(图1)。其中广西融安5月2、4、5日分别出现67 320头、192 200头和556 700头的上灯峰,5月6—10日5d累计诱虫808 548头。到7月中旬,稻飞虱在西南大部、江南西部、长江中游稻区偏重至大发生,全国累计发生1.9亿亩次;经有效防控,稻飞虱在长江下游稻区和江淮稻区田间虫口密度一般百丛200~700头,西南稻区百丛虫量一般1 200~3 200头,华南、江南中部、长江中游稻区百丛虫量一般600~1 100头。根据这样的虫源基数,结合栽培条件和气候因素等综合分析,预

计2012年南方中晚稻区褐飞虱将大发生。

但从2012年7月下旬到8月下旬间,以1208号台风“韦森特”于7月24日4:15在广东台山登陆始,6个台风先后登陆我国,为1949年以来历史同期罕见。其中,8月2—8日7d之内,有1209号“苏拉”、1210号“达维”和1211号“海葵”3个台风先后在福建、江苏和浙江登陆(图2),频次之高为1996年以来首次;而“达维”则是1949年以来登陆我国长江以北地区最强的台风。“达维”与“苏拉”在间隔不到10h内先后登陆江苏和浙江,为有气象纪录以来首次。台风影响区域从华南沿海延伸至东北,涉及17个省(自治区、直辖市)968个县(区、市)。而此时正值南方早稻褐飞虱羽化高峰期和褐飞虱第5次北迁盛期,超常多台风的影响必然造成南方稻区褐飞虱迁飞动态的异常变化,其中所蕴含的可预测性信息必有非同寻常的应用价值。

为此,本文以直接影响褐飞虱第5次北迁的3个台风“韦森特”、“苏拉”和“海葵”为例,利用台风影响期间我国南方稻区的褐飞虱灯下虫量和NCEP-NCAR再分析数据,用GrADS做大气流场和降雨等气象要素的综合分析,借助NOAA的HYSPLIT平台做迁飞轨迹分析,旨在探明2012年盛夏时期的台风对稻飞虱迁飞动态变化的作用,并试图找出盛夏期间台风因素对后期稻飞虱发生的影响规律。

1 材料与方法

1.1 虫情及气象资料

虫情资料:全国农业技术推广服务中心提供的稻飞虱逐日灯诱数据和稻飞虱田间数据,江苏省植保站和金华市植保站提供的部分灯诱数据;南京农业大学信息生态实验室的田间调查数据。

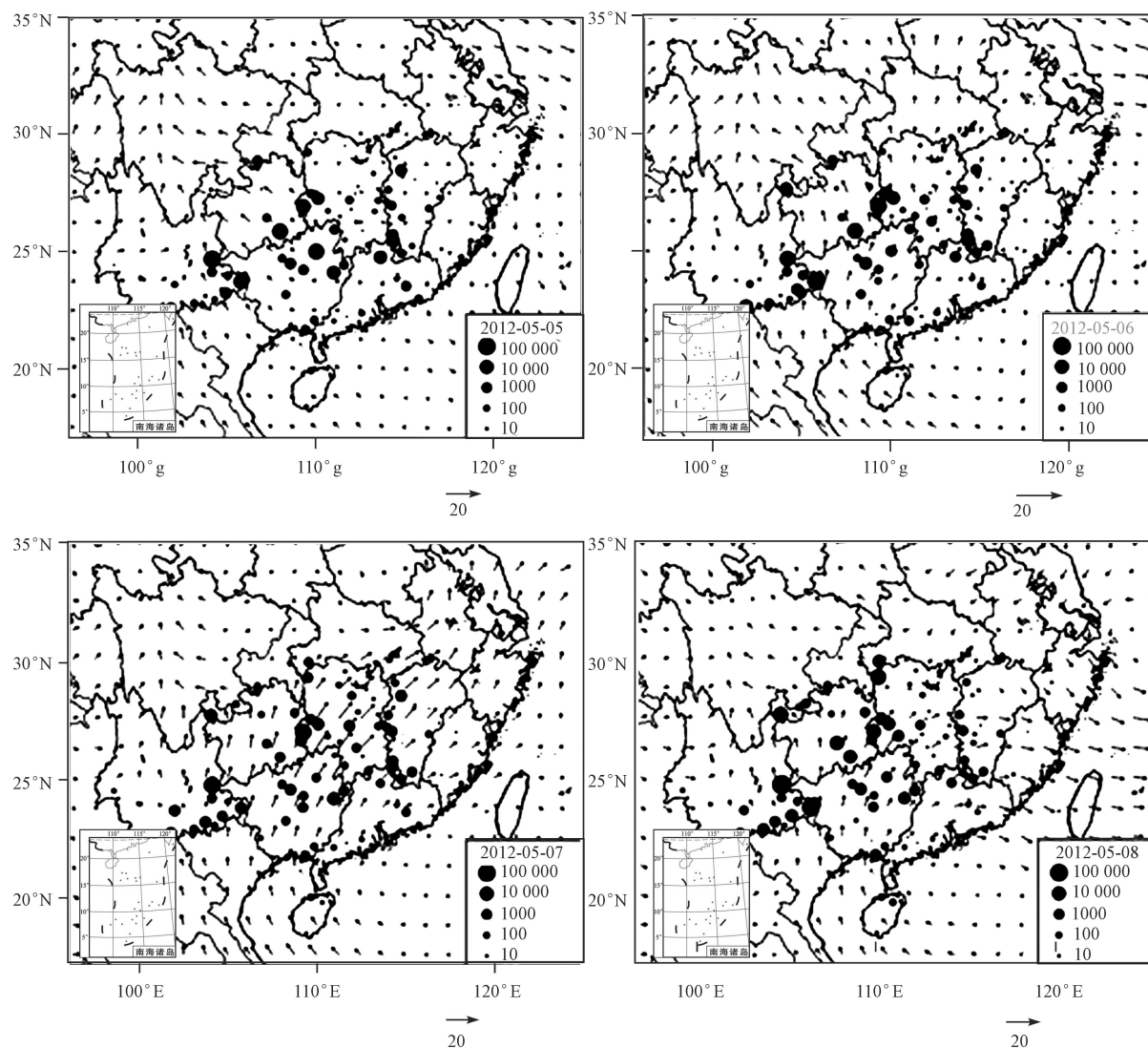


图 1 2012 年 5 月稻飞虱大规模迁入的同期突增区

Fig. 1 The large-scale immigration of ricehoppers (*Sogatella furcifera* and *Nilaparvata lugens*) in May of 2012

图中黑点表示日诱蛾量, 箭头表示风向。

The black dot means daily light trap catches of the hoppers, the arrow are wind vectors.

气象资料: 美国环境预报中心 (NCEP) 和国家大气研究中心 (NCAR) 的全球再分析数据 (全球 6 h 一次, $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 和 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$) 和国家气象信息中心提供的中国地面气候资料 (包括逐日降水资料和逐时降水资料, 网址: <http://cdc.cma.gov.cn>)

台风资料: 台风路径和台风强度根据中国气象局上海台风研究所提供的资料 (网址: <http://www.typhoon.gov.cn>)

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://nsdi.gov.cn>) 下载。

1.2 稻飞虱上灯高峰日的选择

根据灯诱结果, 灯诱虫量较前一天明显增多, 或灯诱虫量与前一天的突增日虫量相比无明显减少, 并在随后 1~3 日有虫量明显下降的也归为高峰日。白背飞虱与褐飞虱分开且分别统计虫峰。因台风、降雨等因素造成的明显不可用数据舍去。

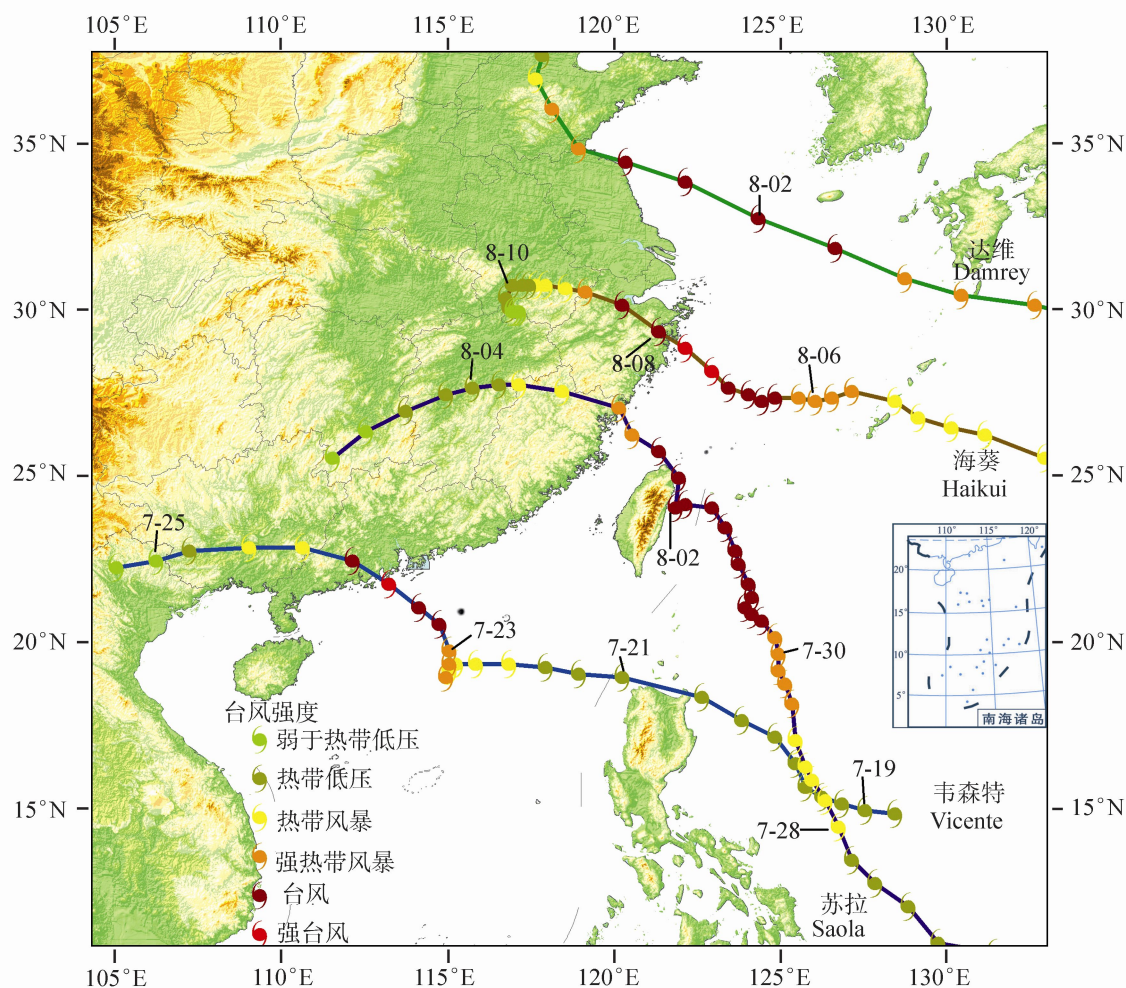


图 2 2012 年 7 月下旬到 8 月上旬登陆台风的路径

Fig. 2 Moving tracks of landing typhoon between the late decade of July and the early decade of August in 2012
台风图标上的日期对应当日零时, 台风图标之间间隔 6 h.

The date on typhoon icon corresponds to 00:00 on that day, and time interval between two icons is 6 hours.

1.3 卵巢解剖

根据雌虫卵巢发育级别判断稻飞虱种群性质。参照陈若箴等 (1979) 提出的稻飞虱卵巢分级特征和程遐年等 (2003) 提出的卵巢发育分级标准, 对系统调查田的稻飞虱长翅雌虫卵巢解剖以判断田间种群性质。

1.4 轨迹分析及参数设置

由于稻飞虱是顺风迁移, 设定稻飞虱高空迁飞时的速度和方向与气流一致, 迁飞轨迹采用美国国家与大气海洋局 (NOAA) 和澳大利亚国家气象局 (Australian Bureau of Meteorology) 共同

开发的大气质点轨迹分析平台 HYSPLIT 进行在线模拟 (<http://Ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>)。模型所使用的数据为 NCEP 再分析格点数据, 经纬网格为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。

轨迹模拟中的参数设置: (1) 稻飞虱是顺风迁移的; (2) 稻飞虱在日出前或日落后 1 h 内起飞 (陈若箴和程遐年, 1980; 翟保平等, 1997; Furuno *et al.*, 2005); (3) 稻飞虱夏季迁飞高度主要在 1 500~2 000 m (邓望喜, 1981; Otuka *et al.*, 2005, 2012), 本研究设定回推起点起始高度为海拔 1 500 m、2 000 m; (4) 回推轨迹以降虫区为起点, 回推时刻以灯诱高峰日次日 5:

00 起,向前每隔 1 h 的整点回推一次,至前一天 19:00 止,每夜回推 11 次;(5) 轨迹分析的飞行时间长度分别取 10、24、34 h;(6) 有效轨迹的判定标准:回推或顺推轨迹的起始点或终止点,其具体时刻必须符合稻飞虱的起飞或降落的生物学时间节律特性(翟保平,2004)。

1.5 数据处理及作图工具

利用 GrADS 平台查询并制作多个气象要素的数据及示图,利用 Visual Foxpro 软件提取回推轨迹所需时刻的落点进行分析,并使用 ArcGIS 地理信息系统进行作图分析等。

2 结果与分析

2.1 1208 号台风“韦森特”

7 月 19 日,热带低压气旋“韦森特”在菲律宾以东洋面生成。23 日 10:00,“韦森特”加强为台风,中心位置在珠江口东南 260 km 的南海北部海域。台风登陆前,两广北部、湖南、江西大部分地区受台风外围风系影响盛行偏东风(图 3:A)。24 日“韦森特”在广东台山登陆,两广及赣南部分站点的上灯褐飞虱突增(图 4),紫金、信丰、高州等地回推轨迹落点多入南海成无效落点(图 5:A),表明上灯虫源来自本地及附近地区。连续几天的强降水使当地褐飞虱大量滞留,导致各站点的上灯量大增,如 7 月 25 日的昭平、7 月 24—28 日的永福、7 月 25—29 日的宜州等。各地上灯虫峰当日,都有较强的降水伴随。

7 月 22 日下午至 24 日福建同安出现强降雨(图 6:A)和以褐飞虱为主的灯诱虫峰(图 7)。23 日、24 日的回推轨迹落点基本都在海上,排除了外部虫源迁入的可能,所以降雨胁迫造成褐飞虱迁出受阻,福建的褐飞虱上灯峰与两广一样同为本地地上灯。

7 月 25 日、26 日,福建同安的稻飞虱上灯峰(图 7)中白背飞虱数量在 90%以上,其回推轨迹落点集中在闽东仙游、福清一带,25 日有部分落点在台湾北部和台南平原(图 5:A)。台南平原此时处于双季晚稻的移栽期,不能提供

大量的稻飞虱虫源。闽东和台北地区处在早稻收获盛期,且仙游田间数据表明,7 月中旬田间主要是白背飞虱高龄若虫,褐飞虱很少,因此闽东和台湾北部应是同安白背飞虱迁入种群的虫源地。

台风“韦森特”的影响时期,江南中北部地区普遍盛行偏东风和东南风,湖南、江西、湖北等地少有明显的灯下虫峰。而处在台风环流以外波及区的江淮地区,盛行偏南风,因江淮当地稻飞虱未到迁出时期,诱虫灯下上灯虫量较少,没有明显的迁入虫群。

28 日、29 日台风“韦森特”在华南地区的影响消退后,西南气流短暂出现在广西至湖北、皖南一线,但很快就被 1209 号台风“苏拉”带来的外围偏东气流阻断了褐飞虱的北迁通道(图 3:B)。

2.2 1209 号台风“苏拉”

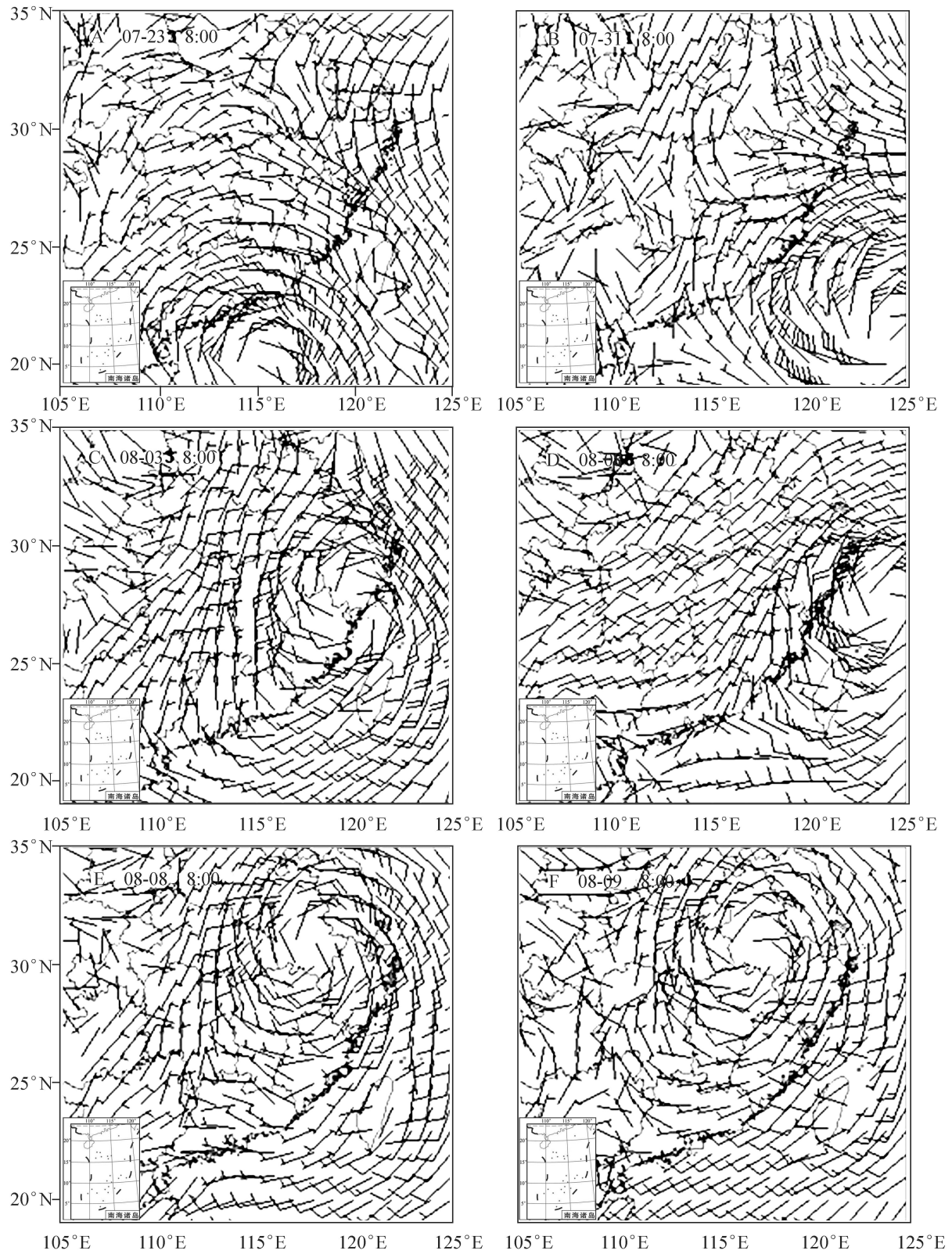
7 月 28 日 8:00 热带风暴“苏拉”在菲律宾以东洋面生成。29 日,浙江、福建地区已受其外围的气流影响(图 9:左)。31 日湘西南和桂北几个站点出现上灯峰(图 8),有效回推轨迹落点散落在桂北、粤北、湘南附近。

8 月 1 日晚间到 2 日 16:00,1210 号台风“达维”占据了副热带高压南进的位置而使引导气流减弱,台风中心在东海上长时间停留,使得华南大部持续盛行东北风和偏北风。同时,双台风之间的低压区连成一体,在“苏拉”北侧的浙南地区出现台风倒槽,8 月 2 日、3 日浙南地区连续出现强降水。8 月 3 日 7:00,苏拉在福建福鼎登陆。3 日 18:00,台风中心在闽西北资溪县处进入江西,20:00 减弱为热带低压。3 日、4 日,粤北、闽东、浙南多个站点出现稻飞虱上灯高峰(图 7;图 10)。

根据田间普查数据,7 月 26 日温州田间稻飞虱成虫比率为仅 0.44%,8 月 1 日已达 51.18%,其中长翅成虫占 52.93%;“苏拉”登陆时浙南盛行东南风(图 3:C),3 日到 5 日温州回推轨迹落点绝大多数在海上,因此可以排除外部虫源迁入的可能,当地稻飞虱因降雨胁迫未能迁出而在 8

月 3—5 日出现上灯峰 (图 10)。而东阳 8 月 6

日



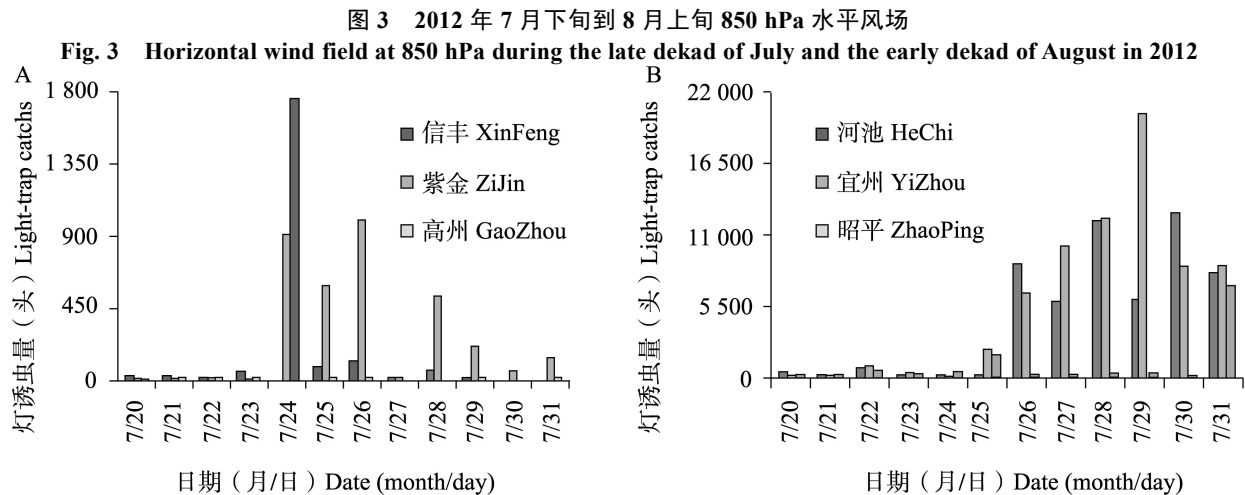


图 4 2012 年 7 月下旬华南部分站点褐飞虱逐日灯诱虫量

Fig. 4 The daily light-trap catches of *Nilaparvata lugens* in some sites of South China in the late dekad of July in 2012

当地田间普查稻飞虱成虫率仅 1.9%，到 11 日普查也只有 25.73%，说明本地虫源大量上灯可能性较小，回推轨迹有效落点在浙东南地区（图 5：B）。

8 月 2 日 20:00 至 8 月 3 日 20:00，闽东南一带上空盛行下沉气流（图 6：B），导致同安、仙游出现灯下虫量突增（图 7）。3 日夜间浙中的东阳、武义有 0.3~0.6 Pa/s 的较强下沉气流（图 6：C），东阳 3 日虫量突增（图 10）。3 日晚上，台风倒槽槽线西移至南昌附近，当地正好处在风切变线上（图 9：右），南昌出现持续 4 h 的强降雨并有上灯峰（图 7）。其回推轨迹落点集中在赣东北、皖南、浙西一带，据浙江金华 8 月 1 日、4 日田间观测和雌虫卵巢解剖结果分析，卵巢发育一二级所占比例约占 80%，处于迁出高峰期，浙西及附近地区为有效落点。8 月 4 日南昌上灯虫峰的有效回推轨迹落点分布于闽西北和闽中地区。

8 月 3 日，台风中心西南侧 550 km 的广东紫金、翁源两地受台风外围环流影响盛行西北风（图 3：C），伴有辐散下沉气流（图 6：B）而大量降虫（图 4：A；图 7），翁源、紫金虫峰回推轨迹落点于粤北—湘东—赣西北—鄂东南—皖西南半环形区域（图 5：B）。4 日翁源 850

hPa 等压面上出现风切变（图 9：中），降雨量达 50 mm 以上，上灯种群的回推轨迹落点在粤北、湘中北、鄂中等地（图 4：C）。

8 月 5 日，“苏拉”衰减后由湘南移至桂中，桂北桂中出现了较强降水。4 日、5 日，武鸣、全州、河池、合浦等地出现褐飞虱迁入峰（图 8），回推轨迹落点大多在桂北、湘中西部、鄂中、赣西一带。少部分落在桂南和粤西南的迹点因当地水稻生育期不适而为无效落点。

2.3 1211 号台风“海葵”

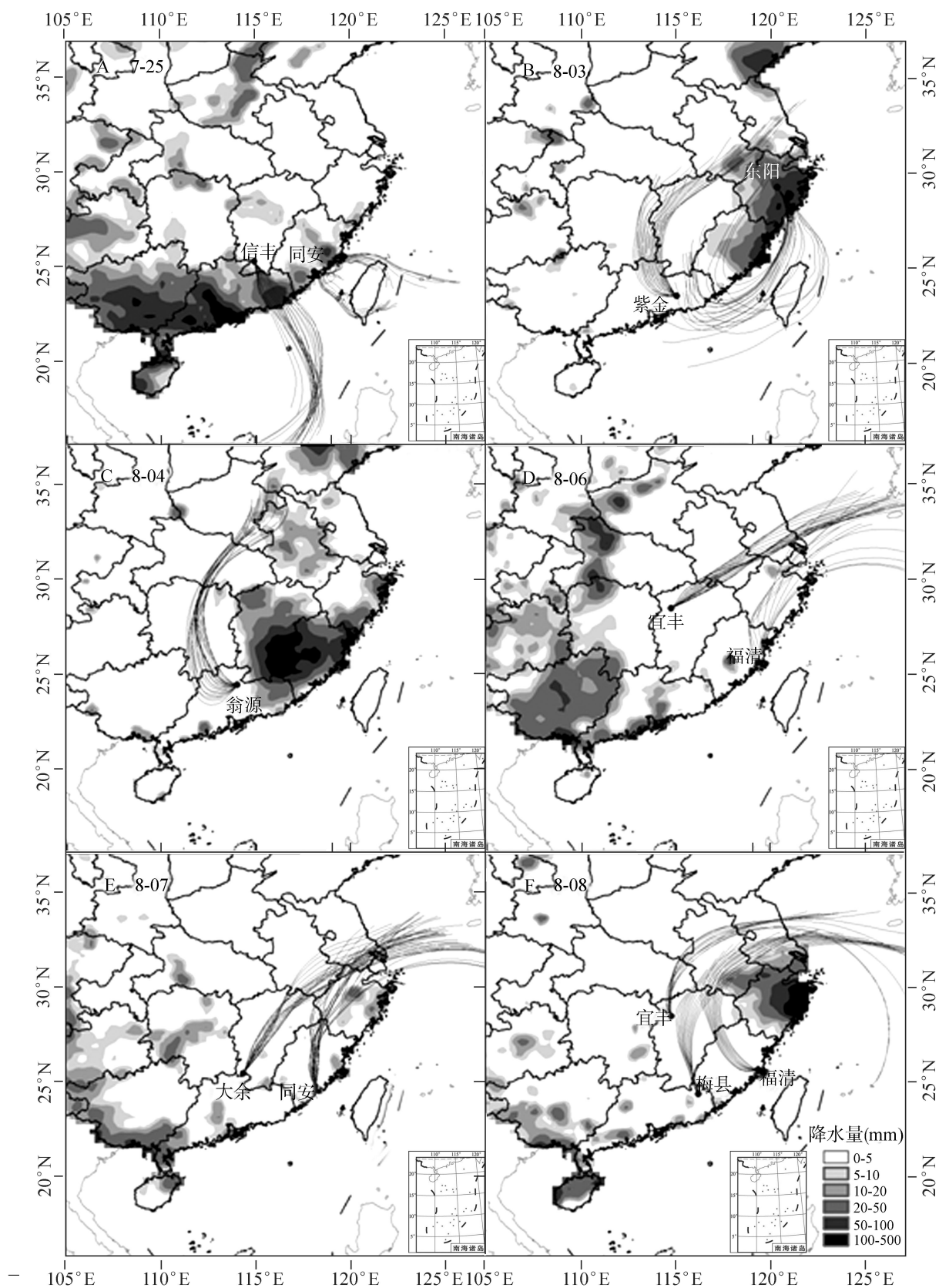
8 月 3 日 8:00，热带风暴“海葵”在西北太平洋洋面上生成。8 月 5 日 17:00，“海葵”加强为强热带风暴。5、6 日，华南东部和华东受台风外围气流影响，盛行东北风（图 3：D）。6 日 15:00，福建福清有 10 mm 以上的强降水，江西宜丰有风切变，两地出现褐飞虱上灯峰（图 11）。有效虫源区在闽北、赣北、浙东南、皖南（图 5：D；图 12：A，B）。8 日 3:00，“海葵”于浙江省象山县登陆，华南和东南沿海大部分地区上空盛行西北风，江淮地区盛行东北风（图 5：E），浙江龙游有强降水（图 5：F），东南沿海稻区多地出现稻飞虱上灯峰。7 日龙游的回推有效落点在浙北和苏南地区，上灯虫峰可

能为本地和外迁虫源的共同作用。

部分地区没有降水 (图 5 : E , F) , 垂直气流平

由于 “ 海葵 ” 登陆位置偏北 , 江西、福建、
广东等地受其影响较小 , 8 月 7 日至 9 日华南大

稳

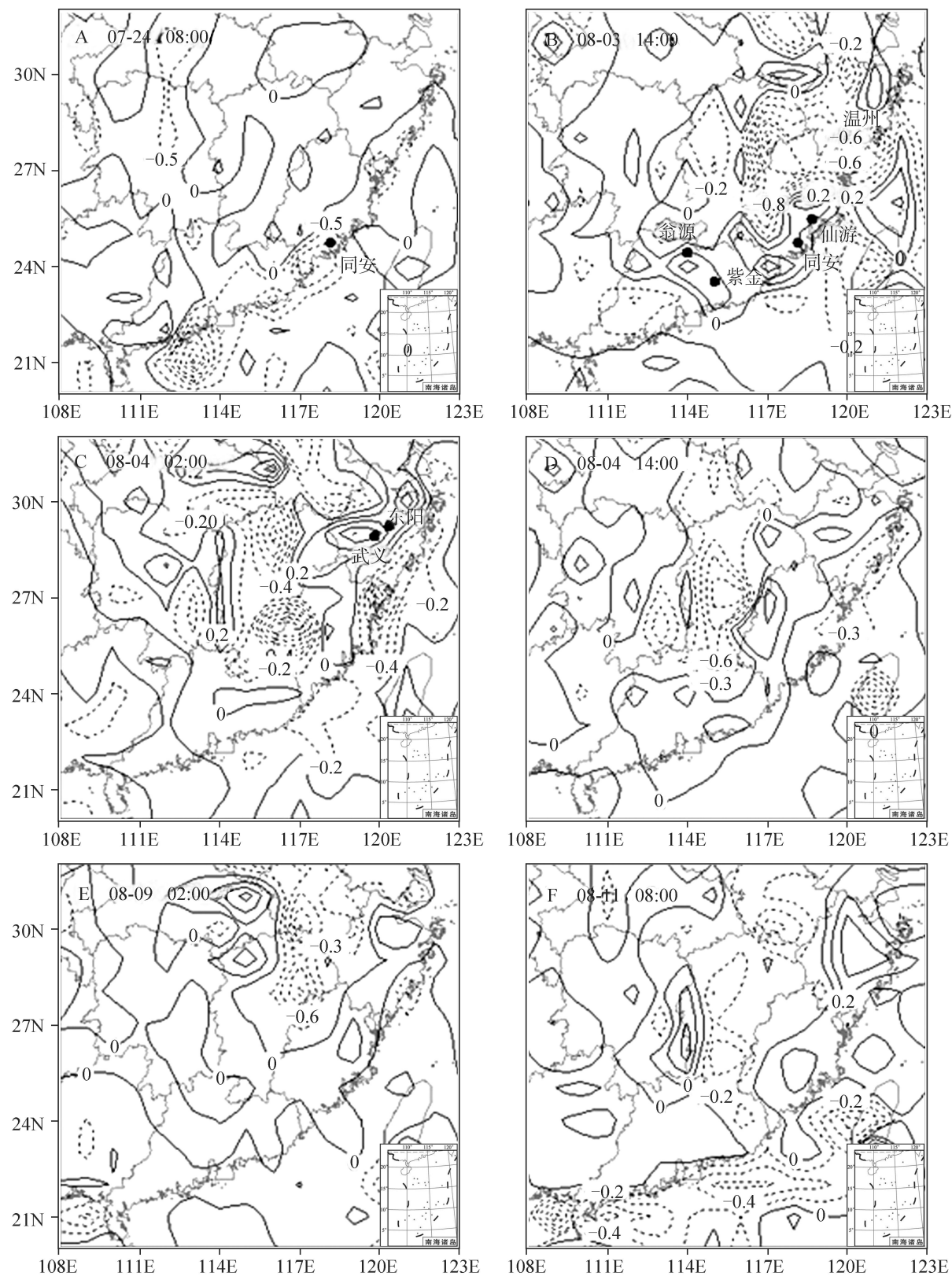


**通讯作者, E-mail: bpzhai@njau.edu.cn

收稿日期: 2014-03-11, 接受日期: 2014-03-29

图 5 2012 年台风影响期间部分站点稻飞虱回推轨迹和当日降雨量分布

Fig. 5 The backward trajectories and rainfall distribution in late dekad of July and early dekad of August in 2012



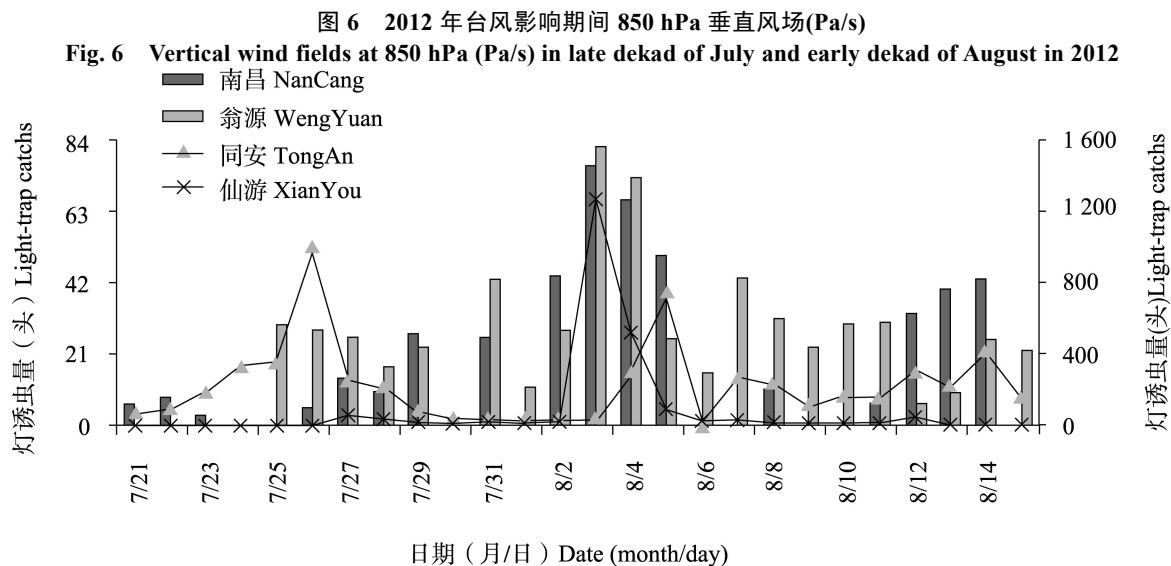


图 7 2012 年 7 月下旬到 8 月上旬粤北闽赣部分站点稻飞虱逐日灯诱虫量 (同安、仙游对应右侧纵坐标)

Fig. 7 The daily light-trap catches of rice planthopper in some sites in late July and August of 2012 (TongAn and XianYou corresponding the right ordinate)

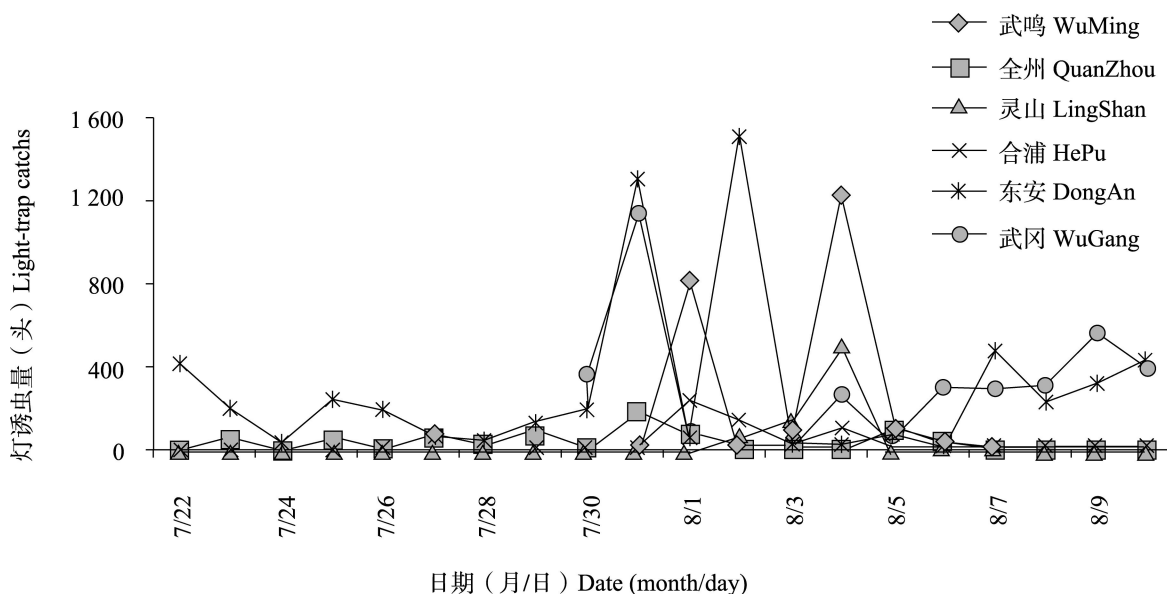


图 8 2012 年 7 月下旬到 8 月上旬广西和湘西南部分站点褐飞虱逐日灯诱虫量

Fig. 8 The daily light-trap catches of *Nilaparvata lugens* in Guangxi and southwest Hunan in late dekad of July and early dekad of August in 2012

(图 6 : E)。江西大余 8 月 7 日上灯峰回推落点分布在鄱阳湖平原、皖南、浙北、苏南地区, 福建同安、福清的虫峰有效回推落点在闽北、浙西和长三角稻区 (图 5 : E ; 图 11 : A)。8 月 8 日, 福清灯诱虫峰有效回推落点在闽中和赣东北

地区, 梅县虫峰回推轨迹落点为赣西南和鄱阳湖平原一带, 以及皖南苏南 (图 5 : F)。赣西南因双季晚稻处于分蘖期无迁出虫源, 皖南苏南则位于台风倒槽西侧风大雨大, 稻飞虱无法起飞迁出, 故鄱阳湖附近应该为此峰迁入种群的虫源

地。8月9日12:00,“海葵”进入皖南并减弱为热带低压。8月9—11日浙中和浙东南沿海多个站点灯诱虫量突增(图10),但此期浙江中

东部、赣北和闽西北因持续降水和较强下沉气流(图6:F)

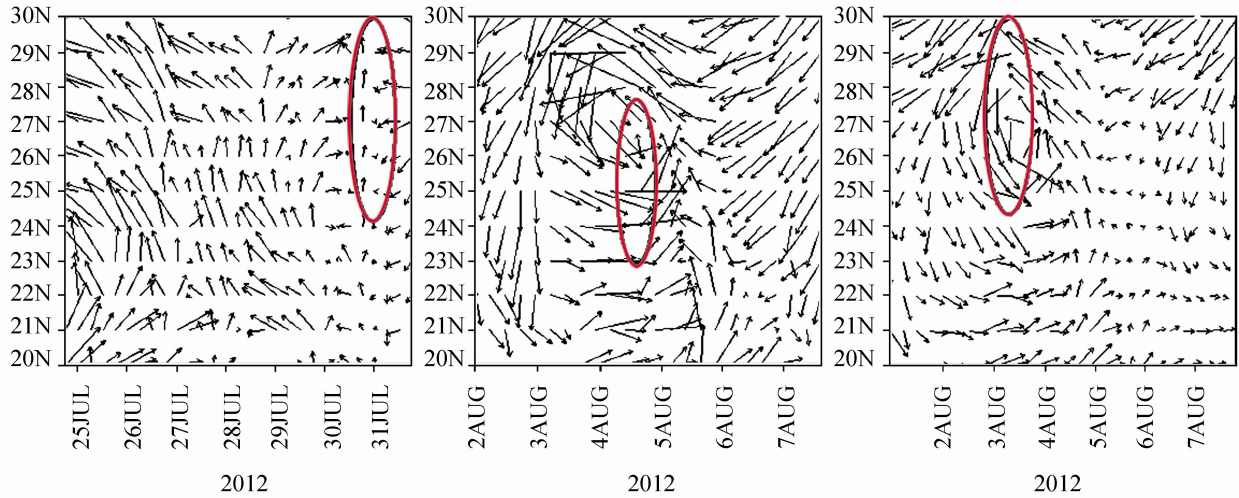


图9 2012年台风影响期间850 hPa风场的时间-纬度剖面

Fig. 9 Time-latitude profiles of wind fields at 850 hPa in late dekad of July and early dekad of August in 2012

左:沿111°E;中:沿114°E;右:沿117°E;椭圆内示风切变降虫区。

Left: along 111°E; Middle: along 114°E; Right: along 117°E. The ellipse shows the immigration areas at wind shear.

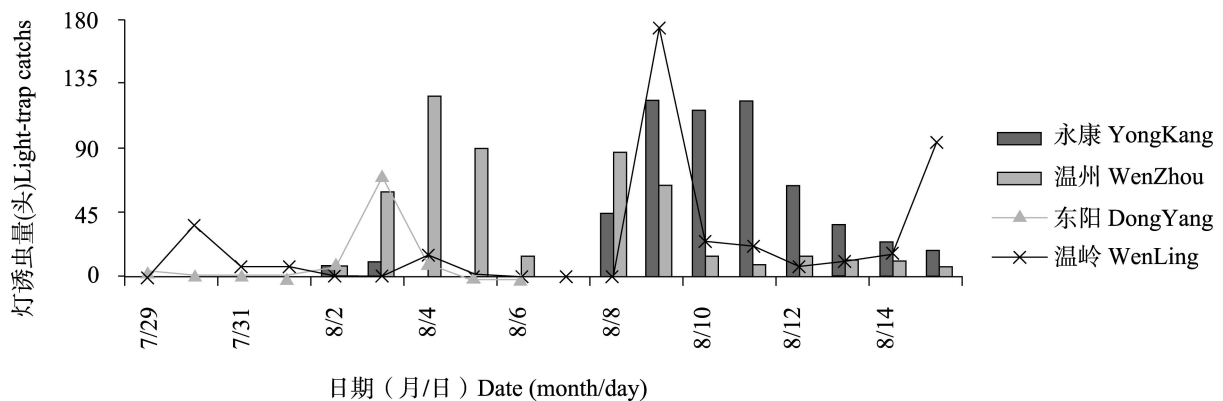
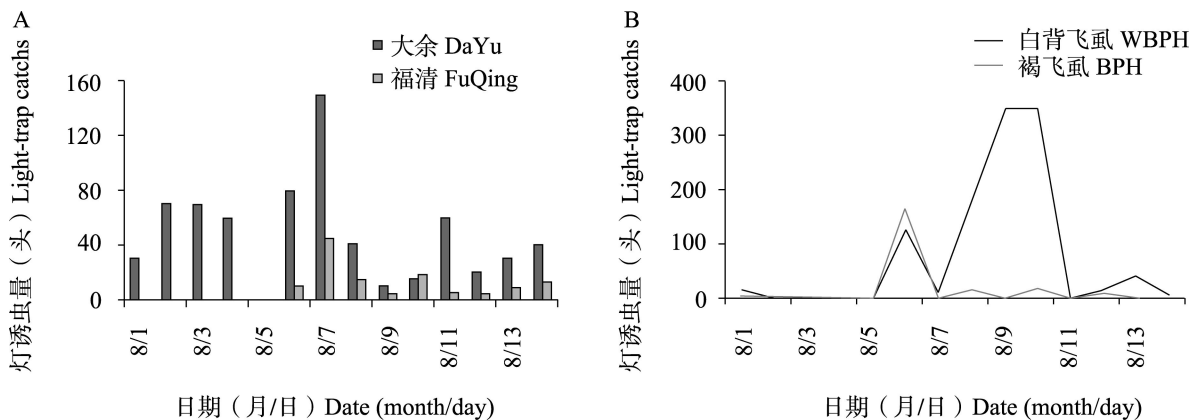


图10 2012年7—8月台风影响期间浙江部分站点稻飞虱逐日灯诱虫量

Fig. 10 The daily light-trap catches of rice planthopper in ZheJiang in late July and August of 2012



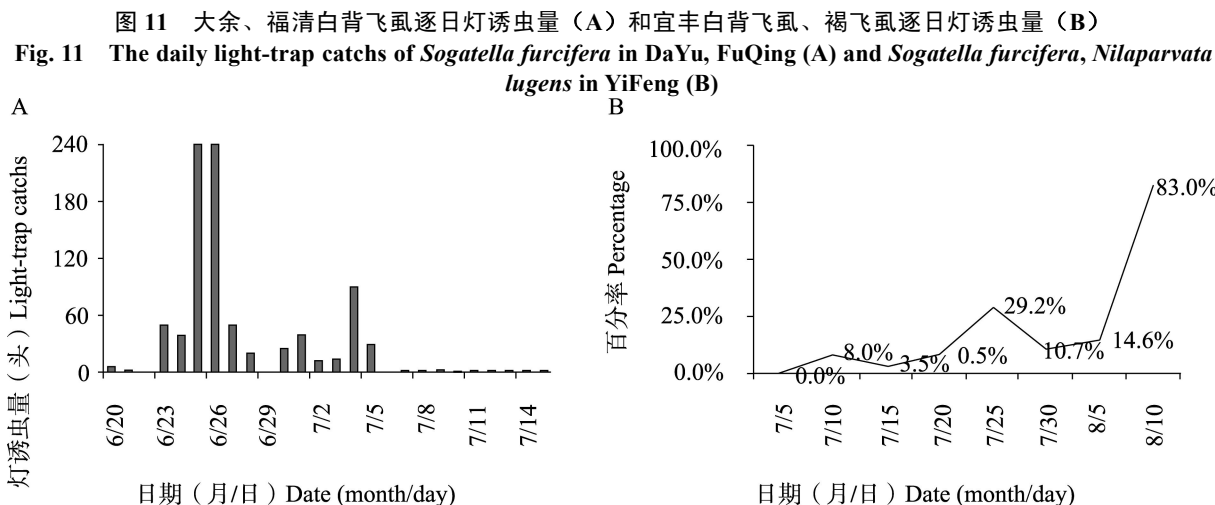


图 12 东至站点 6 月下旬到 7 月上旬褐飞虱逐日灯诱虫量 (A) 和褐飞虱占田间稻飞虱成虫的百分比 (B)

Fig. 12 The daily light-trap catches of *Nilaparvata lugens* in late June and early July (A) and the percentage of *Nilaparvata lugens* in rice planthopper adult in paddy fields in DongZhi

而不利稻飞虱起飞迁出,上灯虫源应来自本地及附近稻区。

从 2012 年 7 月下旬到 8 月上旬,正值褐飞虱第 5 次北迁盛期,连续 3 个在长江以南登陆的台风形成了长时间的持续降水和北向流场,阻断了褐飞虱北迁的空中通道,使大量飞虱滞留当地或南迁(图 13,图 14),从而使得褐飞虱危害最重的长江中下游稻区的迁入虫量大大减少,直到 8 月底和 9 月上旬才有补充迁入,发生程度低于预期(预计大发生,实为中等偏重到重发生),仅有零星点片出现冒穿。

3 结论与讨论

2012 年盛夏,多个台风连续登陆我国,高空气流场和雨带分布发生了不利于褐飞虱北迁的变化。此期正值在华南江南早稻黄熟收割和褐飞虱第 5 次北迁的盛期,长达 20 多天的偏北偏东气流和持续强降水使北迁通道难以建立,褐飞虱的第 5 次北迁进程受阻,大大减轻了长江中下游水稻主产区褐飞虱的危害程度。岭南岭北江南稻区的褐飞虱虫源大量滞留在原本应该离开的栖境中,随着早稻收割而使其种群数量大幅回落,未形成预期中的长江中下游稻区褐飞虱的大

发生。

自 2005—2007 稻飞虱大发生之后,2012 年境外虫源的大规模入侵再创历史记录:其见虫之早、峰次之多、范围之广、迁入量之大前所未见,其中 4 月下旬桂中桂北 28 个县出现迁入峰,连续几天出现几十万头的上灯量,是特大发生的 2007 年同期虫量的好几倍。江西、贵州和滇东南的迁入虫量也都创了历史新高。按此态势,2012 年无疑将是又一个特大发生年。确实,到 7 月下旬,桂中、桂北稻飞虱田间虫量平均百丛 1 197.4 头,是常年 3.6 倍;7 月底 8 月初的灯下峰期虫量远高于常年(图 14)。这些虫源本来要在 7 月下旬 8 月上旬的第 5 次北迁中进入长江中下游稻区和江淮稻区为害的,但接踵而至连续登陆的台风却彻底改变了此期虫情演化的进程:长时间的持续降雨与北向流场使北迁通道无法建立,巨量的北迁种群随风盘旋西进南下,最终滞留在原本应该离开的岭南岭北江南稻区(图 13),随着那里的早稻收割而使其种群数量大幅回落,未出现预期中的长江中下游稻区褐飞虱的大发生。

作为稻飞虱北迁的终点站和回迁的起点站,长三角稻区是常年受稻飞虱危害最重的地区。2012 年,苏南和浙北白背飞虱主迁种群及少量

褐飞虱于 6 月 28 日起到 7 月上旬迁入,但其后因台风影响,北迁褐飞虱的主迁种群多滞留江南和岭北,直到 8 月底和 9 月上旬才见到褐飞虱的少量补充迁入。其中,苏南、沿江、丘陵及淮北局部地区峰期单灯累计虫量大多 100~500 头,如溧阳 9 月 1—11 日累计迁入虫量 251 头,吴江 1 275 头,扬中 1 241 头;同时,田间虫卵量迅速上升:9 月 10 日前后系统调查,沿江、苏南田间百穴卵量大多在 2 000 粒以上,其中金坛 19 050 粒,丹阳 20 999 粒;百穴虫量苏南、沿

江及丘陵地区 2 000 头以上,武进达 47 920 头,系统田短翅成虫百穴大多在 20~300 头,江都 685 头,武进 1 780 头,占成虫量的 60%以上,苏南、沿江及淮北局部占 90%以上。大田普查,百穴卵量 500 粒以上,苏南、沿江高的田块 30 000~50 000 粒。但总体而言,田间褐飞虱发生严重不平衡,仅部分田块卵量显著高于常年,远未达到大发生的水平。

从以上分析可知,7 月是褐飞虱种群发展最为关键的阶段,7 月风场特征和雨带位置深刻地

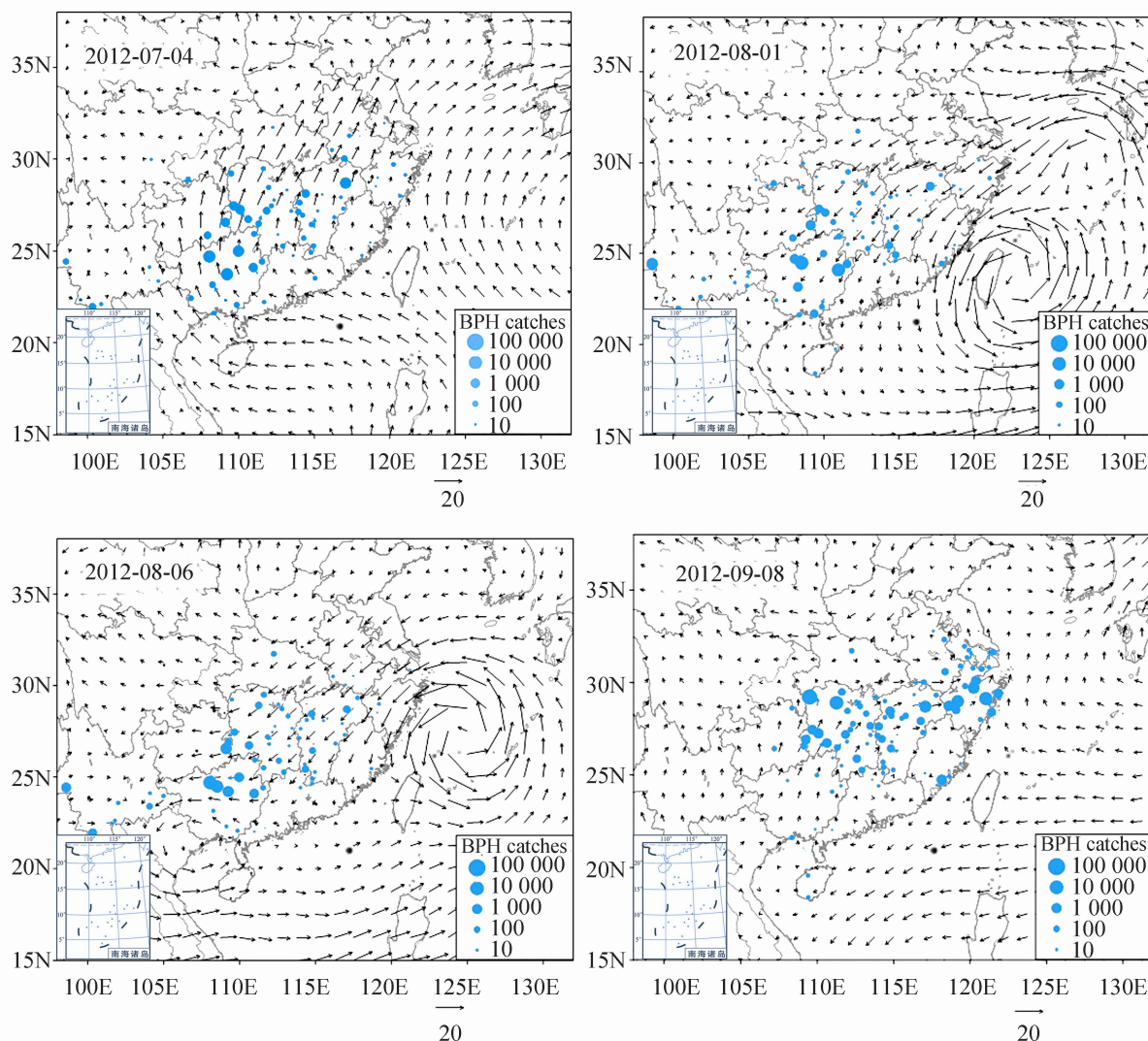


图 13 多台风影响褐飞虱第 5 次北迁进程:褐飞虱灯诱量及 20:00 850 hPa 风场。2012 年 7 月下旬到 8 月上旬,台风形成的持续降水和北向流场使褐飞虱的第 5 次北迁进程受阻,大量虫源滞留岭北江南,我国长江中下游稻区未出现预期中的褐飞虱大发生

Fig. 13 Light-trap catches of *Nilaparvata lugens* and wind fields on 850 hPa: The fifth northward migration process of BPH in 2012 summer was retarded by continuous strong rainfall and prevailing northeasterly or easterly winds during the successive typhoon passing. Huge emigrant populations of BPH were lingered on the ripe early rice paddies, that mitigated the expected serious damage of the hoppers and no outbreak was seen in mid-lower Yangtze River basin

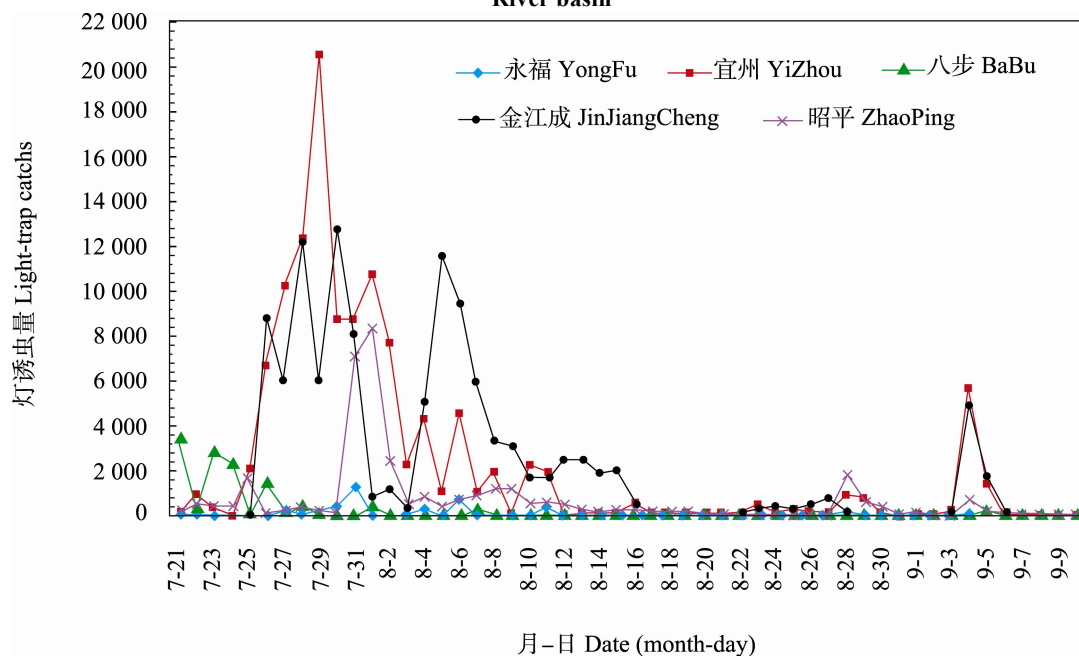


图 14 2012 年 7 月下旬到 9 月上旬桂北褐飞虱上灯量。2012 年 7 月下旬到 8 月上旬 3 个登陆台风影响我国东半部稻区时, 正值褐飞虱第 5 次北迁盛期, 岭南岭北江南稻区的褐飞虱虫源大量滞留在原本应该离开的栖境中, 随着早稻收割而使其种群数量大幅回落, 未形成预期的长江中下游稻区褐飞虱的大发生

Fig. 14 Light-trap catches of *Nilaparvata lugens* in northern Guangxi in 2012 summer: The fifth northward migration of *N. lugens* in 2012 was obstructed by unusual typhoon weather. The huge emigrant populations of BPH were lingered on the ripe early rice paddies and would eventually be destroyed by the crop harvest, that mitigated the expected serious damage of the hoppers and no outbreak was seen in mid and lower Yangtze River basin

影响着褐飞虱成虫主降区的分布。7 月华南、江南早稻陆续收割, 褐飞虱种群能否继续顺利发展, 取决于成虫能否成功迁入长江中下游单双季稻混栽区和单季中稻区。如果由于某种原因(如台风)7 月上中旬的主降区位于江南稻区早稻田, 那么早稻在 7 月中下旬收割时, 迁入种群将会被淘汰(陈晓, 2013)。如 1979 年 7 月末、1989 年 7 月初和 1992 年 7 月初褐飞虱主降江南, 都造成了当年褐飞虱发生程度的减轻。因此, 7 月中下旬和 8 月上旬的风场条件和雨带位置可作为长江中下游稻区褐飞虱发生程度的重要预警指标。

致谢: 全国农业技术推广服务中心病虫测报处提

供了全国稻飞虱灯下诱捕资料和田间系统调查资料; 江苏省植保站提供了江苏各县稻飞虱灯下和田间虫量数据; NCEP/NCAR 提供了全球再分析资料; 国家气象信息中心提供了逐时降水资料, 在此一并致谢。

参考文献 (References)

- Furuno A, Chino M, Otuka A, Watanabe T, Matsumura M, Suzuki Y, 2005. Development of a numerical simulation model migration of rice planthopper. *Agricultural and Forest Meteorology*, 133(1/4): 197-209.
- Hu G, Lu F, Lu MH, Liu WC, Xu WG, Jiang XH, Zhai BP, 2013. The influence of Typhoon Khanun on the Return Migration of *Nilaparvata lugens* (Stål) in Eastern China. *PLoS ONE*, 8(2): e57277.

- Otuka A, Huang SH, Sanada-Morimura S, Matsumura M, 2012. Migration analysis of *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae) from the Philippines to Taiwan under typhoon-induced windy conditions. *Appl. Entomol. Zool.*, 47(3): 263–271.
- Otuka A, Watanabe T, Suzuki Y, Matsumura M, Furuno A, Chino M, 2005. A migration analysis of the rice planthopper *Nilaparvata lugens* from the Philippines to East Asia with three-dimensional computer simulations. *Popul. Ecol.*, 47(2): 143–150.
- 包云轩, 严明良, 袁成松, 李金建, 2008. “海棠”台风对褐飞虱灾变性迁入影响的个例研究. *气象科学*, 28(4): 450–455. [Bao YX, Yan ML, Yuan CS, Li JJ, 2008. Case studies of the influence of Haitang Typhoon (0505) on the catastrophic immigrations of *nilaparvata lugens* (stal). *Scientia Meteorologica Sinica*, 28(4): 450–455.]
- 陈若麓, 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. [Chen RH, Cheng XN, 1980. Preliminary study on *Nilaparvata lugens* take-off behavior with its own biological rhythm, the synchronous relationship between environmental factors. *Journal of Nanjing Agricultural College*, (2): 42–49.]
- 陈若麓, 程遐年, 杨联民, 殷向东, 1979. 稻飞虱卵巢发育及其迁飞的关系. *昆虫学报*, 22(3): 281–282. [Chen RH, Cheng XN, Yang LM, Yin XD, 1979. The relationship between ovarian development and migration of rice planthopper. *Acta Entomologica Sinica*, 22(3): 281–282.]
- 陈晓, 2013. 水稻两迁害虫种群灾变的气候背景及前期预警指标研究. 博士后科研工作报告. 南京: 南京农业大学. [Chen X, 2013. Study on the climatic background of two migratory pests population catastrophe and rice early warning index. Postdoctoral research work report. Nanjing: *Nanjing Agricultural University*.]
- 程遐年, 陈若麓, 习学, 杨联民, 朱子龙, 吴进才, 钱仁贵, 杨金生, 1979. 褐稻飞虱迁飞规律的研究. *昆虫学报*, 22(1): 1–21. [Chen XN, Chen RH, Xi X, Zhu ZL, Wu JC, Qian RG, Yang JS, 1979. Study on migration of *Nilaparvata lugens*. *Acta Entomologica Sinica*, 22(1): 1–21.]
- 程遐年, 吴进才, 马飞, 2003. 褐飞虱研究与防治. 北京: 中国农业出版社. 106–122. [Cheng XN, Wu JC, Ma F, 2003. Research and control on *Nilaparvata lugens*. Beijing: *China Agricultural Press*. 106–122.]
- 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. [Deng WX, 1981. Study on air migration of *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera*. *Acta Phytophylacica Sinica*, 8 (2): 73–81.]
- 封传红, 翟保平, 张孝羲, 汤金仪, 2002a. 我国低空急流的时空分布与稻飞虱北迁. *生态学报*, 22(4): 559–565. [Feng CH, Zhai BP, Zhang XX, Tang JY, 2002a. Climatology of low-level jet and northward migration of rice planthoppers. *Acta Ecologica Sinica*, 22(4): 559–565.]
- 封传红, 翟保平, 张孝羲, 汤金仪, 2002b. 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. [Feng CH, Zhai BP, Zhang XX, Tang JY, 2002b. Immigration of the 1991 outbreak populations of rice planthopper (*Nilaparvata lugens* and *sogatella fercifera*) into northern China. *Acta Ecologica Sinica*, 22(8): 1302–1314.]
- 郝振华, 杨海博, 张海燕, 吴蔚, 方源松, 盛仙娇, 张发成, 陈燕芳, 张孝羲, 翟保平, 2011. 台风莫兰蒂对褐飞虱迁飞的影响. *应用昆虫学报*, 48(5): 1278–1287. [Hao ZH, Yang HB, Zhang HY, Wu W, Fang YS, Sheng XQ, Zhang FC, Chen YF, Zhang XX, Zhai BP, 2011. The influence of typhoon meranti (1010) on migration of *nilaparvata lugens*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(5): 1278–1287.]
- 王翠花, 翟保平, 包云轩, 2009. “海棠”台风气流场对褐飞虱北迁路径的影响. *应用生态学报*, 2(10): 2506–2512. [Wang CH, Zhai BP, Bao YX, 2009. Effects of typhoon ‘Haitang’ airflow field on the northward migration route of rice brown planthopper. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2(10): 2506–2512.]
- 王翠花, 翟保平, 2013. 褐飞虱在台风系统中的降落特征. *南京农业大学学报*, 36(6): 30–36. [Wang CH, Zhai BP, 2013. Landing characteristics of *nilaparvata lugens* (St(a)) in typhoon. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 36(6): 30–36.]
- 翟保平, 1995. 我国北方稻区稻飞虱的成灾机制: 一个假说. *灾害学*, 10(3): 23–28. [Zhai BP, 1995. The disaster mechanism of rice planthopper plagues in northern China: a hypothesis. *Disaster science*, 10(3): 23–28.]
- 翟保平, 2004. 昆虫行为研究中日长的计算. *昆虫知识*, 41(2): 178–184. [Zhai BP, 2004. Computing the day length for programming insect behavior. *Chinese Bulletin of Entomology*, 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. [Zhai BP, Zhang XX, Cheng XN, 1997. Parameterizing the migratory behaviour of insects I: Behavioural analysis. *Acta Ecologica Sinica*, 17(1): 7–17.]