

2007 年广西早稻田褐飞虱发生动态及虫源分析

齐国君¹, 芦芳¹, 胡高¹, 王凤英¹, 程遐年¹, 沈慧梅¹, 黄所生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, 农业部作物病虫害监测与防控重点开放实验室 南京 210095;

2. 广西农业科学院植物保护研究所, 南宁 530007)

摘要:褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 是我国水稻上的重要害虫, 近年来在全国连续大暴发, 给我国水稻生产造成严重的损失。广西是境外虫源迁入我国的第一站, 分析其早稻田褐飞虱的种群动态和迁飞规律, 对全国褐飞虱的预测预报和防治工作意义重大。采用田间系统调查与雌虫卵巢系统解剖的方法研究了 2007 年南宁地区早稻田的褐飞虱发生动态和世代种群特征, 分析全区灯诱数据确定迁入高峰期, 并运用美国 NOAA 网站的 HYSPLIT 平台对 2007 年广西褐飞虱早期的 6 段迁入高峰期进行了数值模拟和虫源地分析。

结果表明: (1) 2007 年广西南宁地区褐飞虱在晚熟品种田的发生虫量明显高于早熟品种田, 发生、危害期明显延长, 为我国北方其他稻区的褐飞虱的迁入积累了充足的虫源基数。(2) 确定了南宁地区的早稻田褐飞虱各发生世代的虫源性质。第 2 代属于大部迁入型; 第 3 代前期属于本地繁殖, 部分迁入型, 后期属部分迁出型; 第 4 代属于大部分迁出型。(3) 4 月下旬—5 月上旬, 虫源地主要分布在越南、老挝中部的地区 (18°—20°N); 5 月中下旬, 虫源地主要分布在越南、老挝较北的地区 (20°—22°N), 部分来自我国海南省和雷州半岛; 而 6 月上旬桂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; 低空急流为广西褐飞虱大规模迁入提供了运载气流, 而当时的降雨是迫使褐飞虱集中降落的主要原因。

关键词:褐飞虱; 卵巢发育; 虫源性质; 迁飞; 轨迹分析

Dynamics and population analysis of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stål) in the early rice field in Guangxi Municipality, 2007

QI Guojun¹, LU Fang¹, HU Gao¹, WANG Fengying¹, CHENG Xianian¹, SHEN Huimei¹, HUANG Suosheng², ZHANG Xiaoxi¹, ZHAI Baoping^{1,*}

1 Department of Entomology, College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Key Laboratory of Monitoring and Management of Crop Diseases and Pest Insects, Ministry of Agriculture of China, Nanjing 210095, China

2 Plant Protection Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, China

Abstract: The brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stål) (BPH), a major pest of rice, has produced successive pest outbreaks in China in recent years, resulting in serious damage to rice production. As Guangxi Municipality is the principal area of China where immigrants first arrive, a better understanding of the dynamics and the source areas of immigration of populations of the pest in early rice crops in Guangxi will be beneficial for the prediction and suppression of this pest in other rice cropping areas of China. In this paper, the population dynamics and characteristics of the pest in double-cropped early-season rice fields in Nanning were studied through systematic investigation of female ovarian maturity. The spatio-temporal distributions of source areas of BPH immigration peaks in Guangxi in 2007 were analyzed by using HYSPLIT, a trajectory analysis software for the simulation of migration trajectories, and light trap catches of BPH.

We obtained the following results: (1) The population density of BPH in the late variety rice crop was significantly

基金项目:国家 973 资助项目 (2006CB102007); 国家“十一五”科技支撑计划资助项目 (2006BAD08A01); 农业公益性行业科研专项资助项目 (200803003)

收稿日期: 2008-10-07; 修订日期: 2009-01-17

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

higher during the late period than in that of the early variety crop, and the period of occurrence and crop damage were also longer in the late variety, which might provide an adequate source for population outbreaks in northern China later in the season. (2) The population characteristics of BPH for each generation in double-cropped early-season rice fields in Nanning showed that the mated ratio and proportion of matured ovaries (Ⅲ—Ⅴ grade) in the 2nd generation (21 April—20 May) were 80.9% and more than 70% respectively, so the 2nd generation was estimated to be mostly immigrants, but supplemented by some local breeding. However, the mated ratio and proportion of matured ovaries (Ⅲ—Ⅴ grade) at the beginning of the 3rd generation (21 May—6 June) were 60.2% and 72.2% respectively, falling to 19.4% and 25% later (7 June—20 June). Therefore, the 3rd generation resulted mostly from local emergence, but with some immigration during 21 May—6 June and some emigration during 7 June—20 June respectively. The mated ratio and the proportion of immature ovaries (Ⅰ grade) in the 4th generation were 17.7% and 80.7% respectively, indicating that these were largely emigrants. (3) Simulations of migration trajectories during the major immigration peaks in 2007 indicated that most of the immigrants came from the centre of Vietnam or Laos (18—20°N, 102—106°E) from late April to early May; from the north of Vietnam or Laos (20—22°N, 104—107°E), and also from Hainan Province and Leizhou Peninsula during mid May to late May; while the massive immigration to northern Guangxi Municipality in early June probably arrived from the north-east of Vietnam (21—22°N, 106—108°E) and the south-west of Municipality. The analysis of weather conditions during migration peaks showed that strong low level jets carried large-scale invasions of BPH into Guangxi, while heavy rainfall caused mass descent into the immigration areas.

Key Words: *Nilaparvata lugens* (Stål); ovarian development; population characteristics; migration; trajectory analysis

褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 是我国水稻上的重要害虫。自 20 世纪 60 年代末开始,褐飞虱在全国暴发频繁,为害日趋严重,20 世纪 70 年代 5 次大发生,80 年代到 90 年代初 12a 间有 8a 大发生,90 年代研制与推广高效低毒的噻嗪酮和吡虫啉及综合防治技术,较好地控制了危害^[1],但近年来,由于境外虫源地和我国的水稻栽培制度及品种变化以及抗药性等方面的原因,沉寂 10a 之久的褐飞虱卷土重来^[2],在全国的发生强度、暴发频率及范围都有明显的加重趋势,局部地区几乎年年大发生,2005 年以来连续大暴发。这给我国水稻生产造成了重大损失。

广西是东南亚褐飞虱虫源春季最早迁入我国的主降区之一,每年 3—5 月份间褐飞虱随西南气流开始北迁并陆续降落与危害广西大部,在其早稻上繁殖后不断向北部稻区迁飞^[3-5]。广西作为褐飞虱迁入与迁出的一个中转站,地理位置十分重要^[5],是迁飞性害虫南北往返的主要路径及繁殖危害地,其迁入的迟早、迁入次数、迁入量的多少与全国褐飞虱发生轻重有密切关系。因此,研究阐明广西早稻田褐飞虱的发生以及迁飞动态,分析其对褐飞虱大发生种群形成所起的作用,对全国的褐飞虱预测预报和防治工作意义重大。

以往对广西褐飞虱种群动态以及迁飞动态的研究往往只是一般性描述,缺乏系统的田间调查、虫源分析及迁飞动态的数值模拟。为此,于 2007 年 4—6 月在广西农科院内设立系统调查田,采用田间系统调查与雌虫卵巢系统解剖相结合的方法,对两块不同系统田褐飞虱的种群动态进行分析,分析了种植晚熟品种对褐飞虱大发生种群形成所起的作用;结合灯诱数据和气象数据,运用美国 NOAA 网站的 HYSPLIT 平台对褐飞虱各迁入峰次进行轨迹分析,追踪我国春季稻飞虱迁入种群的虫源地,根据天气图分析降落高峰期的气象动力学规律,以期对褐飞虱的预测预报和综合治理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 虫情及气象资料

虫情资料:广西植保总站提供的 2007 年全区稻飞虱灯诱资料。

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 6h 一次,1°×1°,26 个高度层,GRIB 格式)。

地图资料:中国省级行政区图(1:4000000)从国家基础地理信息中心(<http://nfgis.nsd.gov.cn>)下载。

1.2 系统调查、诱虫灯设置与卵巢解剖

在广西农业科学研究院水稻试验观测圃进行系统调查,选择3月底移栽、肥力中等、按常规栽培措施管理的两块双季早稻田,整个生长期不内不使用农药防治病虫害,分别记为系统田1,系统田2。其中系统田1栽培品种为福齐占,早熟品种,于5月底扬花,6月29日收割;系统田2栽培品种为桂华占,晚熟品种,于6月上旬扬花,7月7日收割。调查方法采用随机多点取样调查方法^[6],自4月22日始,7月7日结束,每3d1次,分别记录各虫态、虫龄数,并折算成百丛虫量,同时记录水稻的生育期。

在广西农科院内水稻试验田间设一盏200W白炽灯,4月下旬到6月底早稻收割期间,按测报灯操作规范^[6],逐日诱集记载灯下褐飞虱虫量,并结合广西植保总站的提供全区各县(市)灯下褐飞虱灯诱虫量,确定褐飞虱主害代迁入峰和迁入量。

系统调查时用吸虫管分别随机吸取20—30头褐飞虱长翅型雌成虫解剖,解剖方法、虫源性质划分标准及卵巢分级参照陈若箴1979年的V级卵巢分级标准^[7],记录各级卵巢发育级别,并计算各级百分率,确定虫源性质。

1.3 轨迹分析方法及主要参数

轨迹分析主要是依据高空气流来分析迁飞昆虫可能的迁飞路径,本文所用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平台对褐飞虱各迁入峰次进行轨迹回推,运用轨迹分析法(trajjectory analysis)可以对褐飞虱的迁飞动态进行数值模拟,有效的追踪迁入种群的虫源地。在轨迹分析时,假设:(1)褐飞虱是顺风迁移的^[8-9];(2)褐飞虱在日出前或日落后1h内起飞^[10-12];(3)褐飞虱在春夏季主要迁飞高度为距地面1500m左右^[10-15];(4)回推轨迹以降虫区为起点,以晨昏、朦影时刻^[16](广西4—6月份一般分别为北京时间6:00、19:00,转化为UTC时间为22:00、11:00)为降落时间,作为回推的起始时刻,降落日期即灯诱高峰日^[11,14];(5)轨迹分析的飞行时间长度分别取11、24h或35h。

因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,因此在分析得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或作适当的延长或缩短:(1)落点必须在稻区且该稻区内水稻必须处于生长后期,因只有此期才可能存在第2个条件;(2)该稻区有大量长翅型褐飞虱成虫^[17];(3)落点的时间必须符合褐飞虱的迁出起节律,即晨昏或朦影时刻^[16]。以上3个条件缺一不可,以此进行轨迹的取舍或调整,最后剔除不合理路径后得到有效轨迹。以下迁飞轨迹的分析都是根据有效轨迹来判断的。

2 结果与分析

2.1 2007年广西南宁褐飞虱田间种群动态

2007年4—7月,系统调查了南宁市早稻田褐飞虱的种群发生动态。对比分析了南宁地区早熟品种田、晚熟品种田的褐飞虱发生动态(图1),结果表明:两类型田在6月份之前褐飞虱虫量较低,百丛虫量低于100头,发生动态基本一致,但6月份之后晚熟品种田褐飞虱的发生虫量明显高于早熟品种田,且发生、危害期明显延长。

早熟品种田6月上旬为当地第3代卵孵化盛期,田间出现大量的初孵若虫,褐飞虱虫量突增,高峰日(6月6日)达到1164头/百丛,6月中旬水稻进入黄熟期,田间食料条件恶化,褐飞虱虫量渐减,6月24日为当地第4代卵孵化盛期,低龄若虫占96.6%,但由于水稻已经接近收割,大部分不能顺利完成生活世代,为无效虫源;而晚熟品种田第3代孵化盛期较长,初孵低龄若虫量高,百丛虫量明显高于早熟田,且晚熟品种稻田生育期推迟了近10d,在早熟品种稻田中这部分随6月29日收割而被淘汰的褐飞虱若虫,在晚熟品种稻田却可以完成生活世代,羽化为第4代成虫迁出,可见,种植晚熟品种,一方面加重了本地早稻田后期的危害,另一方面提高了种群增长倍数和密度,为我国北方其他稻区的褐飞虱大发生积累了充足的迁出虫源基数。

2.2 褐飞虱田间种群特征及虫源性质分析

褐飞虱在广西北回归线23°N以北大部分地区不能越冬,仅在以南的部分地区间歇越冬,但虫量极低,不

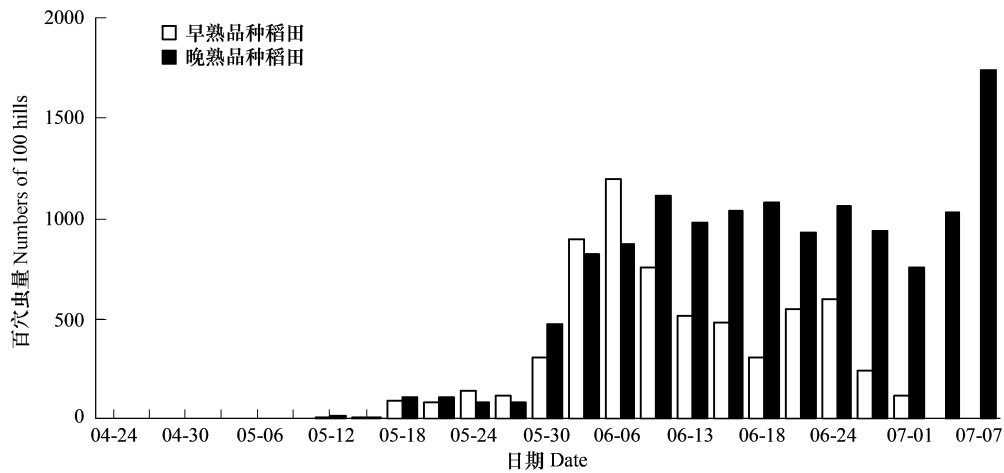


图 1 2007 年南宁地区早稻田褐飞虱田间种群动态

Fig.1 Population dynamics of BPH in double-cropped early-season rice fields, Nanning, 2007

会成为早春稻主害代的有效虫源,因此,广西的初始有效虫源主要来自外地迁入^[3-5]。

褐飞虱世代间的虫源性质划分较为复杂,为了更好的指导防治和解决测报上的问题,本文通过逐日解剖雌虫卵巢的发育进度分析了两个时段(迁入期和迁出期)各级卵巢所占的比例,结果可见:4 月 24 日—6 月 6 日褐飞虱卵巢解剖Ⅲ级以上的成熟卵巢比例平均占 73.1%,而 5 月下旬田间虽已经出现少量新一代的成虫羽化,但 I、II 级未成熟卵巢的比例仍较低,仅占 26.9%,种群性质仍符合迁入种群特征,因此,4 月 24 日—6 月 6 日为褐飞虱的主要迁入期,有少量本地繁殖;而 6 月 7—29 日的田间卵巢解剖显示 I、II 级未成熟卵巢比例平均占 75.5%,Ⅲ级以上的成熟卵巢比例较少,符合本地发生、但大部分逐日迁出型种群的性质,说明此时期内长翅型成虫每日不断外迁,但仍有 14.3%的雌虫卵巢级别在Ⅲ级以上,仍可在本地滞留危害(图 2)。

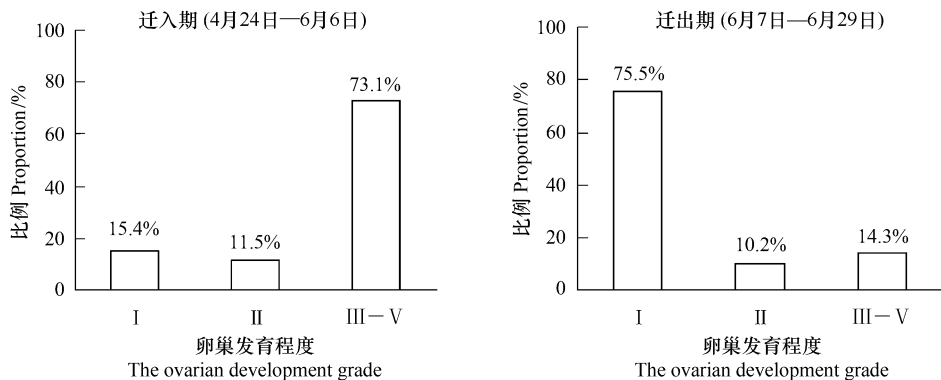


图 2 2007 年南宁不同时期褐飞虱卵巢发育程度

Fig. 2 The ovarian development grade of BPH in different periods, Nanning, 2007

再按全国统一划分世代的方法划分了南宁地区早稻田的褐飞虱各个发生世代,结合卵巢发育程度具体划分了南宁地区褐飞虱的世代虫源性质,2007 年广西南宁早稻田褐飞虱各发生世代的卵巢解剖结果如表 2 所示。南宁地区褐飞虱第 1 代为极少量本地越冬、主要外地迁入,因数量较少,未作解剖;第 2 代数量开始增多,Ⅲ级以上的卵巢比例占 76.2%,I、II 级未成熟的卵巢比例分别占 9.5%、14.3%,交配率为 80.9%,可见第 2 代褐飞虱属于大部迁入型,少量本地繁殖;第 3 代分两个阶段划分:6 月 6 日之前:Ⅲ级以上的卵巢比例占 72.2%,I 级卵巢比例分别占 16.9%,交配率为 60.2%;而 6 月 7 日之后:I 级卵巢比例占 66.7%,Ⅲ级以上的卵巢比例占 25%,交配率为 19.4%,因此,褐飞虱第 3 代前期属于本地繁殖,部分迁入型,后期属于本地繁殖,部分迁出型;第 4 代 I 级的卵巢比例占 80.7%,交配率为 17.7%,但仍有 8.1%的雌虫卵巢级别在Ⅲ级以

上,故属于大部分迁出型,少部分滞留为害。

表 1 南宁早稻田褐飞虱各发生世代的卵巢发育程度

Table 1 The ovarian development of BPH for each generation in double-cropped early-season rice field, Nanning, 2007

代次 Generation	日期 Date	卵巢发育程度各级比例 Ovarian development grades/%			交配率 Mated ratio/%
		I	II	III—V	
第一代 1st generation	—04-20	—	—	—	—
第二代 2nd generation	04-21—05-20	9.5	14.3	76.2	80.9
第三代 3rd generation	05-21—06-06	16.9	10.9	72.2	60.2
	06-07—06-20	66.7	8.3	25.0	19.4
第四代 4th generation	06-21—	80.7	11.2	8.1	17.7

2.3 褐飞虱各迁入峰次的轨迹分析

分析广西植保总站提供的 2007 年龙州、南宁、昭平、永福灯诱数据(图 3)和南宁地区的田间卵巢解剖数据(图 2),并参照灵山、融安、兴安、天峨、马山、融水等地区资料,归纳出 2007 年广西褐飞虱早期 4 月下旬—6 月上旬迁入峰次分别为 4 月 21—25 日,5 月 2—5 日,5 月 19—23 日,5 月 26—30 日,6 月 2—4 日,6 月 7—9 日(图 3)。6 月 9 日后虽然有较大的灯诱高峰,但此时田间已有大量的高龄若虫羽化,例如南宁 6 月 20 日出现灯诱高峰 1258 头(图 3),田间解剖 I、II 级未成熟的卵巢比例占 96.2%,属于迁出高峰,故不在本文分析范围内,因此,本文仅对上述 6 个迁入高峰期进行了当时的气象背景分析和回推轨迹分析,以期探明其迁入的虫源地和大量降落时的气象条件:

(1)4 月 21—25 日 广西第一个明显的迁入峰,稻飞虱开始大量迁入我国华南稻区,迁入峰主降区降落在桂东北。4 月 21 日 20:00(文中所述时间为 BJT,下同)850hPa 高度上,15m/s 以上的西南低空急流自越南中部覆盖广西大部,这为褐飞虱的远距离迁飞提供了运载气流(图 4);4 月 22 日 8:00 850hPa 高度上,广西大部上空没有明显的下沉气流,仅西南部有微弱的下沉气流(图 5),但 4 月 22—24 日有一次明显的降雨过程^[18],这有利于境外虫源大规模集中降陆,因此,此次集中降虫是由降雨所致。昭平 24h、龙州 24h、灵山 35h、永福 35 h 的回推轨迹分析表明,其虫源主要来自越南、老挝中部稻区,如 18—20°N,102—106°E(图 6, a)。

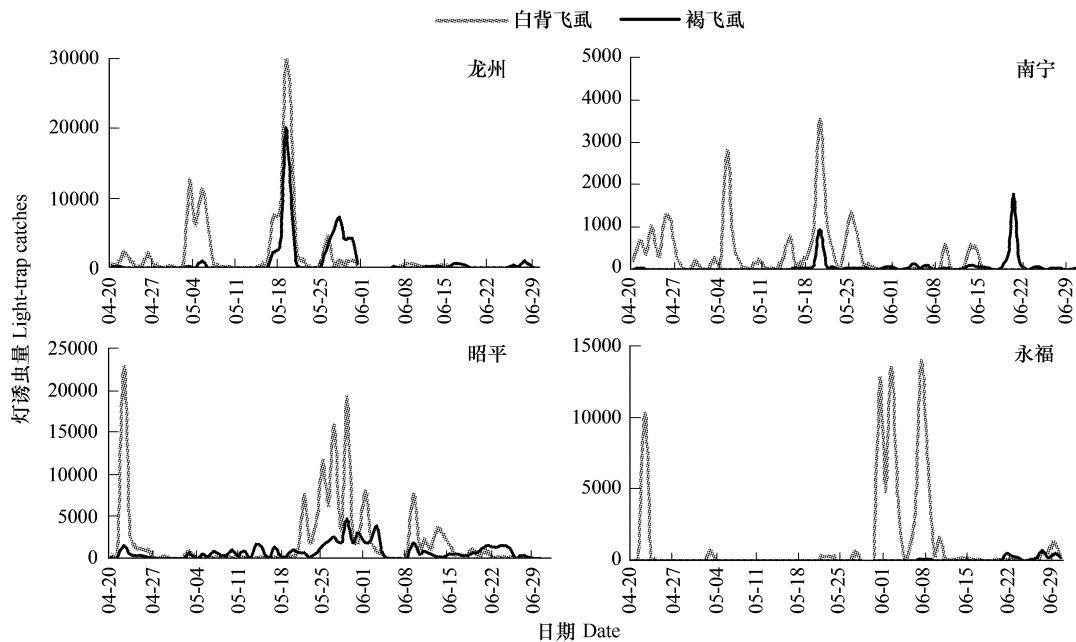


图 3 2007 年龙州、南宁、昭平、永福的稻飞虱灯诱图

Fig. 3 Light-trap catches of rice planthopper in Longzhou, Nanning, Zhaoping, Yongfu in 2007

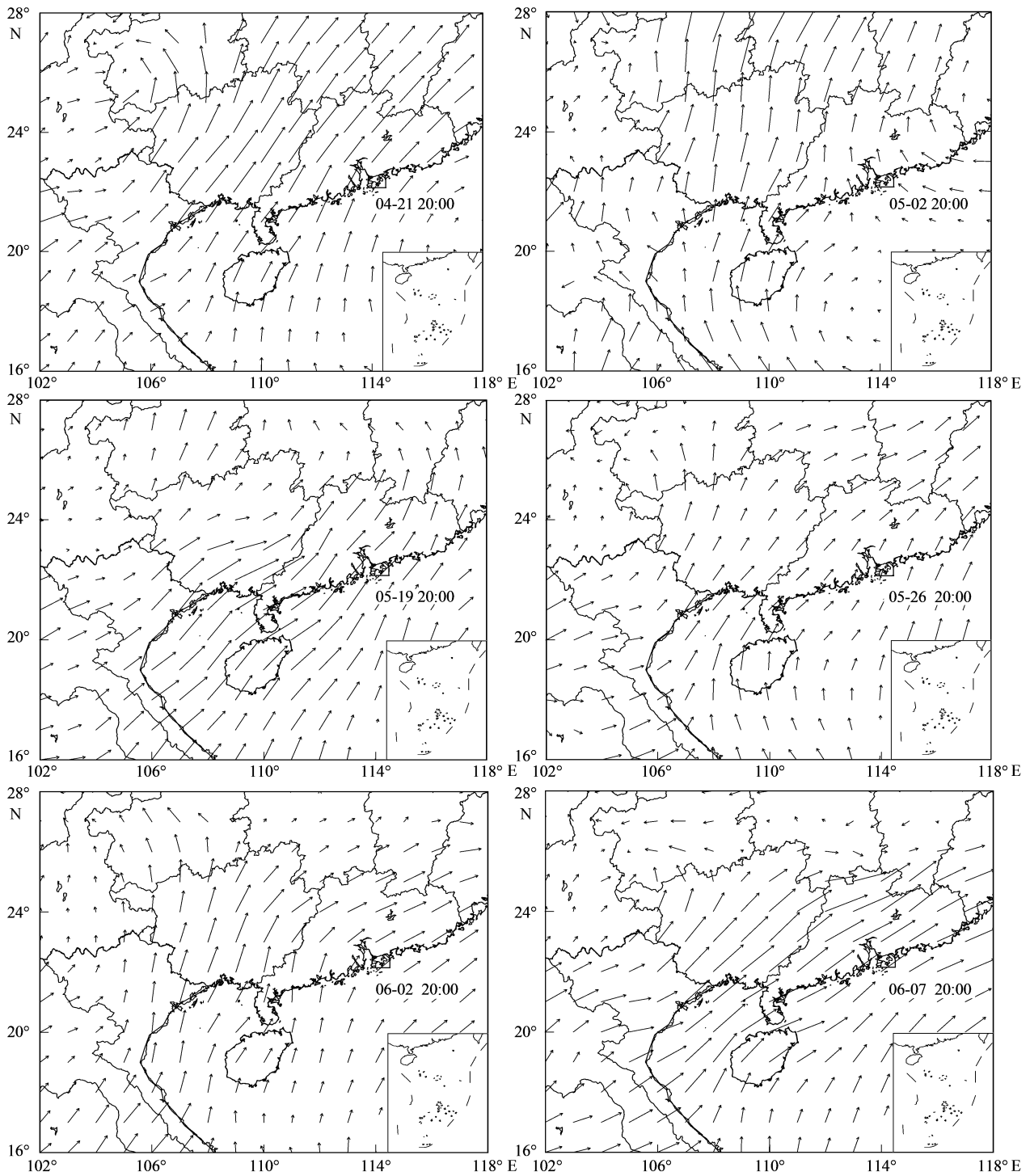


图 4 2007 年广西各迁入高峰期 20:00 850hPa 上的水平风场/(m/s)

Fig. 4 Horizontal wind field /(m/s) on 850hPa at 20:00 during the major immigration peaks, Guangxi 2007

(2)5 月 2—5 日 迁入峰主要降落在桂西南,5 月 2 日 20:00 850hPa 高度上,8—12m/s 偏南气流自越南北部横贯广西(图 4),5 月 3 日 8:00 850hPa 高度上,广西大部上空下沉气流不明显,相反有上升气流(图 5),但 5 月 2—4 日也有一次明显的降雨过程,因此,此次集中降虫也是由降雨所致。龙州 24h 的回推轨迹分析表明,其虫源主要来自老挝中北部地区(18.5°N,104.5°E),而昭平 24h、永福 24h 的回推轨迹分析表明,其虫源主要来自海南省南部稻区,如 18.5—19°N,109—110°E (图 6, b)。

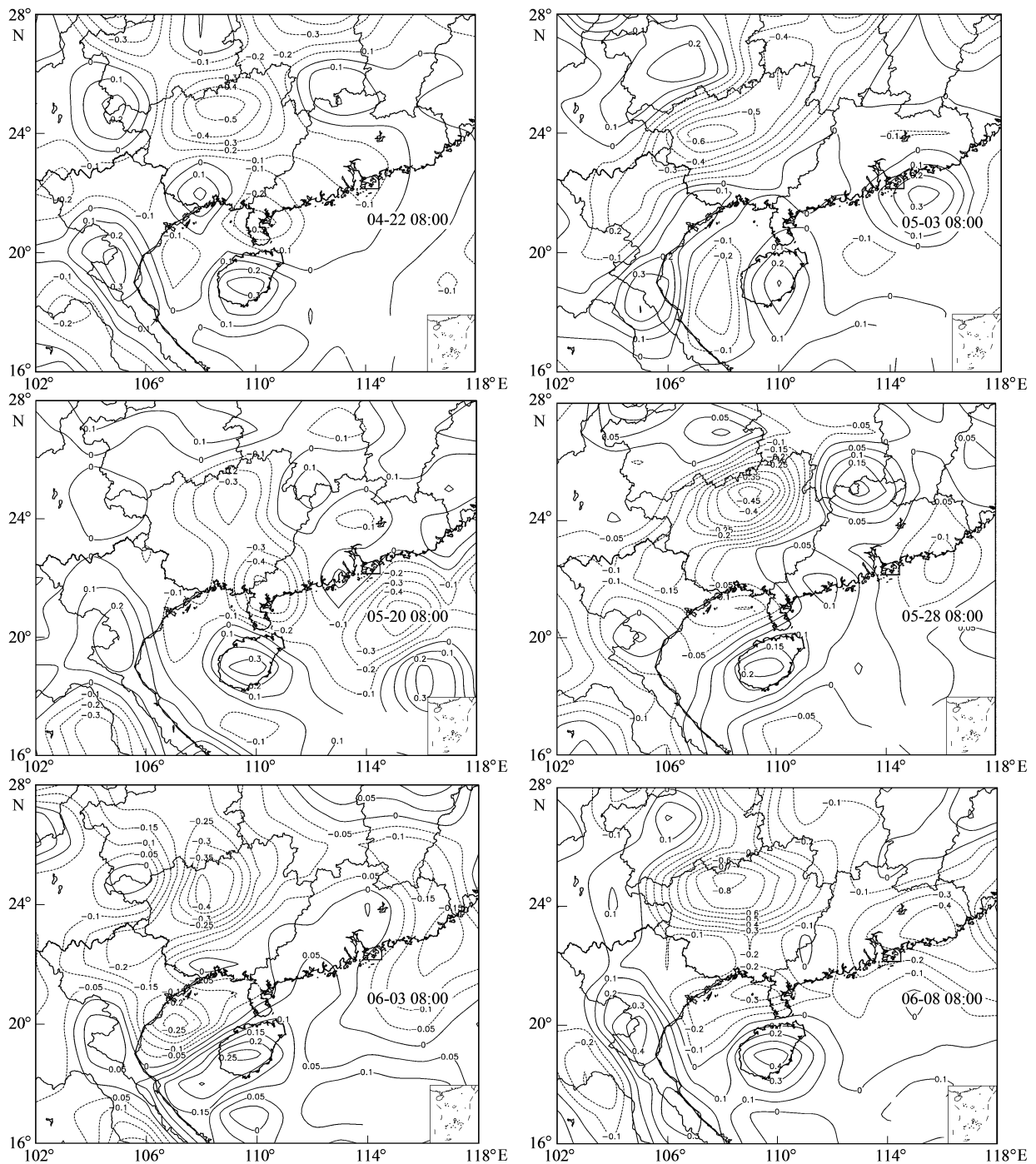


图5 2007年广西各迁入高峰期08:00 850hPa上的垂直速度/(Pa/s)

Fig. 5 Vertical velocity / (Pa/s) on 850hPa at 08:00 during the major immigration peaks, Guangxi 2007

(3)5月19—23日 桂南大部、桂中局部出现迁入峰,5月19日20:00 850hPa高度上,12m/s以上的低空急流横跨越南北部和广西大部,5月20日8:00 850hPa高度上,广西大部有上升气流(图5),对稻飞虱降落不利,但16—21日,广西大部出现较明显的降雨天气过程^[18],是稻飞虱降落的主要原因。龙州11h、融安11h、兴安24h的回推轨迹分析表明,其虫源主要来自越南北部红河三角洲稻区,如20.5—22°N,104.5—107°E(图6,c)。

(4)5月26—30日 广西大部分地区出现明显的上灯高峰,5月27日20:00 850hPa高度上10m/s以上

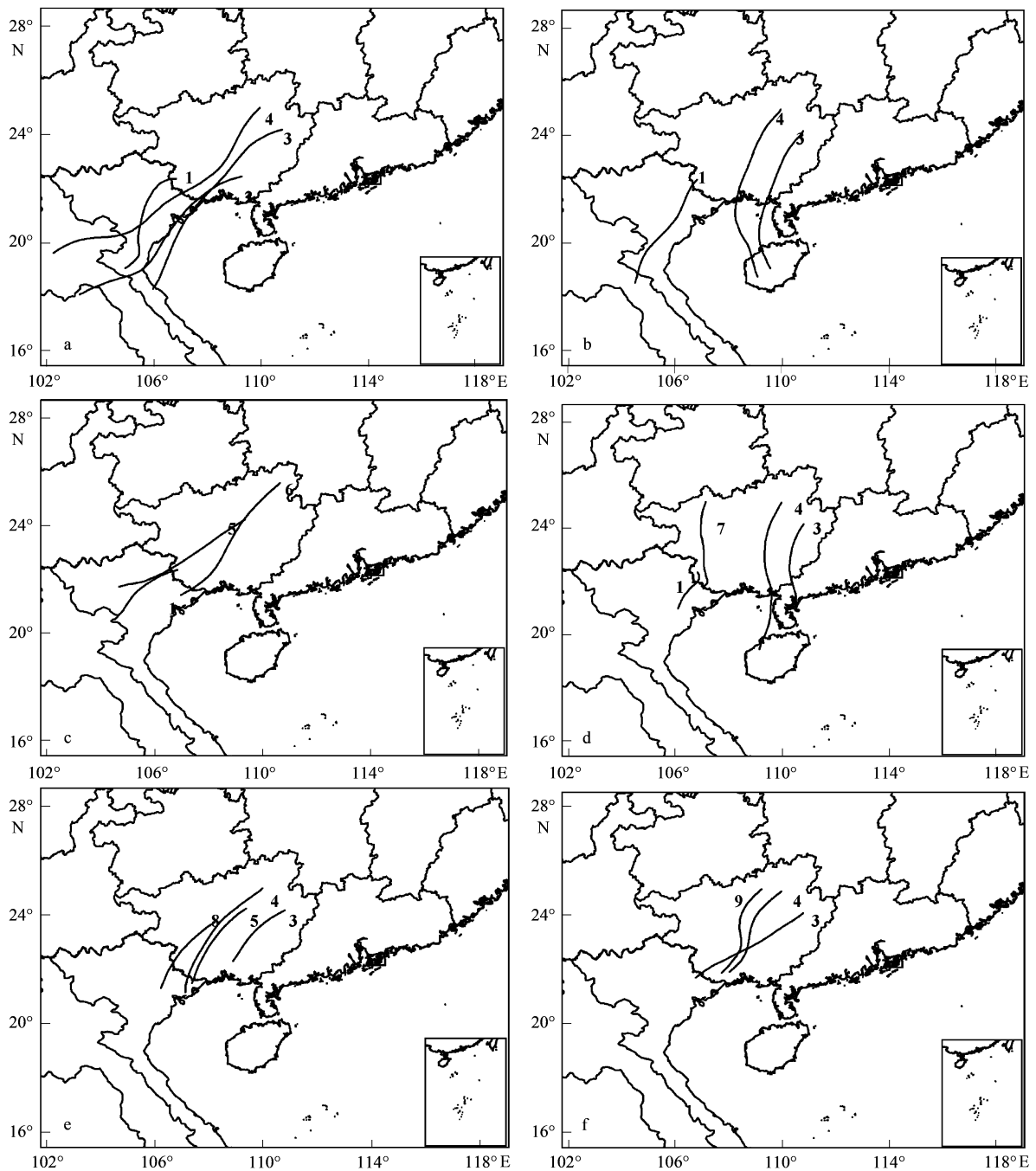


图 6 2007 年广西各迁入期迁入种群的回推轨迹

Fig. 6 The backward trajectories of immigration population during the major immigration peaks, Guangxi 2007

a: 4 月 21—25 日, b: 5 月 2—5 日, c: 5 月 19—23 日, d: 5 月 26—30 日, e: 6 月 2—4 日, f: 6 月 7—9 日; 数字表示回推轨迹起点, 其中 1: 龙州, 2: 灵山, 3: 昭平, 4: 永福, 5: 融安, 6: 兴安, 7: 天峨, 8: 马山, 9: 融水

的西南气流横跨越南北部和广西大部, 可以为稻飞虱提供运载气流(图 4), 5 月 28 日 8:00 850hPa 高度上广西中北部上空有明显的上升气流(图 5), 但 26—28 日广西出现的强降雨过程使得褐飞虱的集中降落^[18]。龙州 11h、天峨 24h 的回推轨迹分析表明其虫源主要来自越南北部稻区, 如 21—22°N, 106—107°E; 昭平 11h 的回推轨迹分析表明虫源来自雷州半岛, 而永福 24h 的回推轨迹分析表明海南省西北部稻区(图 6, d)。

(5)6 月 2—4 日 广西大部出现明显的上灯高峰, 迁入峰主降区在桂东北, 6 月 2 日 20:00 850hPa 高度上, 13m/s 以上的西南气流横跨越南北部和广西大部(图 4), 6 月 3 日 8:00 850hPa 高度上广西大部没有明

显的下沉气流(图5),6月1—3日桂北地区有中到大雨^[18],有利于褐飞虱大规模降落。融安11h、马山11h、永福24h的回推轨迹分析表明其虫源主要来自越南东北部与我国接壤的部分稻区,如21—22°N,106—107.5°E;昭平11h的回推轨迹分析表明其虫源主要来自广西南部沿海稻区(图6,e),此时该区域内水稻正值灌浆后期,食料条件恶化,5月底羽化高峰出现的长翅型成虫不断的外迁,存在为桂北地区提供虫源的可能。

(6)6月7—9日 桂东北地区出现特大迁入峰,6月7日20:00 850hPa高度上,15m/s以上的低空急流横跨越南北部和广西大部,为褐飞虱的远距离迁飞提供了有利的条件,6月8日8:00 850hPa高度上广西中北部有明显的上升气流(图5),但6月6—10日,受西南季风和北方弱冷空气的共同影响,广西出现今年入汛以来范围最广、强度最大、持续时间较长的暴雨天气过程^[18],迫使褐飞虱大规模集中降落(图4)。融水11h、永福11h、昭平11h的回推轨迹分析表明其虫源主要来自广西南部稻区(图6,f)。

综上所述,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,而降雨是迫使稻飞虱降落的主要原因。4月下旬—5月上旬,虫源地主要分布在越南、老挝中部的地区(18—20°N,102—106°E);而5月中下旬,虫源地主要分布在越南、老挝较北的地区(20—22°N,104—107°E),部分来自我国海南省和雷州半岛;6月上旬桂北地区大规模的迁入虫源地主要分布在越南东北部(21—22°N,106—108°E)、广西南部稻区。

3 结论与讨论

轨迹分析法是气象学中研究大气移动路径的方法,Rosenberg等首次采用计算机对褐飞虱的迁飞轨迹进行分析,开创了应用计算机对昆虫迁飞轨迹进行分析的先河^[19],而我国将轨迹分析方法用于迁飞害虫的研究虽起步较晚,但在应用模拟迁飞路径、探索虫源地方面发挥了重要作用。周立阳等分析了江淮稻区稻纵卷叶螟的虫源地及迁飞路径^[20],封传红等分析了我国北方稻区1991年稻飞虱大发生虫源的形成^[14],胡高等对1999年一次褐飞虱迁飞降落过程进行了数值模拟,分析了褐飞虱的降落机制^[11],可见,轨迹分析方法可以有有效的追踪迁入害虫的虫源地以及迁出虫源可能的降落区域,是研究迁飞的重要手段之一。

一次迁飞过程中,各迁入地的降虫量由近及远渐次递减,即距虫源地越远,降虫量越少。程遐年等1979年对褐飞虱提出将迁入地依次分为主降区、突增区、波及区^[1,3];即迁入地位于迁入的主降区,迁飞距离一般在3—6个纬距以内,迁飞时间较短,回推时间也短;而迁入地处于波及区或突增区,距离虫源地较远,迁飞时间也较长,回推时间应适当延长。2007年广西早稻3—5月份和6月上旬均有外地虫源迁入,其中5月份为主迁入时期,仅从2007年4月下旬—6月初6个迁入时段的轨迹分析结果来看:4月下旬—5月上旬,广西大部分地区的迁入虫源地主要分布在越南、老挝中部的地区如18—20°N(图6,a,b);而5月中下旬,虫源地主要分布在越南、老挝较北的地区大多在20—22°N以北的地区,个别出现在18—20°N地区(图6,c,d);6月上旬桂北地区大规模的迁入虫源地主要分布在越南东北部、广西南部稻区(图6,e,f)。以上虫源地的分析与1979年程遐年等用同期突增分析方法研究的第一、二次北迁的虫源地基本相符。

这种不同时期虫源地的差异主要是由于虫源地种植制度的差异所引起。作为褐飞虱的迁出虫源地,首先必须存在大量的长翅型成虫,褐飞虱是以水稻为食的单食性害虫,稻株营养条件对褐飞虱翅型分化有显著的影响,当水稻处于生育后期,尤其在黄熟期至收割期,植株衰老,营养条件恶化,褐飞虱几乎全部成为长翅型成虫,可见,水稻生长发育情况是影响长翅型成虫发生数量和迁出的主要因素^[17]。境外虫源地以越南为例进行分析,越南每年可种植两至三季水稻^[21],与我国水稻稻飞虱迁入虫源关系最密切的就是冬春稻,越南中部冬春稻一般在3—4月份收割^[22-23],越南北部红河流域冬春稻一般在12月份和第2年的1月份播种,5—6月份收获^[21-23],可见,栽种和收获季节一般随纬度变低而提前,且根据越南当地2005、2006年田间调查^①,越南红河三角洲稻区内4—5月份正值褐飞虱发生高峰,存在可以提供虫源的褐飞虱长翅型成虫,因此,越南中北部稻区冬春稻的收获季节相差1—2个月,从而形成了广西早期的虫源地的纬度偏南,而后期偏北的现象。当

① 资料来源:稻飞虱抗药性监测与治理国际研讨会论文集,浙江杭州,2006

然,大量虫源的集中迁入,还必须要有一定的水平气流和下沉气流以及降雨等气象条件的配合。

本文仅根据 2007 年的虫源和天气条件进行分析的,今后还需要从对历史资料的分析中总结出不同年份和气象条件下褐飞虱迁入虫源地的时空变动规律和发生概率;此外,2007 年未能系统解剖灯诱褐飞虱雌虫,不能将田间解剖和灯下解剖结合在一起分析问题。

致谢:广西农业科学院植物保护研究所提供了试验田,广西植物保护总站及各县市植保站提供虫情资料,在此一并致谢。

References:

- [1] Cheng X N, Wu J C, Ma F. Occurrence and Control of Brown Planthopper. Beijing:Chinese Agriculture Press, 2002:26-36.
- [2] Zhai B P, Cheng J A. Proceedings of migratory pests of rice crops. Entomological Knowledge, 2006, 43(4):585-588.
- [3] Cheng X N, Chen R C, Xi X, Yang L M, Zhu Z L, Wu J C, Qian R G, Yang J S. Studies on the migrations of brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stål. Acta Entomologica Sinica, 1979, 22(1):1-21.
- [4] National Cooperated Research Group of Brown Planthopper. Advances in the study of the migration of brown planthopper in China. Scientia Agricultura Sinica, 1981, 14(2):52-59.
- [5] Zhou H B. The occurrence and evolvement of rice planthopper and analysis on its reason. Guangxi Plant Protection, 1996, 9(1):11-14.
- [6] National Cooperated Research Group of Brown Planthopper. The occurrence of brown planthopper and its forecast in china. Scientia Agricultura Sinica, 1980, 13(3):58-64.
- [7] Chen J C, Cheng X N, Yang L M, Yin X D. The ovarian development of the brown planthopper and it' s relation to migration. Acta Entomologica Sinica, 1979, 22(3):280-288.
- [8] Akiko Furuno, Masamichi Chino, Akira Otuka, Tomonari Watanabe, Masaya Matsumura, Yoshito Suzuki. Development of a numerical simulation model migration of rice planthoppers. Agricultural and Forest Meteorology, 2005, 133(1/4):197-209.
- [9] Chen R C, Cheng X N. The take-off behavior of brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stål) and its synchronous relations to the biological rhythm and environmental factors. Journal of Nanjing Agricultural University, 1980, (2):42-49.
- [10] Chen R C, Wu J R, Zhu S D, Zhang J X. Flight capacity of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stål). Acta Entomologica Sinica, 1984, 27(2):121-127.
- [11] Hu G, Bao Y X, Wang J Q, Zhai B P. Case studies on the landing mechanisms of the brown planthoppers *Nilaparvata Lugens* (Stål). Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(12):5069-5075.
- [12] Deng W X. A general survey on seasonal migrations of *Nilaparvata lugens* (Stål) and *Sogatella furcifera* (Horvath) (Homoptera Delphacidae). Acta Phytopylacica Sinica, 1981, 8(2):73-81.
- [13] Feng CH, Zhai B P, Chen Q H, Tang J Y. Analysis of migration pathways of windborne rice planthoppers by 850hPa winds. Meteorologica Agricultura Sinica, 2003, 24(3):31-35.
- [14] Feng C H, Zhai B P, Zhang X X, Tang J Y. Immigration of the 1991 outbreak populations of rice planthopper (*Nilaparvata lugens* and *Sogatella fercifera*) into northern China. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(8):1302-1314.
- [15] Feng C H, Zhai B P, Zhang X X, Tang J Y. Climatology of low level jet and northward migration of rice planthoppers. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(4):559-565.
- [16] Zhai B P. Computing the day length for programming insect behavior. Entomological Knowledge, 2004, 41(2):178-184.
- [17] Zou Y D, Chen J C, Wang S H. The Relation between nutrient substances in the rice plant and wing dimorphism of the brown planthoppers *Nilaparvata lugens* (Stål). Acta Entomologica Sinica, 1982, 25(2):220-222.
- [18] Huang C Y, Wang H S, Lin Z X. The occurrence characteristics of Rice planthopper in Guangxi in 2007 and study on its reason. Guangxi Plant Protection, 2007, 20(S):58-61.
- [19] Rosenberg L J, Magor J I. Flight duration of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Hemiptera:Delphacidae). Ecological Entomology, 1983, 8(3):341-350.
- [20] Zhou LY, Zhang X X, Cheng J Y. Trajectory analysis of *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée for Huaihe and Yangtze River rice areas. Journal of Nanjing Agricultural University, 1995, 8(2):53-58.
- [21] Lü R H, Zhou X, Liang C X, Lu K G. The general situation of rice planting in Vietnam. Guangxi Scientia Agricultura, 2004, 35(2):102-103.
- [22] Wu G R, Yu X P, Tao L Y. Long-term Forecast on the outbreak of Brown Planthopper (*Nilaparva talugens* Stål) and white backed Planthopper (*Sogatella furcifera* Horvath), Scientia Agricultura Sinica, 1997, 30(4):25-29.

- [23] Huo Z G, Chen L, Ye C L, Liu L. Effect of climate on outbreak of china rice planthopper. *Journal of Natural Disasters*, 2002, 11(1):97-102.

参考文献:

- [1] 程遐年, 吴进才, 马飞. 褐飞虱研究与防治. 北京: 中国农业出版社, 2002:26-36.
- [2] 翟保平, 程家安. 2006年水稻两迁害虫研讨会纪要. *昆虫知识*, 2006, 43(4):585-588.
- [3] 程遐年, 陈若簾, 习学, 杨联民, 朱子龙, 吴进才, 钱仁贵, 杨金生. 稻褐飞虱迁飞规律的研究. *昆虫学报*, 1979, 22(1):1-21.
- [4] 全国褐飞虱科研协作组. 我国褐稻虱迁飞规律研究的进展. *中国农业科学*, 1981, 14(2):52-59.
- [5] 周洪波. 广西稻飞虱的发生演变及其原因分析. *广西植保*, 1996, 9(1):11-14.
- [6] 全国褐飞虱科研协作组. 我国褐稻虱的发生动态及预测预报. *中国农业科学*, 1980, 13(3):58-64.
- [7] 陈若簾, 程遐年, 杨联民, 殷向东. 稻飞虱卵巢发育及其与迁飞的关系. *昆虫学报*, 1979, 22(3):281-282.
- [9] 陈若簾, 程遐年. 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*, 1980, (2):42-49.
- [10] 陈若簾, 吴家荣, 祝树德, 张建新. 褐飞虱的飞翔能力. *昆虫学报*, 1984, 27(2):121-127.
- [11] 胡高, 包云轩, 王建强, 翟保平. 褐飞虱的降落机制. *生态学报*, 2007, 27(12):5068-5075.
- [12] 邓望喜. 褐飞虱及白背飞虱空中迁飞规律的研究. *植物保护学报*, 1981, 8(2):73-81.
- [13] 封传红, 翟保平, 陈庆华, 汤金仪. 利用850hPa气流资料分析稻飞虱迁飞路径. *中国农业气象*, 2003, 24(3):31-35.
- [14] 封传红, 翟保平, 张孝羲, 汤金仪. 我国北方稻区1991年稻飞虱大发生虫源形成. *生态学报*, 2002, 22(8):1302-1314.
- [15] 封传红, 翟保平, 张孝羲, 汤金仪. 我国低空急流的时空分布与稻飞虱北迁. *生态学报*, 2002, 22(4):559-565.
- [16] 翟保平. 昆虫行为研究中日长的计算. *昆虫知识*, 2004, 41(2):178-184.
- [17] 邹运鼎, 陈基诚, 王士槐. 稻株营养物质与褐飞虱翅型分化的关系. *昆虫学报*, 1982, 25(2):220-222.
- [18] 黄成宇, 王华生, 林作晓. 2007年广西稻飞虱发生特点及原因分析. *广西植保*, 2007, 20(增刊):58-61.
- [20] 周立阳, 张孝羲, 程极益. 江淮稻区稻纵卷叶螟的轨迹分析. *南京农业大学学报*, 1995, 8(2):53-58.
- [21] 吕荣华, 周行, 梁朝旭, 卢焜光. 越南水稻的栽培概况. *广西农业科学*, 2004, 35(2):102-103.
- [22] 巫国瑞, 俞晓平, 陶林勇. 褐飞虱和白背飞虱灾害的长期预测. *中国农业科学*, 1997, 30(4):25-29.
- [23] 霍治国, 陈林, 叶彩玲, 刘玲. 气候条件对我国水稻稻飞虱为害规律的影响. *自然灾害学报*, 2002, 11(1):97-102.