

贵州三都一季中稻区褐飞虱主害代的发生规律

刘天雷¹ 金道超^{1*} 杨洪¹ 艾祯仙² 周朝霞²

(1. 贵州大学昆虫研究所, 贵州山地农业病虫害重点实验室, 贵阳 550025;
2. 贵州省三都植保植检站, 三都 558100)

摘要: 为明确贵州三都喀斯特褐飞虱主害代的发生规律, 2009—2011年采用灯光诱测和田间系统调查方法对该地区一季中稻区的褐飞虱种群消长动态进行了系统研究。结果表明, 各迁入代灯下诱捕虫量和田间虫量在不同年份间存在差异, 2009年单日最大诱虫量达6688头, 分别是2010年和2011年的15.3倍和2.5倍。2009、2010、2011年预测圃虫量高峰分别为10777、4630、1615头/百丛, 但主害代均为第4代和第5代, 始见日与主迁入峰日呈显著相关。不同年份、不同移栽期稻田第4代、5代褐飞虱各虫态发生程度不同, 2010、2011年褐飞虱若虫高峰日集中在7月下旬至8月上旬, 晚栽稻田成虫、若虫的发生高峰日均迟于早栽类型田; 早、晚栽时间差异形成的水稻不同生育期并存, 利于褐飞虱栖居、繁殖。天敌蜘蛛、黑肩绿盲蝽与褐飞虱的种群消长具有同步性, 但其自然控制作用不足以控制褐飞虱危害。

关键词: 褐飞虱; 种群动态; 一季中稻; 发生规律

Population dynamics of the major damage generations of *Nilaparvata lugens* in single cropping medium rice area of Sandu, Guizhou Province

Liu Tianlei¹ Jin Daochao^{1*} Yang Hong¹ Ai Zhenxian² Zhou Zhaoxia²

(1. The Provincial Key Laboratory for Agricultural Pest Management of Mountainous Region, Institute of Entomology, Guizhou University, Guiyang 550025, Guizhou Province, China; 2. Sandu Plant Protection and Quarantine Station, Sandu 558100, Guizhou Province, China)

Abstract: In order to clarify occurrences of annual generations of *Nilaparvata lugens* (Stål) in Sandu Shui Autonomous County (Sandu for short), Guizhou Province, a Karst single cropping medium rice region, the population dynamics of *N. lugens* were systematically studied using the methods of light traps and systematic field surveys from 2009 to 2011. The results showed that the light trap catches, the trapped amount of immigration generations, and the actual population of *N. lugens* were different among three years. The light-trap catches of the primary-peak amounted to 6688 in 2009, which were 15.3 and 2.5 times in 2010 and 2011, respectively. The peak in the early transplanting check fields in 2009, 2010 and 2011 were 10777, 4630, 1615 head/100 hills, respectively. The 4th and 5th generations of *N. lugens* were the major damage generations in single cropping medium rice, and the initial immigration period was significantly related with primary-peak period. The occurrence degree of adults and nymphs of *N. lugens* varied with year and transplanting times, and the peak day of *N. lugens* nymphs were from the

基金项目: 贵州省科技攻关项目(黔科合 NY 字[2010]3064号), 贵州省教育厅自然科学研究项目(黔教 2010011), 国家“973”计划前期研究专项(2009CB125908)

作者简介: 刘天雷, 男, 1986年生, 硕士研究生, 研究方向为昆虫生态学与害虫综合治理, E-mail: liutianlei_vip@sina.com

* 通讯作者(Author for correspondence), E-mail: dejin@gzu.edu.cn

收稿日期: 2012-11-07

late July to the early August in 2010 and 2011. The occurrence peaks in the late transplanting paddy field were later than that in the early one. Meanwhile, the coexisted different development stages of the rice, due to time differences of transplanting, were conducive to inhabitation and reproduction of *N. lugens*. The population dynamics of spiders and *Cyrtobius lividipennis* well synchronised with that of *N. lugens*, but predatory capacity of the spiders and *C. lividipennis* was not enough to control *N. lugens*.

Key words: *Nilaparvata lugens* (Stål); population dynamics; single cropping medium rice; occurrence regularity

褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 为半翅目 Hemiptera 飞虱科 Delphacidae 的典型 r-对策昆虫,是我国长江流域及华南和西南广大稻区水稻上一种随季风远距离迁移的重要害虫。在 100 多种水稻害虫中,褐飞虱是造成亚洲栽培稻减产的最严重害虫之一^[1]。褐飞虱为害水稻时,不仅能直接刺吸韧皮部中的液态营养物,而且取食时分泌的唾液可阻塞维管束系统,破坏稻株内水分和养分的传导,造成水稻失水萎焉而“冒穿”倒伏^[2],严重威胁水稻生产。

有关褐飞虱的研究取得了许多重要的成果^[2-3],其发生为害规律与虫源^[4-5]、抗药性监测^[6]、地理种群^[7-8]、综合治理战略和技术^[9]等已成为近年来的研究热点。20 世纪 70 年代始,稻飞虱在贵州省的发生频率、为害面积和造成的损失通常居各类水稻害虫的首位,进入 80 年代后尤为突出^[10]。1996 年以来,处于典型喀斯特一季中稻区的三都水族自治县(以下简称三都)的水稻种植面积为 10 300 hm²,稻飞虱常年发生面积 5 300 hm²,大发生年超过 6 700 hm²,损失稻谷 3 000 吨左右^[11]。关于贵州稻飞虱的研究大多集中在白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horváth) 的发生规律及防治^[12-13] 等方面。褐飞虱是贵州省喀斯特稻区一季中稻生长后期的重要害虫,虽对其一般发生情况有所研究^[14-15],但随着全球性气候变暖以及稻作区耕作栽培措施的改变,褐飞虱的灾变规律也发生了变化^[9, 16],尤其在不同地区的区域性发生规律有较大差异。褐飞虱在贵州可发生 5~8 代,7 月中下旬水稻孕穗后逐渐上升为优势种群,主害代为第 4、5 代,为害盛期在 7 月中下旬和 8 月中旬至 9 月初^[14, 17],此时正值水稻灌浆结实期,是决定产量的关键时期。为有效控制褐飞虱的发生为害,本试验于 2009—2011 年连续 3 年在三都县三合镇设立系统调查田,采用灯光诱测和田间系统调查相结合的方法,对褐飞虱在三都喀斯特稻区的发生和发展规律进行了研究。

1 材料与方法

1.1 材料

当地主栽水稻品种:中优 5617,成都国康农作物研究所;Ⅱ优 63,湖南省杂交水稻中心;黔优 98,贵州省水稻研究所;内香优 18,德农正成种业有限公司。

农药:25% 噻嗪酮(buprofezin)WP,河北万特生物化学有限公司;5% 啉虫脒(acetamiprid)EC,开封市普朗克生物化学有限公司;80% 敌敌畏(dichlorophos)EC,南通江山农药化工股份有限公司;25% 杀虫双(bisultap)AS,安徽华星化工股份有限公司;1.8% 阿维菌素(abamectin)EC,郑州先利达化工有限公司;30% 井冈霉素(validamycin)AS,浙江农友化工有限公司。

仪器:频振式自动虫情测报灯(200 W 白炽灯),鹤壁佳多科工贸有限责任公司。

1.2 方法

1.2.1 稻区概况

三都县位于贵州省南部,地处 107°40′~108°14′E、25°30′~26°10′N,位于云贵高原的东南斜坡,地势自西北向东南倾斜,海拔在 500~1 000 m,山地面积极占 94%,属中亚热带湿润季风气候类型,夏长冬短,春秋分明,年均温 18℃,平均无霜期 328 d,平均年降雨量 1 349.5 mm。全县稻区以一季中稻耕作。

1.2.2 系统调查田设置

调查于 2009—2011 年连续 3 年在三都县三合镇猴场村一季中稻区进行,采用灯光诱测和本田系统调查方法相结合,统计褐飞虱的发生情况。试验在常规稻作区设早、晚栽类型田各 1 块(早栽田 5 月上旬移栽,晚栽田 5 月下旬至 6 月初移栽),由农户自行施药防治,分蘖期至灌浆期每隔 10~20 d 进行 1 次施药防治,按药剂说明进行单施或混合喷施;设预测圃 1 块(早栽类型),在水稻生育全期不施药防治病虫害,用于观测常规肥水管理条件下的褐飞虱

田间自然消长动态。每块田不少于300m²,按20cm×20cm行间距标准移栽种植当地主栽品种。

1.2.3 调查方法

灯诱调查:将频振式自动虫情测报灯安装固定在高60cm、宽110cm的基台上,远离其它光源。每日黄昏时段开灯,次日清晨关灯,逐日鉴别、记录诱捕到的褐飞虱成虫雌、雄数量,并记录每日天气和气温;采用中央气象台(<http://www.nmc.gov.cn/>)每日天气实况数据,测报灯每年3月1日启用,11月中旬左右(未见虫10d后)停用。将每年灯下最初见虫日作为始见日,灯下出现成虫突增日起到高峰后突减日作为一个迁入峰,将当日上灯虫量最多的一天作为主峰日。

大田系统调查:褐飞虱世代重叠严重,实践中常用自然时间段划分世代,采用《贵州省稻飞虱监测技术规范》^[18]提出的世代划分标准。从移栽返青后开始,每5天调查1次,查至黄熟期结束。调查方法采用平行跳跃式取样白瓷盘法(33cm×45cm),定田不定点,随机取样。调查时,在盘内均匀涂上机油,将盘轻轻地倾放在稻秆基部,与稻秆成45°角,快速拍打稻株,连拍3次,立即端起检查计数。每块田调查10点,每点2~5丛(视虫情,虫少时多查,虫多时少查),记录每点褐飞虱低龄(1~3龄)、高龄若虫(4~5龄)虫量,长翅、短翅成虫虫量,以及稻田蜘蛛类群和黑肩绿盲蝽 *Cyrtorhinus lividipennis* (Reuter) 等捕食性天敌虫量,然后换算成百丛虫量。

1.3 数据处理

利用 Microsoft Excel 2007 计算平均数、百分比等统计量和作图,采用 SPSS 18.0 统计软件进行数据统计和相关性分析,Duncan 氏新复极差法检验差异显著性。

2 结果与分析

2.1 褐飞虱种群发生动态

2.1.1 灯诱

3年中褐飞虱始见日以2010年最早,为3月8日;2009年和2011年褐飞虱上灯始见日相近,分别为5月3日和5月1日,较2010年约晚2个月。3年中灯诱褐飞虱高峰均出现在6月以后,灯下诱捕主迁入代各代虫量间存在差异(表1),始见日与主迁入峰日呈显著相关($r=0.997^*$, $P=0.046 < 0.05$),表明褐飞虱的始见日出现越早,则迁入峰出现也越早。全年灯诱总虫量以2009年最大;单日最大诱虫量也以2009年最大,达6688头,分别是2010年和2011年的15.3倍和2.5倍。

三都褐飞虱灯下迁入虫量主要集中在第4、5代,迁出虫量集中在第6、7代。2009年主迁入峰出现在第4代,2010年则出现在第5代,8月份后虫量开始减少,9月褐飞虱开始回迁,出现小虫峰;而2011年8月上旬至9月上旬褐飞虱第6代大量回迁,形成主迁入峰,但此时全县水稻已陆续进入生育后期,所致危害损失相对较小。

表1 褐飞虱灯诱主峰日及虫量

Table 1 The occurrence peak and quantity of light-trap catches of *Nilaparvata lugens*

年份 Year	代次 Generation	各代灯诱虫量(头) Sum (head)	日诱虫量(头) Daily catches (head)	主峰日 Primary-peak period (month-day)	主峰日灯诱虫量(头) Catches of primary-peak period (head)
2009	第4代 4th generation	27313	880.65 ± 329.36 a	7-10	688
	第5代 5th generation	3893	116.29 ± 20.89 b	8-19	288
	第6代 6th generation	3180	114.35 ± 20.54 b	9-18	378
2010	第4代 4th generation	124	4.10 ± 2.06 b	6-24	56
	第5代 5th generation	3320	107.10 ± 21.15 a	7-27	436
	第6代 6th generation	60	1.94 ± 0.847 b	9-1	19
2011	第4代 4th generation	60	1.97 ± 0.53 b	7-4	13
	第5代 5th generation	642	20.70 ± 5.65 b	8-20	66
	第6代 6th generation	10939	352.87 ± 103.89 a	9-3	2668

注:表中所示数据为平均数±标准误,数据后相同字母表示经Duncan氏新复极差法检验差异不显著($P=0.05$)。Note: Data in the table are mean ± SE. Data followed by the same lowercase letters are not significantly different at $P=0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

2.1.2 预测圃

调查结果显示,6月份为褐飞虱迁入期,前期虫量较低,零频率高,7月中旬左右随着大量初孵若虫的出现和迁入成虫的叠加,田间虫量突增造成危害。2009年7月20日达到虫量高峰,百丛虫量达10777

头,2009年第4代达中等偏重发生,第5代达大发生程度;2010年8月5日达到虫量高峰,百丛虫量为4630头。2011年较前两年虫量稍低,7月20日达虫量高峰,百丛虫量为1615头(图1)。表明灯下不同时间的诱虫量与田间虫量间有关联性。

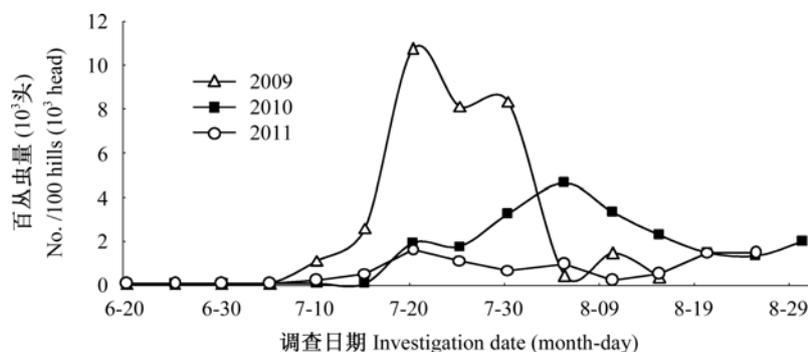


图1 预测圃褐飞虱发生动态

Fig. 1 Comparison of total insect number of *Nilaparvata lugens* in the early transplanting check fields without control

2.2 不同移栽期稻田褐飞虱发生动态

2.2.1 若虫

2010年和2011年预测圃褐飞虱低龄若虫最高虫量出现在7月20日,百丛虫量分别为1598和1370头;高龄若虫也均在7月20日进入始盛期,百丛虫量分别为121头和723头。2010年的年发生量明显高于2011年。

2010年和2011年早栽田褐飞虱低龄若虫最高虫量均出现在7月20日,百丛虫量分别达1325头和1600头;晚栽田中,2010年7月25日低龄若虫达到最高峰,百丛虫量为1045头,2011年7月10日百丛虫量达到最高峰,为1340头。

2010年8月5日早栽田高龄若虫虫量最高,百丛虫量955头;2011年高峰日是8月20日,百丛虫量为700头。2010年晚栽田高龄若虫于8月10日达最高峰,百丛虫量为1253头,2011年在8月20日达最高峰,百丛虫量为643头。可见,晚栽类型田褐飞虱若虫年发生量高于早栽类型田,2010年高于2011年。

系统调查期间对褐飞虱各虫态发生高峰日统计,2010、2011年褐飞虱若虫高峰日集中在7月下旬至8月上旬;2010年预测圃和早、晚栽田低龄若虫高峰日出现在7月下旬,高龄若虫高峰日出现在8月上旬,晚栽田高龄若虫高峰日出现较早栽田晚5d;2011年晚栽田褐飞虱低龄若虫发生高峰日较预测圃和早栽防治田提前10d,比2010年晚栽田提前10d。

2010、2011年不同移栽期常规稻田、预测圃褐飞虱低龄若虫和高龄若虫的系统调查结果显示,2010年褐飞虱若虫田间始见日较2011年晚,预测圃虫量均高于常规稻田(图2)。

2.2.2 成虫

2010年预测圃褐飞虱成虫百丛年发生量7785头,其中长翅成虫占95.2%,短翅成虫占4.8%;2011年百丛年发生量1263头,其中长翅成虫占90.4%,短翅成虫占9.6%。

2010年早栽田褐飞虱成虫百丛年发生量5086头,其中长翅成虫占95.8%,短翅成虫占4.2%;晚栽田褐飞虱成虫百丛年发生量5550头,其中长翅成虫占96.7%,短翅成虫占3.3%。2011年早栽田褐飞虱成虫百丛年发生量2694头,其中长翅成虫占93.4%,短翅成虫占6.6%;晚栽田褐飞虱成虫百丛年发生量2415头,其中长翅成虫占93.6%,短翅成虫占6.4%。

2010、2011年褐飞虱成虫高峰日集中在8月下旬,2010年预测圃和早、晚栽田褐飞虱成虫高峰日出现在8月10日,长、短翅成虫高峰日发生日期基本一致;2011年预测圃和早、晚栽田褐飞虱成虫高峰日发生日期集中于8月下旬,较2010年晚15d左右(图3)。

2.3 褐飞虱主要天敌动态

稻田蜘蛛类群和黑肩绿盲蝽的发生量的相关分析表明,2010年预测圃、早、晚栽常规防治田褐飞虱与蜘蛛类群($r_{\text{ETF-CK}}=0.787^*$; $r_{\text{ETF}}=0.625^*$; $r_{\text{LTF}}=$

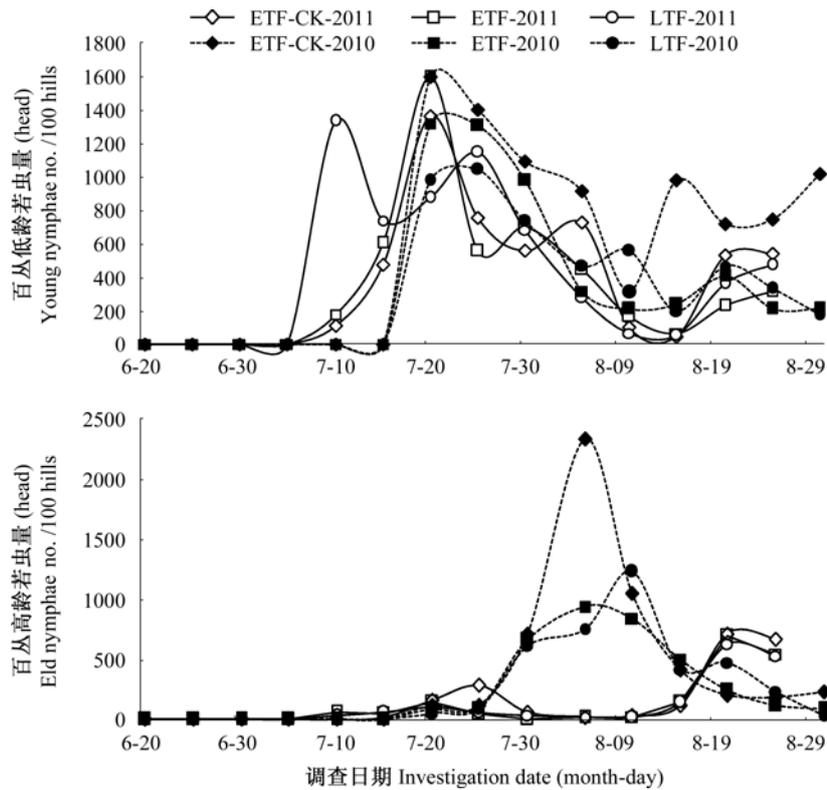


图2 不同移栽期稻田褐飞虱若虫发生动态

Fig. 2 The population dynamics of nymphae of *Nilaparvata lugens* in the different fields

注:ETF:早栽田;LTF:晚栽田;ETF-CK:预测圃。Note:ETF: Early transplanting field with control; LTF: late transplanting field with control; ETF-CK: early transplanting check fields without control.

0.878^{*}) 和黑肩绿盲蝽 ($r_{ETF-CK} = 0.691^*$; $r_{ETF} = 0.653^*$; $r_{LTF} = 0.878^{**}$) 均表现出显著相关;2011年褐飞虱与蜘蛛类群 ($r_{ETF-CK} = 0.500$; $r_{ETF} = 0.793^{**}$; $r_{LTF} = 0.843^{**}$) 和黑肩绿盲蝽 ($r_{ETF-CK} = 0.588$; $r_{ETF} = 0.479$; $r_{LTF} = 0.820^{**}$) 也表现出显著相关,表明蜘蛛类群和黑肩绿盲蝽与褐飞虱的发生存在同步性。在褐飞虱发生期内,各稻田前期天敌数量明显少于后期,早、晚栽常规防治田施药防治降低了天敌的密度,少于预测圃。褐飞虱种群数量动态与天敌之间的关系较为复杂,但在田间调查中可明显地看出,天敌类群数量随褐飞虱数量的增长而上升,7月中下旬天敌数量达最高,对飞虱种群增殖有一定的抑制作用。两年的总体趋势是早、晚栽田的蜘蛛和黑肩绿盲蝽种群高峰较预测圃晚,且种群数量低,表明化学防治对天敌的杀伤作用明显。

3 讨论

作为迁飞性昆虫,迁入虫源基数不仅直接关系到田间种群数量的大小,而且对种群动态消长起着决定性作用^[2]。2005年,沉寂了10年之久的褐飞

虱在我国华南、江南和西南稻区再次暴发,褐飞虱种群迁入早、迁入峰次多、虫源基数大以及抗药性是造成褐飞虱卷土重来的主要原因^[19-20]。本试验结果表明,灯下褐飞虱诱集虫量与田间褐飞虱的发生程度存在关联性。三都稻区褐飞虱灯下共发生8代,迁入虫量主要集中在4、5代,这与历年发生一致^[14, 17, 21],2009、2010年以7月份为主迁入高峰期,2011年第6代全县早栽水稻陆续收割,有大量褐飞虱回迁或就近扩散到晚收稻田。2009年第5代褐飞虱大发生,第4代大量迁入为褐飞虱暴发成灾奠定了基础,第4、5代褐飞虱的田间发生量及峰期长短基本决定了当年的发生趋势。如果迁入量即初始虫量大、迁入峰期长,则先迁入虫源之后代构成的本地若虫孵化量大,迁入峰后期迁入虫与本地羽化虫相叠加,以致田间种群量大且生物学意义上的世代重叠复杂,难以把握防治适期,实践中即使经大力防治,田间残留虫量仍然很高,为时间概念上的第5代的大发生提供了充足的虫源基数,因此,生物学的世代重叠效应向第5代传递的高残留虫量以及后续的世代重叠效应是第5代大发生的必要条件。

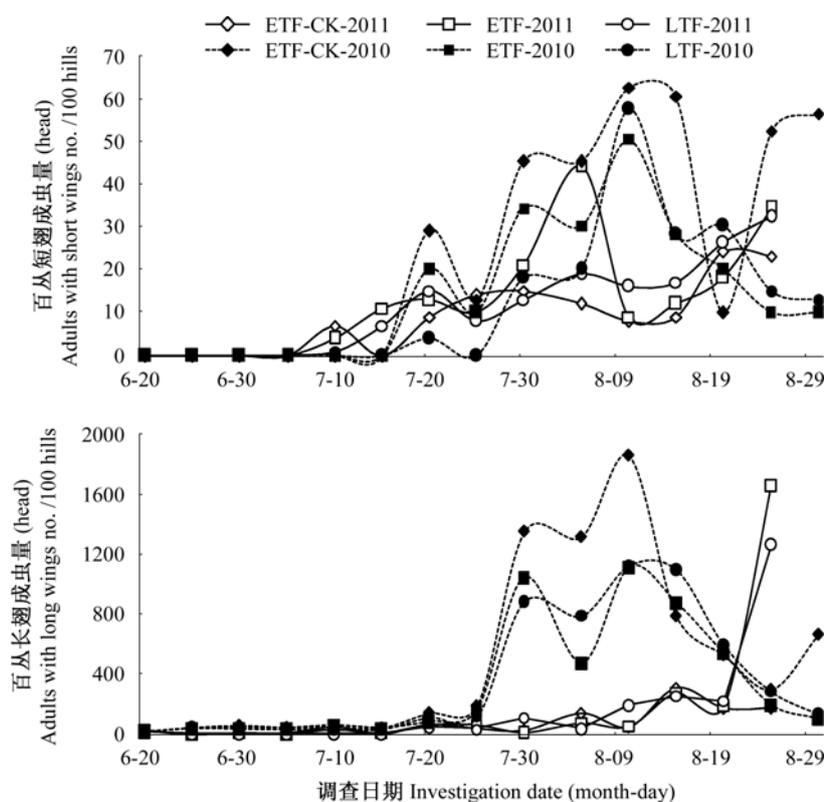


图3 不同移栽期稻田褐飞虱成虫发生动态

Fig. 3 The population dynamics of adult of *Nilaparvata lugens* in the different fields

注:ETF:早栽田;LTF:晚栽田;ETF-CK:预测圃。Note:ETF: early transplanting field with control; LTF: late transplanting field with control; ETF-CK: early transplanting check fields without control.

褐飞虱种群数量动态与气候条件、防治及天敌等因子关系密切^[22]。迁入区适宜的气象条件是大暴发的关键,褐飞虱是一种偏南方发生的暖湿性害虫,适宜的发生温度为20~30℃,最适宜的温度为26~28℃^[10],浦茂华和陈洁明^[23]提出“盛夏不热、晚秋不凉、夏秋多雨”的气候条件是褐飞虱大发生的征兆,如果超出该范围对其生长发育、存活、生殖及种群生长都有抑制作用。5月以后贵州省受西太平洋副热带高压西伸控制,常有伏旱出现,下沉气流强烈,加上台风登陆或副热带高压进退影响,常产生切变线或锋面降雨,有利褐飞虱迁入降落^[10]。三都县处于副热带高压边缘,常出现两高切变线,降雨频繁^[11]。气象资料表明,2009年7月下半月至8月上旬降水少,有25d左右的伏旱天气,较适宜的气温条件有利第4、5代褐飞虱种群急速倍增,导致2009年褐飞虱大发生。2010年雨日6月22d、7月14d、8月11d,3个月中雨日占42.9%;2011年雨日6月27d、7月10d、8月6d,3个月中雨日占30%。持续降雨导致褐飞虱大量迁入,雨日多同时也严重影响褐飞虱防治工作,以致形成虫量累积而为害,但是

雨日多也对褐飞虱若虫有一定的冲刷,在一定程度上抑制褐飞虱的增速,这可能是2009年暴发而后两年为害较轻的又一原因。褐飞虱的繁殖力很强,主害代每雌产卵量均在300头以上,只要上一代残留一定虫源,下一代的发生数量将迅速增加。而天敌的繁殖力明显弱于褐飞虱,其种群数量的增长相对慢一些,且具延迟性,天敌对褐飞虱的致死率随着飞虱数量的增加而减少。天敌与褐飞虱若虫和成虫的消长动态也表明,在三都喀斯特稻区农田环境条件下,单纯依靠自然天敌难以控制褐飞虱的发生和为害。

褐飞虱是只取食水稻的单食性昆虫,水稻不同生育期稻株内营养状况的变动可直接影响褐飞虱各虫态的比例。在一定区域内水稻不同栽培期的混作为褐飞虱的栖息和繁殖提供连续不断的营养和空间条件,对褐飞虱的种群发生与发展产生一定的影响^[24]。Sawada等^[25]发现,同期栽插的稻田中第3代褐飞虱的发生量仅增加5~10倍,而分期栽插田则上升52~88倍。本试验不同移栽期稻田中褐飞虱各虫态发生动态的比较显示,早栽田长、短翅成虫发生量均高于晚栽田,晚栽田的若虫发生量均高于

早栽田;晚栽田成虫和若虫的发生高峰日均迟于早栽田,说明早栽田和晚栽田水稻生育期的相对连续性十分有利于褐飞虱就近辗转繁殖为害。三都稻区地处贵州喀斯特稻区南部,由于相近区域海拔高差必然导致水稻栽培期的差异,从而在特定范围内形成了水稻各生育期并存,为褐飞虱提供了食源或营养来源基础,因此该县褐飞虱的发生为害规律在喀斯特一季中稻区具有一定的代表性。

昆虫种群消长受众多因素的影响,影响第4、5代褐飞虱滞留为害的因子较为复杂,如虫源、耕作制度及气象条件等多方面,本试验仅就发生高峰日、发生量进行了比较分析,尚需进一步从不同品种、不同海拔栽培期及农业措施对褐飞虱田间种群的影响等方面深入研究,以期更科学地阐明喀斯特一季中稻区不同移栽期对褐飞虱发生规律的影响。

参 考 文 献(References)

- [1] Normile D. Reinventing rice to feed the world. *Science*, 2008, 321: 330-333
- [2] 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,2003
- [3] 朱述钧. 稻飞虱研究中几个热点问题的研究进展. *安徽农业大学学报*, 2006, 33(3): 343-346
- [4] 齐国君,芦芳,胡高,等. 2007年广西早稻田褐飞虱发生动态及虫源分析. *生态学报*, 2010, 20(2): 462-472
- [5] 蒋春先,武俊杰,齐会会,等. 广西兴安地区褐飞虱发生动态及迁飞轨迹分析. *植物保护学报*, 2012, 39(6): 523-530
- [6] 王鹏,甯佐苹,张帅,等. 我国主要稻区褐飞虱对常用杀虫剂的抗性监测. *中国水稻科学*, 2013, 27(2): 191-197
- [7] 缪清玲,吴加伦,唐启义,等. 化学元素用于识别褐飞虱不同地理种群的可行性研究. *昆虫学报*, 2012, 55(5): 535-544
- [8] 陈燕,吴碧球,黄所生,等. 中国南宁和越南褐飞虱不同地理种群比较. *应用生态学报*, 2013, 24(1): 190-196
- [9] 林拥军,华红霞,何予卿,等. 水稻褐飞虱综合治理研究与示范——农业公益性行业专项“水稻褐飞虱综合防控技术研究”进展. *应用昆虫学报*, 2011, 48(5): 1194-1201
- [10] 金星,王德其,金道超,等. 贵州省稻飞虱发生为害规律及防治对策. *山地农业生物学报*. 1998, 17(4): 208-214
- [11] 周朝霞,吴祥,白明琼,等. 三都县1996~2006年稻飞虱灯光诱测结果分析. *现代农业科技*, 2007(13): 76, 80
- [12] 温冬梅,金道超,杨洪,等. 灯光诱集白背飞虱种群的发生动态及变化规律. *西南农业学报*, 2012, 25(2): 474-478
- [13] 李大庆,杨再学,谈孝凤,等. 第3代白背飞虱发生虫量及发生期预测模型. *贵州农业科学*, 2008, 36(5): 66-68
- [14] 贵州省稻飞虱联合测报组. 贵州稻飞虱研究(1981~1983年). *贵州农业科学*, 1984(5): 24-28, 11
- [15] 闫香慧,刘怀,赵志模,等. 水稻褐飞虱灯下发生期及种群数量动态分析. *植物保护学报*, 2008, 35(6): 501-506
- [16] Hu G, Cheng X N, Qi G J, et al. Rice planting systems, global warming and outbreaks of *Nilaparvata lugens* (Stål). *Bulletin of Entomological Research*, 2011, 101(2): 187-199
- [17] 王德其. 贵州省稻飞虱测报研究进展. *病虫测报*, 1992(2): 62-63
- [18] 贵州省质量技术监督局. 贵州省稻飞虱监测技术规范 DB52/T 396-2005. 2005: 2005-6-14
- [19] 王明勇. 2005年褐飞虱大发生原因及防治启迪. *植物保护*, 2006, 32(5): 113-115
- [20] 程家安,祝增荣. 2005年长江流域稻区褐飞虱暴发成灾原因分析. *植物保护*, 2006, 32(4): 1-4
- [21] 艾祯仙,周朝霞,白明琼,等. 三都县2009年稻飞虱发生与防控技术分析. *现代农业科技*, 2010(6): 136-137
- [22] 黄建义,李汝铎. 上海地区单季晚稻褐飞虱发生规律的研究. *上海农学院学报*, 1992, 10(3): 226-233
- [23] 浦茂华,陈洁明. 褐飞虱发生程度数理预报的初步研究. *植物保护*, 1979(5): 1-9
- [24] 齐国君,肖满开,吴彩玲,等. 水稻种植制度变化对褐飞虱暴发种群形成的影响. *植物保护学报*, 2010, 37(3): 193-200
- [25] Sawada H, Subroto S W G, Mustaghfirin Wijaya E S. Immigration, population development and outbreaks of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål), under different rice cultivation patterns in central Java, Indonesia. *Technical Bulletin-Food and Fertilizer Technology Center*, 1992, 130: 9-18

(责任编辑:高峰)