

云南稻区白背飞虱越冬种群发生 及其与田间种群的相关性*

赵雪晴^{1**} 吴 俨^{2,4**} 尹艳琼¹ 李向永¹ 谌爱东^{1***} 吕建平³ 翟保平²

(1. 云南省农业科学院农业环境资源研究所, 昆明 650205; 2. 南京农业大学昆虫学系, 南京 210095;

3. 云南省植保植检站, 昆明 650034; 4. 贵阳学院, 贵州省山地珍稀动物与经济昆虫重点实验室, 贵阳 550005)

摘 要 【目的】掌握云南稻区白背飞虱 *Sogatella furcifera* 越冬虫源特征及其与田间种群大发生的相关性。

【方法】2010-2015 年, 对云南省主要稻区白背飞虱的越冬虫情进行田间调查; 2013 年南京农业大学与云南省农科院的科研人员行程 6 000 km 联合对滇西、滇西南、滇南和滇东南等 10 县 20 个稻区进行了实地越冬调研。【结果】云南省各稻区白背飞虱越冬种群主要集中在 23°57'N 以南, 海拔高度为 1 608 m 以下的稻区。同一稻区白背飞虱越冬虫口密度波动较大, 一般在 1 200 头/667 m² 之内, 以若虫和成虫越冬, 且若虫占总越冬虫量的 97.33%, 主要聚集在有水源的再生稻、稻桩、落粒苗和早稻秧苗上。本地越冬种群密度(越冬虫量)与秧田虫量、移栽期虫量、孕穗期虫量、大田总虫量的相关性并不显著 ($P>0.05$)。

【结论】云南稻区本地越冬虫源数量对白背飞虱种群大发生的形成贡献十分有限。

关键词 白背飞虱, 越冬种群, 发生, 分布, 云南

Characteristics of the overwintering population of the white-backed planthopper and the correlation between the abundance of this population and that of the summer population in Yunnan

ZHAO Xue-Qing^{1**} WU Yan^{2**} YIN Yan-Qiong¹ LI Xiang-Yong¹
Chen Ai-Dong^{1***} LÜ Jian-Ping³ ZHAI Bao-Ping²

(1. Agricultural Environment and Resources Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China;

2. Department of Entomology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

3. Yunnan Plant Protection and Quarantine Station, Kunming 650034, China;

4. Guiyang University, Guizhou Provincial Key Laboratory for Rare Animal and Economic Insect of the Mountainous Region, Guiyang 550005, China)

Abstract 【Objectives】To understand characteristics of the overwintering population of the white-backed planthopper, *Sogatella furcifera*, in major rice growing areas of Yunnan province, and the relationship between the abundance of this population and that of the summer population during the rice growing season. 【Methods】Systematic field survey methods were used to assess the overwintering population of *S. furcifera* in the major rice growing areas of Yunnan Province from 2010 to 2015. In 2013, researchers from Nanjing Agricultural University and the Yunnan Academy of Agricultural Sciences jointly conducted field surveys covering 6 000 kilometers in 10 counties. Sampling to investigate overwintering characteristics was conducted at 20 sites in western, southwestern, southern and southeastern Yunnan. 【Results】The overwintering population of *S. furcifera* in rice-growing areas of Yunnan was mainly concentrated in the south (23°57'N) up to 1 608 m above sea level. In this region, the density of the overwintering population fluctuated widely below a maximum of 1 200/667 m², and nymphs and adults comprised 97.33% of the population. The main overwintering sites were in ratooning rice, rice piles and early

*资助项目 Supported projects: NSFC - 云南联合基金资助项目 (U1202266); 云南省科技计划项目 (2014IA009); 国家农业公益性行业科研专项 (200903051); 云南省现代农业水稻产业技术体系

**共同第一作者 Co-first authors, E-mail: snow.xue-5@163.com; 654059847@qq.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: shenad68@163.com

收稿日期 Received: 2017-06-23, 接受日期 Accepted: 2018-04-26

season seedlings in paddy-fields. There was no significant correlation between the density of the local overwintering population, and abundance during the seedling stage, transplanting period, booting stage, or the total population ($P>0.05$).

[Conclusion] The likelihood of *S. furcifer* outbreaks from the overwintering population is small in Yunnan province.

Key words *Sogatella furcifera*, overwintering, occurrence, distribution, Yunnan

云南省稻谷栽培历史悠久, 分布范围很广, 从海拔 76-2 670 m 均有种植。西部、南部为单、双季稻混合栽种区, 其余大部为单季中稻栽种区, 常年种植水稻 104 万 hm^2 。白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horváth) 作为亚洲地区一种远距离迁飞性害虫, 每年都周期性的南北迁飞和降落危害, 是我国和亚洲国家水稻生产的重要害虫之一 (全国白背飞虱科研协作组, 1981; 汤金仪等, 1996; 翟保平等, 2011; Bottrell and Schoenly, 2012; Otuka, 2013; Cheng, 2015; Ma *et al.*, 2015; Hu *et al.*, 2016), 也是云南各稻区的常年优势种群 (四川、贵州、云南三省稻飞虱科研协作组, 1982; 赵雪晴等, 2014)。远距离迁飞性害虫, 境外虫源区的探究和种群大发生的形成机制一直受到密切关注 (齐会会等, 2011; 沈慧梅等, 2011a, 2011b; 王政等, 2011; 武俊杰等, 2014; Hu *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2016; Yin *et al.*, 2016)。1979-1982 年, 杨家鸾等在滇西南、滇南、滇东北 8 个州 37 个县的 400 多个点进行稻飞虱越冬考察 (杨家鸾等, 1982); 1996 年 1 月, 中日稻飞虱越冬考察组沿缅甸、老挝、越南边境一线, 对滇西南、滇东南和滇南地区的西双版纳、思茅、文山、红河四个地 (州) 9 个县 (市) 的 20 余点进行又一次考察。其结果为: 在北纬 25.99° (原文 $25^\circ 99'$) 以南地区白背飞虱能安全越冬, 越冬虫源集中在北纬 21° - 22° 之间, 跨越北纬 23° , 随纬度北移越冬虫量渐减; 同时, 白背飞虱越冬种群与海拔关系密切, 1 480 m 以下区域, 随海拔升高, 虫量逐渐减少。800-1 300 m 稻区, 白背飞虱为优势越冬种群, 800 m 以下稻区, 冬早春季白背飞虱在早稻秧、本田上能正常繁殖, 存在大量越冬虫源 (杨家鸾等, 1982; 云南稻飞虱冬季虫源考察, 2000)。据统计, 最近 10 年云南各稻区白背飞虱发生面积在逐渐扩大, 种群增殖速迅, 落地成灾现象较为突出。为了探

清近年来随着气候及其种植制度的改变, 云南白背飞虱越冬种群的变化特征和越冬种群对大田发生高峰期种群构建的贡献, 从 2010-2015 年我们开展了白背飞虱越冬种群的再考察与研究。

1 材料与方法

1.1 调查地点

1.1.1 系统调查 根据云南稻区分布和白背飞虱的发生特点, 2010-2015 期间, 在滇西沧源、滇西南勐海、滇南金平、滇东南富宁、滇东师宗和滇东北威信 6 个区域设置白背飞虱的常年系统监测点 (图 1)。

1.1.2 2013 年联合考察 从昆明出发, 途经楚雄、大理、临沧、版纳、红河、普洱和文山等地州。沿二级路全程对各稻区有稻桩、落粒苗、秧苗、再生苗和杂草的冬闲田开展调查, 双江、耿马、沧源、勐海、江城、绿春、金平、屏边、马关和富宁等边境一线的 10 个县作为此次联合考察的重点调查取样区域 (图 1)。

1.2 调查方法

调查方法参照“稻飞虱测报调查规范 GB/T 15794-2009”。

1.2.1 越冬虫源调查 采用扫网、刮盘和拍盘法 (瓷盘规格 $30\text{ cm}\times 40\text{ cm}$) 方法相结合, 每个点扫网 100 网 (来回为 1 网), 刮盘不少于 20 m^2 。每年 12 月、次年 1 月和 2 月分别进行 1 次, 并记录越冬虫量 (成虫或若虫)、越冬场所、寄主植物和取样方法等。

1.2.2 2013 年联合考察 主要采用拍盘法开展调查, 期间配合扫网和刮盘法确认是否有虫情。根据稻区分布, 重点对稻桩、杂草、秧苗等区域开展调查。每点调查 5 块稻田, 稻田面积在 500 m^2 以上, 每块稻田拍盘 50 盘和扫网 100

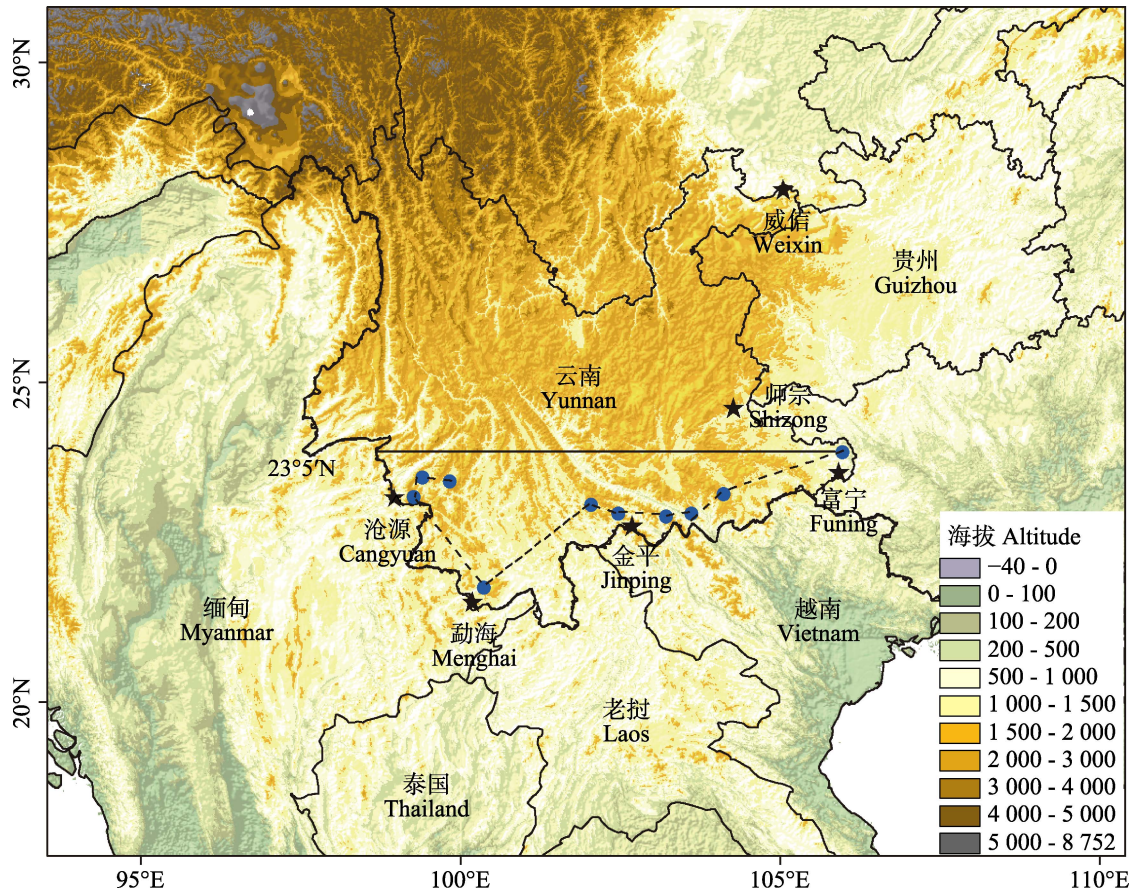


图 1 2010-2015 年云南稻区白背飞虱越冬虫情监测点及 2013 年联合考察路线

Fig. 1 *Sogatella furcifera* overwinter monitoring sites of Yunnan rice planting area and joint investigation route in 2013

表示白背飞虱越冬种群监测站点； 表示 2013 年联合考察路线； 表示 23°55'N 分界线，
分界线以南的稻区为云南省白背飞虱越冬适宜区。

Overwinter *S. furcifera* monitoring sites; Overwinter joint investigation route in 2013;
23°55'N Boundary line. Main overwinter area is south of the line.

网，记录白背飞虱成虫和不同龄期若虫等虫态数量。

1.3 越冬适宜区

以 2010 年至 2015 年间 6 个监测点站越冬调查和 2013 年联合考察时，所有调查取样点的纬度值为基础，确定可查见白背飞虱任何虫态的最北端取样点的纬度值为分界线，分界线以南的稻区为云南省白背飞虱越冬适宜越冬区（图 1）。

1.4 气象数据

从“中国气象数据网”获取云南省 26 个气象监测站点 22 年（1992—2013 年）的 1 月平均温度值。

1.5 数据整理分析

采用 Excel 处理数据，其中越冬虫量和秧田虫量取越冬期和秧田期虫量的最大值，并用 SPSS Pearson 法进行相关性分析，通过相关系数来描述相关程度： $r=0$ 无相关；当 $0 \leq |r| \leq 0.3$ 时为微弱相关；当 $0.3 < |r| \leq 0.5$ 时为低度相关； $0.5 < |r| \leq 0.8$ 时为显著相关； $0.8 < |r| < 1$ 时为高度相关， $|r|=1$ 为完全线性相关（李玉光等，2014）。

2 结果与分析

2.1 白背飞虱越冬种群特征

2.1.1 白背飞虱越冬虫源系统调查结果 云南

白背飞虱越冬虫源主要存活于有水源的稻桩、再生稻、落粒苗和早稻秧苗上, 最高虫量为 1 601 头/667 m², 越冬虫态以第 2-4 龄若虫为主, 也有少量成虫。滇东(师宗)和滇东北(威信县)稻区未查到白背飞虱, 同期调查杂草和小麦上均未查到虫源(表 1)。2010-2015 年全省 6 个系统监测点最高虫量分别为 1 167、1 000、1 134、800、720、1 601 头/667 m²。2013 年和 2014 年越冬虫量偏少, 多数调查点虫量在 100 头/667 m² 以下, 最高虫量不超过 800 头/667 m²。最高虫量出现频次较多的区域为滇西和滇西南, 2013 年以后滇东南(富宁)越冬区系统调查再未查到虫源。

2.1.2 南京农业大学与云南省农科院联合越冬考察结果

2013 年 1 月 18-27 日, 云南省农科院与南京

农业大学联合, 对云南各稻区进行多点抽样考察与取样, 沿途遇到稻田均开展调查。所查区域, 越冬虫源主要栖息在有水(源)稻田的稻桩和再生苗、落粒苗上, 虫量差异较大, 最低虫量 90 头/667 m², 最高虫量 13 590 头/667 m²(表 2), 没有浸水的稻桩、再生稻和落粒苗上未采集到白背飞虱; 调查稻区若虫比例占总虫量的 97.33%。田间种群分布不均, 呈集聚分布; 杂草、小麦等其他作物上未查到白背飞虱。沿途所见冬季农业开发普遍, 耕作制度变化较大, 蔬菜和小春作物替代早稻种植, 双季稻区早稻面积大幅下降; 80%以上冬闲田水源干枯, 稻桩枯死, 田间白背飞虱寄主植物较少, 无法形成越冬栖息和繁殖场所。值得一提的是, 最高虫量 13 590 头/667 m² 查见于江城调查点的稻桩田(23°06'N, 102°03'E, H 1 269 m), 所查田块有水源, 稻桩上再生苗长

表 1 云南白背飞虱越冬情况调查结果(2010-2015)

Table 1 The investigation results of overwintering situation for *Sogatella furcifera* in Yunnan (2010-2015)

地点 Location	越冬场所 Overwintering location	不同年度越冬虫量(头/667 m ²)					
		Overwintering number in different year (number/667 m ²)					
		2010	2011	2012	2013	2014	2015
滇西 West Yunnan (沧源 Cangyuan 23°08'N, 99°14'E, H 1 243 m)	秧苗 Rice seedling	0	0	533	0	0	0
	落粒苗 Drop rice seedling	0	233	800	334	466	1 601
	稻桩 Rice stubble	0	267	400	0	0	0
	再生稻 Ratoon rice	1 167	133	1 000	800	0	0
滇西南 Southwest Yunnan (勐海 Menghai 21°51'N, 100°24'E, H 1 194 m)	秧苗 Rice seedling	0	0	1 134	97	720	425
	落粒苗 Drop rice seedling	0	50	800	164	133	67
	再生稻 Ratoon rice	1 047	0	160	88	53	53
	稻桩 Rice stubble	0	0	160	67	13	67
滇南 South Yunnan (金平 Jinping 22°46'N, 102°41'E, H 1 354 m)	秧苗 Rice seedling	667	0	0	0	0	0
	落粒苗 Drop rice seedling	667	213	7	50	564	78
	再生稻 Ratoon rice	667	0	0	0	0	78
滇东南 Southeast Yunnan (富宁 Funing 23°55'N, 106°02'E, H 464 m)	稻桩 Rice stubble	667	1 000	933	0	0	0
	再生稻 Ratoon rice	0	0	0	0	0	0
滇东 East Yunnan (师宗 Shizong 24°37'N, 104°16'E, H 1 850 m)	稻桩 Rice stubble	0	0	0	0	0	0
滇东北 Northeast Yunnan (威信 Weixin 28°01'N, 105°03'E, H 1 200 m)	稻桩 Rice stubble	0	0	0	0	0	0

表 2 云南白背飞虱越冬虫源联合考察结果 (2013)

Table 2 Joint investigation results of overwintering situation for *Sogatella furcifera* in Yunnan (2013)

日期 Date	调查地点 (县) Location	越冬场所 Overwintering areas (稻田是否浸水 Whether it have water or not)	种群密度 (头/667 m ²) Population density (number/667 m ²)	若虫率 Nymphal rate (%)
1 月 18 日 18, January	双江 Shuangjiang (23°28'N, 99°50'E, H 1 080 m)	稻桩 (是) Rice stubble (yes)	0	0
	耿马 Gengma (23°32'N, 99°24'E, H 1 068 m)	稻桩 (无) Rice stubble (no)	0	0
1 月 19 日 19, January	沧源 勐甘 Menggan Cangyuan (23°12'N, 99°15'E, H 1 224 m)	稻桩 (有) Rice stubble (yes)	810	100
	莲花 Lianhua (23°13'N, 99°16'E, H 1 220 m)	稻桩 (有) Rice stubble (yes)	0	
	永和 Yonghe (23°08'N, 99°14'E, H 1 243 m)	稻桩 (无) Rice stubble (no)	0	—
	口岸 Kouan (23°05'N, 99°13'E, H 1 857 m)	稻桩 (无) Rice stubble (no)	0	—
1 月 20 日 20, January	勐海 曼扫 Mansao Menghai (22°03'N, 100°11'E, H 1 220 m)	稻桩 (有) Rice stubble (yes)	570	86.0
1 月 21 日 21, January	城子 Chengzi (21°51'N, 100°24'E, H 1 194 m)	稻桩 (无) Rice stubble (no)	0	—
1 月 22 日 22, January	曼国 Manguo (21°48'N, 100°22'E, H 1 202 m)	稻桩和秧苗 (无) Rice stubble and seeding (no)	0	—
1 月 23 日 23, January	江城 Jiangcheng (23°06'N, 102°03'E, H 1 269 m)	稻桩和再生苗 (有) Rice stubble and ratoon rice stubble (yes)	13 590	98.0
	绿春 Luchun (22°58'N, 102°28'E, H 1 603 m)	稻桩 (有) Rice stubble (yes)	0	—
1 月 24 日 24, January	金平 哈尼田 Hanitian Jinping (22°24'N, 103°13'E, H 1 354 m)	稻桩 (有) Rice stubble (yes)	2 130	100
	沙矿 Shakuang (22°55'N, 103°13'E, H 991 m)	稻桩 (有) Rice stubble (yes)	180	100
	大寨 Dazhai (22°55'N, 103°19'E, H 1 270 m)	稻桩 (有) Rice stubble (yes)	0	—
1 月 25 日 25, January	屏边 格祖白 Gezubai Pingbian (22°58'N, 103°37'E, H 963 m)	稻桩 (无) Rice stubble (no)	0	—
	垭嘎 Aoga (22°08'N, 103°40'E, H 1 329 m)	稻桩 (无) Rice stubble (no)	0	—
1 月 26 日 26, January	马关 新寨 Xinzhai Maguang (23°07'N, 104°04'E, H 1 608 m)	稻桩和再生苗 (有) Rice stubble and ratoon rice (yes)	90	100
	小石桥 Xiaoshiqiao (23°16'N, 104°07'E, H 1 634 m)	稻桩和再生苗 (无) Rice stubble and ratoon rice (no)	0	—
1 月 27 日 27, January	富宁 那瓜 Nagua Funing (23°57'N, 105°59'E, H 366 m)	稻桩和再生苗 (无) Rice stubble and ratoon rice (no)	0	—
	那能 Naneng (23°55'N, 105°59'E, H 464 m)	稻桩和再生苗 (无) Rice stubble and ratoon rice (no)	0	—
	四亭 Siting (23°35'N, 105°43'E, H 597 m)	稻桩 (无) Rice stubble (no)	0	—

势较好,该越冬虫量值也是6年的最高值。另外,在本次联合调查中,白背飞虱可查见区域均查见灰飞虱,而没有查见褐飞虱。

连续6年的越冬虫源系统调查和联合考察结果显示,云南省白背飞虱越冬虫源分布区域没有超越有报道的纬度北限,常年越冬稻区主要包括:滇西、滇西南、滇南和滇东南,北纬 $21^{\circ}48' - 23^{\circ}55'$,海拔1 608 m以下区域。滇东(师宗 $24^{\circ}37'N$, $104^{\circ}16'E$, H 1 850 m)和滇东北(威信 $28^{\circ}01'N$, $105^{\circ}03'E$, H 1 200 m)从未查见白背飞虱;其稻桩、再生稻、再生苗、落粒苗、秧苗是主要的栖息场所,杂草上未查见虫源;冬季水源较多,稻苗嫩绿田块虫量偏多,虫态以若虫为主;有虫田块虫量一般在1 000头/667 m²左右,最高虫量可到达13 590头/667 m²;田间虫量虽然不多,但年度间种群数量差异表现明显,2013年和2014年越冬虫量较常年偏少,最高虫量不足800头/667 m²;2013年云南省农业科学院与南京农业大学联合考察时,于1 608 m的马关县八寨镇新寨村($23^{\circ}07'N$, $104^{\circ}04'E$)再生稻

和稻茬混合的田块内查见白背飞虱,虫量为90头/667 m²,此限为6年来系统调查与联合调查的海拔上限。此次联合调查,富宁越冬稻区亦未查见任何虫态的越冬虫源。

2.2 白背飞虱越冬虫量与大田水稻不同时期种群发生数量的相关性研究

通过相关性分析可以看出白背飞虱越冬虫量与秧田虫量间没有显著的相关性。相关系数 $|r|=0.078<0.3$, $P=0.688>0.05$;越冬虫量与移栽期虫量间没有显著的相关性;相关系数 $|r|=0.232<0.3$, $P=0.226>0.05$;越冬虫量与孕穗期虫量间没有显著的相关性;相关系数 $|r|=0.105<0.3$, $P=0.586>0.05$;越冬虫量与大田总虫量间没有显著的相关性;相关系数 $|r|=0.101<0.3$, $P=0.601>0.05$;越冬虫量与大田平均虫量间没有显著的相关性;相关系数 $|r|=0.015<0.3$, $P=0.938>0.05$ 。分析可以得出,云南白背飞虱越冬虫量与秧田虫量、移栽期虫量、孕穗期虫量和大田期总虫量间相关性均不显著, $P>0.05$ 。(表3,表4)

表3 白背飞虱越冬虫量与大田水稻不同时期田间种群发生数量(2010-2015)
Table 3 The population amount in overwintering and different growing period in field (2010-2015)

序号 No.	地点 Location	年份 Year	越冬虫量	秧田虫量	大田期 Field			
			(头/667 m ²)	(头/667m ²)	移栽期虫量	孕穗期虫量	总虫量	平均虫量
			Insects amount in overwintering (number/ 667 m ²)	Insects amount in seedling (number/ 667 m ²)	(头/100 丛) Insects amount in transplanting (number/100 hills)	(头/100 丛) Insects amount in booting stage (number/ 100 hills)	(头/100 丛) Total insects amount (number/ 100 hills)	(头/100 丛) Average insects amount (number/ 100 hills)
1	沧源 Cangyuan	2010	1 167	96	59	915	3 974	234
		2011	267	23	55	1 181	5 529	283
		2012	1 000	39	69	2 689	6 722	373
		2013	800	4	41	288	2 461	137
		2014	466	5	204	590	3 653	261
		2015	1 601	14	103	240	2 112	111
2	勐海 Menghai	2010	1 047	3	5	5 374	17 560	1 098
		2011	0	80	5	4 706	19 073	681
		2012	1 134	2	2	6 840	33 203	1 660
		2013	164	0	12	2 581	18 055	903
		2014	720	1	9	15 722	42 517	2 501
		2015	88	1	420	6 071	19 691	1 230

续表 3 (Table 3 continued)

序号 No.	地点 Location	年份 Year	大田期 field					
			越冬虫量 (头/667 m ²)	秧田虫量 (头/667m ²)	移栽期虫量 (头/100 丛) Insects amount in transplanting (number/100 hills)	孕穗期虫量 (头/100 丛) Insects amount in booting stage (number/ 100 hills)	总虫量 (头/100 丛) Total insects amount (number/ 100 hills)	平均虫量 (头/100 丛) Average insects amount (number/ 100 hills)
			Insects amount in overwintering (number/ 667 m ²)	Insects amount in seedling (number/ 667 m ²)				
3	金平 Jinping	2010	667	294	494	2 044	7 250	517
		2011	231	315	904	2 200	10 726	893
		2012	1 155	145	600	1 262	4 547	350
		2013	9	184	34	768	1 492	187
4	富宁 Funing	2010	667	131	387	11 047	21 186	1 513
		2011	1 000	151	0	4 502	14 600	584
		2012	0	90	1 170	2 287	17 282	960
		2013	0	23	97	400	2 077	297
		2014	0	35	265	1 650	5 220	746
		2015	0		340	2 041	11 266	433
5	师宗 Sizong	2010	0	171	218	1 395	6 513	362
		2011	0	23	4 093	4 093	11 456	674
		2012	0	815	6 445	6 445	14 214	748
		2013	0	37	377	1 896	7 779	648
		2014	0	36	411	1 916	8 065	672
		2015	0	105	440	2 528	5 312	812
6	威信 Waixin	2010	0	0	0	5 230	12 709	669
		2011	0	0	0	361	2 453	144
		2012	0	0	7	3 396	9 066	477
		2013	0	0	0	853	4 215	248

表 4 白背飞虱越冬种群与大田水稻不同时期种群发生数量的相关性分析
Table 4 Correlation analysis of overwintering population and other periods population

		越冬虫量 Overwintering number	秧田虫量 Seedling period number	大田 Field			
				移栽期虫量 Insects amount in transplanting	孕穗期虫量 Insects amount in booting stage	总虫量 Total insects number	平均虫量 Average insects number
越冬虫量 Overwintering number	Pearson 相关性	1	- 0.078	- 0.232	0.105	0.101	0.015
	显著性 (双侧) Significant (Bilateral)		0.688	0.226	0.586	0.601	0.938
	N	29	29	29	29	29	29

续表 4 (Table 4 continued)						
		越冬虫量 Overwinterin g number	秧田虫量 Seedling period number	大田 Field		
				移栽期虫量 Insects amount in transplanting	孕穗期虫量 Insects amount in booting stage	总虫量 Total insects number
秧田虫量 Seedling period number	Pearson 相关性 Correlation		1	- 0.019	- 0.103	- 0.126
	显著性 (双侧) Significant (Bilateral)			0.921	0.594	0.516
	N		29	29	29	29
移栽期虫量 Insects amount in transplanting	Pearson 相关性 Correlation			1	0.110	0.061
	显著性 (双侧) Significant (Bilateral)				0.571	0.754
	N			29	29	29
孕穗期虫量 Insects amount in booting stage	Pearson 相关性 Correlation				1	0.871**
	显著性 (双侧) Significant (Bilateral)					0.000
	N				29	29
总虫量 Total insects number	Pearson 相关性 Correlation					1
	显著性 (双侧) Significant (Bilateral)					0.897**
	N					29
平均虫量 Average insects number	Pearson 相关性 Correlation					1
	显著性 (双侧) Significant (Bilateral)					
	N					29

*, **, 分别表示在 0.05 水平和 0.01 水平 (双侧) 上显著相关。
*, ** indicates significantly correlated, in the 0.05 level and 0.01 level (bilateral), respectively.

3 结论与讨论

3.1 云南本地越冬虫源是否是当地种群大发生的主要因素一直有所争论。80 年代初期和 90 年代中期,前人对云南白背飞虱越冬情况做过比较系统的考察。杨家鸾等 (1982) 对云南白背飞虱越冬虫源考察后认为 ,25.99°N 为我省越冬北界,海拔 1 300 m 以下区域,冬春秧、再生稻上均有

褐飞虱和白背飞虱各种虫态,但虫量较少;中日稻飞虱越冬考察组(2000)认为海拔 800-1 300 m 稻区以白背飞虱为主,有零星褐飞虱虫源。海拔 800 m 以下稻区,冬季和早春季节白背飞虱、褐飞虱在秧、本田上能正常繁殖,存在大量越冬虫源。据农业部门统计,近年白背飞虱适宜越冬区种植制度发生很大变化,一是冬闲田大规模开发利用,滇南、滇东南稻区小春复种

指数增大。二是冬早蔬菜替代了早稻种植。2013 年早稻面积已下降到 4.87 万 hm^2 左右 (中华人民共和国国家统计局, 2013)。导致大部分适宜白背飞虱越冬的场所不复存在, 仅在低凹潮湿的田块里有少量再生稻苗或落粒自生苗。越冬场所狭小, 越冬种群也发生变化。本研究连续 6 年的越冬虫源调查记录: 滇西、滇西南、滇南和滇东南常年越冬区内的寄主结构和栖息场所已经发生较大变化, 适宜白背飞虱越冬种群正常生存和繁殖的面积越来越少。如: 滇东南富宁县 ($23^{\circ}55'N$, $106^{\circ}02'E$, $H 464 \text{ m}$) 1 月份气温 11.6 $^{\circ}\text{C}$, 是稻飞虱适宜越冬稻区, 但由于寄主植物严重缺失, 2013 年后均没有查到越冬虫源; 总之, 受环境因素影响, 云南稻区越冬种群数量有限, 有虫田块一般虫量在 1 000 头/667 m^2 左右, 若虫量占总虫量的 97.33%。

3.2 笔者对云南 26 个有代表性的站点 1992-2013 年 1 月平均气温分析得出, 全省 1 月份平均气温年度间变化幅度在 9-13 $^{\circ}\text{C}$ 之间, 越冬适宜区域 10 个站 (景洪、河口、江城、思茅、

蒙自、文山、耿马、元江、富宁和临沧) 1 月份平均气温年度间变化幅度在 12-15 $^{\circ}\text{C}$ 之间 (图 2)。从云南稻区冬季温度的变化趋势看, 全省适合白背飞虱越冬的区域应有所增加, 但系统调查与考察结果并没有明显变化。在逐步变化的气候环境和新种植模式下, 北纬 $23^{\circ}57'$ 以南、海拔 1 608 m 以下区域可查见越冬虫源 (表 3, 表 4)。稻桩、再生稻、落粒稻、秧苗仍然是主要的栖息场所。冬季水源较多, 稻苗嫩绿田块虫量相对偏多。由此可见, 云南稻区冬季 1 月气温明显上升, 并没有对白背飞虱越冬种群的分布范围产生显著影响。相反, 受种植制度或水源的影响, 越冬场所和越冬虫量减少明显。因此, 在适宜的温度条件下 (1 月平均气温 10 $^{\circ}\text{C}$ 以上), 有寄主植物与水源才是白背飞虱种群能否成功越冬的重要条件。也有研究表明, 云南稻飞虱越冬区域比其他地区范围更广, 主要原因与其复杂的山地条件有关, 垂直高度差显著, 存在着因高度上升而形成气候类型的差异 (罗举等, 2013), 说明了云南稻区白背飞虱越冬情况的复杂性。

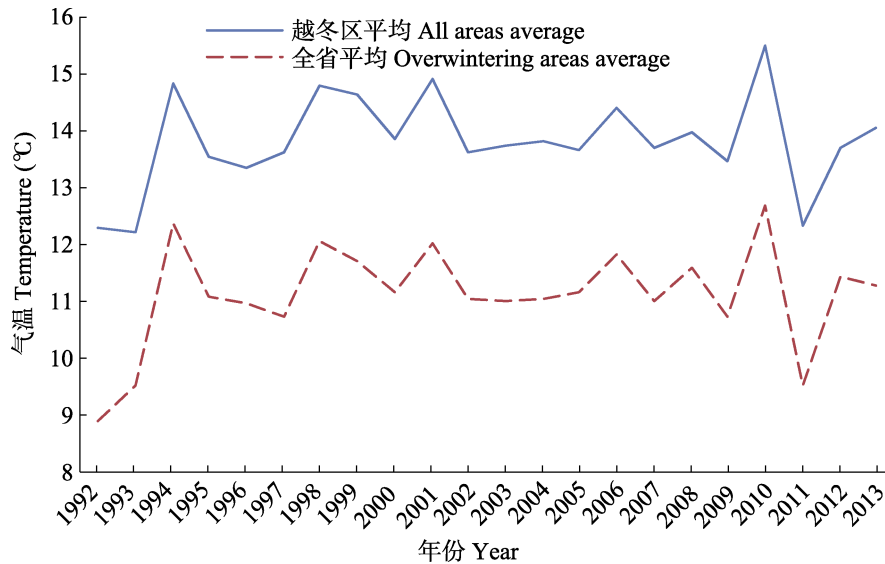


图 2 1992-2013 年云南 1 月平均气温变化

Fig. 2 The average temperature of Yunnan in January during 1992-2013

3.3 本研究表明云南白背飞虱越冬虫源对种群大发生的贡献率较小。其越冬虫量与大田最高虫量、大田期总虫量等相关性不显著 ($P > 0.05$)。境外虫源的大规模迁入及其落地增殖 (沈慧梅

等, 2011c, 2016; 郑大兵等, 2014; 徐兰珍等, 2016), 才是造成云南白背飞虱大发生的关键因子之一。因此, 对境外虫源区白背飞虱种群的发生、分布与变化开展系统研究, 是有效持续控制

云南白背飞虱种群大发生的关键。

致谢: 感谢沧源植保植检站、勐海植保植检站、师宗植保植检站、富宁植保植检站、金平植保植检站和威信县植保植检站的大力支持。

参考文献 (References)

- Bottrell DG, Schoenly KG, 2012. Resurrecting the ghost of green revolutions past: the brown planthopper as a recurring threat to high-yielding rice production in tropical Asia. *Journal of Asia Pacific Entomology*, 15(1): 122–140.
- Cheng JA, 2015. Rice planthoppers in the past half century in China// Heong KL, Cheng JA, Escalada MM(eds.). *Rice Planthoppers - Ecology, Management, Socio Economics and Policy*. Hangzhou: Zhejiang University & Springer. 1–32.
- Hu G, Lu MH, Tuan HA, Liu WC, Xie MC, McInerney CE, Zhai BP, 2016. Population dynamics of rice planthoppers, *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera* (Hemiptera, Delphacidae) in Central Vietnam and its effects on their spring migration to China. *Bull. Entomol. Res.*, 107(3): 369–381.
- Luo J, Liu Y, Gong YF, Cheng XN, Fu Q, Hu G, 2013. Investigation of the overwintering of three species of rice pest, *Nilaparvata lugens*, *Sogatella furcifera* and *Cnaphalocrocis medinalis* in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(1): 253–260. [罗举, 刘宇, 龚一飞, 程遐年, 傅强, 胡高, 2013. 我国水稻“两迁”害虫越冬情况调查. 应用昆虫学报, 50(1): 253–260.]
- Li XY, Chu D, Yin YQ, Zhao XQ, Chen AD, Khay S, Douangboupha B, Kyaw MM, Kongchuensin Manita, Ngo VV, Nguyen CH, 2016. Possible source populations of the white-backed planthopper in the greater mekong subregion revealed by mitochondrial dna analysis. *Scientific Reports*. 6: 39167. doi: 10.1038/srep39167.
- Li YG, Du HW, Huang YS, 2014. Introduction and Improvement of SPSS19.0 Statistical Analysis. Beijing: Tsinghua University Press. 158–159. [李玉光, 杜宏巍, 黄永生, 2014. SPSS19.0 统计分析入门与提高. 北京: 清华大学出版社. 158–159.]
- Ma MY, Wu SW, Peng ZP, 2015. Population seasonality: will they stay or will they go? a case study of the *Sogatella furcifera* (Hemiptera: Delphacidae). *Journal of Insect Science*, 15(1): 61.
- National Research Collaboration Group for Whitebacked Planthopping, 1981. Preliminary study on migration rule of whitebacked planthopper. *China Agricultural Sciences*, 14 (5): 25–31. 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.
- National Statistics Bureau of the People's Republic of China, 2013. Announcement: The total output of early rice in 2013 was 34.07 million tons (68.15 billion kg): http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/201310/t20131030_450244.html. 2013-08-29. [中华人民共和国国家统计局, 2013. 公告: 2013 年早稻总产量 3407 万吨(681.5 亿斤): http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/201310/t20131030_450244.html. 2013-08-29.]
- Otuka A, 2013. Migration of rice planthoppers and their vectored re-emerging and novel rice viruses in East Asia. *Frontiers in Microbiology*, 4(6): 309.
- Qi HH, Zhang YH, Jiang CX, Sun MY, Yang XL, Cheng DF, 2011. Analysis of the source areas of the early immigration of white-backed planthopper in northeast Guangxi of China. *Scientia Agricultura Sinica*, 44(16): 3333–3342. [齐会会, 张云慧, 蒋春先, 孙明阳, 杨秀丽, 程登发, 2011. 广西东北部稻区白背飞虱早期迁入虫源分析. 中国农业科学 44(16): 3333–3342.]
- Research Cooperation Group of Sichuan, Guizhou Province and Yunnan Province for Rice Planthoppers, 1982. The migration and occurrence characteristics of whitebacked planthopper and brown planthopper in Southwest China. *Plant Protection*, 9(3): 179–186. [四川、贵州、云南三省稻飞虱科研协作组, 1982. 我国西南稻区白背飞虱、褐稻虱的迁飞和发生特点. 植物保护学报, 9(3): 179–186.]
- Shen HM, Chen X, Hu Ga, Cheng XN, Zhang XX, Zhai BP, 2011a. Analysis on the early immigration of rice planthoppers in southern Guangxi in 2008. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(5): 1268–1277. [沈慧梅, 陈晓, 胡高, 程遐年, 张孝羲, 翟保平, 2011a. 2008 年广西北部湾稻区稻飞虱初迁入过程分析. 应用昆虫学报, 48(5): 1268–1277.]
- Shen HM, Kong LP, Zang SH, Zhang XX, Zhai BP, 2011b. Analysis of the source areas of the early immigration of the white-backed planthopper, *Sogatella furcifera* (Horváth) (Homoptera: Delphacidae), in Fujian Province, China. *Acta Entomologica Sinica*, 54(6): 701–713. [沈慧梅, 孔丽萍, 章霜红, 张孝羲, 翟保平, 2011b. 福建省白背飞虱前期迁入虫源分析. 昆虫学报, 54(6): 701–713.]
- Shen HM, Lü JP, Zhou JY, Zhang XX, Cheng XN, Zhai BP, 2011c. Source areas and landing mechanism of early immigration of white-backed planthoppers *Sogatella furcifera* (Horváth) in Yunnan, 2009. *Acta Ecologica Sinica*, 31(15): 4350–4364. [沈慧梅, 吕建平, 周金玉, 张孝羲, 程遐年, 翟保平, 2011c. 2009 年云南省白背飞虱早期迁入种群的虫源地范围与降落机制. 生态学报, 31(15): 4350–4364.]
- Shen HM, Li XY, Shen AD, Zhao XQ, Ying YQ, Lü JP, Zhai BP, Tian WK, 2016. Releasing and recapturing test of marked

- planthoppers (*Sogatella furcifera*) and its trajectory simulation in Yunnan Province, China. *Chin. J. Rice Sci.*, 30(1): 93–98. [沈慧梅, 李向永, 谌爱东, 赵雪晴, 尹艳琼, 吕建平, 翟保平, 田维奎, 2016. 云南白背飞虱标记释放回收试验与轨迹模拟. 中国水稻科学, 30(1): 93–98.]
- Sino-Japanese Jointly Surveying Group For Rice Planthopper, 2000. Yunnan winter rice planthopper insect source investigation. *Yunnan Agricultural Science and Technology*, (4): 3–6. [中日稻飞虱越冬考察组, 2000. 云南稻飞虱冬季虫源考察. 云南农业科技, (4): 3–6.]
- Tang JY, Hu RH, Wang JQ, 1996. Outbreak analysis of rice migratory pests in china and management strategies recommended. *Acta Ecologica Sinica*, 16(2): 167–173. [汤金仪, 胡伯海, 王建强, 1996. 我国水稻迁飞性害虫猖獗成因及其治理对策建议. 生态学报, 16(2): 167–173.]
- Wang Z, Qi GJ, Lv LH, HuQ, Yuan WX, 2011. Analysis of the source areas of early immigrant white-backed planthopper *Sogatella furcifera* (Horváth) in Guangdong Province. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(5): 1253–1259. [王政, 齐国君, 吕利华, 胡芊, 袁维熙, 2011. 广东白背飞虱早期迁入种群的虫源地分析. 应用昆虫学报, 48(5): 1253–1259.]
- Wu JJ, Jiang CX, Zhang YH, Qi HH, Li Q, Cheng DF, 2012. Occurrence dynamics and trajectory analysis of the white-backed planthopper, *Sogatella furcifera*, in Xingan of Guangxi Municipality in 2011. *Plant protection*, 38(5): 1202–1212. [武俊杰, 蒋春先, 张云慧, 齐会会, 李庆, 程登发, 2012. 2011 年广西兴安地区白背飞虱种群发生动态及迁飞轨迹分析. 植物保护, 38(5): 1202–1212.]
- Xu LZ, Chen AD, Zhao XQ, Zhai BP, 2016. Source areas and landing mechanisms of early immigrating white-backed planthoppers *Sogatella furcifera* (Horváth) in southeastern Yunnan. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(6): 1301–1316. [徐兰珍, 谌爱东, 赵雪晴, 翟保平, 2016. 滇东南地区白背飞虱早期迁入种群的虫源地与降落机制. 应用昆虫学报, 53(6): 1301–1316.]
- Yang JL, Liu YB, Kong FF, Lin L, 1982. Study of rice planthopper in winter. *Yunnan Agricultural Science and Technology*, (5): 33–38. [杨家鸾, 刘玉彬, 孔凡夫, 林莉, 1982. 稻飞虱越冬考察. 云南农业科技, (5): 33–38.]
- Yin YQ, Li XY, Chu D, Zhao XQ, Chen AD, Khay S, Douangboupah B, Kyaw MM, Kongchuensin Manita, Ngo VV, Nguyen CH, Shen SC, Liu SF, 2016. Extensive gene flow of white-backed planthopper in the Greater Mekong Subregion as revealed by microsatellite markers. *Scientific Reports*, 7: 15905: doi:10.1038/s41598-017-16164-0.
- Zhai BP, Zhou GH, Tao XR, Chen X, Shen HM, 2011. Macroscopic patterns and icroscopic mechanisms of the outbreak of rice plant hoppers and epidemic SRBSDV. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(3): 480–487. [翟保平, 周国辉, 陶小荣, 陈晓, 沈慧梅, 2011. 稻飞虱暴发与南方水稻黑条矮缩病流行的宏观规律和微观机制. 应用昆虫学报, 48(3): 480–487.]
- Zhao XQ, Shen HM, Yin YQ, LI XY, Lu JP, Chen AD, 2014. The occurrence characteristics and population dynamics of *Sogatella furcifera* (Horváth) in Yunnan Province. *Chinese Journal of Applied Entomology*. 51(2): 516–524. [赵雪晴, 沈慧梅, 尹艳琼, 李向永, 吕建平, 谌爱东, 2014. 云南白背飞虱的发生与种群消长特点. 应用昆虫学报, 51(2): 516–524.]
- Zheng DB, Cui MH, He HP, Shen HM, Hu G, Chen X, Zhai BP, 2014. Source areas and landing mechanisms of early immigrant population of white-backed planthoppers *Sogatella furcifera* (Horváth) in Shizong, Yunnan Province. *Acta Ecologica Sinica*, 34(15): 4262–4271. [郑大兵, 崔茂虎, 何洪平, 沈慧梅, 胡高, 陈晓, 翟保平, 2014. 云南师宗白背飞虱前期迁入种群的虫源地分布与降落机制. 生态学报, 34(15): 4262–4271.]