

白背飞虱的迁飞生物学: 安徽徽州个例分析^{*}

刁永刚^{**} 张 国 杨海博 瞿钰锋 张孝羲 翟保平^{***}

(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)

摘 要 通过水稻田罩笼试验研究了白背飞虱起飞迁出与世代、田间成虫密度的关系以及降水对起飞的影响,采用系统田调查和长翅雌虫卵巢系统解剖分析了各代翅型分化、迁出与水稻生育期的关系以及各世代虫源性质。结果表明:(1)早中稻田白背飞虱起飞迁出以第2、3代为主,后期迁出较少;(2)白背飞虱起飞迁出数量与田间成虫密度有关;(3)降水影响白背飞虱的起飞;(4)白背飞虱各世代以长翅型为主,世代间翅型分化模式不同于褐飞虱,表现为“长—长—长”;(5)白背飞虱起飞与水稻生育期关系不大;(6)白背飞虱虫源性质分为基本迁入型、部分迁入滞留与部分迁出型、基本迁出型。

关键词 白背飞虱, 起飞, 水稻生育期, 翅型分化, 虫源性质

Migratory biology of the white backed planthopper *Sogatella furcifera* (Horváth): Case studies in Huizhou, Anhui Province

DIAO Yong-Gang^{**} ZHANG Guo YANG Hai-Bo QU Yu-Feng

ZHANG Xiao-Xi ZHAI Bao-Ping^{***}

(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)

Abstract The take-off behavior, wing dimorphism and population characteristics of the white backed planthopper *Sogatella furcifera* (Horváth) (WBPH) in different years, locations and generations were studied by field surveys, ovarian dissection and observation of captive insects. The main results were: (1) The majority of the second and third generations of WBPH are emigrants colonizing early-mid rice but, in 2009, the number of emigrants declined significantly after rice reaches the waxen maturity stage; (2) The number of emigrants was correlated with adult density; (3) heavy precipitation affects the number of insects that take to the air; (4) The ratio of the macropterous adults in most of the local generations was more than 80% and their wing forms were ‘macropterous-macropterous-macropterous’ in successive generations, a different pattern to that observed in the brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stål); (5) There was no relationship between the number of insects taking to the air, or otherwise emigrating, and rice growth stages; (6) The population characteristics of the WBPH could be classified into three types: mostly immigrants, partly local breeding and partly emigrated, and mostly emigrated.

Key words white back planthopper, take-off, rice growth stages, wing dimorphism, population characteristics

徽州地处长江下游,是白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horváth) (WBPH) 南北往返迁飞的必经之地和转折点,也是白背飞虱深入长江三角洲腹地的一个中转站,江淮稻区及长三角稻区白背飞虱的发生情况与徽州的虫情密切相关。国内测报部门一直以徽州的虫情作为当年水稻主产区稻飞

虱发生趋势预报的基本依据。

徽州过去主要种植双季稻,1992年双季稻面积约占65%(陈真和包文新,1992)。白背飞虱对双季稻危害较轻,在徽州一年发生4代,常年6月上中旬始见,6月下旬—7月中旬为主迁入期。主害代早稻为7月中、下旬,中稻为7月下旬—8月

^{*} 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(nyeytx-001)。

^{**}E-mail: 2008102110@njau.edu.cn

^{***}通讯作者, E-mail: bpzhai@njau.edu.cn

收稿日期:2011-08-10,接受日期:2011-08-30

上、中旬。主要迁出期早稻为 7 月下旬,中稻为 8 月中旬(胡国文和刘芹轩,1981;胡国文等,1988)。自本世纪初始,徽州以种植早中稻为主(5 月中旬移栽,8 月底、9 月初收割),其单季稻面积不断扩大,2006 年中稻种植面积约占 90%,至 2008 年已上升到 99%。那么白背飞虱发生世代、种群数量动态及各代虫源性质是否发生变化?因此很有必要对白背飞虱的迁飞生物学做出新的阐释。

为此,2009—2010 年在安徽徽州设点,通过田间罩笼、系统调查和卵巢解剖对影响白背飞虱起飞外界因素、世代翅型比例、世代虫源性质进行分析,以期进一步阐明白背飞虱起飞和降落后迁飞生物学特性,为白背飞虱异地预测和灾变预警提供基本参数。

1 材料与方法

1.1 起飞观测

2010 年 7 月中旬至 9 月初,系统观察单季中稻从拔节期至水稻收割期内白背飞虱起飞迁移规律。在稻田内固定一片稻丛作为起飞观测区,每天傍晚日落前用 $2\text{ m} \times 2\text{ m} \times 2\text{ m}$ 的纱笼罩上,从 18:30 至 19:30,每 10 min 进入罩笼一次,将从水稻上起飞落在罩笼壁上白背飞虱用吸虫管全部吸出,计数,并将吸虫管中的雌虫解剖分级。每天观测完毕将罩笼收起,观测区内的虫源可得到自然种群的补充。

1.2 白背飞虱卵巢解剖方法

将雌虫背部向上,用昆虫针从中胸背板中央插入,将其固定在盛有薄层清水蜡盘上;在实体解剖镜下,用镊子夹住白背飞虱腹部末端,同时用昆虫针从虫体胸部与腹部交接处轻轻刺入,沿背板与腹板交界线向后划开,然后用解剖针拨去腹背板,露出内部各器官;再用解剖针从胸部和腹部交接处向后挑、拨内部器官,即可剖出左右一对卵巢及其它器官,并漂浮在清水上。

1.3 田间系统调查

选取具有代表性的水稻田进行系统调查。水稻田自开始调查起按常规栽培措施管理,不使用农药防治病虫害。调查取样采用随机多点系统调查方法,每次调查 10 点,每点 2 丛水稻,分别记载白背飞虱成虫各翅型、性别和 1 龄、2 龄、3 龄、4 龄、5 龄若虫数量,每 3 d 调查 1 次,并同时记录每

次调查时水稻生育期。

1.4 白背飞虱卵巢发育程度分级

根据全国白背飞虱科研协作组(1981)提出的白背飞虱卵巢发育级别分级标准,并对其标准进行了适当的补充,本研究分级标准为:

(I) 卵粒分化期:初期,整个卵巢较小,卵巢小管透明,粘联在一起,未发育,末期,侧输卵管细长,从中输卵管处到卵巢小管处由粗逐渐变细,并且弹性较大;

(II) 卵粒沉积期:初期,卵巢小管末端开始散开,顶部仍然粘连,侧输卵管整体变短,靠近中输卵管处侧输卵管开始膨大,靠近卵巢小管处膨大不明显,或者出现侧输卵管不对称的缢缩,并且侧输卵管逐渐变硬,容易拉断,末期,卵巢小管开始发育,乳白色,可见卵粒雏形;

(III) 卵粒成熟期:卵巢小管开始膨大到小管基部第 1 粒卵成熟;

(IV) 产卵盛期:大部分小管下部有 1~2 粒成熟卵粒,有的卵巢小管下部并有空泡段出现;

(V) 产卵末期:大部分卵巢小管萎缩,个别卵巢小管内残存一个较成熟的卵粒。

1.5 白背飞虱田间种群虫源性质划分标准

根据田间白背飞虱发生的实际情况,特制订如下白背飞虱种群世代虫源性质类型和划分标准(表 1)。

1.6 稻飞虱发生的代次划分

根据全国病虫测报系统的标准,将 6 月 20 日前的迁入种群划为第 1 代,6 月 21 日至 7 月 20 日发生的飞虱划为第 2 代,以此类推,人为划定每月发生 1 代。同时,为了更清晰地标明当地发生世代与全国发生世代(从两广的早期迁入起算)的关系,将全国代次以大写中文数字表示,当地发生代次用阿拉伯数码示之并用括号括起来置于全国世代之后。如五(3)指当地第 3 代全国第 5 代。

2 结果与分析

2.1 白背飞虱的外迁趋性

系统观察表明(表 2),当地早中稻田从水稻拔节期到黄熟期,每天都有大量白背飞虱外迁,并以第 2 代、第 3 代迁出虫量最多,8 月 21 日后第 4 代时由于水稻已成熟达蜡熟期以后,田间种群密度显著下降,致使起飞个体明显减少。因此,白背飞虱外迁减少与发育代别和水稻成熟有关。

表 1 白背飞虱田间种群虫源性质的划分标准

Table 1 Classification of population characteristics of WBPH based on the ovarian development

类型 Type	虫源性质 Population characteristics	卵巢发育程度 The ovarian development grades (%)	
		I — II	III — V
A	基本迁入型 Mostly immigration	< 20	> 80
B	部分滞留、部分迁出 Partly local breeding and partly emigration	60—80	20—40
C	基本迁出型 Mostly emigration	> 80	< 20

表 2 白背飞虱起飞量、代别与生育期的关系(2010 , 徽州)

Table 2 The takeoff of WBPH in different generations and rice development stages (2010 , Huizhou)

代别 Generation	日期(月/日) Date (month/day)	起飞总量 Total amount of take-off	平均每日起飞量(头) Average amount of take-off	水稻生育期 Rice growth stages
四(2) 2nd generation	07/17 — 07/20	705	177	拔节期 Jointing stage
五(3) 3rd generation	07/21 — 08/20	3 113	100	孕穗期 ~ 乳熟期 Booting stage—Milk stage
六(4) 4th generation	08/21 — 09/02	265	20	蜡熟期 ~ 黄熟期 Waxy ripe stage—Yellow ripe stage

2.2 白背飞虱起飞迁出与田间成虫密度有关

从 7 月 17 日—9 月 5 日 , 白背飞虱迁出共出现 3 次高峰 , 第 1 次 7 月 17—25 日 , 第 2 次 8 月 2—12 日 , 第 3 次 8 月 29 日—9 月 1 日 , 而田间成虫高峰与白背飞虱迁出峰期大致相同 , 只是 8 月

29 日至 9 月 1 日田间成虫较少 , 致使第 3 个峰较不明显(图 1)。因此 , 田间自 6 月下旬至 7 月上旬基本迁入代以后的下几代白背飞虱迁出数量与田间白背飞虱成虫密度呈正相关。

2.3 降雨对白背飞虱起飞的影响

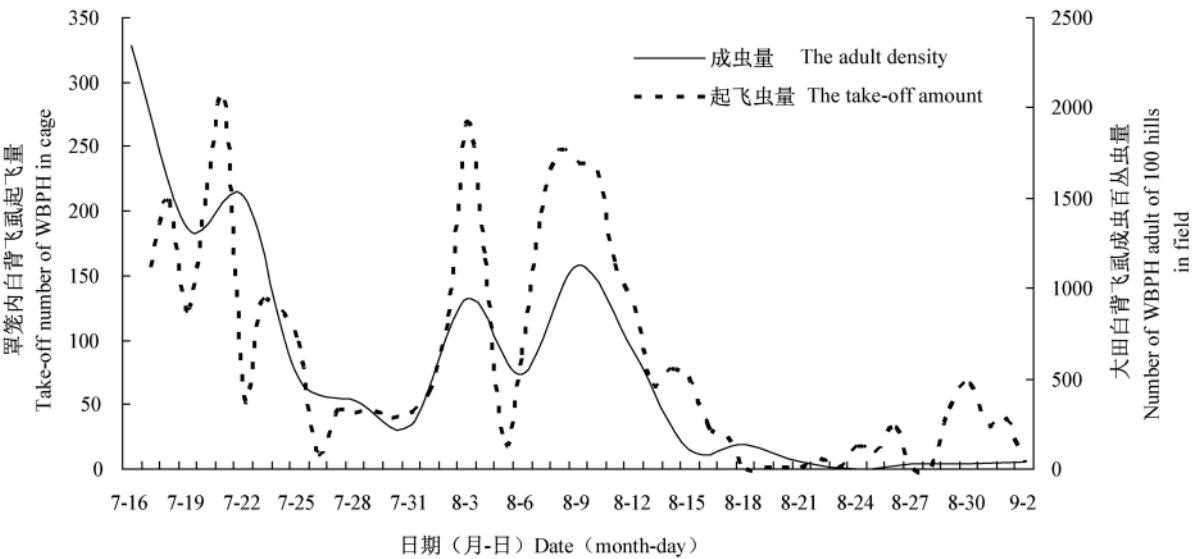


图 1 白背飞虱起飞量与田间成虫密度的关系(2010 , 徽州)

Fig. 1 The take-off amount of WBPH and adult density in the paddy (2010 , Huizhou)

起飞时段如遇大雨,往往引起白背飞虱起飞中止,但雨后有少量个体继续起飞迁出。如7月22日14:00—20:00降水23 mm,致使白背飞虱起飞虫量从21日的286头突降至56头,8月5日14:00—20:00降水7 mm,白背飞虱起飞虫量从

164头降至19头,这2次少量白背飞虱的起飞也是发生在雨停后;8月18日、19日、27日14:00—20:00分别降水52、51、26 mm,致使这3天无白背飞虱起飞(图2)。

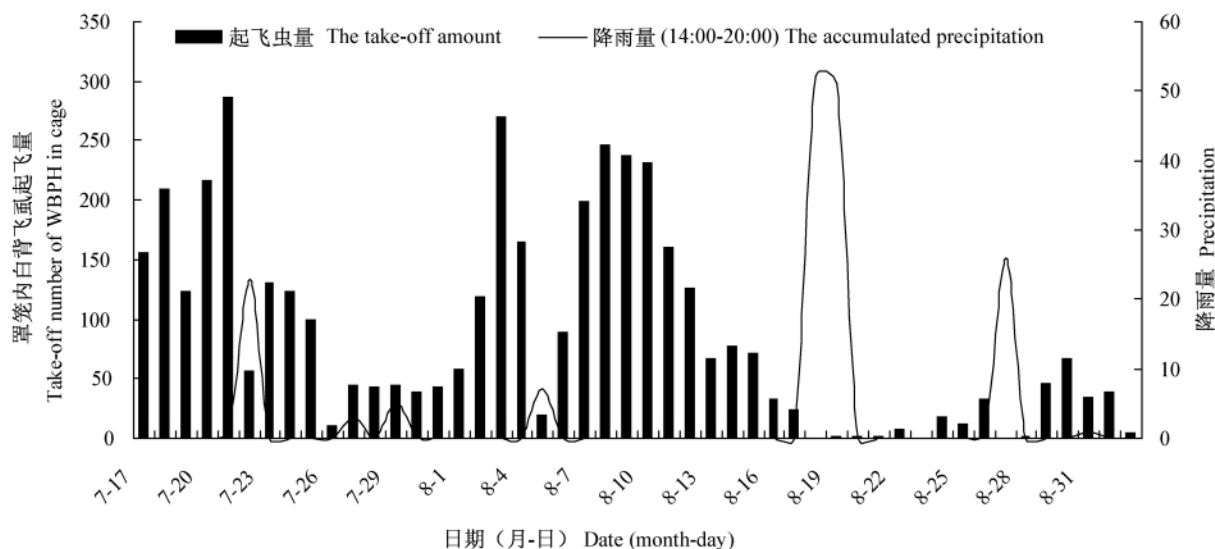


图2 白背飞虱起飞量与降水的关系(2010, 徽州)

Fig. 2 The take-off amount of WBPH and precipitation (2010, Huizhou)

2.4 起飞白背飞虱卵巢发育状况

对室外罩笼内收集的起飞白背飞虱长翅雌虫个体进行卵巢解剖,结果显示,80%以上的起飞个体属于Ⅰ级,10%左右的个体属于Ⅱ级,而Ⅲ级以上的个体比例始终较少(图3)。由此表明,在白背飞虱雌成虫的发育期中,只有在特定的发育阶段(即卵巢发育幼嫩阶段后期,相当与卵巢发育Ⅰ级后期至Ⅱ级初期)才出现强烈的起飞行为。值得提出的是,发现有极少数的Ⅲ、Ⅳ级卵巢成熟的雌虫也有起飞现象,这与灯诱种群中的解剖结果是一致的,但在褐飞虱中是极少见的。

2.5 白背飞虱起飞迁出与水稻生育期的关系

2007—2010年分别在广西南宁、永福;安徽怀宁、潜山、凤阳、徽州等地选择系统田捕获长翅雌虫,并记录水稻生育期,通过卵巢解剖判断其迁出(表3)。

基于各监测点白背飞虱卵巢解剖数据和水稻生育期分析了白背飞虱起飞迁出与水稻生育期的关系。不论是在徽州(单季中、晚稻,双季晚稻),还是在广西(南宁、永福早稻),白背飞虱在水稻分

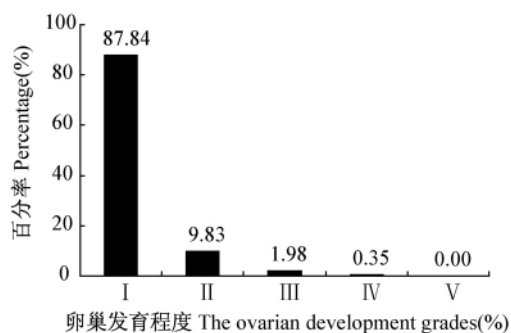


图3 起飞白背飞虱卵巢发育程度

Fig. 3 The ovarian development grades of WBPH during take-off

蘖期就出现了卵巢未成熟个体所占比例在60%以上的现象,符合迁出类型的特征,说明白背飞虱在水稻分蘖期可往外迁出,只是有的属于基本迁出型,而有的属于大部迁出型。而安徽凤阳(2008、2009年)、潜山(2008年)中稻,白背飞虱在圆秆拔节期才符合迁出类型的标准,未成熟个体所占的比例在70%以上,说明白背飞虱在圆秆拔节期以

后才往外迁出。同时,凤阳 2007 年中稻发育至孕穗期白背飞虱才出现未成熟个体所占比例符合迁出种群的特征。由以上事例证实了白背飞虱起飞

迁出与水稻生育期关系不大,从水稻分蘖期至黄熟期都可迁出。

表 3 白背飞虱迁出与水稻生育期的关系
Table 3 The emigration of WBPH and rice growth stages

地点 Place	年份 Year	水稻类型 Type of rice	水稻生育期 Rice growth stage	虫源性质 Population characteristics	卵巢发育程度 Ovarian development grades (%)	
					I 级	II 级
徽州 Huizhou	2009	中稻 Middle rice	分蘖期 Tillering stage	C	84. 62	5. 13
		晚稻 Double-cropping late rice	分蘖期 Tillering stage	C	47. 19	50. 56
	2010	中稻 Middle rice	分蘖期 Tillering stage	B	42. 86	23. 21
		单季晚稻 Single-cropping late rice	分蘖期 Tillering stage	C	79. 69	20. 31
怀宁 Huaining	2007	中稻 Middle rice	分蘖期 Tillering stage	B	40. 00	22. 50
潜山 Qianshan	2008	中稻 Middle rice	圆秆拔节期 Jointing stage	C	87. 50	0
凤阳 Fengyang	2007	中稻 Middle rice	孕穗期 Booting stage	C	100. 00	0
	2008		圆秆拔节期 Jointing stage	C	90. 00	10. 00
	2009		圆秆拔节期 Jointing stage	B	43. 75	28. 75
南宁 Nanning	2007	早稻 Early rice	分蘖期 Tillering stage	C	63. 33	18. 33
永福 Yongfu	2008	早稻 Early rice	分蘖期 Tillering stage	B	62. 79	6. 98

注: 虫源性质同表 1, 表 5 同。
Population characteristics are same with Table 1. The same for Table 5.

2. 6 白背飞虱各发生世代翅型的变化规律

基于对安徽徽州和凤阳、江苏江宁、广西永福 4 个监测点的系统调查数据, 分析了白背飞虱各世代翅型比例(表 4) 4 个监测点的白背飞虱各世代都以长翅型为主, 每代比例都在 80% 以上, 并且在徽州晚稻、江宁中稻出现各代比例都在 90% 以上的现象。从 4 个监测点田间长短翅型的数量变动规律来看, 白背飞虱各世代翅型均以长翅为主, 翅型分化与水稻生育期营养条件关系不大。

2. 7 白背飞虱田间各发生世代的性质与卵巢发育程度的关系

通过对安徽 4 个监测点白背飞虱长翅雌虫的卵巢解剖, 分析了白背飞虱世代性质与卵巢发育程度关系(表 5) 。白背飞虱迁入种群进入田间后立即恢复取食、解除生殖滞育并开始繁殖, 故迁入

世代(期) 卵巢发育以高级别为主, 低级别卵巢个体比较少(表 1 中 A 型) 。但无论水稻处于什么生育期, 白背飞虱在迁入地繁殖一代后即以长翅型迁出为主(表 2 ~ 4) , 不像褐飞虱那样存在明显的本地繁殖世代; 由于雌虫在卵巢发育到 I 级末 II 级初时即逐日起飞, 留在田间是刚羽化的雌虫, 故其迁出代(期) 以低级别卵巢为主(一般在 80% 以上, 有时 > 90%) (表 1 中 C 型) 。但在某一世代的迁出期若遇外地种群陆续迁入, 致使迁出代和迁入代混合发生时, 田间种群往往出现一种过渡型, 即部分滞留部分迁出(表 1 中 B 型) ; 表现在卵巢发育程度上则是低级别比例较高, I、II 级卵巢所占比例一般可达 60% ~ 80% , 但几乎未见 30% ~ 50% 的比例; 这种过渡型是白背飞虱所独有的种群特性, 与褐飞虱和稻纵卷叶螟截然不同。

表 4 白背飞虱各世代翅型变化规律

Table 4 Wing dimorphism of WBPH in each generation

地点 Location	年份 Year	水稻类型 Rice types	世代 Generation	长翅型比例 Proportion of macropterous (%)	长翅型平均比例 Average proportion of macropterous(%)
徽州 Huizhou	2008	晚 稻 Double-cropping late rice	六(4)代 4 th generation	79.25	89.34
			七(5)代 5 th generation	92.65	
			四(2)代 2 nd generation	83.76	
	2009	中 稻 Middle rice	五(3)代 3 rd generation	80.42	81.49
			六(4)代 4 th generation	81.58	
			五(3)代 3 rd generation	98.77	
		晚 稻 Double-cropping late rice	六(4)代 4 th generation	93.38	94.87
			七(5)代 5 th generation	93.33	
			四(2)代 2 nd generation	90.12	
	2010	中 稻 Middle rice	五(3)代 3 rd generation	92.01	90.81
			六(4)代 4 th generation	71.43	
			四(2)代 2 nd generation	100.00	
		单晚 Single-cropping late rice	五(3)代 3 rd generation	93.08	95.81
			六(4)代 4 th generation	96.73	
			五(3)代 3 rd generation	86.85	
凤阳 Fengyang	2007	中 稻 Middle rice	六(4)代 4 th generation	95.86	92.87
	2008	中 稻 Middle rice	七(5)代 5 th generation	100.00	
			五(3)代 3 rd generation	89.90	
	2009	中 稻 Middle rice	六(4)代 4 th generation	98.84	96.06
			七(5)代 5 th generation	100.00	
			四(2)代 2 nd generation	59.09	
江宁 Jiangning	2009	中 稻 Middle rice	五(3)代 3 rd generation	90.46	93.91
			六(4)代 4 th generation	99.83	
			四(2)代 2 nd generation	93.33	
	2008	早 稻 Early rice	五(3)代 3 rd generation	96.12	96.58
			六(4)代 4 th generation	97.96	
			七(5)代 5 th generation	100.00	
永福 Yongfu	2008	早 稻 Early rice	第 3 代 3 rd generation	94.28	94.93
			第 4 代 4 th generation	96.61	
			第 5 代 5 th generation	100.00	
	2009	早 稻 Early rice	第 3 代 3 rd generation	89.86	89.90
			第 4 代 4 th generation	90.00	
			第 5 代 5 th generation	83.33	

3 讨论

3.1 影响白背飞虱起飞量的外界因素(降水量、虫口密度、水稻生育期等)

许多迁飞性昆虫起飞受到食料的数量和质量、种群密度、光照、温度等因素的影响。如水稻黄熟期,营养条件恶化,可影响褐飞虱的生长发育,并引起种群分化,形成迁飞型的长翅成虫(王

希仁和张灿东,1981);桃赤蚜在若虫期种群密度高则明显产生有翅迁飞型成虫(Lees,1967);大 mali 筋长蟥在短光照(L:D=12:12)饲养时,便出现生殖滞育,并出现长时间飞行,相反,在长日照条件下(L:D=17:7)成虫羽化后,卵巢亦很快发育成熟,滞留本地繁殖(Rankin *et al.*,1978);稻纵卷叶螟在温度大于 28℃ 时或温度小于 24℃、日光照 ≤14 h,卵巢发育明显受阻而产生起飞(张孝羲

表 5 白背飞虱田间各世代卵巢发育程度与虫源性质

Table 5 The ovarian development of WBPH in different generations and the population characteristics

地点 Location	年份 Year	水稻类型 Rice types	虫源性质 Population characteristics	日期(月/日) Date (month/day)	解剖虫数 Females dissected	卵巢发育程度 Ovarian development grades (%)	
						I — II	III — V
徽州 Huizhou	2009	中稻 Middle rice	A	7/11 — 9/03	282	90.78	9.22
			B	7/20 — 8/01	85	72.22	27.78
		双季晚稻 Double-cropping late rice	A	8/07 — 8/16	119	7.56	92.44
			C	8/17 — 9/27	355	88.45	11.55
	2010	中稻 Mid rice	B	7/04 — 7/10	87	58.62	41.38
			C	7/11 — 9/05	340	89.71	10.29
		单季晚稻 Single-cropping late rice	A	7/14 — 7/31	169	28.99	70.41
			C	8/01 — 9/20	205	88.29	11.71
	2007	中稻 Middle rice	A	8/04 — 8/07	29	44.83	55.17
			C	8/08 — 9/17	241	94.61	5.39
凤阳 Fengyang	2008	中稻 Middle rice	B	9/02 — 9/04	90	74.44	25.56
			C	8/10 — 9/25	1 112	89.39	10.61
	2009	中稻 Middle rice	B	7/29 — 8/10	110	69.09	30.91
			C	8/11 — 8/31	180	98.89	0.56
怀宁 Huaining	2007	中稻 Middle rice	A	7/12 — 7/15	22	31.82	68.18
			B	7/16 — 7/27	91	58.24	41.76
			C	7/28 — 9/22	489	97.75	2.25
		中稻 Middle rice	C	7/30 — 9/23	94	95.74	4.26
潜山 Qianshan	2008		A	8/05 — 9/02	95	34.74	65.26
		双季晚稻 Double-cropping late rice	B	9/03 — 9/14	130	66.15	33.85
			C	9/05 — 10/8	171	100	0

等,1981)。但迁飞性昆虫发生生殖滞育后是否一定能起飞呢?如褐飞虱在因食料条件恶化而引起滞育时,并不是随时可迁出的,如果遇到降雨、大风或温度低于飞行阈值时,起飞会受到抑制,而仍停留本地。另外,褐飞虱的起飞还有一定的日节律,当日平均温度在 25℃ 以上时,于日出前和日落后起飞(陈若簾和程遐年,1980),白背飞虱也是如此(汪远昆,2003)。

赖仲廉(1982)和汪远昆(2003)的研究均表明,降水能够抑制白背飞虱成虫起飞,晴天迁出量最大,阴雨天次之,大雨没有迁出。本研究通过监测白背飞虱的起飞量与降水量之间的量化关系,进一步阐释了降水量对白背飞虱起飞量的影响,并认为在小雨时或雨后,还是会有少量白背飞虱起飞的。

种群密度也会影响迁飞性昆虫的迁出。一般地讲,在低、中、高虫口密度下都有白背飞虱长翅成虫迁出,其迁出量与虫口密度呈正相关(赖仲

廉,1982)。汪远昆(2003)通过田间系统调查,发现由于褐飞虱种群密度下降,白背飞虱在迁入地危害时间延长而迁出量减少。但本研究发现,在田间种群密度最大时,种群结构往往是以低龄为主,迁出量不大,而只有在成虫口密度高峰时才会大量迁出。即不能笼统地说迁出量与田间种群密度的关系,而应该说白背飞虱迁出量与大田成虫口密度有关。

食料数量和质量(水稻生育期)是影响迁飞性昆虫迁出的另一个因素。程遐年等(1979)认为褐飞虱长翅成虫发生期与水稻成熟收获期相一致,可按中国南北各稻区有代表性栽培品种收获期作为褐飞虱成虫迁出期的标志。白背飞虱则不同,其迁出期不完全受水稻生育期限制,迁入后下一代不管水稻处于何种生育期都可迁出,但不同生育期水稻对成虫起飞数量仍有明显的影响,乳熟期白背飞虱起飞比例较高(全国白背飞虱科研协作组,1981)。而本研究认为水稻生育期对白背飞

虱起飞量影响并不明显,迁出数量与大田白背飞虱成虫密度和发生世代有关。

3.2 白背飞虱各世代以长翅型为主,不存在明显本地繁殖世代

本研究经过对多年、多地、多世代的系统调查、田间试验观察和卵巢系统解剖结果的综合分析发现,白背飞虱迁入繁殖一代后,即可有大量长翅成虫向外迁出,与稻纵卷叶螟和褐飞虱截然不同(张孝羲等,1980;陈若簏等,1979);通过世代间卵巢发育级别的详细分析,明确了白背飞虱在大部迁出同时,仍有小部分迁入或滞留本地繁殖(Ⅲ—V级占20%~40%),但不存在明显的本地繁殖世代,这与当年全国白背飞虱科研协作组(1981)的研究结果相似。而刘芹轩等(1982)和关瑞峰等(2008)相隔20多年的研究显示出与本研究相似的结果,即河南和福建白背飞虱的田间种群除了早期的迁入种群和后期的迁出世代,中间1代或2代都呈现出部分迁入滞留与部分迁出的混合种群(文献中关瑞峰等的分析有误)。但汪远昆(2003)在本世纪初的研究工作表明,白背飞虱的长翅型比率前期一直很低,直到9月份才迅速增加;这种明显的本地繁殖世代的出现,使其田间种群的翅型变化成为与褐飞虱相似的长—短—长模式。而白背飞虱这种行为模式的转变与褐飞虱种群密度下降有关。杨帆等(2011)对此有详细的讨论,认为褐飞虱的存在与缺席是这种翅型变化模式(也即种群性质)的可能原因。

王希仁和张灿东(1981)的研究表明,褐飞虱在水稻分蘖期以长翅型成虫为主,进入幼穗分化期则短翅型成虫明显增多,占成虫总量的26%;孕穗期至抽穗期,短翅型成虫激增,占成虫总数60%;乳熟期至黄熟期,由于营养条件恶化,短翅型成虫比例迅速下降,长翅型成虫数量大量增加,占成虫总量的86%。但白背飞虱翅型分化受环境条件影响较小,各代长翅型成虫的比例常高达80%以上(全国白背飞虱科研协作组,1981)。Cook和Perfect(1989)的研究也表明,不管水稻生育期如何,白背飞虱各代都以长翅型为主。Matsumura(1994,1996)的研究显示,盆栽水稻中白背飞虱长翅型比例随着水稻生育期逐渐增加,其长翅型成虫比例与水稻生育期(营养生长与生殖生长前期)呈正相关,到孕穗期到达100%。本

研究共监测4个地区2007—2010年各世代长翅比例,共统计33个世代,其中23个世代长翅型成虫比例在90%以上,7个世代长翅型成虫比例在80%~90%之间,只有3个世代长翅型成虫比例小于70%。说明白背飞虱翅型分化受外界环境影响较小,各世代始终以长翅型为主,不存在明显短翅型世代。

因此,基于白背飞虱的卵巢发育和翅型分化的特点,本研究结果表明,近年来白背飞虱的翅型发生模式重又转换为长—长—长模式,与褐飞虱的长—短—长模式明显不同。

参考文献(References)

- 陈若簏,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.南京农业大学学报,(2):42—49.
- 陈若簏,程遐年,杨联民,殷向东,1979.褐飞虱卵巢发育及其与迁飞的关系.昆虫学报,22(3):280—288.
- 陈真,包文新,1992.安徽省水稻病虫害发生区划.安徽农业科学,20(4):360—364.
- 程遐年,陈若簏,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.
- Cook AG, Perfect TJ, 1985. Seasonal abundance of macropterous *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera* based on presumptive macroptery in fifth-instar nymphs. *Ecological Entomology*, 10(3):249—258.
- 关瑞峰,姚文辉,王茂明,孔丽萍,潘初昕,徐金汉,2008.水稻迁飞性害虫卵巢解剖及虫源性质分析.福建农业科技,(3):30—32.
- 胡国文,刘芹轩,1981.白背飞虱的迁飞规律.病虫测报参考资料,1(3):41—48.
- 胡国文,谢明霞,汪毓才,1988.对我国白背飞虱的区划意见.昆虫学报,31(1):42—49.
- 赖仲廉,1982.贵阳地区白背飞虱的越冬及迁飞的观察.昆虫学报,25(4):397—402.
- Lees AD, 1967. The production of the apterous and alate forms in the aphid *Megoura viciae* Buckton, with special reference to the role of crowding. *Journal of Insect Physiology*, 13(2):289—318.
- 刘芹轩,吕万明,张桂芬,1982.白背飞虱的生物学和生态学研究.中国农业科学,15(3):59—66.
- Matsumura M, 1994. Effect of rice plant stage on wing dimorphism in the whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera* (Horváth) (Homoptera: Delphacidae).

- Proceedings of the Association for Plant Protection of Hokuriku*, 42: 54—56.
- Matsumura M, 1996. Population dynamics of the whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera* (Horváth) (Homoptera: Delphacidae) with special reference to the relationship between its population growth and the growth stage of rice plants. *Researches on Population Ecology*, 38(1): 19—25.
- 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—31.
- Rankin MA, Riddiford LM, 1978. Significance of haemolymph juvenile hormone titer changes in timing of migration and reproduction in adult *Oncopeltus fasciatus*. *Journal of Insect Physiology*, 24(1): 31—38.
- 王希仁, 张灿东, 1981. 褐稻虱翅型分化因子的探讨. *昆虫知识*, 18(4): 145—148.
- 汪远昆, 2003. 白背飞虱的迁飞生物和田间种群动态. 硕士学位论文. 南京: 南京农业大学.
- 杨帆, 郑大兵, 赵运, 王丽, 徐杨洋, 齐国君, 徐劲峰, 吴彩玲, 张孝羲, 程遐年, 翟保平, 2011. 白背飞虱的迁飞生物学: 安徽潜山个例分析. *应用昆虫学报*, 48(5): 1231—1241.
- 张孝羲, 陆自强, 耿济国, 李国柱, 陈学礼, 吴学文, 1980. 稻纵卷叶螟迁飞途径的研究. *昆虫学报*, (2): 130—140.
- 张孝羲, 耿济国, 周威君, 1981. 稻纵卷叶螟迁飞的生态机制研究. *南京农业大学学报*, (4): 40—51.