

重要刺吸性害虫调查方法专题

稻飞虱种群发生的调查与取样技术^{*}

王瑞林^{1**} 陆明红² 韩兰芝³ 于福兰⁴ 陈法军^{1***}

(1.南京农业大学植物保护学院昆虫学系, 南京 210095; 2.全国农业技术推广服务中心, 北京 100125;

3.中国农业科学院植物保护研究所水稻害虫研究组, 北京 100193; 4.山东省济南市济阳县农业局, 济南 251400)

摘要:稻飞虱是中国和许多国家水稻生产上的主要害虫, 属 r 对策暴发危害类型。其中, 褐飞虱和白背飞虱是典型的远距离迁飞性害虫, 具有大区域同期“突增”和“突减”的灾变特性; 灰飞虱则主要以本地越冬为主, 远距离迁飞对种群结构的影响较小, 但其传播的病毒病对水稻生产的影响更甚。针对 3 种稻飞虱的生物学特性, 本文发展了稻飞虱田间种群发生与危害等的调查与取样技术, 为其种群发生及其监测预警提供技术支撑。

关键词:稻飞虱, 不同虫态, 迁飞种群, 种群发生, 暴发危害, 调查与取样

Methods and technologies for surveying and sampling the rice planthoppers, *Nilaparvata lugens*, *Sogatella furcifera* and *Laodelphax striatellus*

WANG Rui-Lin^{1**} LU Ming-Hong² HAN Lan-Zhi³ YU Fu-Lan⁴ CHEN Fa-Jun^{1***}

(1. Department of Entomology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. National Agro-Technical Extension and Service Center, Beijing 100025, China; 3. Research Group of Rice Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 4. Agricultural Bureau of Jiyang County in Shandong Province, Jinan 251400, China)

Abstract Rice planthoppers, including the brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens*, white-backed planthopper (WBPH), *Sogatella furcifera* and the small brown planthopper (SBPH), *Laodelphax striatellus* are key insect pests in the paddy-fields of China and many other countries. These species are r-strategists and tend to have periodic outbreaks. All three species are typically long-distance migrants and often simultaneously occur over a large geographic scale during outbreaks. The SBPH mainly overwinters locally and its long-distance migration has little impact on its population structure. However, its transmission of viruses to rice plants is more serious. Based on the biological characteristics of *N. lugens*, *S. furcifera* and *L. striatellus*, we developed methods and technologies for the surveying and sampling of these species that can improve the population monitoring and the forecasting of population outbreaks. **Key words** rice planthopper, different stages, migration population, population occurrence, outbreak and damage, surveying and sampling

* 资助项目: 国家重点基础发展规划“973项目”(2010CB126200); 国家自然科学基金(31272051); 教育部霍英东基金应用课题(122033)和中央高校基本科研业务费项目(KYZ201140) **E-mail: 2011102070@njau.edu.cn

***通讯作者, E-mail: fajunchen@njau.edu.cn 收稿日期: 2014-04-11, 接受日期: 2014-04-22

稻飞虱属同翅目 (Homoptera) 蝉亚目 (Cicadomorpha) 蜡蝉总科 (Fulgoroidea) 飞虱科 (Delphacidae), 主要危害农业生产的种类为褐飞虱 *Nilaparvata lugens*、白背飞虱 *Sogatella furcifera* 和灰飞虱 *Laodelphax striatellus*, 广泛分布于南亚、东南亚、太平洋岛屿及日本、朝鲜和澳大利亚等地区 (Kisimoto, 1989; 程遐年等, 2003; 张孝羲和张跃进, 2006; 罗守进, 2011)。其中, 褐飞虱和白背飞虱为水稻专食性害虫, 灰飞虱为寡食性害虫, 除了危害水稻外还可危害小麦、大麦和相关杂草等 (丁锦华等, 1991)。20世纪 50 年代后期 (尤其近 30 年来), 由于水稻改制等因素导致稻飞虱发生面积更是不断扩大, 暴发频率持续增加, 从而对我国及其他水稻种植国家的水稻生产危害由局部危害扩大到整个稻区危害 (Holt *et al.*, 1996; 汤金仪等, 1996; Wang *et al.*, 2008)。近年来, 随着全球气候变暖加剧, 极端气候事件发生频率异常等大背景下使得稻飞虱暴发危害变得更为复杂 (Cheng, 2009)。

作为典型的迁飞性暴发危害的稻飞虱而言, 对其开展准确的预测预报是指导其大田防控的关键, 而明确其种群发生与暴发危害程度将直接决定稻飞虱预测预报的准确性。因此, 有必要对稻飞虱暴发危害开展规范而又标准化的调查与取样, 以便指导区域性稻飞虱种群发生与危害监测预警, 最终服务于稻飞虱预测预报与防控。本文结合国内外相关研究 (如 Kisimoto, 1989; 丁锦华等, 1991; Holt *et al.*, 1996; 程遐年等, 2003; 张孝羲和张跃进, 2006; Wang *et al.*, 2008; Cheng, 2009; 罗守进, 2011), 以及《稻飞虱测报调查规范》(GB/T 15794—2009) 等, 对 3 种稻飞虱的种群发生与危害程度的调查与取样方法系统描述如下。

1 稻飞虱田间卵量系统调查

稻飞虱产卵于叶鞘, 茎秆的组织内, 卵长 0.8 mm 左右, 呈香蕉形, 排列成串, 初产为白色, 后渐变为黄褐色。通过田间卵量的系统调查, 掌握稻飞虱的种

群动态, 为稻飞虱种群发生的预测预报提供科学依据。

1.1 调查时间

稻飞虱田间卵量系统调查, 双季早稻和双季晚稻在主害代成虫高峰后 5~7 d 各查 1 次, 单季中稻和晚稻在主害代前一代和主害代成虫高峰后 5~7 d 分别各查 1 次。秧田每平方米成虫数量超过 5 头时, 移栽前 3 d 进行 1 次卵量调查。

1.2 取样方法

稻飞虱田间卵量系统调查的方法是在观测区内选择不同类型田块, 采用平行跳跃式取样, 每点取 2 丛, 每丛拔取分蘖 1 株, 主害代前一代取 50 株, 主害代取 20 株。秧田采用棋盘式取样 10 点, 每点查 10 株。

1.3 调查方法

将取样稻株带回室内, 剥查取样稻株, 镜检剖查卵条和卵粒, 记录未孵化有效卵粒数、寄生卵数、孵化卵粒数以及卵胚胎发育进度, 记载所有的调查结果。

2 稻飞虱田间虫量系统调查

通过系统调查, 掌握田间稻飞虱的种群发生动态与危害规律, 为制订防治技术措施提供科学依据。

2.1 调查地点及时间

田间虫量系统调查在观察区内进行, 观察区面积应在 30 hm² 以上。选有代表性的类型田块作为固定系统调查田, 并设立观测圃, 观测圃面积不少于 667 m²。在每月的 5 日、10 日、15 日、20 日、25 日、30 日各调查一次。

2.1.1 秧田系统调查从秧苗三叶期开始调查, 到拔秧移栽前截止。秧田调查以成虫为主。选取主要类型秧田 3 块。采用目测法或扫网法随机取样, 每块秧田 10 个点。目测法, 目测计数每 0.25 m² 秧田内成虫数量; 扫网法, 用直径为 28 cm 的捕虫网来回扫取宽幅为 1

m (0.5 m^2 的面积) 秧苗 , 统计捕虫网内成虫数量。

2.1.2 田间系统调查 田间虫量系统调查开始于水稻移栽后, 自诱虫灯下出现第一次成虫高峰后开始, 至水稻成熟收割前 2~3 d 结束。选取品种、生育期和长势有代表性的各类型田 3~5 块, 采用平行双行跳跃式取样, 每点取 2 丛。每块田的调查丛数可根据稻飞虱发生量而定: 每丛低于 5 头时, 每块田调查 50 丛以上; 每丛 5~10 头时, 每块田调查 30~50 丛; 每丛大于 10 头时, 每块田调查 20~30 丛; 最终, 转换为每百丛虫量。

2.2 调查取样方法

2.2.1 盆拍法 采用 $33\text{ cm} \times 45\text{ cm}$ 的白糖瓷盘作载体, 用水湿润盘内壁。查虫时将盘轻轻插入稻行, 下缘紧贴水面稻丛基部, 快速拍击植株中、下部, 连拍 3 下, 每点计数 1 次, 计数各类飞虱长翅型和短翅型的雌雄成虫, 以及低龄和高龄若虫数量。每次拍查计数后, 清洗干净白糖瓷盘后, 再进行下次拍查。

2.2.2 吸虫器法 采用背负式喷雾喷粉机改装而成的吸虫器, 吸虫器法克服了肉眼观察或盆拍结合扫网等以往方法误差较大的缺点, 并且改装的吸虫器操作方便, 两人配合即可完成操作, 有一人背负吸虫器, 另一人预装集虫网和安置采样桶 (将所选水稻丛罩住, 防止调查对象的扩散), 是当前一种比较好的田间调查取样方法 (刘雨芳等, 1999)。

田间调查采用对角线五点取样法, 每样点选取 2 丛水稻, 先用采样桶将其罩住, 吸虫器从上及下抽吸。每次调查收集到的样品用 75%~80% 的酒精溶液浸泡, 并带回室内在显微镜下清理、分类并统计各类飞虱不同翅型的成虫, 以及低龄和高龄若虫数量。

2.2.3 扫网法 标准扫网的网口直径为 28 cm , 网深 71 cm , 手柄长大约 74 cm 。在上午露水蒸发后进行采集, 在稻田中央行走 (步速 0.5 m/s) 左右扫动为 1 网, 每块调查田扫 30 网。将扫网所收集的昆虫转入自封袋并贴上标签。把自封袋带回实验室后, 将其中

折算为每平方米秧田的成虫量, 并记录调查结果。

昆虫保存于酒精中, 之后在实验室内对各类稻飞虱进行鉴定并统计数量 (刘恩龙等, 2012)。

2.2.4 灯诱法 利用稻飞虱趋光的习性, 每晚进行灯诱, 在调查田中设置一台频振式杀虫灯 (佳多牌 PS-15II, 波长 $320\sim 680\text{ nm}$), 光敏开关每天自动开关灯。灯下诱虫带回实验室进行种类鉴定并统计各稻飞虱种类数量。

2.2.5 目测法 在目测田内的调查采用对角线五点取样法, 每个样点选取 2 丛水稻, 共 10 丛, 调查时观察并记录每一丛水稻从叶部到基部各类稻飞虱的数量, 最后转换成百丛虫量。

3 稻飞虱大田虫情普查

大田的虫情普查在主害前 1 代 2、3 龄若虫盛期普查一次, 主害代防治前和防治 10 d 后各普查一次, 共查 3 次。在观察区和辖区范围内调查每种主要水稻类型田不少于 20 块, 面积不少于 1 hm^2 。每块田采用平行跳跃式取样, 每块田取 5~10 点, 每点 2 丛。大田的调查取样方法同 2.2。对大田越冬种群的调查从每年冬季的 1 月上旬至 3 月上旬, 在低纬度气温高冬无严寒的地区选取具有代表性的水稻冬闲田、再生稻田、自生稻田和杂草地等, 每 10 d 调查一次。调查取样方法同 2.2。详细计数各类飞虱长翅型和短翅型的雌雄成虫, 以及低龄和高龄若虫数量。对越冬种群卵的调查取样方法同 1.2 和 1.3。

4 稻飞虱危害状况普查

稻飞虱为害状况调查即对冒穿状况的调查。当田间稻飞虱数量达到一定程度时, 受害水稻基部茎秆变软、倒秆枯死, 在田间形成塌陷的坑或成片倒塌枯黄, 称为冒穿, 也称为穿顶或塌秆。稻飞虱为害状况普查应在各类水稻黄熟期前 2~3 d 进行, 采用大面积巡视目测法, 记录调查区内有“冒穿”出现的田块数和面积, 折合净“冒穿”面积, 计算占调查区田块和面积的百分比, 并记录调查结果 (王颖, 2013)。

灰飞虱是水稻条纹叶枯病病毒 (Rice stripe virus , RSV) 及水稻黑条矮缩病病毒 (Rice black-streaked dwarf virus ,RBSDV) 的主要传播介体 , 水稻条纹叶枯病和黑条矮缩病都是水稻主要病害 , 对水稻产量有很大的影响。水稻条纹叶枯病的主要症状为病株心叶生有黄白色条斑 , 并卷曲成纸捻状 , 弯曲下垂成 “假枯心 ” , 基部无虫孔 , 不腐烂 , 枯心不易拔起 (钟永先 , 2007) 。水稻黑条矮缩病的主要症状为分蘖增加 , 叶片短阔、僵直 , 叶色深绿 , 叶背的叶脉和茎秆上初现蜡白色 , 后变褐色的短条瘤状隆起 , 不抽穗或穗小 , 结实不良。对灰飞虱传播的病毒病调查应该从灰飞虱和病毒病两方面同时进行 , 这样才能更准确的制定防治措施。对灰飞虱的调查主要采

用盆拍法 , 每块田随机查五个点 , 每个点拍查 2 m^2 , 隔 5 d 调查一次 , 每次详细记录灰飞虱的各类虫量 , 并折成 667 m^2 的虫量 ; 对水稻条纹叶枯病和水稻黑条矮缩病的调查从水稻分蘖盛期开始到乳熟期 , 采用对角线取样法 , 每块田定 2 点 , 每点直线前进调查 50 丛 , 共查 100 丛 , 与灰飞虱同时调查 , 统计历次调查的病株率及病株增长率 , 腊熟期对病株进行严重度分级 , 计算病情指数 (朱龙粉等 , 2003 ; 王颖 , 2013) 。

我国水稻南方黑条矮缩病 (Southern rice black-streaked dwarf Virus , SRBSDV) 的发生与介体白背飞虱的迁飞有密切的关系。南方水稻黑条矮缩病的主要症状为发病稻株叶色深绿 , 上部叶的叶面可见凹凸不平的皱折 (多见于叶片基部) , 病株地上数节节部有倒生须根及高节位分枝 ; 病株茎秆表面有乳白色大小约 1 ~ 2 mm 的瘤状突起 (手摸有明显粗糙感) , 瘤突呈蜡点状纵向排列成条形 , 早期乳白色 , 后期褐黑色 ; 病瘤产生的节位 , 因感病时期不同而异 , 早期感病稻株 , 病瘤产生在下位节 , 感病时期越晚 , 病瘤产生的节位越高。白背飞虱与南方黑条矮缩病的调查方法同灰飞虱及灰飞虱传播的病毒病的调查方法。

5 稻飞虱迁飞种群田间检测方法

5.1 灯诱法

灯诱法主要是利用昆虫对一定光波光源的趋光性来诱捕昆虫 , 它所取的单位也是相对密度单位 , 即以日或高峰期虫量或世代累计虫量来表示。昆虫的可见光范围同人的可见光区不同 , 昆虫的可见光区比人类的要偏于短光波段 , 对人类是不可见的紫外光段对昆虫则是可见光段 , 而人类可见的偏长波的红光段则是昆虫的不可见光段。测报上常用的黑光灯的光波在 365 ~ 400 nm。测报灯的光源已有国家标准规范 ; 其中 , 稻飞虱诱虫灯规定采用 200 W 白炽灯或 20 W 黑光灯 (365 nm) , 且灯源离地面 1.5 m , 下装集虫漏斗 , 漏斗下装毒瓶。

此外 , 田间稻飞虱迁飞种群的起飞和降落行为节律的调查与取样方法主要是结合自动分时段逐时灯诱装置 (专利授权号 ZL 2011 20265335.8) 和佳多频振式诱虫灯 (型号 : PS-15II) 来开展 , 具体做法如下 : 每晚 6:00 至早晨 6:00 期间分 12 个收集袋自动逐时收集上灯的稻飞虱雌、雄成虫。灯诱第 2 天上午 8:00 收样 , 分类计数褐飞虱、白背飞虱和灰飞虱的雌、雄成虫量 , 用以统计每晚 6:00 时至早晨 6:00 点期间逐时的 , 以及每晚和整个发生季节褐飞虱和白背飞虱迁飞过境种群 , 以及灰飞虱迁飞上灯的雌、雄成虫量。根据灯诱收集的整个发生季节及每晚逐时的褐飞虱和白背飞虱迁飞过境种群 , 以及灰飞虱迁飞种群雌、雄成虫的上灯虫量 , 计算每日上灯的雌、雄成虫量占整个发生期灯诱的雌、雄成虫量的百分比 , 根据这一百分比判断迁飞过境的稻飞虱长翅型雌、雄成虫 , 进而检测田间的稻飞虱迁飞种群。

5.2 卵巢解剖法

在调查田间用吸虫管吸取稻飞虱的长翅型雌成虫 , 在解剖镜下解剖观察 , 记录并统计分析各个样本的卵巢发育级别 , 根据各个卵巢发育级别所占的比例来确定迁飞种群。以一个地区的迁飞种群来分析 , 在迁出区由于初次起飞都发生在成虫幼嫩阶段的后期 , 卵巢都

处于未成熟阶段,所以如在迁出区的成虫期系统取样解剖,则绝大部分为卵巢发育前期的未成熟期成虫,后期的成熟成虫。

6 讨论

褐飞虱和白背飞虱具有远距离迁飞与暴发危害等特点,是中国和许多国家水稻生产中的重点防治害虫之一(Heong *et al.*, 1992; 程遐年等, 2003; 齐国军等, 2010; 罗举等, 2011)。我国研究者1974—1978年对稻飞虱越冬调查研究基本确定了白背飞虱和褐飞虱在中国的越冬区域主要集中在 $N21^{\circ}\sim 25^{\circ}$ (程遐年等, 2003; 沈君辉等, 2003)。目前,主要观点认为,在中国除海南、两广南部及云南南部冬季有少量褐飞虱和白背飞虱虫源存活外,其他大部分地区常年均不能越冬,春秋两季初始虫源主要来源于国外(马巨法等, 1996)。关于灰飞虱国外已有其远距离迁飞的报道(Kisimoto, 1976; Hirao and Ito, 1980; Riley *et al.*, 1991; Hoshizaki, 1997),在中国东部海上网捕、飞机航捕和高山网捕等也都曾有灰飞虱入网的记录(刘浩官等, 1980; 邓望喜, 1981)。目前,国内普遍认为灰飞虱主要以本地越冬为主,远距离迁飞对种群结构的影响较小(丁锦华, 2002; 刘向东等, 2006)。但近年来的研究不断证实灰飞虱在我国大陆地区也存在远距离迁飞现象(林志伟等, 2004; 王丽等, 2011; 张海燕等, 2011)。

稻飞虱作为水稻生产中的重要害虫,不仅通过刺吸水稻茎干和叶危害水稻,导致水稻植株干枯,严重时造成火烧苗,而且稻飞虱还是多种水稻病害的病毒传播媒介,白背飞虱和褐飞虱的迁飞习性使得病毒被传播的距离更远,范围更广,此外,灰飞虱除了通过直接刺吸危害还可传播病毒病,对水稻、小麦和玉米等生产造成很大影响(徐广春等, 2007)。灰飞虱携带的水稻条纹叶枯病病毒RSV和水稻黑条矮缩病病毒RBSDV是我国水稻条纹叶枯病和黑条矮缩病流行的主要影响因子之一(徐小兰等, 2012)。迁飞性害虫白背飞虱不仅直接刺吸危

相反,如在迁入区作系统取样,则可见绝大部分为发育中

害水稻,而且携带南方黑条矮缩病病毒SRBSDV,对我国南方水稻生产构成重大的威胁,局部受害严重。由此可见稻飞虱对我国的水稻生产存在严重的威胁(姜辉等, 2005)。

对于稻飞虱空间分布型的研究表明,稻田中褐飞虱各虫态分布均表现为聚集分布(程家安, 1983);白背飞虱的短翅型成虫稻田表现为均匀分布,而其若虫和长翅型成虫则表现为负二项式分布型(程家安, 1996)。可见,稻飞虱空间分型因不同种、虫龄或虫态等不同而表现不同,同时又受到种群密度、环境条件等的影响,也是遗传特性与外界环境条件综合作用的结果。昆虫种群空间分布型的研究可为调查取样方法、调查数据整理及害虫管理提供指导。大量的研究表明,不同分布型需要相应的取样方法,如随机分布种群取样方法需采用五点取样(15~25个样方),聚集分布种群取样方法需采用Z字型或棋盘式取样(样方尽量多),均匀分布种群取样方法需采用五点取样和对角线取样等,核心分布种群取样方法需采用棋盘式和平行跳跃式取样,嵌纹分布种群取样方法需采用Z字形取样方法等(张孝羲和张跃进, 2006)。因此,本文总结归纳了3种稻飞虱田间种群发生与危害等的调查与取样技术,从而为生产实际中准确掌握稻飞虱的种群发生动态,为稻飞虱的预测预报及制定适时有效的防治措施提供了科学的数据支撑。

参考文献 (References)

- Cheng J, 2009. Rice planthopper problems and relevant causes in China// Heong KL, Hardy B(eds.). *Planthoppers: New Threats to the Sustainability of Intensive Rice Productive Systems in Asia*. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines. 157–178.
- Heong KL, Aquino GB, Barrion AT, 1992. Population dynamics of plant- and leafhoppers and their natural enemies in rice ecosystems in the Philippines. *Crop Prot.*, 11 (4): 371–379.
- Hirao J, Ito K, 1980. Observations on rice planthoppers collected over the East China Sea in June and July 1974. *Japanese Journal of*

- Applied Entomology and Zoology*, 24(2): 121–124.
- Holt J, Chancellor TCB, Reynolds DR, Tiongco ER, 1996. Risk assessment for rice planthopper and tungro disease outbreaks. *Crop Prot.*, 15 (4): 359–368.
- Hoshizaki S, 1997. Allozyme polymorphism and geographic variation in the small brown planthopper, *Laodelphax striatellus* (Homoptera: Delphacidae). *Biochem. Genet.*, 35 (12): 283–293.
- Kisimoto R, 1976. Synoptic weather conditions inducing long-distance immigration of planthoppers, *Sogatella furcifera* Horvath and *Nilaparvata lugens* Stal. *Ecol. Entomol.*, 1(2): 95–109.
- Kisimoto R, 1989. Flexible diapause response to photoperiod of a laboratory selected line in the small brown planthopper, *Laodelphax striatellus*. *Appl. Entomol. Zool. (Japan)*, 24: 157–159.
- Riley JR, Cheng XN, Zhang XX, Reynolds DR, Xu GM, Smith AD, Cheng JY, Bao AD, Zhai BP, 1991. The long-distance migration of *Nilaparvata lugens* in China: radar observation on the mass return flight in autumn. *Ecol. Entomol.*, 16 (4): 471–489.
- Wang HY, Yang Y, Su JY, Shen JL, Gao CF, Zhu YC, Shen JL, 2008. Assessment of the impact of insecticides on *Anagrus nilaparvatae* (Pang et Wang) (Hymenoptera: Mymanidea), an egg parasitoid of the rice planthopper, *Nilaparvate lugens* (Hemipera: Delphacidae). *Crop Prot.*, 27 (3/5): 514–522.
- 程家安, 1983. 褐稻虱防治方法. 浙江: 浙江科学技术出版社. 12. [CHENG JA, 1983. The prevention of brown planthopper. Zhejiang: Zhejiang Scientific and Technical Publishers. 12.]
- 程家安, 1996. 水稻害虫. 北京: 中国农业出版社. 93. [CHENG JA, 1996. Rice pests. Beijing: Chinese Agricultural Press. 93.]
- 程遐年, 吴进才, 马飞, 2003. 褐飞虱研究与防治. 北京: 中国农业出版社. 373. [CHENG XN, Wu JC, Ma F, 2003. The research and prevention of brown planthopper. Beijing: Chinese Agricultural Press. 373.]
- 丁锦华, 徐冠军, 林冠伦, 1991. 农业昆虫学. 南京: 科学技术出版社. 159. [DING JH, XU GJ, LIN GL, 1991. Agricultural entomology. Nanjing: Scientific and Technical Press. 159.]
- 丁锦华, 2002. 农业昆虫学: 南方本. 北京: 中国农业出版社. 175. [DING JH, 2002. Agricultural entomology: the southern version. Beijing: Chinese Agricultural Press. 175.]
- 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): 73–81. [DENG WX, 1981. A general survey on seasonal migrations of *Nilaparvata lugens* (Stal) *Sogatella furcifera* (Horvath) (Homoptera: Delphacidae) by means of airplane collections. *Acta Phytophylacila Sinica, Plant Protection*, 8(2): 73–81.]
- 姜辉, 林荣华, 刘亮, 瞿唯钢, 陶传江, 2005. 稻飞虱的危害及再猖獗机制. 昆虫知识, 42(6): 612–615. [JIANG H, LIN RH, LIU L, ZHAI WG, TAO CJ, 2005. Planthoppers damage to rice and the resurgence mechanism. *Chinese Bulletin of Entomology*, 42 (6): 612–615]
- 林志伟, 刘宏毅, 刘洋, 辛惠普, 2004. 寒地灰飞虱田间发生规律的研究. 黑龙江农业科学, (6): 24–26. [LIN ZW, LIU HY, LIU Y, XIN HP, 2004. The Study on Occurrence Regularity of *Laodelphax striatella* (Fallen) on Cold Region. *Heilongjiang Agricultural Sciences* (6): 24–26.]
- 刘恩龙, 陶攻, 李强, 2012. 不同种植环境稻田稻飞虱种群动态研究. 云南农业大学学报 (自然科学), 27: 658–665. [LIU EL, TAO M, LI Q, 2012. Study on dynamics of rice planthopper population in different planting environment rice fields. *Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science)*, 27: 658–665.]
- 刘浩官, 刘振杰, 王乾超, 江智才, 1980. 东海网捕褐稻虱研究初报. 昆虫知识, 17(5): 193–196. [LIU HG, LIU ZJ, WANG QC, JIANG ZC, 1980. *Chinese Bulletin of Entomology*, 17(5): 193–196.]
- 刘向东, 翟保平, 刘慈明, 2006. 灰飞虱种群暴发成灾原因剖析. 昆虫知识, 43(2): 141–146. [LIU XD, ZHAI BP, LIU CM, 2006. Outbreak reasons of *Laodelphax striatellus* population. *Chinese Bulletin of Entomology*, 43(2): 141–146.]
- 刘雨芳, 张古忍, 古德祥, 1999. 利用改装的吸虫器研究稻田节肢动物群落. 植物保护, 25(6): 39–40. [LIU YF, ZHANG GR, GU DX, 1999. Study on arthropod community in the paddy fields by methods for modified insect collection. *Plant Protection*, 25(6): 39–40.]
- 罗举, 汪远昆, 张孝羲, 翟保平, 2011. 白背飞虱的迁飞生物学: 起飞与迁出. 应用昆虫学报, 48 (5): 1202–1212. [LUO J, WANG YK, ZHANG XX, ZHAI BP, 2011. Migratory biology of the white backed planthopper: Take-off and emigration. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48 (5): 1202–1212.]
- 罗守进, 2011. 稻飞虱的研究. 农业灾害研究, 1 (1): 1–13. [LUO SJ, 2011, Research on rice planthopper, *Journal of Agricultural Catastrophology*, 1 (1): 1–13.]
- 马巨法, 汤金仪, 高桥明彦, 神原冲隆, 胡国文, 1996. 中国南部褐飞虱、白背飞虱越冬虫源的再考察. 中国有害生物综合治理论文集. 北京: 中国农业科学出版社. 292–297. [MA JF, TANG JY, Akihiko Takahashi, Mitutaka Sakakibara, HU GW, 1996. Further investigation of overwintering insect, the brown planthopper *nilaparvata lugens* and the white backed planthopper, *sogatella furcifera* in the south of china, *proceedings of the chinese integrated pest management*, Beijing: Chinese Agricultural Press. 292–297.]
- 齐国军, 芦芳, 胡高, 王凤英, 程遐年, 沈慧梅, 黄所生, 张孝羲, 翟保平, 2010. 2007年广西早稻田褐飞虱发生动态及虫源分析. 生态学报, 2: 462–472. [QI GH, LU F, HU G, WANG FY, CHENG XN, CHEN HM, HUANG SS, ZHANG XX, ZHAI BP, 2010. Dynamics and population analysis of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stal) in the early rice field in Guangxi Municipality, 2007. *Acta Ecologica Sinica*, 2: 462–472.]
- 沈君辉, 尚金梅, 刘光杰, 2003. 中国的白背飞虱研究概况. 中国

- 水稻科学, 17(增刊): 7-22. [SHEN JH, SHANG JM, LIU GJ, 2003. Management of the White backed Planthopper, *Sogatella furcifera* in China: A Mini-review. *Chinese journal of rice science*, 17(supplement): 7-22.]
- 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. [TANG JY, HU BH, WANG JQ, 1996. Outbreak analysis of rice migratory pests in China and management strategies recommended. *Acta Ecologica Sinica*, 16 (2): 167-173.]
- 王丽, 韩超, 徐艳博, 蔡广成, 孙友武, 胡学友, 张孝羲, 翟保平, 2011. 安徽江淮地区灰飞虱的春季迁飞与扩散. *应用昆虫学报*, 48 (5): 1288-1297. [WANG L, HAN C, XU YX, CAI GL, SUN YW, HU XY, ZHANG XY, ZHAI BP. 2011. Migration and dispersal of the small brown planthopper *Laodelphax striatellus* (Fallén) in the Jianghuai region: Case studies in Fengtai, Anhui Province in spring of 2009 and 2010. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48 (5): 1288-1297.]
- 王颖, 2013. 水稻主要病虫害田间调查技术. *农技服务*, 30(5): 498-498. [WANG Y, 2013. 30(5): 498-498. Field investigation techniques of rice main diseases and insect pests, *Agricultural Technology Service*, 30(5): 498-498.]
- 徐广春, 徐德进, 顾中言, 许小龙, 2007. 灰飞虱再猖獗研究进展及其防治. *农药*, 46(8): 510-512. [XU GC, XU DJ, GU ZX, XU XL, 2007. Research Progress and Prevention on the Resurgence of the Small Brown Planthopper. *Agrochemicals*, 46(8): 510-512.]
- protection technology and extension, 23(5): 3-6
- 徐小兰, 丁桂珍, 胡莲凤, 吴扣兰, 2012. 水稻条纹叶枯病与黑条矮缩病综合防控技术研究. *现代农业科技*, (5): 195-195. [XU XL, DING GZ, HU LF, WU KL, 2012. The Techniques for Comprehensive Control on Rice Stripe Disease and Southern Rice Black-streaked Dwarf Virus. *Modern Agricultural Science and Technology*, (5): 195-195.]
- 张海燕, 刁永刚, 杨海博, 赵悦, 张孝羲, 翟保平, 2011. 山东济宁灰飞虱春季种群动态及迁飞特性. *应用昆虫学报*, 48(5): 1298-1308. [ZHANG HY, DIAO YG, YANG HB, ZHAO Y, ZHANG XX, ZHAI BP, 2011. Population dynamics and migration characteristics of the small brown planthopper in spring in Jinan Shandong Province. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(5): 1298-1308.]
- 张孝羲, 张跃进, 2006. 农作物有害生物预测学. 北京: 中国农业出版社. 5-6. [ZHANG XX, ZHANG YJ, 2006. The forecast science of crop pests. Beijing: Chinese Agricultural Press. 5-6.]
- 钟永先, 2007. 水稻条纹叶枯病的感染与发病规律及病害症状鉴别. *农技服务*, 24(1): 33-34. [ZHONG YX, 2007. Infection and Pathogenesis Law of Rice Stripe Disease and identification of its Symptom. *Agricultural Technology Service*, 24(1): 33-34.]
- 朱龙粉, 傅华欣, 毛华方, 荆卫锋, 商俊丽, 杨小龙, 2003. 水稻条纹叶枯病发生规律与防治技术研究. *植保技术与推广*, 23(5): 3-6. [ZHU LF, FU XH, MAO HF, JING WL, SHANG JL, YANG XL, 2003. Study on the incidence of rice stripe disease and its control technologies. *plant*