

台风莫兰蒂对褐飞虱迁飞的影响^{*}

郝振华^{1**} 杨海博¹ 张海燕¹ 吴蔚¹ 方源松¹
盛仙娇² 张发成² 陈燕芳³ 张孝羲¹ 翟保平^{1***}

(1. 南京农业大学植物保护学院昆虫学系 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. 浙江省金华市植物保护站 金华 321017; 3. 金华市婺城区植保测报土肥站 金华 321000)

摘 要 通过对2010年10号台风莫兰蒂(Meranti)进行流场分析和过程分析,阐明了此次台风对浙江稻区9月上中旬褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 的迁飞造成的影响。结果表明:(1) 台风过境前,其外围前方的强东南气流及高空下沉气流为褐飞虱提供了运载工具和降落条件,虫源基本来自浙江东南部和迁入区附近区域;(2) 台风过境时,由于天气恶劣,部分站点上灯虫量很小,但金华和遂昌处于台风眼范围内,天气较好,风速较小,为之前随大风和降雨迁入的大量虫群提供上灯的机会,造成上灯高峰,虫源地主要来自浙江省南部;(3) 台风过境后,受台风后部西南风和降雨影响,福建中北部和南部有褐飞虱随降雨迁入浙江稻区,但虫量较小。(4) 根据浙江为东部临海的地理位置和台风的气旋式辐合流场的特点,从本研究结果看,莫兰蒂台风的影响仅为中小尺度范围。

关键词 褐飞虱,台风,虫源分析

The influence of typhoon Meranti (1010) on migration of *Nilaparvata lugens*

HAO Zhen-Hua^{1**} YANG Hai-Bo¹ ZHANG Hai-Yan¹ WU Wei¹ FANG Yuan-Song¹
SHENG Xian-Jiao² ZHANG Fa-Cheng² CHEN Yan-Fang³ ZHANG Xiao-Xi¹ 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, Ministry of Agriculture of China, Nanjing 210095, China;

2. Jinhua Plant Protection Station, Jinhua 321017, China; 3. Jinhua Wucheng Plant Protection Station, Jinhua 321000, China)

Abstract The influence of typhoon Meranti on the migration of the brown planthopper (BPH) *Nilaparvata lugens* (Stål) was analyzed in September 2010. The following results were obtained: (1) Before the advent of the typhoon, the upper air was affected by a strong southeast wind and downdraft which favored the migration and settlement of BPH from the periphery of the typhoon. The source region of the immigrants was southeastern Zhejiang and nearby areas. (2) There were few light trap catches of BPH on the day of the typhoon at most stations except for Jinhua and Suichang. This might be because these stations were in the eye of the typhoon and consequently experienced fine weather with light breezes and a downward airflow. The source region of the immigrants to these sites might be the nearby southern part of Zhejiang Province. (3) After the passage of the typhoon, areas at the rear of the typhoon experienced prevailing southwest wind and rainfall which may have resulted in a small light trap capture peaks of immigrants from the north-central and southern parts of Fujian Province. (4) These results suggest that the geographical position of Zhejiang on the east coast, combined with the cyclonic convergence field, create conditions for the medium and small scale migration of rice planthoppers from this region.

Key words brown planthopper, typhoon, trajectory analysis

影响褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) (BPH) 发生的环境因素有很多,其中最重要的是农业环

* 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建设项目(nycytx-001)。

**E-mail: fancyrain@126.com

***通讯作者, E-mail: bpzhai@njau.edu.cn

收稿日期: 2011-08-12, 接受日期: 2011-09-05

境、大气背景和地理条件,台风就是影响褐飞虱迁飞的一种重要的天气过程。台风在我国登陆的时间主要集中在7—9月,这正是褐飞虱在我国北迁南返的活跃季节,也是褐飞虱对我国水稻主产区危害最严重的季节。

台风对褐飞虱降落的影响,前人已有研究报道。包云轩等(2008)通过分析1991—2005年我国褐飞虱灯诱监测资料和台风登陆等数据,发现15年中有52个台风登陆我国东部水稻主产区,其中16个台风对褐飞虱灾变性迁入带来重大影响。卢冬梅等(2006)认为:2005年南昌地区稻飞虱暴发流行与台风偏多有关,受频繁登陆的台风影响,全市降水量较常年同期明显偏多,而高空飞行的稻飞虱降落到地面,必须依赖于当地的下沉气流或降水的携带。吴家展和邱玉秀(2006)认为2005年台风致使虫群大量迁入导致每次台风过后稻飞虱诱虫量急剧增加。

2010年第10号台风莫兰蒂从我国东部福建省登陆,沿途经过浙江省大部分地区,对当地褐飞虱的迁飞造成重大影响,有多个站点在莫兰蒂过境期间出现上灯高峰,个别地区还出现年度灯诱虫量的峰值。莫兰蒂对褐飞虱迁飞过程中有怎样的具体影响?本文通过对台风发生过程、行经路线和台风流场按过境前、中、后的不同时段分别进行分析,试图阐释台风莫兰蒂对褐飞虱迁飞的影响机理,以期能为台风影响下褐飞虱后期发生的防控工作提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 虫情及气象资料

虫情资料:在全国农业技术服务指导中心网站查询部分虫源地虫情资料;金华市生态工程实验区系统田调查所得的田间虫情资料、灯诱监测资料。

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6h1次,1°×1°,26个高度层,GRIB格式)

台风资料:浙江气象台公布的台风路径卫星影像;台风路径图绘制根据北京大学物理学院的大气与海洋科学系KMA地面分析高空地面天气图(每3h更新1次,PNG格式)上提供的经纬度坐标。

1.2 灯诱调查

在田间设一盏80W诱虫灯,从7月底到9月底逐日记录灯下褐飞虱和白背飞虱虫量,并结合金华市植保站提供的灯诱虫量历史资料,确定褐飞虱和白背飞虱主害代迁入峰和迁入量。

1.3 卵巢解剖

根据雌虫卵巢发育级别可以判断褐飞虱种群性质。参照程遐年等(2003)提出的卵巢发育分级标准,逐日解剖系统调查田的褐飞虱长翅型成虫以判断田间种群性质。

1.4 轨迹分析

用NOAA的HYSPLIT平台计算白背飞虱的迁飞轨迹。轨迹计算的参数设定:1)褐飞虱是顺风迁移的(陈若簏和程遐年,1980;Riley *et al.*, 1991,1994;Furuno *et al.*, 2005);2)褐飞虱在日出前或日落后1h内起飞,且以日落后1h内为主(陈若簏和程遐年,1980;Riley *et al.*, 1991,1994;Furuno *et al.*, 2005);3)褐飞虱秋季迁飞高度为距地1000m左右(邓望喜,Riley *et al.*, 1991,1994,1981);4)褐飞虱飞行温度阈值为16.5℃(Ohkubo,1973;陈若簏和程遐年,1980;Riley *et al.*, 1991,1994)。回推轨迹以降虫区为起点,回推时刻以灯诱高峰日前1天、前2天或当天的18:00加上续飞时间为起点,续飞时间3~36h,回推至褐飞虱起飞时刻,确定起飞地点。结合浙江省测报站水平高度和高空温度,选择3个回推轨迹高度,分别为500、1000、1500m。

2 结果与分析

2.1 虫情与天气状况

2010年9月8日05:00第10号台风(莫兰蒂,Meranti)在我国台湾省偏南海面上生成,取西北路径,绕过台湾省,于9月10日3:30在福建石狮登陆,登陆时中心风力12级,阵风达14级。9月10日傍晚19:00由庆元南部进入浙江,并在20h经过丽水龙泉减弱为热带低压,11日从上海离陆,在黄海东部消失。历时4d,历程2000多公里,影响到我国台湾、广东、福建、浙江、江西、安徽、江苏等多个省市,最大直径400km。

在此次天气过程中,浙江省4个站点都出现了稻飞虱上灯高峰,台风过境前1天9月9日遂昌、温州和龙游等站点都出现了褐飞虱上灯高峰,

遂昌和温州站点还出现了白背飞虱上灯高峰;台风过境时9月10日遂昌和金华都出现了白背飞虱和褐飞虱上灯高峰;而过境后9月11日温州和9月12日龙游分别出现褐飞虱和白背飞虱上灯高峰(图1)。

2.2 台风过境前

9月9日,台风登陆前数小时内,我国长江以南、青藏高原以东大片地区受到了台风倒槽外围的影响,包括浙闽大部、赣北、湘东盛行偏东气流;而在浙闽近海面上有强劲的南风,在到达大陆前转向成东南风,浙江大部受此东南风影响:遂昌、温州、龙游都处于台风形成的低压外围,盛行东南风(图2)。9月8日20:00,遂昌、龙游垂直速度以下沉气流为主($0.4 \sim 1 \text{ Pa/s}$),9日14:00至20:00遂昌和温州有降雨($6.25 \sim 12.5 \text{ mm}$)(图3,图

5:A),有利于褐飞虱和白背飞虱的降落。

9月9日,遂昌、温州、龙游站点都出现褐飞虱上灯高峰,其中遂昌和温州也出现了白背飞虱上灯高峰(图1)。以这3个地点的18:00为起点每3h进行回推,12h和24h轨迹终点都落在海面上。海面上不可能有稻飞虱起飞,因此上灯应该来自12h以内的轨迹终点分布范围内。遂昌和龙游回推轨迹终点排除雨区后(雨区不能起飞,故也为无效轨迹)虫源区在浙江东南部站点附近,包括缙云、永康、吉田(图3)。而温州回推轨迹全部落在海面上,因此,温州的虫源为灯诱站点附近虫群或本地虫群扑灯,至于扑灯的褐飞虱到底是本地起飞的虫源,还是属邻近区域外迁来的,还有待进一步区分研究。

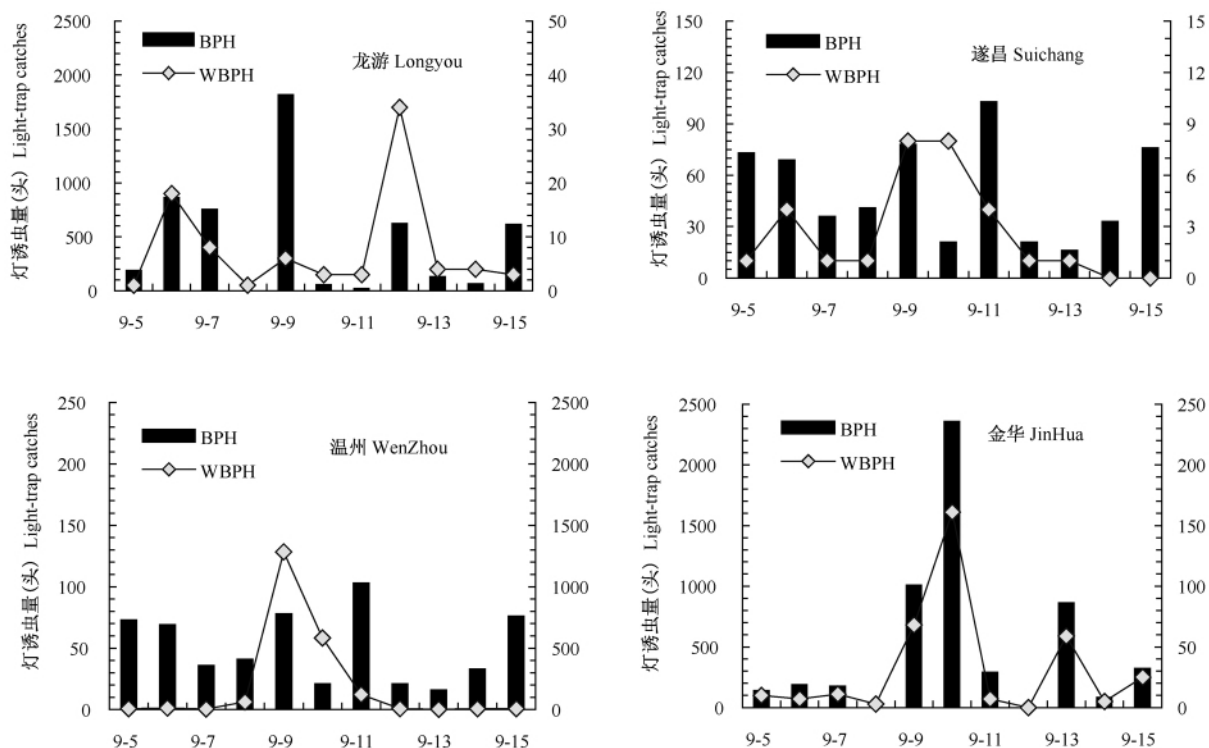


图1 浙江遂昌、温州、龙游、金华褐飞虱(BPH)和白背飞虱(WBPH)9月5日-15日逐日上灯虫量

Fig.1 The daily light trap catches of BPH and WBPH in Longyou, Suichang, Wenzhou, and Jinhua from 5 Sep. to 15 Sep., 2010

2.3 台风过境时

10日19:00,“莫兰蒂”从福建政和进入浙江庆元20:00在浙江龙泉减弱为热带低压。穿过松

阳、武义、金华、义乌、诸暨、绍兴,于11日08:00离开浙江进入上海(图6)。10日台风过境当天,金华和遂昌褐飞虱和白背飞虱上灯虫量都很大,

尤其金华褐飞虱上灯虫量达到 2010 年最大值, 单灯虫量达 2 357 头, 而龙游和温州 2 个测报站上灯虫量都很小(图 1 8) 分别为 21 和 56 头。受台风天气影响, 金华和遂昌上空 850 hPa(10 日 20:00) 盛行东南风, 风速 8~12 m/s(图 4: A), 9 日傍晚

20:00 时金华垂直速度(0.2~0.4 Pa/s) 和遂昌垂直速度(0.4~1 Pa/s), 均以强下沉气流为主(图 5: B), 且 10 日 14:00 至 20:00 金华和遂昌有降雨(0.01~2.5 mm)(图 9), 有利于两地褐飞虱和白背飞虱的降落。

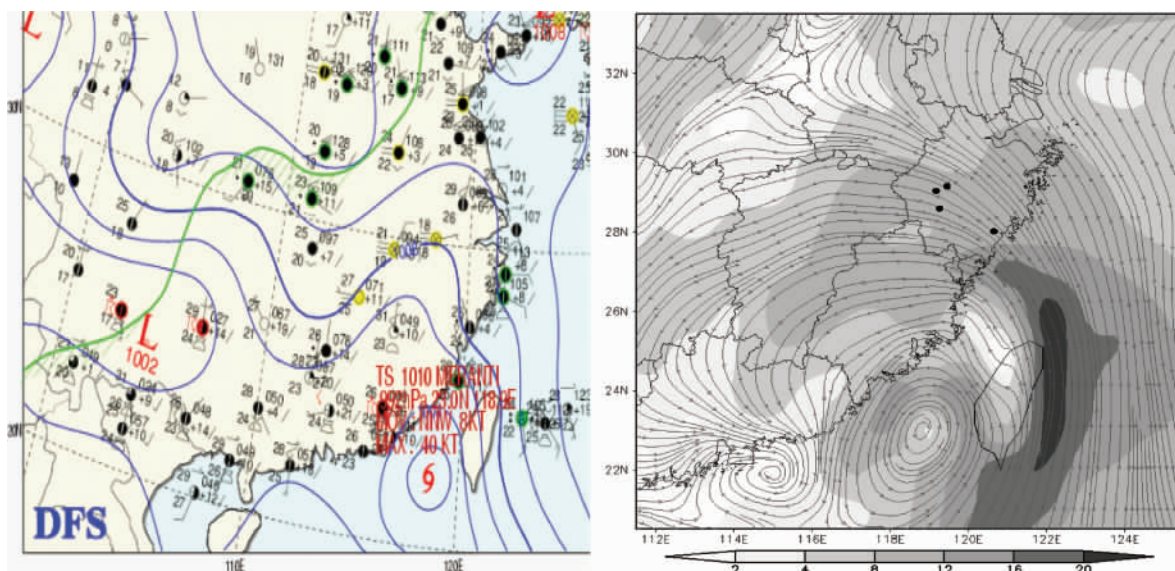


图 2 9 月 9 日 20:00 地面天气图(左) 和 850 hPa 水平风场的流线和风速分布(右)

Fig. 2 The surface chart (left) and the streamline and wind speed distribution (right) on 850 hPa at 20:00 on 9 Sep.

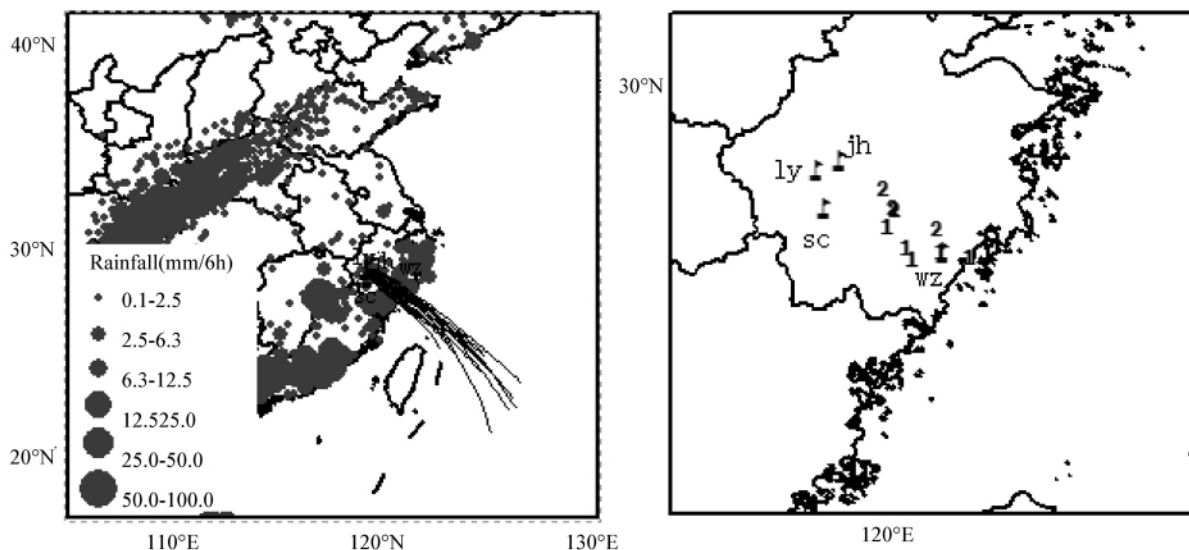


图 3 遂昌(sc)、温州(wz)、龙游(ly) 9 月 9 日回推轨迹(左) 和有效终点分布(右) 及 9 日 14:00—20:00 降雨分布
Fig. 3 The rainfall distribution during 14:00 to 20:00 and backward trajectories(left) and effective endpoints(right) from Suichang(sc), Wenzhou(wz), and Longyou(ly) on 9 Sep.

右图中的数码 1 和 2 示遂昌和龙游 12 h 内迁飞轨迹落点。

On the right figure: The digit means the trajectory endpoints from Suichang(1) and Longyou(2) within 12 h.

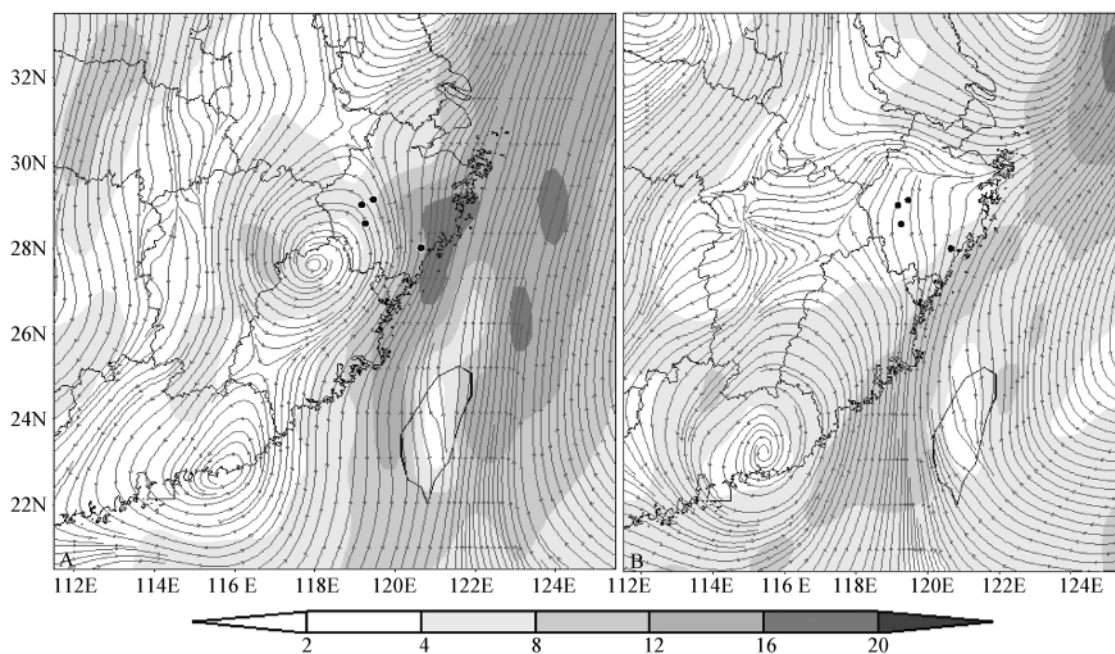


图 4 9月10(A) - 11日(B) 20:00 850 hPa 水平风场的流线和风速分布

Fig. 4 The streamline and wind speed distribution at 20:00 on 850 hPa from 10 Sep. (A) to 11 Sep. (B)

4个黑点代表站点,由北到南依次为:金华、龙游、遂昌、温州。

The black dots present stations of Jinhua ,Longyou ,Suichang and Wenzhou from north to south ,respectively.

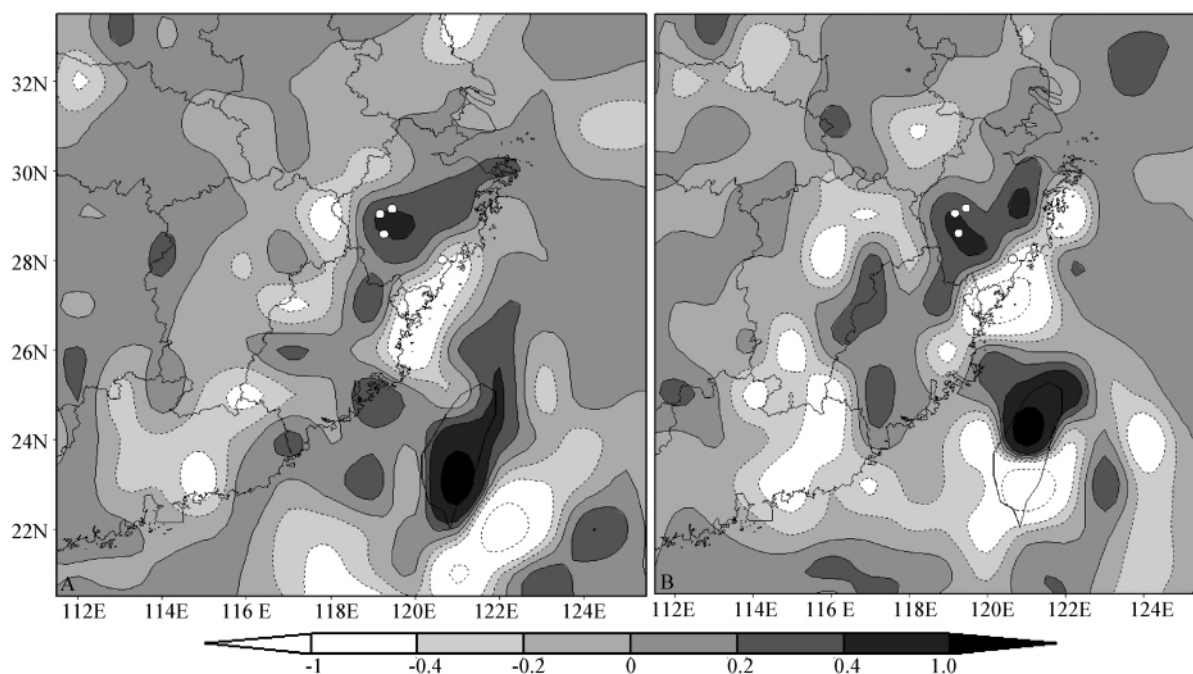


图 5 9月8日(A) - 9日(B) 20:00 850 hPa 垂直风速 (Pa/s) 分布

Fig. 5 The vertical wind velocity at 850 hPa at 20:00 from 8 Sep. (A) to 9 Sep. (B)

4个白点代表站点,由北到南依次为:金华、龙游、遂昌、温州。

The white dots present stations of Jinhua ,Longyou ,Suichang and Wenzhou from north to south ,respectively.

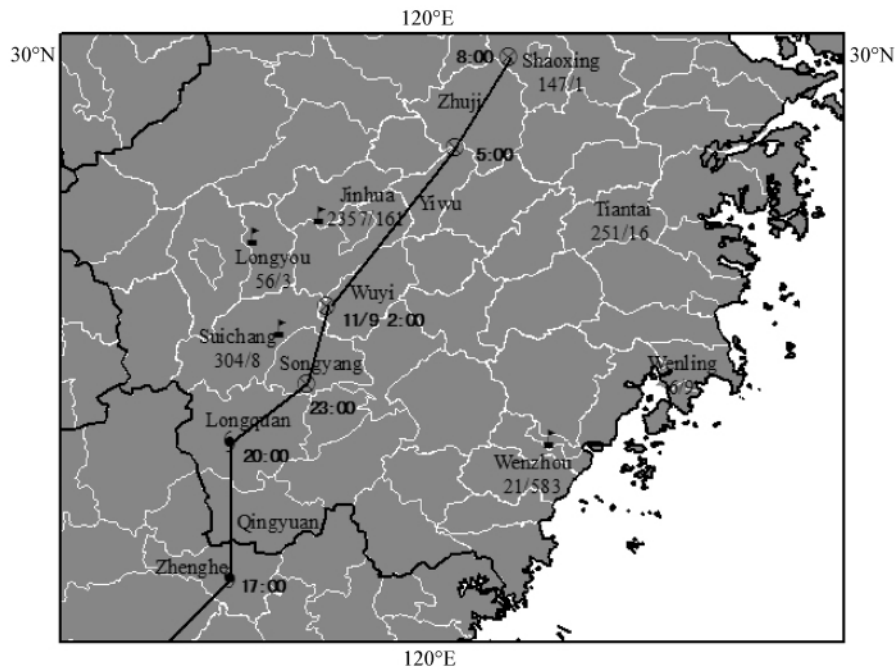


图 6 台风莫兰蒂 (Meranti) 进入浙江后的路径

Fig. 6 The track of typhoon (Meranti) in Zhejiang

图中时间为台风经过时间, 所标数字为褐飞虱/白背飞虱当天灯诱虫量

The time on the map are the moment passed by typhoon, and digit are the light trap catches of BPH/WBPH on that day.

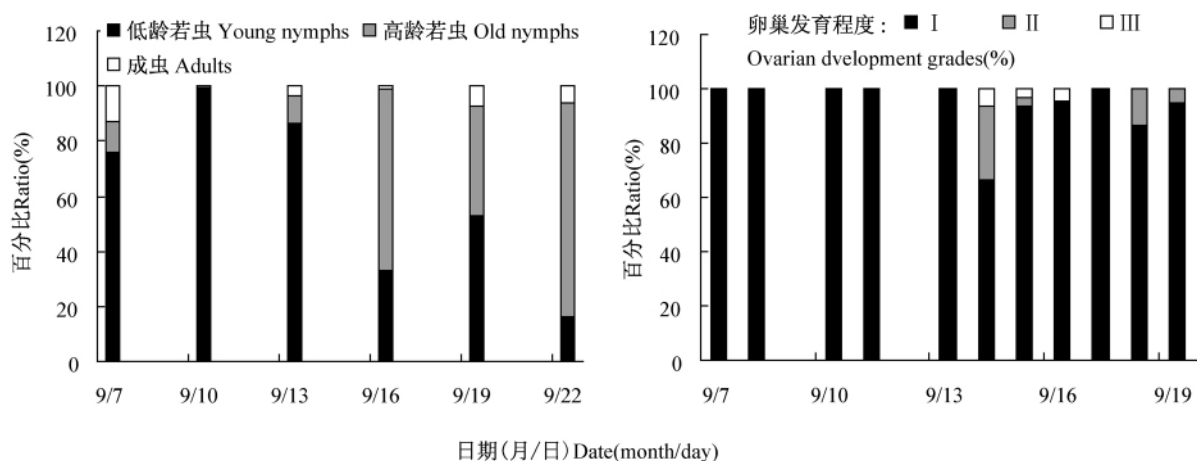


图 7 2010 年 9 月褐飞虱田间种群结构(左)和灯下褐飞虱卵巢解剖结果(右)

Fig. 7 The population structure (left) and the ovary dissection of light trap catches of BPH (right)

以金华和遂昌为起点自 10 日 18:00 起, 每 3 h 回推一次轨迹, 续航飞行 12 h 内回推有效轨迹终点(代表 10 日 18:00 起飞)位于浙南的丽水, 包括

缙云、吉田、云和、庆元、龙泉、松阳和景宁畲族自治县, 而 12 h 以上有效轨迹终点(9 日 18:00 起飞)主要位于台湾省北部(图 9)。同时在金华田

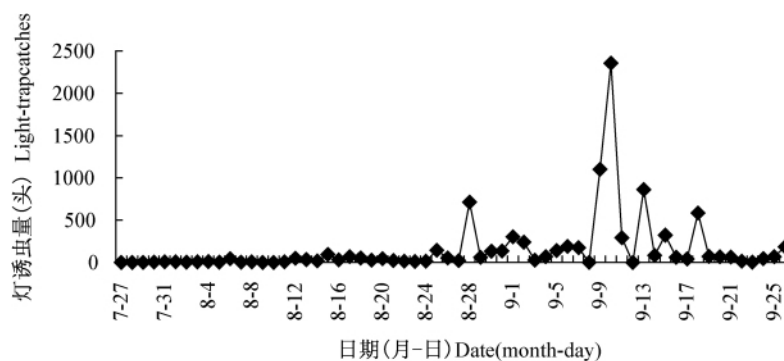


图8 2010年金华褐飞虱逐日上灯虫量

Fig.8 The daily light trap catches of BPH in Jinhua in 2010

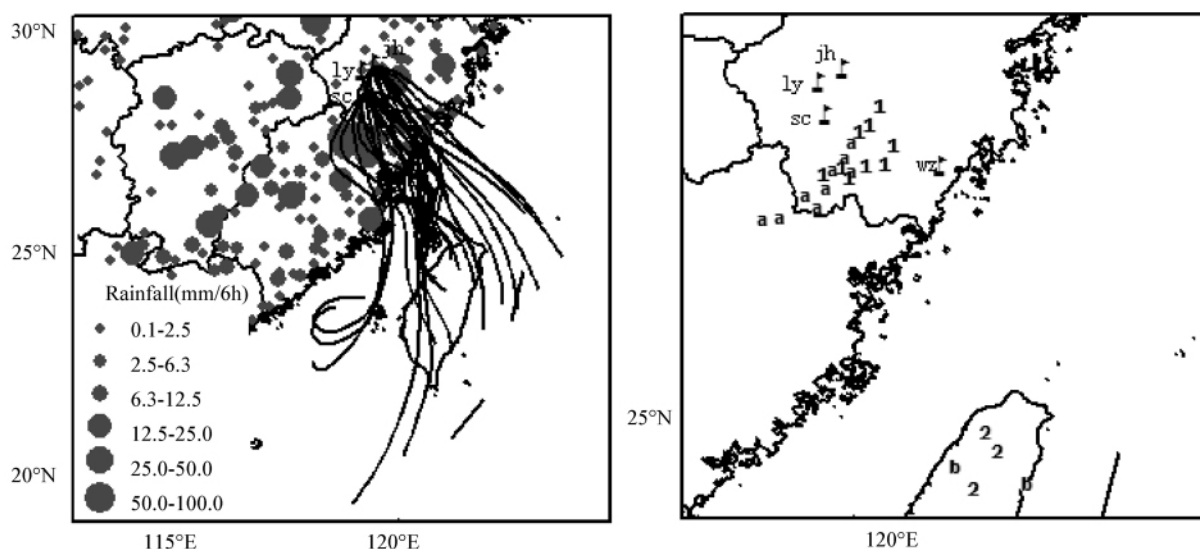


图9 浙江金华(jh)、遂昌(sc)9月10日14:00-20:00降雨分布、回推轨迹(左)和轨迹终点分布(右)

Fig.9 The rainfall from 14:00 to 20:00, backward trajectories(left) and endpoints(right) started from Jinhua(jh) Suichang(sc) on 10 Sep.

右图: 金华12 h内轨迹落点(1), 12 h到36 h落点(2); 遂昌12 h内轨迹落点(a), 12 h到36 h落点(b)。

On the right figure: The digit means the trajectory endpoints from Jinhua within 12 h (1) and between 12 to 36 h (2), and the alphabet represents the trajectories from Suichang within 12 h (a) and between 12 to 36 h (b).

间进行了虫龄发育进度系统调查和灯下褐飞虱长翅型雌成虫卵巢解剖,结果表明台风过境期间田间褐飞虱以低龄若虫为主占99.2%,成虫数量很少,只占0.47%(图7左),说明田间虫群不可能为灯诱提供本地上灯或迁出虫源,而台风过境当天的9月10日灯下卵巢解剖又都为I级(图7右)。这种上灯虫群都为I级的征状也说明虫群高峰很可能为近距离迁入虫群,即10日18:00从丽水市迁入的虫群,而非远距离迁飞。因此浙江南部是此次飞虱迁入的主要虫源地。

2.4 台风过境后

11日台风过境之后,温州出现了褐飞虱上灯高峰,12日龙游出现了白背飞虱上灯高峰,但虫量都较小(图1)。受台风后部气流影响,温州和龙游上空850 hPa盛行南风,风速2~4 m/s,且都出现了降雨,有利于褐飞虱和白背飞虱的降落(图4:B,图10,11)。

以温州为起点每3 h做回推轨迹24 h轨迹终点都落在海面上,海面上不可能有稻飞虱起飞,因此上灯应该来自12 h以内的轨迹终点分布范围

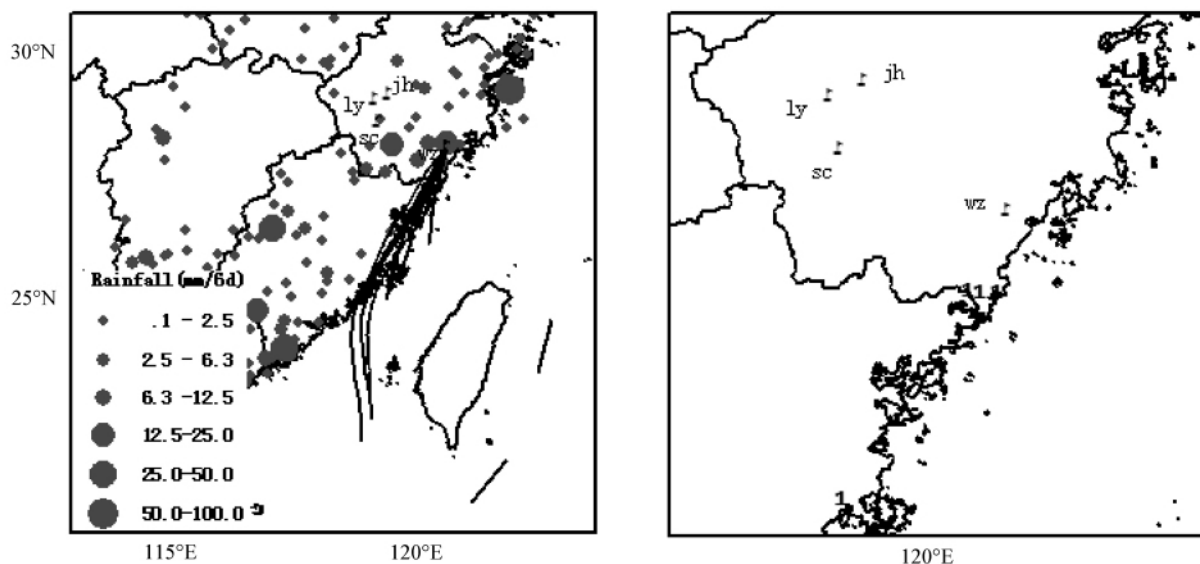


图 10 浙江温州(wz) 9 月 11 日 14:00–20:00 降雨分布、回推轨迹(左) 和 12 h 内终点分布(右)

Fig.10 The rainfall from 14:00 to 20:00 ,backward trajectories(left) and endpoints(right) started from Wenzhou (wz) within 12 h on 11 Sep.

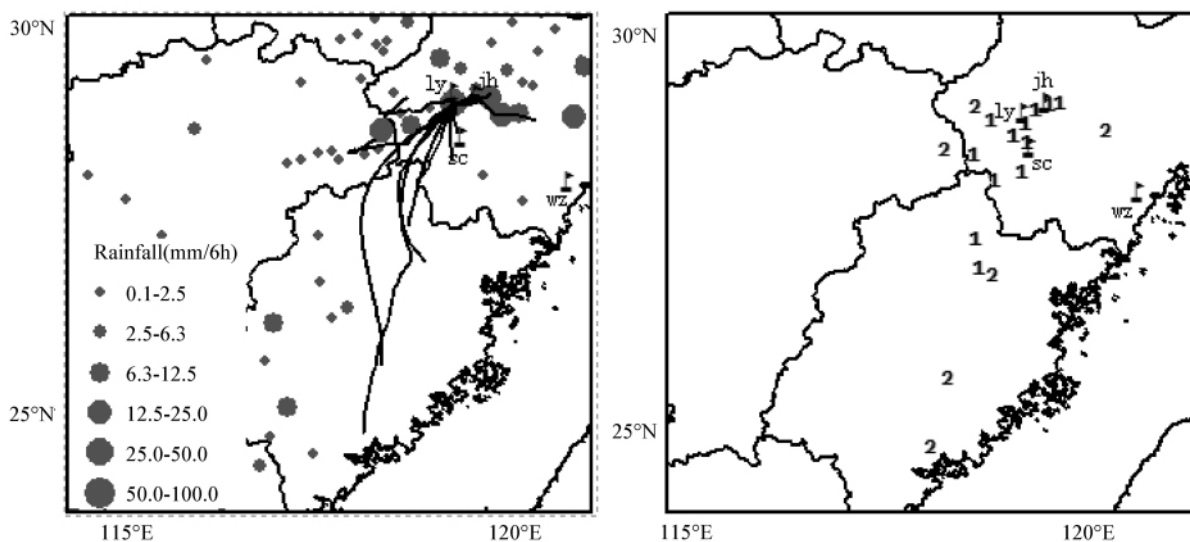


图 11 浙江龙游(ly) 9 月 12 日 14:00–20:00 降雨分布、回推轨迹(左) 和轨迹终点分布(右)

Fig.11 The rainfall distribution from 14:00 to 20:00 and backward trajectories (Left) and effective endpoints (right) started from Longyou(ly) on 12 Sep.

右图: 龙游 12 h 内轨迹落点(1) ,12 h 到 36 h 落点(2)。

On the right figure: The digit means the trajectory endpoints from Longyou within 12 h (1) and between 12 to 36 h (2) .

内。12 h 内轨迹终点(11 日 18:00 起飞)大部分落于海面上,零星落于福建莆田(图 10)。莆田是福建省水稻主要种植区之一,但对应当日并没有褐飞虱上灯虫峰,因此温州褐飞虱上灯虫峰可能来自站点附近或是本地虫群上灯。台风过境当天,受强降雨和大风天气影响,本地种群不可能起

飞外迁,而在台风过境后的次日外迁,出现灯诱高峰。

12 日,龙游出现了 2 种飞虱的上灯高峰。而 12 日晚龙游附近都处于强降雨区中心,有利于飞虱的集中降落(图 11)。以龙游为起点的回推轨迹终点大多落在龙游附近的浙江西南部,还有另一

些落在福建中部(图 11)。因 12 日晚龙游及附近都处于强降雨区中心,白背飞虱无法起飞,因此可排除其为主要虫源区。而福建的轨迹终点大都落于福建省水稻主产区如建阳、建瓯、德化和同安,此时福建的单季晚稻田已经进入黄熟期,正处于稻飞虱的迁出期,如 9 月 11 日同安白背飞虱上灯 376 头。同时,这些地方 11 日和 12 日傍晚均无降雨,不影响白背飞虱的起飞外迁(图 10,11)。因此福建中北部和南部是此次飞虱迁入的虫源地。

同时可以看出,由于 11 日和 12 日 2 d 的飞虱是来自不同的虫源地,以及 2 d 间降雨中心自南向北的移动(图 10,11),因而导致出现 2 d 内有不同地点的扑灯高峰,其中降雨是影响降落的主要因素。

3 结论与讨论

9 月中旬以后,长江三角洲及江南地区的广大稻区,随着单季稻进入生长后期,田间积累的褐飞虱种群开始往南回迁。本文详细讨论了台风莫兰蒂在 2010 年 9 月 9—12 日对浙江稻区稻飞虱迁飞过程的影响。台风过境前,测报站点受到台风外围东南强气流的影响,盛行东南风,且前一日傍晚起垂直方向以下沉气流为主,当日遂昌和温州有降雨,有利于飞虱的降落,经轨迹结果分析证实虫源基本来自站点附近的浙东南区域;台风过境当日,由于天气恶劣,龙游和温州 2 个站点上灯虫量很小,但遂昌和金华上灯虫量都很大,造成此次迁入高峰有以下 2 个原因:一方面在 11 日 02:00,遂昌离台风中心 25 km 以内,金华离台风中心 40 km 以内(据天气图),都处于台风眼范围内(台风眼直径一般约为 30~60 km),天气情况较好,风速较小,台风眼高空盛行下沉气流,有利于空中虫群的集中降落,并也为台风前随大风和降雨迁入的大量虫群提供上灯的机会,本例显示台风中心经过时金华灯下出现了全年最高虫峰,而其他 2 个站点龙游、温州离台风眼范围较远,受台风中心外围大风和降雨的恶劣天气影响,降落少,或即使降落大量虫群也无法上灯,因此台风过境当日灯诱量很小;另一方面,台风中心经过遂昌和金华时正处于傍晚至午夜,恰好与褐飞虱扑灯行为的高峰时期相吻合;而台风中心沿途经过的其他站点由于时间与稻飞虱扑灯高峰时间不符,故灯诱量较小。如绍兴当日褐飞虱上灯量是 147 头,白背飞虱 1

头。台风过境后的 11—12 日,受台风后部西南风和降雨影响,福建中北部和南部有褐飞虱迁出,并随降雨迁入浙江龙游。此次受台风影响的迁入过程,台风过境前和过境时虫源主要来自站点附近浙江省南部,过境后则来自站点附近、福建中北部和南部。

前人对台风影响的研究如包云轩等(2008)通过对台风“海棠”的三维流场和降水分布分析作了一般性论述,认为水平流场决定空中虫源输送路径,垂直气流场决定了褐飞虱起飞和降落的区域,降水分布及量级大小在对褐飞虱的降落和存活有一定作用。蒋耀培等(2006)认为 2005 年上海地区稻褐飞虱大发生与受到台风“麦莎”和“卡努”的侵袭密切相关,并推论是台风的辐合气流将各地虫群卷入台风本体环流中,并由上升气流送往高空,跟随台风迁移而迁移,最后随雨水和下沉气流迁入上海等地。彭小梅(2007)认为 2005 年因为影响江西安福县的台风偏多、台风环流、降雨等因素决定了当年双季晚稻遭受稻飞虱的严重为害。关于台风对稻褐飞虱迁入和大发生的影响还有很多报道,但都是定性描述,缺乏深入分析,尤其是台风路径、强度、降水量和风向等台风过程与稻褐飞虱大发生间的关系尚未涉及,且普遍认为台风对稻飞虱迁飞的影响是大范围、大尺度的效应。

本文从台风行径路线、台风场气流、降水量和风向等作为切入点,针对台风“莫兰蒂”对褐飞虱降落过程的中小尺度的影响进行了详细分析,并分别阐明了台风过境前、过境时和过境后的降虫原因和虫源地。台风的基本结构复杂,最内层台风眼内盛行下沉气流,天气晴朗,风平浪静。台风眼外侧为台风壁,为最强的涡旋风雨区,这里盛行强烈的辐合上升气流,出现狂风暴雨,风力常常在 12 级以上,是台风中天气最恶劣的区域。再向外为外围大风区,风速向外减小,风力通常在 6 级以上,也是一般认为对昆虫迁飞影响最大的区域。根据浙江为东部临海的地理位置和台风的气旋式辐合流场的特点,从本研究的结果来看,台风莫兰蒂的影响范围与一般的水平流场或低空急流场相比,远没有后者大,仅为中、小尺度的影响范围,飞虱迁飞的虫源区大部分在浙江南部,少数在福建中北部。台风中心过境时的影响范围更小,可能只有几十公里,甚至可能由本地虫群扑灯。台风

莫兰蒂尚属于能量较弱的台风,仅侵入我国东部沿海 3 省,历时 3 d,至于对另一些可远伸入内陆的强台风型的影响尺度范围则可能会有不同的,需有待今后结合实例再进行研究分析。

另外,由于台风各层次结构中有不同的涡旋气流和垂直气流方向和速度的迅速变化,因此随着台风中心在短时间内的移动,并和昆虫扑灯行为节律间的吻合情况,其行径所经过的各地点之间的飞虱扑灯数量是很不均匀的。但从本例金华站点台风中心经过时所形成的特大上灯虫峰来看,可以认为台风过境时和过境前后各站点的上灯高峰确与台风结构中复杂的对流层有关,虫群可被卷入台风本体环流中后,空中的褐飞虱虫群可能被台风不断聚集,形成大量虫群,后随雨水和下沉气流迁入台风移动外围区域,造成大量虫群的迁入。或由于强风和暴雨影响,大部分褐飞虱不能起飞而在当地居留,部分尚未交配的个体第 2 天仍会趋灯(陈若簾等,1984),而只有处于台风眼区域内的褐飞虱由于天气晴好在台风过境当天可以趋灯。在国外,用雷达也曾观测到过台风辐合带中形成昆虫的聚集的现象,且台风眼中也常常观察到鸟群的出现(Chapman and Drake,2010)。但由于气象数据和技术有限,还无法对台风的影响进行精细的微尺度分析,台风辐合带中褐飞虱的聚集现象尚需要进一步的模拟和探讨。

参考文献(References)

- 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.
- Chapman JW, Drake VA, 2010. Insect migration. *Encyclopedia of Animal Behavior*, 2: 161—166.
- 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.
- 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,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,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.
- Furuno A, Chino M, Otuka A, Matsumura TM, Suzuki Y, 2005. Development of a numerical simulation model migration of rice planthoppers. *Agricultural and Forest Meteorology*, 133(1/4): 197—209.
- 蒋耀培,李军,杨秋珍,汪祖国,龚才根,沈雁君, 2006. 2005 年上海地区稻褐飞虱大发生特点及原因. 植物保护,32(4): 96—97.
- 卢冬梅,孙六娣,罗美娟,2006. 2005 年南昌地区稻飞虱暴发流行与气象条件的关系. 江西农业学,18(2): 106—107.
- Ohkubo N, 1973. Experimental studies on the flight of planthoppers by the tethered flight technique. I: Characteristics of flight of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stål) and effects of some physical factors. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 17(1): 10—18.
- 彭小梅,2007. 安福县稻飞虱暴发的气候条件分析及防治措施. 农技服务,24(8): 48—49.
- 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. *Ecological Entomology*, 16(4): 471—489.
- Riley JR, Reynolds DR, Smith AD, Rosenberg LJ, Cheng XN, Zhang XX, Xu GM, Cheng J, Bao AD, Zhai BP, Wang HK, 1994. Observation on the autumn migration of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) and other pests in east central China. *Bulletin of Entomological Research*, 84: 389—402.
- 吴家展,邱玉秀,2006. 昭平县 2005 年晚稻稻飞虱特大发生. 广西植保,19(3): 29—30.

安徽江淮地区灰飞虱的春季迁飞与扩散^{*}

王 丽^{1**} 韩 超¹ 徐艳博¹ 蔡广成² 孙友武² 胡学友² 张孝羲¹ 翟保平^{1***}

(1. 南京农业大学植物保护学院昆虫学系 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. 凤台县植保站 凤台 232100)

摘 要 通过 2009、2010 年春季对江淮地区安徽凤台麦田及灯诱灰飞虱 *Laodelphax striatellus* (Fallén) 种群的系统调查和雌虫卵巢的系统解剖,明确了本地越冬后灰飞虱的种群性质,作为灰飞虱能否迁飞的判据;运用美国 NOAA 网站的 HYSPLIT 平台对本地的迁入高峰做了数值模拟和虫源分析。结果表明:(1)江淮稻区灰飞虱麦田种群的迁移动态为远距离迁飞与本地扩散相结合;(2)在本地范围内,灰飞虱的本地繁殖型长翅成虫于麦收前可从麦田向秧田迁移扩散,在不利于长翅成虫起飞进行远距离迁飞的天气条件,如降雨、大风等的影响下,麦田迁飞型种群可向附近的秧田扩散;(3)灯诱与田间长翅雌虫卵巢解剖表明本地 2010 年 6 月 5 日和 12 日出现迁入虫群;虫源轨迹分析显示 2010 年 6 月 5 日迁入虫峰来自苏中的扬州地区,6 月 12 日迁入虫源来自鲁南济宁地区。

关键词 灰飞虱,春季迁飞,本地扩散,轨迹分析

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

WANG Li^{1**} HAN Chao¹ XU Yan-Bo¹ CAI Guang-Cheng² SUN You-Wu²
HU Xue-You² ZHANG Xiao-Xi¹ 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, Ministry of Agriculture of China, Nanjing 210095, China;

2. Fengtai Plant Protection Station, Fengtai 232100, China)

Abstract In order to clarify whether the 1st generation of the small brown planthopper (SBPH), *Laodelphax striatellus* (Fallén) could undertake long distance migration in eastern China, the spring population properties of the 1st generation of this pest was studied in the Jianghuai region of Anhui Province through field surveys in wheat and rice seedling fields, light-trap catches and ovarian dissection of macropterous females. The migration pathways of SBPH were simulated and analyzed by HYSPLIT, a NOAA trajectory analysis platform. The results were as follows: (1) The population displacement of SBPH in wheat fields during the end of spring included long distance migration between different regions and local dispersal within Jianghuai District. (2) SBPH dispersed to rice seedling plots from wheat fields just before wheat harvest, or when the aerial migration of macropterous individuals was prevented by weather conditions such as precipitation and strong winds. (3) There were two migratory peaks in the spring of 2010, 5th June and 12th June, respectively. Trajectory analysis showed that the population source areas of the former migration event were in Yangzhou, central Jiangsu Province, and the latter in Jining, in southern Shandong Province.

Key words *Laodelphax striatellus*, spring migration, local dispersal, trajectory analysis

灰飞虱 *Laodelphax striatellus* (Fallén) 地,在我国的主要发生地为长江中下游及华北地区。(SBPH)广泛分布于东亚、东南亚、欧洲和北非等区。它能取食为害水稻、小麦、大麦、玉米、高粱、

* 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建设专项(nycytx-001)。

**E-mail: 2009102126@njau.edu.cn

***通讯作者,E-mail: bpzhai@njau.edu.cn

收稿日期:2011-08-12,接受日期:2011-09-05