

四川省东部稻区稻飞虱种群动态分析

张梅^{1,2} 蒲颇² 封传红² 曾伟³ 刘映红¹ 刘怀^{1*}

(1. 西南大学植物保护学院, 昆虫学及害虫控制工程重庆市市级重点实验室, 重庆 400715; 2. 四川省农业农村厅植物保护站, 成都 611130; 3. 四川省达州市达川区植保植检站, 达州 635002)

摘要: 为明确四川省东部稻区稻飞虱的发生情况及规律, 于2014—2018年通过灯光诱捕和田间调查的方法, 以达州市达川区、大竹县和泸州市叙永县稻区为代表对川东稻区稻飞虱种群进行系统调查。结果显示: 川东稻区稻飞虱优势种为白背飞虱 *Sogatella furcifera*。灯诱条件下川东南稻区叙永县稻飞虱始见期为5月上中旬, 川东北稻区达川区和大竹县稻飞虱始见期为5月底至6月上中旬; 高峰期均为7月中旬至8月上旬。2014—2018年达川区、大竹县和叙永县稻区稻飞虱田间发生最严重的年份分别为2018、2014和2018年, 该年田间发生总量分别为29 946、15 353和35 607头/百丛。川东南稻区稻飞虱为害中若虫数量占绝对优势, 但成虫发生为害持续时间长; 在达川区、大竹县和叙永县稻区稻飞虱发生最严重的年份, 成虫的田间发生量分别达到4 583、5 452和16 870头/百丛。川东稻区稻飞虱整体上在2014年和2017—2018年间发生较重, 且川东南稻区害虫发生较川东北稻区更严重。表明四川省东部3个稻区稻飞虱的发生量在不同年份间有很大差异, 且优势种为白背飞虱, 其成虫持续为害时间长。

关键词: 白背飞虱; 褐飞虱; 种群动态; 发生规律; 川东稻区

Population dynamics of the rice planthoppers in eastern Sichuan, China

ZHANG Mei^{1,2} PU Po² FENG Chuanhong² ZENG Wei³ LIU Yinghong¹ LIU Huai^{1*}

(1. Key Laboratory of Entomology and Pest Control Engineering, College of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China; 2. Plant Protection Station of Sichuan Provincial Department of Agriculture and Rural Affairs, Chengdu 611130, Sichuan Province, China; 3. Dachuan Plant Protection Station, Dazhou 635002, Sichuan Province, China)

Abstract: To clarify the population dynamics and occurrence regularity of the rice planthoppers in eastern Sichuan, light trapping and systematic field surveys were performed in Dachuan District, Dazhu County in Dazhou City and Xuyong County in Luzhou City from 2014 to 2018. The results showed that the dominant species of rice planthoppers was *Sogatella furcifera* in eastern Sichuan. According to the data obtained from light trapping, the first occurrence of rice planthoppers in southeast Sichuan (Xuyong County) appeared in early and middle May, but in northeastern Sichuan (Dachuan District and Dazhu County), in late May to early and middle June. The major peak appeared in middle July to early August. The population of rice planthoppers in Dachuan District, Dazhu and Xuyong counties peaked with the densities of 29 946, 15 353 and 35 607 heads per 100 plants in 2018, 2014 and 2018, respectively. The nymphs accounted for the majority of the population, while the adults were the most frequent observed. The population density of adults in Dachuan District, Dazhu and Xuyong counties peaked with 4 583, 5 452 and 16 870 heads per 100 plants, respectively. Overall, the occurrence of rice planthoppers

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD0200307)

* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: liuhuai@swu.edu.cn

收稿日期: 2019-11-25

in eastern Sichuan was more serious in 2014 and 2017—2018, and severer in southeastern Sichuan than northeastern Sichuan. This study suggested that, in eastern Sichuan, the number of rice planthoppers differed greatly among the three different regions within each year and from year to year. The major pest was *S. furcifera* which mainly damaged plants in their adult stages.

Key words: *Sogatella furcifera*; *Nilaparvata lugens*; population dynamics; occurrence regularity; eastern Sichuan

稻飞虱隶属于同翅目飞虱科,是一种为害水稻的重要迁飞性害虫,近30年来其发生面积不断扩大,暴发频率也随之增加(Hu et al., 2011; Liao et al., 2017; 王佳妮等, 2018)。目前亚洲报道的稻飞虱有白背飞虱 *Sogatella furcifera*、褐飞虱 *Nilaparvata lugens*、灰飞虱 *Laodelphax striatellus*,它们不仅可以通过刺吸为害水稻的茎秆和叶片,造成植物叶片含水量和叶绿素含量下降,形成火烧状症状,最终导致植物光合作用下降,甚至引起植株干枯,降低水稻的产量和品质(Backus et al., 2005; Zhou et al., 2013; 杨航等, 2017);而且还能传播水稻齿叶矮缩病毒(rice ragged stunt virus, RRSV)(陈红燕等, 2015)、水稻黑条矮缩病毒(southern rice black-streaked dwarf virus, SRBSDV)(邓瑶等, 2018)和水稻草矮病毒(rice grassy stunt virus, RGSV)(石超南等, 2018)等植物病毒,对水稻优质丰产和粮食安全构成了严重威胁(曾伟等, 2015; 2017; 刘艳敏等, 2019)。

四川省是我国重要的粮食生产基地,2018年全省水稻种植面积为187.5万hm²,产量达1473.7万t,占全国稻谷总产量的6.95%;达州市和泸州市是四川省东部的水稻主产区(简称川东稻区),2个市水稻种植面积占全省的17.45%,其中达州市水稻种植面积位于全省第一,在全省的粮食供给中占有重要地位(四川省农业农村厅统计数据)。川东稻区地处四川盆地东部平行岭谷区、盆地中部丘陵区、盆地周围低山区连接地带,终年受川东低涡气流和地方性环流的影响,极有利于稻飞虱的发生,这种地理和气候条件使得稻飞虱在不同时空下的灾变规律变得十分复杂和多变(邓望喜, 1981; 王禄斌和李登利, 1991)。

明确害虫的发生规律是害虫发生预测预报和综合治理的重要依据。目前,一些学者对川东稻区稻飞虱的发生情况进行了局部调查。如曾伟等(2010)、曾伟和李仁江(2011)发现7月上、中旬的4代稻飞虱和7月下旬至8月上旬初的5代稻飞虱是川东北达州市稻区一季中稻上的主要为害世代;向薇薇等(2015)进一步报道了达州市稻区白背飞虱迁入虫源大部分来自贵州省,部分来自广西壮族自治区西北部和云南省东北部。但上述对川东稻区稻飞虱灾变

规律的研究主要集中在川东北稻区,而关于川东南稻区却未见相关研究报道。达州市达川区和大竹县地处川东北,水稻种植规模大,稻飞虱多年来经常发生,且为害严重,在川东北稻区具有明显的区域代表性(曾伟和李仁江, 2011)。泸州市叙永县地处川东南,是稻飞虱的常发区和重发区,在川东南稻区具有明显的区域代表性(卿雨文等, 2007)。近年来,稻飞虱在川东稻区水稻生长中、后期呈现持续重发趋势,因此及时掌握川东稻区稻飞虱发生动态并为该地区稻飞虱防控提供准确的预警信息具有重要的实践意义。本试验于2014—2018年在川东稻区具有代表性的达州市达川区、大竹县和泸州市叙永县稻区开展稻飞虱的灯光诱捕和田间系统调查工作,对近5年来稻飞虱在川东稻区的发生规律进行分析,以期为川东稻区稻飞虱发生的监测预警与防治策略制定提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

监测点概况:试验于2014—2018年每年的4—9月在川东稻区达州市达川区、大竹县和泸州市叙永县进行。稻飞虱虫情监测点位于达川区河市镇万河村大竹县乌木镇广子村、叙永县麻城乡田林村。达川区监测点种植的水稻品种是宜香优2115,来自四川省绿丹种业有限责任公司;大竹县监测点种植的是川农优445,来自南充市农业科学院;叙永县监测点种植的是K优77,来自四川省农业科学院水稻高粱研究所。监测稻区均以一季中稻耕作,土壤肥力中等,排灌条件良好,常年有用药防治稻飞虱的习惯。

农药及仪器:25%噻嗪酮(buprofezin)可湿性粉剂,江苏常隆化工有限公司;20%井冈霉素(validamycin)可湿性粉剂,浙江桐庐汇丰生物科技有限公司;75%三环唑(tricyclazole)水分散粒剂,上海禾本药业股份有限公司;75%肟菌·戊唑醇(trifloxystrobin·tebuconazole)水分散粒剂,拜耳作物科学(中国)有限公司;200 g/L氯虫苯甲酰胺(chlorantraniliprole)悬浮剂,美国富美实公司。200 W佳多频振式自动虫情测报灯(白炽灯),鹤壁佳多科工贸有限责任公司。

1.2 方法

分别在达川区河市镇、大竹县乌木镇和叙永县麻城乡一季中稻区设置系统调查田,采用灯光诱捕和田间系统调查方法相结合,统计白背飞虱和褐飞虱的发生情况。每个监测点选择品种、生育期和长势一致的代表性田块4块作为系统调查田,每块田面积不少于667 m²,按行距0.24 m、株距0.20 m于4月底至5月初移栽水稻。在水稻分蘖期至灌浆期每隔10~20 d进行1次药剂防治,由农户按照药剂说明进行单施或混合喷施。其中,25%噻嗪酮(buprofezin)可湿性粉剂施用量为300 g/hm²,20%井冈霉素可湿性粉剂施用量为450 g/hm²,75%茚菌·戊唑醇水分散粒剂施用量为225 g/hm²,75%三环唑水分散粒剂施用量为375 g/hm²,200 g/L氯虫苯甲酰胺悬浮剂施用量为150 mL/hm²。

灯光诱捕方法:在每块调查田将佳多频振式自动虫情测报灯安装固定在高0.6 m、宽1.1 m的基台上。测报灯远离其它光源,安装在定点调查田块的中央。测报灯在每年4月1日启用,10月中旬左右(未见虫10 d后)停用。每天自18:00开灯,于次日06:00关灯,逐日收集诱捕的稻飞虱并进行鉴别,记录白背飞虱和褐飞虱成虫数量。

田间系统调查方法:参照《GBT 15794—2009 稻飞虱测报调查规范》,从水稻移栽返青后开始,每5 d调查1次,直至黄熟期结束。采用平行双行跳跃式方法取样,以长45 cm×宽33 cm的白糖瓷盘为载体,定田不定点,随机取样。具体步骤为:调查时,用洗洁精湿润盘内壁,将白糖瓷盘轻轻地倾放在稻秆基部,快速拍击植株中下部,连拍3下,使稻飞虱落在白磁盘中,立即端起统计各类飞虱不同翅型成虫、低龄和高龄若虫数量。每块系统田调查10点,每点取2丛长势基本一致的水稻进行调查。每1丛稻飞虱低于5头时每块田调查50丛水稻以上、每丛稻飞虱为5~10头时每块田调查30~50丛水稻、每丛稻飞虱大于10头时每块田调查20~30丛水稻。记录每个样点白背飞虱和褐飞虱的1~5龄若虫虫量、长翅及短翅成虫虫量,最后换算成百丛虫量。

1.3 数据分析

数据统计分析与制图采用Excel 2003软件进行。

2 结果与分析

2.1 灯诱条件下川东稻区稻飞虱的种群动态

2.1.1 白背飞虱种群动态

2014—2018年灯诱结果显示,川东稻区白背飞虱

最早于2017年和2018年的5月2日在叙永县和大竹县始见,最晚于2014年6月20日在叙永县始见;5年间,白背飞虱在达川区的始见日主要集中在5月底至6月上中旬,在大竹县的始见日主要集中在5月中下旬,在叙永县的始见日主要集中在5月上中旬。川东稻区白背飞虱高峰日主要分布在7月中旬至8月上旬,高峰日最早于2016年6月28日在叙永县出现,最晚于2015年8月17日在达川区出现;达川区在2014—2016年间和2018年高峰日的白背飞虱虫量均较大竹县和叙永县的低,叙永县在2014—2015年间和2018年高峰日的白背飞虱虫量均在993头以上。川东稻区白背飞虱未见日主要分布在8月中下旬,最早于2015年7月30日在大竹县出现,最晚于2014年9月16日在达州区和叙永县出现(表1)。

灯诱总虫量可反映田间害虫的实际发生情况,川东稻区白背飞虱在2014—2015年间和2017—2018年间的灯诱总虫量较高,大竹县和叙永县白背飞虱在各年份的灯诱总虫量均较同年间达川区白背飞虱的灯诱总虫量高。5年间,白背飞虱在达川区于2017年的灯诱总虫量最高,为1 166头;在大竹县于2014年的灯诱总虫量最高,为3 424头;在叙永县于2014年的灯诱总虫量最高,为8 592头,且在随后的4年间总虫量先降低后增加(表1)。表明川东稻区白背飞虱在2014年和2017—2018年间发生较重,在2016年发生相对较轻。

2.1.2 褐飞虱种群动态

2014—2018年灯诱结果显示,川东稻区褐飞虱主要集中在叙永县,始见日分布在5月中旬至6月中旬,高峰日分布在7月下旬至8月上旬,未见日分布在8月中旬至9月上旬;5年间,褐飞虱在2014年的灯诱总虫量最高,为983头,且随着年份的推移褐飞虱发生先减轻后加重(表1)。褐飞虱在达川区和叙永县于2016—2018年间的灯诱总虫量较低,甚至未见虫。表明在2014—2015年间和2017—2018年间,川东南稻区叙永县褐飞虱的灯诱总虫量均大于川东北稻区达川区和叙永县。

2.2 田间系统调查下川东稻区稻飞虱的种群动态

2.2.1 稻飞虱田间发生总量及动态

2014—2018年田间系统调查结果显示,川东稻区达川区、大竹县和叙永县稻飞虱田间发生最严重的年份分别为2018、2014和2018年,该年的田间发生总量分别为29 946、15 353和35 607头/百丛,稻飞虱发生最轻的年份分别为2015、2015和2016年(图1)。川东南稻区叙永县稻飞虱的田间发生总量

在2014—2015年间和2017—2018年间均大于川东北稻区达川区和大竹县,这与白背飞虱和褐飞虱的灯诱总虫量变化趋势一致;叙永县稻飞虱在2016年

的田间发生总量略低于达川区,但明显高于大竹县的田间发生总量,在5年间东南稻区稻飞虱的发生量基本保持稳定且总量大。

表1 2014—2018年四川省东部稻区白背飞虱和褐飞虱的发生期及灯诱总虫量

Table 1 Occurrence periods and the numbers of *Sogatella furcifera* and *Nilaparvata lugens* caught in light traps in eastern Sichuan Province from 2014 to 2018

年份 Year	地区 Area	白背飞虱 <i>Sogatella furcifera</i>				褐飞虱 <i>Nilaparvata lugens</i>			
		始见日 (当日虫量) First occurrence date and no.	高峰日 (当日虫量) Peak date and no.	未见日 (当日虫量) Last occurrence date and no.	年度 总虫量 Annual no.	始见日 (当日虫量) First occurrence date and no.	高峰日 (当日虫量) Peak date and no.	未见日 (当日虫量) Last occurrence date and no.	年度 总虫量 Annual no.
2014	达川区 Dachuan District	05-31(3)	07-11(91)	09-16(8)	580	07-17(2)	09-01(4)	09-08(2)	11
	大竹县 Dazhu County	05-25(25)	08-08(963)	08-26(18)	3 424	07-28(15)	08-04(21)	08-04(21)	31
	叙永县 Xuyong County	06-20(20)	07-14(2 735)	09-16(8)	8 592	06-02(11)	08-03(230)	09-08(2)	983
2015	达川区 Dachuan District	06-10(2)	08-17(70)	08-20(9)	193	08-17(1)	08-17(1)	08-17(1)	1
	大竹县 Dazhu County	05-07(3)	07-17(106)	07-30(75)	673	05-18(16)	06-22(28)	06-22(28)	72
	叙永县 Xuyong County	05-13(30)	07-18(993)	08-01(2)	3 888	05-06(3)	07-21(203)	08-01(5)	902
2016	达川区 Dachuan District	05-25(2)	07-05(145)	08-03(17)	459	未发现 Not found	/	/	/
	大竹县 Dazhu County	05-19(5)	07-30(202)	08-31(23)	1 643	07-29(76)	07-29(76)	08-16(7)	97
	叙永县 Xuyong County	05-15(6)	06-28(202)	08-12(15)	511	06-20(26)	07-25(21)	08-15(2)	169
2017	达川区 Dachuan District	06-15(11)	08-02(341)	08-26(3)	1 166	08-11(3)	08-11(3)	08-26(3)	6
	大竹县 Dazhu County	05-17(18)	08-08(321)	08-27(9)	3 324	未发现 Not found	/	/	/
	叙永县 Xuyong County	05-02(1)	06-29(209)	08-27(6)	1 055	05-19(12)	06-09(21)	08-11(4)	157
2018	达川区 Dachuan District	06-10(2)	08-05(120)	08-31(21)	369	未发现 Not found	/	/	/
	大竹县 Dazhu County	05-02(8)	07-19(1 016)	08-15(1)	1 638	未发现 Not found	/	/	/
	叙永县 Xuyong County	05-10(4)	07-29(1 310)	08-28(46)	7 371	05-15(2)	07-26(37)	08-12(4)	167

2014—2018年田间系统调查结果显示,在达川区,稻飞虱田间种群发生高峰期于2014—2017年间主要分布在7月中下旬,在2018年提前到6月底至7月初(图2-A),2014、2016和2018年稻飞虱发生较重且持续时间长。在大竹县,稻飞虱田间种群发生高峰期于2014—2017年间主要分布在7月底至8月初,在2018年提前到7月初(图2-B),2014年稻飞虱发生较重。在叙永县,稻飞虱田间种群高峰期于2014—2016年间主要分布在7月底,在2014—2018年提前到6月

底至7月初(图2-C),5年间稻飞虱发生虫量大且持续时间长。表明川东稻区稻飞虱田间种群高峰期在2014—2017年间大致在7月底,在2018年提前至6月底左右,与稻飞虱灯诱高峰日主要分布在7月中旬至8月上旬的结果一致。川东稻区田间稻飞虱发生种类主要为白背飞虱,在2014—2018年占稻飞虱的比例分别为96.57%、90.78%、98.56%、99.62%和100.00%。褐飞虱主要发生在2014—2015年间和2016—2018年间,且发生较轻,甚至在部分稻区未见发生(图2-D~F)。

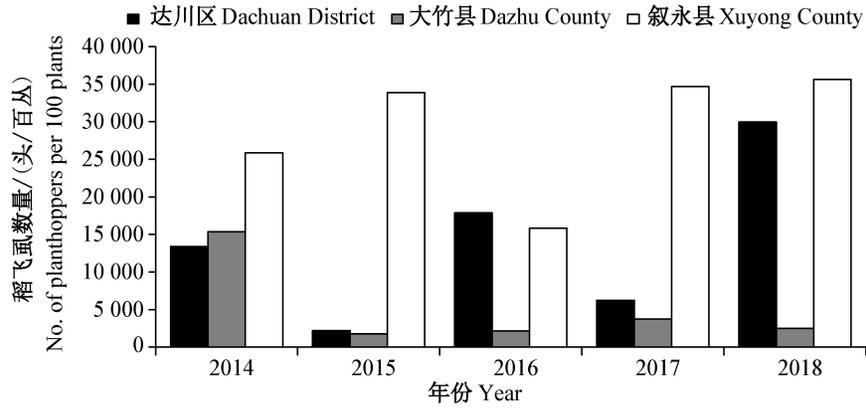


图1 2014—2018年四川省东部稻区稻飞虱百丛总量

Fig. 1 Densities of rice planthoppers in eastern Sichuan Province in the field from 2014 to 2018

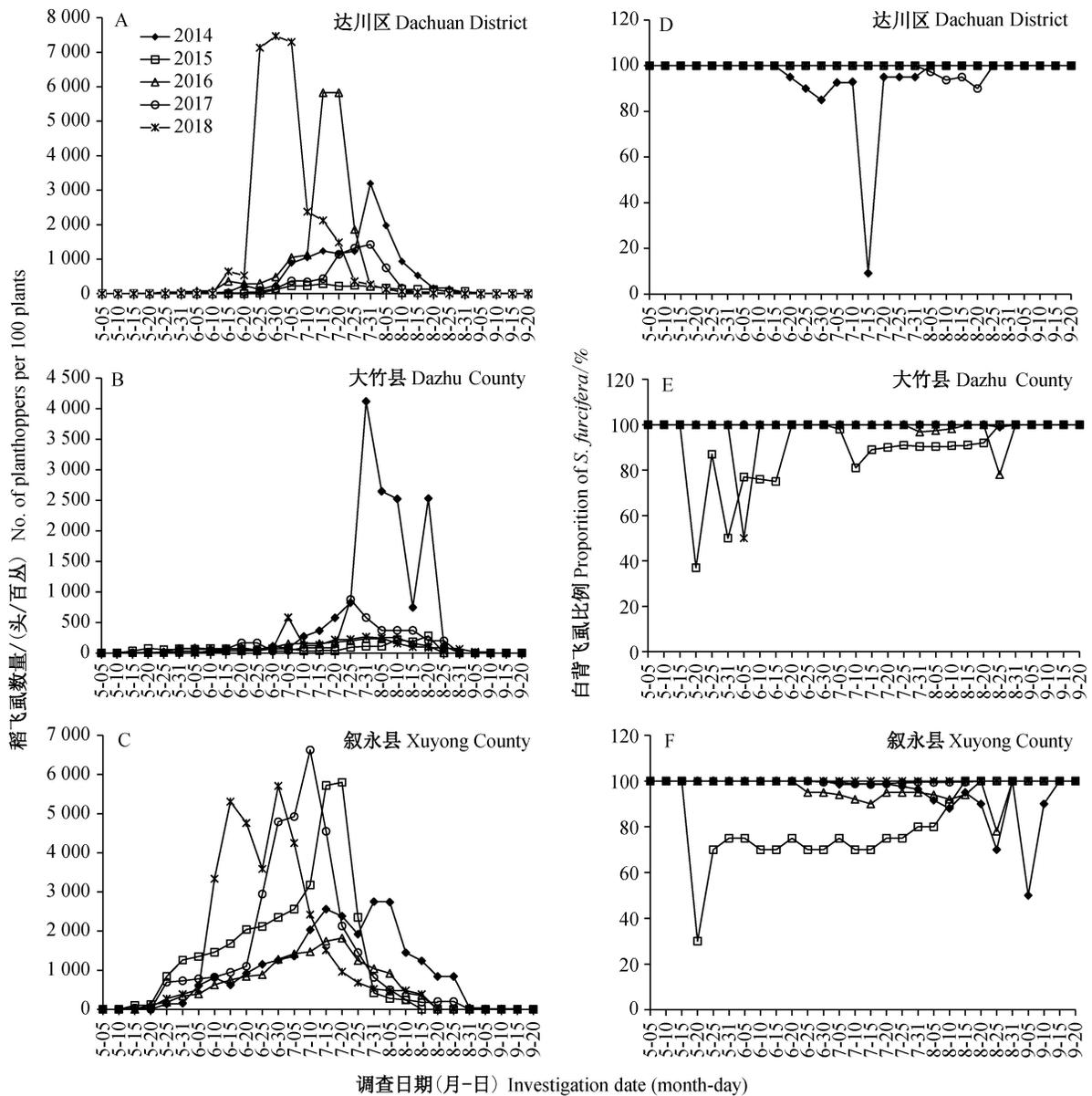


图2 2014—2018年四川省东部稻区稻飞虱田间种群发生动态(A~C)及白背飞虱发生比例(D~F)

Fig. 2 The population dynamics of rice planthoppers (A~C) and the proportion of *Sogatella furcifera* (D~F) in eastern Sichuan Province in the field from 2014 to 2018

2.2.2 稻飞虱田间若虫种群发生动态

川东稻区稻飞虱田间种群结构中以若虫数量占绝对优势,5年间不同稻区若虫发生动态大多表现为单峰型。在达州地区,稻飞虱田间若虫种群发生高峰期在2014—2017年间主要分布在7月下旬,在2018年提前到6月底,且高峰日若虫量达7 305头/百丛(图3-A);在大竹县,稻飞虱田间若虫种群发生高峰期

在2014—2017年间主要分布在7月底,在2018年提前到7月初(图3-B);在叙永县,稻飞虱田间若虫种群发生高峰期在2014—2018年间随着年份的推移从7月底提前到6月中旬(图3-C),且2018年高峰日若虫量达5 160头/百丛。表明川东稻区稻飞虱若虫在2014年和2017—2018年间发生较重,且川东南稻区叙永县若虫的发生较川东北稻区达川区和达大竹县重。

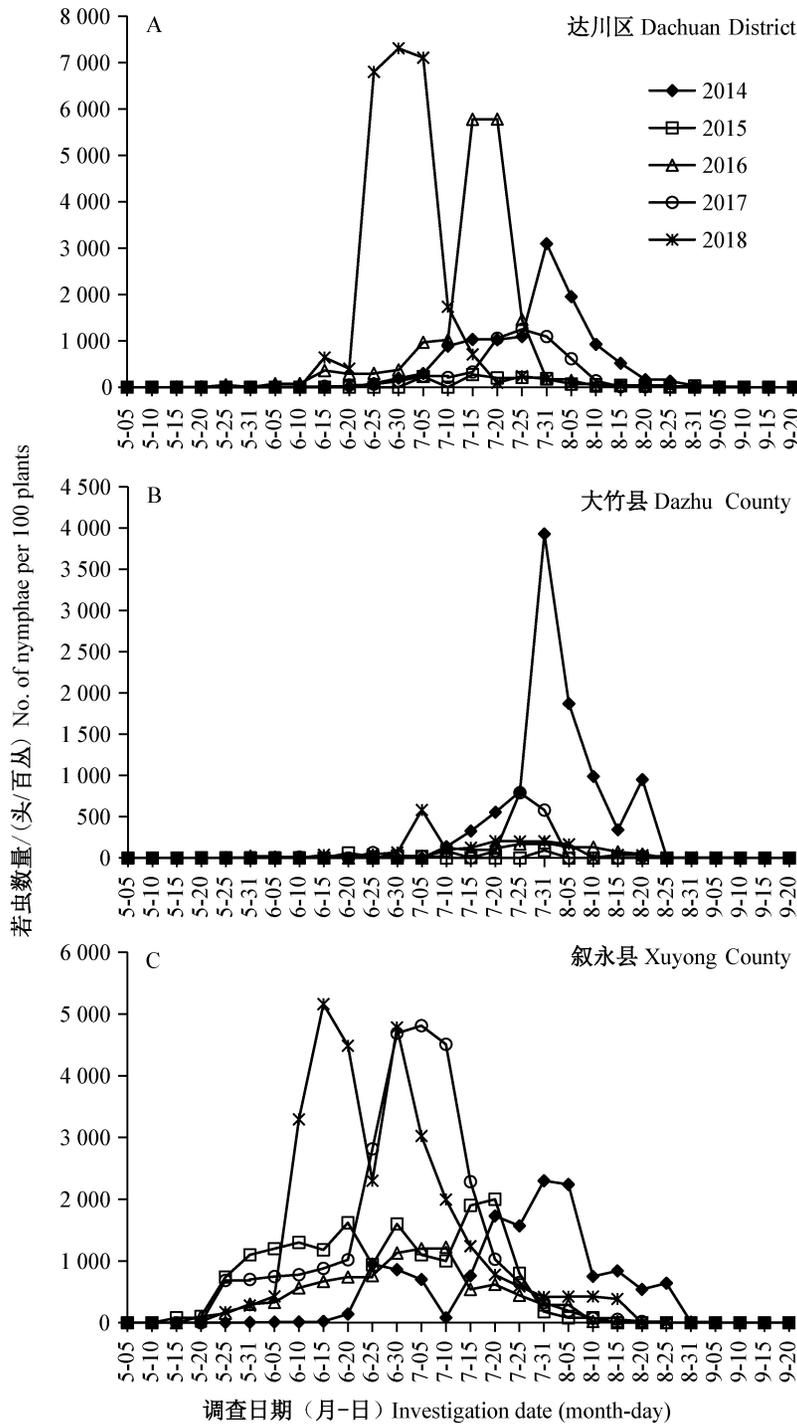


图3 2014—2018年四川省东部稻区稻飞虱田间若虫种群发生动态

Fig. 3 The nymphal population dynamics of rice planthoppers in eastern Sichuan Province in the field from 2014 to 2018

2.2.3 稻飞虱田间成虫种群发生动态

在达川区,稻飞虱田间成虫种群在2014—2018年间以长翅成虫为主,占成虫总量的76.11%~100.00%,且2014年和2018年成虫发生量较高,分别达到1 935头/百丛和4 583头/百丛;长翅成虫、短翅成虫和成虫的总发生量在5年间大致表现为在每年6月下旬和7月中旬分别有1个高峰期(图4-A~B)。在大竹县,稻飞虱田间成虫种群在2014—2017年间以长翅成虫为主,2018年以短翅成虫为主,其中2014年成虫发生量最高,达5 452头/百丛,但2018年成虫发生量却最低;长翅成虫、短翅成虫和成虫的总发生量在5年间大致表现为在每年6月下旬有1个小高峰期,到8月中旬达到高峰期(图4-C~D)。在叙永县,

稻飞虱田间成虫种群在2014—2016年间以短翅成虫为主,在2017—2018年间以长翅成虫为主,其中2015年成虫发生量最高,达16 870头/百丛,其次为2014年,发生量为11 678头/百丛,2018年的发生量最低,为5 405头/百丛;长翅成虫、短翅成虫和成虫的总发生量在5年间大致表现为在每年6月下旬出现1个小高峰,到7月中旬达到高峰期(图4-E-F)。相对于若虫而言,川东稻区稻飞虱成虫的田间种群相对较弱,但稻飞虱成虫发生期持续时间长,大致表现为6月下旬出现小高峰,到7月中旬至8月中旬出现高峰期,为害水稻周期长。总体上分析,稻飞虱田间成虫种群发生严重的年份为2014—2015年,在达川区,2018年成虫发生也较重。

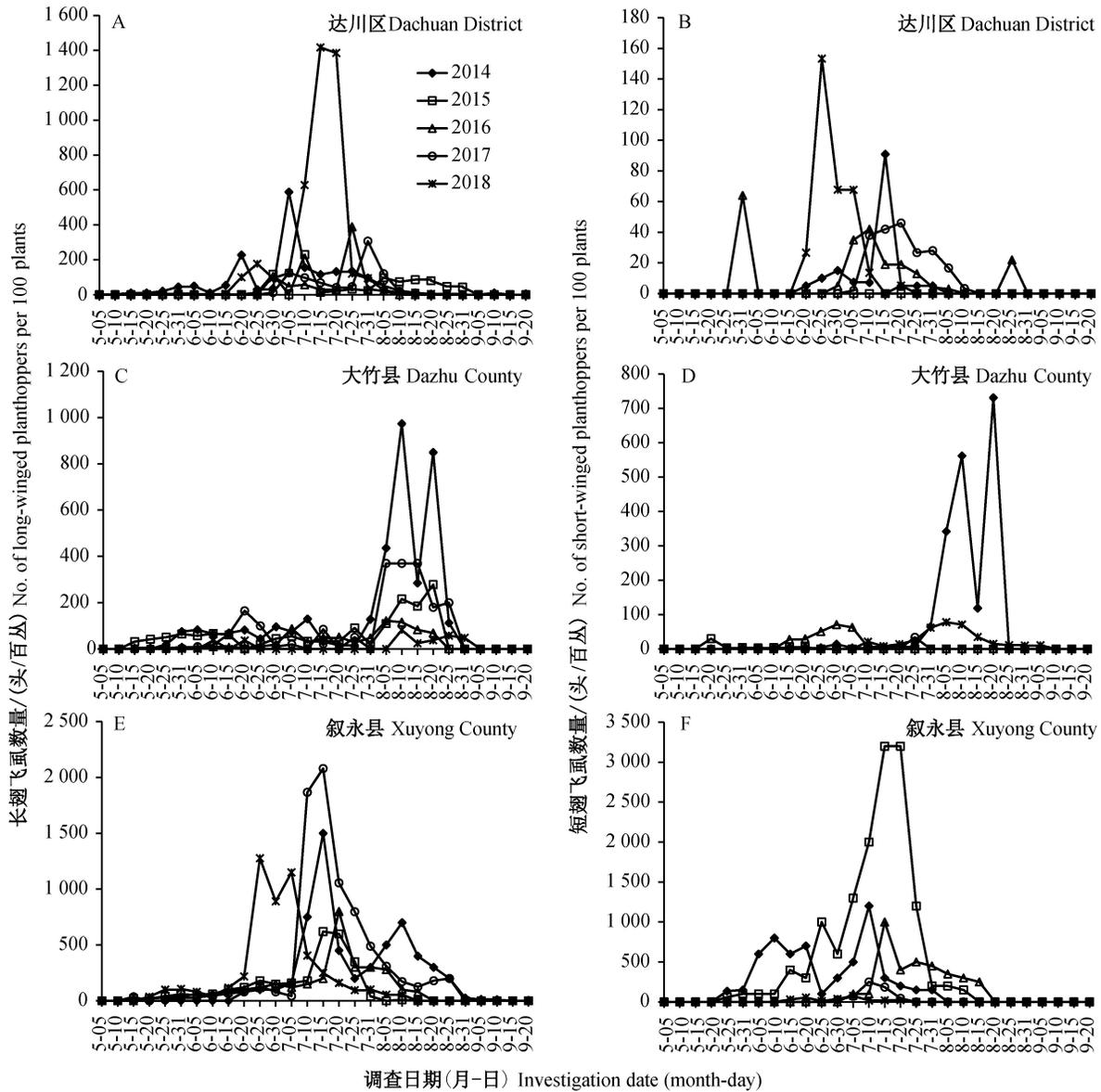


图4 2014—2018年四川省东部稻区长翅(A、C、E)和短翅(B、D、F)稻飞虱田间种群发生动态

Fig. 4 The numbers of long-winged (A, C, E) and short-winged (B, D, F) rice planthoppers in eastern Sichuan Province in the field from 2014 to 2018

3 讨论

作为迁飞性害虫,稻飞虱的迁入时间和数量直接影响着迁入地田间种群数量的大小和消长动态(程家安和祝增荣,2006;刘天雷等,2013)。云南、广西、贵州等省区是稻飞虱迁入我国的第一站和为害重灾区,也是其继续北上的虫源基地(薛文鹏等,2014)。本研究结果表明,2014—2018年白背飞虱在川东北稻区达川区和大竹县的始见日主要集中在5月底至6月上中旬,在川东南稻区泸州市叙永县的始见日主要集中在5月上中旬;褐飞虱主要集中在川东南稻区叙永县,始见日分布在5月中旬至6月中旬;白背飞虱和褐飞虱高峰日主要分布在7月中旬至8月上旬,白背飞虱最早于2016年6月28日在川东南稻区叙永县出现,最晚于2015年8月17日在川东北稻区达川区出现;与向薇薇等(2015)报道白背飞虱在达州市主要于6—7月迁入,7月是迁入高峰期的结论一致。此外,在2014—2015年间和2017—2018年间,川东南稻区叙永县稻飞虱的灯诱总虫量均大于川东北稻区达川区和大竹县。向薇薇等(2015)报道四川省达州市白背飞虱迁入虫源主要来自贵州省,部分来自云南省东北部和广西壮族自治区西北部。灯诱条件下,川东南稻区稻飞虱的迁入期和发生总量较川东北稻区的更早和更高,这与稻飞虱由南向北迁飞和川东南稻区与黔北和滇东北相接壤直接相关。

川东稻区稻飞虱发生为害可能主要与虫源的迁入、气候、水稻品种等因素密切关系。2013年以前,达州市稻区为害水稻的主要迁入虫种是白背飞虱(曾伟等,2010;曾伟和李仁江,2011;向薇薇等,2015),本研究结果与之相同,川东稻区田间稻飞虱发生种类主要为白背飞虱。浦茂华和陈洁明(1979)提出“盛夏不热、晚秋不凉、夏秋多雨”的气候条件是稻飞虱大发生的征兆。川东达川区、大竹县和叙永县稻飞虱田间发生最严重的年份分别为2018、2014和2018年,田间发生总量分别为29 946、15 353和35 607头/百丛,而且川东南稻区稻飞虱的发生总量在2014—2015年间和2017—2018年间均大于川东北稻区,这与白背飞虱和褐飞虱的灯诱总虫量变化趋势一致。灯诱结果显示,5月中旬至6月中旬为白背飞虱迁入初发的主要时期,此时正值移栽后的水稻分蘖和生长旺盛期,加之川东稻区5月下旬高温少雨和6月中旬降雨偏多,高温高湿的气象条件和水稻生长旺盛均有利稻飞虱的降落、定居和繁殖(中国农业科学院植物保护研究所,1995;包云轩等,2018;Shahbaz,2018);此外,多年的田间调查表明川东稻区主要集中种植一些米质较优的水稻品种如宜

香、川农系列等,其抗、耐虫性弱且长势浓绿,易形成充足的营养条件和适宜稻飞虱生存的阴湿郁蔽小气候环境,这也促进了稻飞虱的迁入和增殖。

川东稻区稻飞虱种群结构中,若虫数量占绝对优势,5年间不同稻区若虫发生大多表现为单峰型,川东南稻区较川东北稻区发生重。相对于若虫而言,川东稻区稻飞虱田间成虫种群相对较弱,但稻飞虱成虫发生期持续时间长,可持续为害水稻;田间发生大致表现为6月下旬出现小高峰,到7月中旬至8月中旬出现大高峰,这与白背飞虱和褐飞虱灯诱高峰日在7月中旬至8月上旬相吻合。稻飞虱的世代重叠现象明显,且种群消长也受虫源、气象、品种、耕作及天敌等因素的影响,本试验仅就白背飞虱和稻飞虱灯诱始见日、高峰日、田间发生量及种群动态进行了比较分析,尚需进一步从世代发生和天敌消长动态以及气候条件、不同品种、不同栽培制度等对稻飞虱田间种群灾变的影响等方面深入研究,以期更科学地阐明川东稻区稻飞虱的发生规律。

参 考 文 献 (References)

- BACKUS EA, SERRANO MS, RANGER CM. 2005. Mechanisms of hopperburn: an overview of insect taxonomy, behavior, and physiology. *Annual Review of Entomology*, 50: 125-151
- BAO YX, SHANG J, SUN SS, XIE XJ, LU MH, LIU WC. 2018. Source identification and meteorological analyses of the early immigration of *Nilaparvata lugens* into Yunnan Province, China. *Acta Ecologica Sinica*, 38(16): 5621-5635 (in Chinese) [包云轩, 尚洁, 孙思思, 谢晓金, 陆明红, 刘万才. 2018. 云南省褐飞虱早期迁入虫源及其发生大气背景分析. *生态学报*, 38(16): 5621-5635]
- CHEN HY, LI JQ, LIU YY, GUO NM, WEI TY, JIA DS. 2015. Interference of the expression of viral nonstructural protein Pns6 of *Rice ragged stunt virus* (RRSV) inhibits its multiplication in *Nilaparvata lugens*. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 23(11): 1486-1493 (in Chinese) [陈红燕, 李俊钦, 刘宇艳, 郭年梅, 魏太云, 贾东升. 2015. 干扰水稻齿叶矮缩病毒(RRSV)非结构蛋白Pns6的表达阻碍病毒在褐飞虱体内的增殖. *农业生物技术学报*, 23(11): 1486-1493]
- CHENG JA, ZHU ZR. 2006. Analysis on the key factors causing the outbreak of brown planthopper in Yangtze Area, China in 2005. *Plant Protection*, 32(4): 1-4 (in Chinese) [程家安, 祝增荣. 2006. 2005年长江流域稻区褐飞虱暴发成灾原因分析. *植物保护*, 32(4): 1-4]
- DENG WX. 1981. Study on the aerial migration of brown planthopper and white-backed planthopper. *Journal of Plant Protection*, 8(2): 73-82 (in Chinese) [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): 73-82]
- DENG Y, LIU YD, WANG XP, HOU ML. 2018. Comparative transcriptome analysis of salivary glands of *Southern rice black-streaked dwarf virus* (SRBSDV)-infected and uninfected adults

- of the white-backed planthopper, *Sogatella furcifera* (Hemiptera: Delphacidae). *Acta Entomologica Sinica*, 61(4): 449–457 (in Chinese) [邓瑶, 刘玉娣, 王香萍, 侯茂林. 2018. 感染和未感染南方水稻黑条矮缩病毒的白背飞虱成虫唾液腺转录组比较分析. *昆虫学报*, 61(4): 449–457]
- HU G, CHENG XN, QI GJ, WANG FY, LU F, ZHANG XX, ZHAI BP. 2011. Rice planting systems, global warming and outbreaks of *Nilaparvata lugens* (Stål). *Bulletin of Entomological Research*, 101(2): 187–199
- Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences. 1995. *Crop diseases and insect pests in China: part I*. 2nd edition. Beijing: China Agriculture Press, pp. 124–132 (in Chinese) [中国农业科学院植物保护研究所. 1995. 中国农作物病虫害: 上册. 2版. 北京: 中国农业出版社, pp. 124–132]
- LIAO X, MAO KK, ALI E, ZHANG XL, WAN H, LI JH. 2017. Temporal variability and resistance correlation of sulfoxaflorescibility among Chinese populations of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, (Stål). *Crop Protection*, 102: 141–146
- LIU TL, JIN DC, YANG H, AI ZX, ZHOU CX. 2013. Population dynamics of the major damage generations of *Nilaparvata lugens* (Stål) in single cropping medium rice area of Sandu, Guizhou Province. *Acta Entomologica Sinica*, 40(2): 133–139 (in Chinese) [刘天雷, 金道超, 杨洪, 艾祯仙, 周朝霞. 2013. 贵州三都一季中稻区褐飞虱主害代的发生规律. *植物保护学报*, 40(2): 133–139]
- LIU YM, WANG XH, ZOU Y, LI LK, CHEN FJ. 2019. Effects of insecticide application on the population quantity of target rice stem borer, *Chilo suppressalis* and nontarget planthoppers, *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera* of Bt rice. *Journal of Plant Protection*, 46(5): 1036–1044 (in Chinese) [刘艳敏, 王晓辉, 邹言, 李立坤, 陈法军. 2019. 杀虫剂对转Bt水稻靶害虫二化螟和非靶标害虫稻飞虱种群数量的影响. *植物保护学报*, 46(5): 1036–1044]
- PU MH, CHEN JM. 1979. A preliminary study on mathematical prediction of occurrence degree of brown rice louse. *Plant Protection*, 5(5): 1–9 (in Chinese) [浦茂华, 陈洁明. 1979. 褐稻虱发生程度数理预报的初步研究. *植物保护*, 5(5): 1–9]
- QING YW, LI C, ZHANG ZD, GUO QX, ZHOU Y, LIU XM, PENG XM, LIU Y, HE WX, LIU GF. 2007. The surveillance, early warning and control strategies of rice planthopper in Luzhou. *China Plant Protection*, 27(5): 34–36 (in Chinese) [卿雨文, 李春, 张志东, 郭庆宪, 周艳, 刘雪梅, 彭晓明, 刘勇, 何文西, 柳光富. 2007. 泸州地区稻飞虱监测预警及控制对策. *中国植保导刊*, 27(5): 34–36]
- SHAHBAZ A. 2018. Comparison of tolerance to thermal stress in three planthopper species: small brown planthopper, brown planthopper and white-backed planthopper. Ph. D Thesis. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences (in Chinese) [SHAHBAZ A. 2018. 三种稻飞虱(灰飞虱、褐飞虱、白背飞虱)对温度胁迫耐受性的比较. 博士学位论文. 北京: 中国农业科学院]
- SHI CN, YANG Z, DING ZM, ZHANG C, WU JG. 2018. Advances in the studies of rice grassy stunt virus. *Biotechnology Bulletin*, 34(2): 45–53 (in Chinese) [石超南, 杨振, 丁作美, 张超, 吴建国. 2018. 水稻草矮病毒的研究进展. *生物技术通报*, 34(2): 45–53]
- WANG JN, DING PY, WANG L, WANG Z, ZHOU GX, LOU YG. 2018. The effects of exogenous castasterone treatment on rice brown planthopper *Nilaparvata lugens* behaviors, with special reference to feeding and ovipositing preferences. *Journal of Plant Protection*, 45(5): 998–1004 (in Chinese) [王佳妮, 丁波英, 王璐, 王喆, 周国鑫, 娄永根. 2018. 外源油菜素甾酮处理水稻对褐飞虱取食和产卵选择性等行为的影响. *植物保护学报*, 45(5): 998–1004]
- WANG LB, LI DL. 1991. Occurrence and control of rice planthopper in eastern Sichuan. *Plant Protection*, 17(2): 21–22 (in Chinese) [王禄斌, 李登利. 1991. 川东稻区稻飞虱发生动态及防治对策. *植物保护*, 17(2): 21–22]
- XIANG WW, ZENG W, CHEN XL, JIANG CX, FENG CH, MA L, LI Q, YANG QF, WANG HJ. 2015. Source areas and landing mechanisms of the immigration populations of the white-backed planthopper, *Sogatella furcifera* (Hemiptera: Delphacidae) in eastern Sichuan, southwestern China. *Acta Entomologica Sinica*, 58(3): 308–318 (in Chinese) [向薇薇, 曾伟, 陈星燎, 蒋春先, 封传红, 马利, 李庆, 杨群芳, 王海建. 2015. 川东地区白背飞虱迁入种群虫源地分布与降落机制. *昆虫学报*, 58(3): 308–318]
- XUE WP, JIN DC, YANG H. 2014. Population dynamics of white-backed planthopper, *Sogatella furcifera* (Horváth) in rice field of south Guizhou, China. *Plant Protection*, 40(4): 122–129 (in Chinese) [薛文鹏, 金道超, 杨洪. 2014. 贵州南部水稻田白背飞虱种群数量动态与分析. *植物保护*, 40(4): 122–129]
- YANG H, YANG H, JIN DC, DAI RH, ZHOU C. 2017. Sublethal effects of thiamethoxam on the fecundity of lab populations of white-backed planthopper *Sogatella furcifera* (Horváth). *Journal of Plant Protection*, 44(3): 509–514 (in Chinese) [杨航, 杨洪, 金道超, 戴仁怀, 周操. 2017. 噻虫嗪对白背飞虱试验种群繁殖力的亚致死效应. *植物保护学报*, 44(3): 509–514]
- ZENG W, JIANG CX, CHEN QH, XU J, JIANG XD, ZHAO QJ. 2017. Attractive effects of tender green sticky trap on adults of rice *Sogatella furcifera* (Horváth). *China Plant Protection*, 37(6): 41–44 (in Chinese) [曾伟, 蒋春先, 陈庆华, 徐杰, 蒋晓东, 赵其江. 2017. 嫩绿粘虫板对水稻白背飞虱成虫的监测效果. *中国植保导刊*, 37(6): 41–44]
- ZENG W, JIANG CX, ZHANG CF, WANG JY. 2015. Attractive effects of tender green sticky trap on adults of rice planthoppers. *Plant Protection*, 41(5): 155–159 (in Chinese) [曾伟, 蒋春先, 张超锋, 王居友. 2015. 嫩绿粘虫板对水稻稻飞虱成虫的诱集监测效果. *植物保护*, 41(5): 155–159]
- ZENG W, LI RJ. 2011. The evolution of rice planthopper in Dazhou County. *China Plant Protection*, 31(6): 38–41 (in Chinese) [曾伟, 李仁江. 2011. 达州地区历年水稻稻飞虱发生演变规律研究. *中国植保导刊*, 31(6): 38–41]
- ZENG W, WANG M, DENG YL. 2010. Development of rice *Sogatella furcifera* occurring degree forecast model and its application in Dazhou area. *China Plant Protection*, 30(12): 29–32 (in Chinese) [曾伟, 王敏, 邓远录. 2010. 达州地区水稻白背飞虱发生程度预测模型的建立与应用. *中国植保导刊*, 30(12): 29–32]
- ZHOU ZY, ZANG Y, LI YF, ZHANG Y, WANG P, LUO XW. 2013. Rice plant-hopper infestation detection and classification algorithms based on fractal dimension values and fuzzy C-means. *Mathematical and Computer Modelling*, 58(3/4): 701–709

(责任编辑:李美娟)