

食诱剂监测稻纵卷叶螟种群动态初报

曾娟^{1,2}, 张涛¹, 王立颖^{2,3}, 吴秋琳², 陆明红¹, 吴孔明^{2*}

(1. 全国农业技术推广服务中心, 北京 100125; 2. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193; 3. 福建农林科技大学植物保护学院, 福州 350002)

摘要 2020年7月–10月在我国南方3大稻区的6省(区)12个点开展了稻纵卷叶螟成虫种群动态的食诱监测试验,并与性诱、灯诱和田间赶蛾等传统监测技术进行了对比。结果表明,食诱监测可准确反映田间稻纵卷叶螟种群数量动态,其峰次、峰期与性诱、灯诱和田间赶蛾基本一致。4种监测方法在长江中下游单季晚稻区、单季中稻区和华南双季晚稻区同期监测到3个、2个和1~2个峰次,峰期依次为7月中下旬、8月上中旬和9月中旬。从日均诱蛾量和峰日蛾量看,食诱监测总体优于性诱,但差于灯诱和田间赶蛾;食诱监测的专一性较高,靶标数量占总诱虫量的比率一般高于85%,但不及性诱(95%以上);从雌、雄蛾的总量对比及逐日对比看,食诱监测性比均大于1。综合分析表明,食诱监测具有使用方便、反应灵敏、专一性较强、雌雄同诱的优点,为精准监测稻纵卷叶螟成虫种群动态提供了新手段。

关键词 稻纵卷叶螟; 食诱; 日均诱蛾量; 峰期; 峰日蛾量; 专一性; 性比

中图分类号: S 435.112.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2021304

Preliminary application of food attractant trapping in monitoring population dynamics of rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae) in China

ZENG Juan^{1,2}, ZHANG Tao¹, WANG Liying^{2,3}, WU Qiulin², LU Minghong¹, WU Kongming^{2*}

(1. National Agro-Technology Extension & Service Centre, Beijing 100125, China; 2. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Beijing 100193, China; 3. College of Plant Protection, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract A monitoring experiment of population dynamics of the rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae) (hereinafter referred to as RLF) with food attractant trappings was carried out at 12 sites in six provinces across three eco-regions of rice production in China from July to October in 2020, in comparison with traditional methods such as sex pheromone trapping, light trapping and paddy sweeping. The frequency and period of adult peaks were approximately the same among four different monitoring methods, showing 3, 2 and 1–2 peaks in single-cropping late-rice regions, single-cropping middle-rice regions in the middle and lower reaches of Yangtze River and double-cropping rice region in South China, respectively, with the peak periods in mid-late July, early-mid August and middle September successively. As for average daily or peak-date number of caught/counted adults, food attractant trapping was overall better than sex pheromone trapping, but inferior to light trapping and paddy sweeping. The specificity of food attractant trapping was revealed by the ratio of targeted species in total catches, higher than 85% at most sites, but lower than that of sex pheromone trapping (more than 95%). The total and daily ratios of female to male caught by food attractant trappings were mostly greater than 1. Thus, food attractant trappings are beneficial and promising in monitoring practice, having the advantages of simplicity and convenience, sensitive response, high specificity, trapping both male and female, which provides a new method for precise monitoring of RLF population dynamics.

收稿日期: 2021-05-21 修订日期: 2021-06-04

基金项目: 国家自然科学基金(31727901)

* 通信作者 E-mail: wukongming@caas.cn

Key words *Cnaphalocrocis medinalis*; food attractant trapping; average daily caught/counted adults; peak period; peak-date number of caught/counted adults; specificity; sex ratio

稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae) 是威胁我国水稻生产安全的最重要的害虫之一。据统计, 2006 年—2015 年 10 年间, 稻纵卷叶螟年均实际损失和挽回损失在水稻病虫害造成损失中占比分别为 17.2% 和 19.9%, 其危害程度和经济重要性仅次于稻飞虱^[1]。

自 20 世纪 80 年代通过标记—释放—回收试验初步明确稻纵卷叶螟在我国东部水稻产区的远距离迁飞路径^[2]以来, 逐步建立了基于成虫种群动态监测的分区域逐代异地测报技术体系^[3]。然而, 由于稻纵卷叶螟迁入落地的不确定性和区域发生的复杂性, 目前生产上普遍应用的田间赶蛾法、灯诱法和性诱法在成虫种群动态监测上均有一定的局限性。比如, 长期以来采用的田间赶蛾法存在劳动强度大、人工计数误差、难以标准化等问题; 以白炽灯、黑光灯或金属卤化物灯为光源的灯诱监测中, 常常出现单点诱集总量少、监测点间灯诱反应不一致, 以及与田间赶蛾量难以换算比较等问题^[4-5]。近年来发展的稻纵卷叶螟性诱监测技术, 尽管专一性好、诱集量显著提高、峰次反应敏感、有利于进行标准化和自动化^[6-10], 但由于只能诱集到雄蛾, 而性诱捕获的雄蛾内生殖系统形态指标^[11]在测报实践中广泛应用的技术门槛较高, 与利用雌蛾卵巢发育级别反映种群性成熟状态还有一定差距。

据研究记载, 稻纵卷叶螟成虫白天一般在稻田、草丛中隐蔽栖息, 如无惊扰, 很少活动; 但傍晚和夜间具有吸食花蜜或蚜虫分泌的蜜露补充营养的习性, 且趋向于在近蜜源植物的稻田活动、产卵量大^[12]。因此, 利用稻纵卷叶螟成虫的补充营养习性, 以引诱成虫取食的植物挥发性物质制备成生物食诱剂, 探索基于食诱的种群动态监测技术, 不失为一个另辟蹊径、简便易行的发展方向。本文通过多点试验, 初步评估了稻纵卷叶螟食诱剂对成虫的诱集作用, 以期发展新的成虫监测技术, 为稻纵卷叶螟精准监测提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 成虫监测工具

稻纵卷叶螟食诱剂诱包由深圳百乐宝生物农业科

技有限公司提供。食诱剂主成分及配比为柠檬烯: 水杨酸甲酯: 樟脑 = 1: 2.5: 0.5, 有效成分含量 2 g/包, 每 2 周更换一次。

稻纵卷叶螟性诱剂由宁波纽康生物技术有限公司提供。性诱剂主成分及配比为顺 13-十八碳烯醛: 顺 11-十八碳烯醛: 顺 13-十八碳烯醇: 顺 11-十八碳烯醇 = 500: 60: 120: 60; 诱芯有效成分含量为 740 μg /个, 载体类型为 PVC 毛细管; 每月更换一次。

食诱和性诱监测均使用钟罩倒置漏斗式诱捕器(螟蛾类标准化诱捕器^[13])。

稻纵卷叶螟灯诱工具为河南省佳多科工贸有限责任公司生产的自动虫情测报灯(型号 JDB1-III 型)。

田间赶蛾法以长 2 m 的竹竿作为手持赶蛾工具。

1.2 工具设置及调查方法

每个试验点选择地势平坦且种植品种、栽培措施、施药、施肥等比较一致, 同时历年稻纵卷叶螟中等以上发生程度的相邻水稻田各 3 块, 分别设置食诱、性诱监测工具和进行田间赶蛾调查, 每块田块面积不少于 3 335 m^2 。食诱剂和性诱剂诱捕器分别放置在试验田中, 每块田各放置 3 个重复、间隔不少于 50 m, 诱捕器距离田边至少 10 m; 诱捕器放置高度, 秧苗期为 50 cm, 成株期诱捕器底部接近冠层叶面。自动虫情测报灯设置在临近食诱、灯诱和赶蛾试验田、有电源条件的田埂上, 灯管距地面垂直距离 1.5 m。

在 2020 年 7 月—10 月监测期内(见表 1), 每 2 d 调查记录一次食诱、性诱、灯诱捕获的稻纵卷叶螟成虫数量、雌雄以及非靶标昆虫的种类和数量。根据《稻纵卷叶螟测报技术规范》^[3], 田间赶蛾每 2 d 进行一次, 估测每 667 m^2 蛾量。

1.3 试验点水稻种植情况和田间环境

试验点包括江苏宜兴、张家港、金坛, 浙江龙游、象山, 湖北石首、天门, 湖南浏阳、邵东、醴陵, 广东博罗和广西全州 6 省(区) 12 个点。各试验点水稻种植情况、田间环境及监测期如表 1 所示。

表 1 2020 年 6 省(区)12 个试验点稻纵卷叶螟食诱监测及性诱、灯诱和田间赶蛾对比试验基本情况

Table 1 Basic information of comparative experiments for monitoring the dynamics of RLF adults with food attractant trapping, sex pheromone trapping, light trapping and paddy sweeping at 12 sites of 6 provinces in China in 2020

试验点 Experiment site	水稻品种 Rice variety	面积/m ² Area	周边作物 Surrounding crops	试验期/月-日一月-日 及水稻生育期 Experimental period and growth period of rice
江苏省张家港市杨舍镇李巷村 Lixiang village, Yangshe town, Zhangjiagang city, Jiangsu province	单季晚稻, 南梗 505	6 670	香根草、大豆、芝麻	07-15—09-25, 分蘖期至灌浆成熟期
江苏省常州市金坛区稻麦科技示范中心 Rice-wheat Sci. & Tech demonstration centre, Jintan district, Changzhou city, Jiangsu province	单季晚稻, 南梗 46、镇糯 19	3 335	周边无蜜源植物	07-17—10-09, 分蘖期至乳熟期
江苏省宜兴市芳桥镇金兰村丰产示范方 High yield demonstration square, Jinlan village, Fangqiao town, Yixing city, Jiangsu province	单季晚稻, 南梗 3908	200 100	周边无其他作物	07-16—09-20, 分蘖盛期至乳熟期
浙江省宁波市象山县大塔村 Data village, Xiangshan county, Ningbo city, Zhejiang province	单季中稻, 甬优 15、甬优 12	86 710	周边有少量橘树, 无蜜源作物	07-16—10-19, 拔节期至灌浆成熟期
浙江省衢州市龙游县横山镇脉元村 Maiyuan village, Hengshan town, Longyou county, Quzhou city, Zhejiang province	单季中稻, 浙两优 9 号	100 050	周边无其他作物	07-15—10-08, 分蘖期至成熟期
湖北省天门市石河镇杨岭村 Yangling village, Shihe town, Tianmen city, Hubei province	单季中稻, 隆两优 534	6 670	周边无其他作物	07-14—10-12, 分蘖期至成熟期
湖北省石首市高基庙镇保贞堂村 Baozhentang village, Gaojimiao town, Shishou city, Hubei province	单季中稻, 黄华占	6 670	周边无其他作物	07-15—08-24, 分蘖期至成熟期
湖南省长沙市浏阳市荷花街道西岸村 Xian village, Hehua street, Liuyang city, Changsha city, Hunan province	单季中稻, 晶两优 1206	20 010	周边有苗木	07-16—08-31, 拔节期至抽穗扬花期
湖南省邵阳市邵东县黑田铺镇仰山殿村 Yangshandian village, Heitianpu town, Shaodong county, Shaoyang city, Hunan province	单季中稻, 泰丰优 3301	2 801.4	周边有菜地	07-02—09-22, 分蘖期至黄熟期
湖南省醴陵市泗汾镇枳上村 Jianshang village, Sifen town, Liling city, Hunan province	单季晚稻, 杂交种桃优占	20 010	周边无蜜源植物	07-06—08-16, 分蘖期至孕穗期
广西壮族自治区桂林市全州县农业科学研究所 Agricultural Science Research Institute of Quanzhou county, Guangxi autonomous region	双季晚稻, 隆两优 899	4 002	周边无其他作物	08-11—10-10, 分蘖期至黄熟期
广东省惠州市博罗县麻陂镇山尾村 Shanwei village, Mapo town, Boluo county, Huizhou city, Guangdong province	双季晚稻, 粤禾丝苗	33 350	蔬菜、瓜果、甘蔗	08-07—10-31, 返青期至成熟期

1.4 数据统计分析

由于各地水稻生育期和稻纵卷叶螟发生期不尽相同,4 种监测方法试验期和重复数也不同,故将食诱(单点 3 个重复)、性诱(单点 3 个重复)、灯诱(单点 1 个重复)监测捕获的稻纵卷叶螟成虫数量及田间赶蛾估测每 667 m² 蛾量,统一计算为监测期内单个诱捕器/单灯的日均诱蛾量或日均赶蛾量(平均值±标准差),比较分析诱蛾量平均水平,方差分析采

用 Tukey 法多重比较。

参照 Laisney 等^[14] 的 Fisher 分割方法,对各试验点的稻纵卷叶螟逐日成虫数量动态进行最优时间格局分析:构成原始矩阵时,以各种监测方法得到的逐日诱蛾量(赶蛾量)为行,以时间序数为列,在整个监测期时间序列上只做一次分割;对数据进行标准化处理后求出变差矩阵,以目标函数曲线 $P(n,k)$ — k 出现拐点、非负斜率 $f(k)$ 取最大值为判断标准,确

定最优分段数 k 和相应的分割点,从而区分出监测期内诱虫量最高的一个或几个峰期^[15]。

以上数据分析处理均使用统计软件 DPS 16.05^[16]。所有数据均不进行转换。

2 结果与分析

2.1 诱蛾量平均水平

经统计分析,各试验点食诱剂单个诱捕器日均诱蛾量的平均值为 26.81 头,最小值为广东博罗的 1.51 头,最大值为湖南醴陵的 107.88 头;各试验点性诱剂单个诱捕器日均诱蛾量的平均值为 14.07 头,最小值为浙江象山的 2.86 头,最大值为湖北石首的 43.88 头。总体来看,各试验点单个诱捕器日均诱蛾量,食诱剂明显高于性诱剂,食诱约为性诱的 1.91 倍;方差分析显示,各试验点的食诱与性诱日均诱蛾量在 1% 水平和 5% 水平上均无显著性差异(表 2)。

食诱(单个诱捕器日均诱蛾量)与灯诱(单灯日均诱蛾量)相比,除江苏张家港食诱量极显著低于灯诱量($P < 0.01$)、浙江象山食诱量显著小于灯诱量($P < 0.05$)外,其余各点食诱量与灯诱量无显著性差异;食诱(单个诱捕器日均诱蛾量)与赶蛾(日均赶蛾量)相比,除浙江象山、湖北石首食诱与赶蛾无显著性差异外,其余各点食诱量均极显著低于赶蛾量($P < 0.01$)。

2.2 种群数量动态

总体来看,各试验点食诱剂监测到的稻纵卷叶螟蛾峰,与性诱、灯诱和赶蛾等传统方法基本吻合,且在不同的稻作地区呈现明显的区域性生态学特征。其中,长江中下游单季晚稻区稻纵卷叶螟出现 3 个峰次,峰期分别为 7 月中旬至下旬初、8 月(上)中旬和 9 月中旬;长江中下游单季中稻区稻纵卷叶螟出现 2 个峰次,峰期分别为 7 月中旬后期至下旬、8 月上旬末至中旬;华南双季晚稻区稻纵卷叶螟出现 1~2 个峰次,峰期分别为 8 月中旬、9 月中下旬(表 3)。

2.2.1 长江中下游单季晚稻区

在试验开展期间(7 月中旬至 9 月下旬或 10 月上旬),江苏沿江及以南、湖南中部等长江中下游单季晚稻区处于水稻分蘖期至乳熟期,张家港、金坛、

宜兴、醴陵 4 个试验点对稻纵卷叶螟的食诱监测共出现 3 个峰次,且峰期与性诱、灯诱和赶蛾大体一致,第 1、2、3 峰次的峰期分别为 7 月中旬至下旬初、8 月(上)中旬和 9 月中旬(图 1)。

食诱、性诱、灯诱和赶蛾监测出现的峰期一致性在不同试验点间有所差异。其中,张家港、宜兴 4 种监测方法均出现 3 个峰次,且同一试验点同一个峰次对应的不同监测方法的峰期彼此接近、差距多在 2~5 d;金坛食诱、灯诱和赶蛾均出现 3 个峰次,且每个峰次对应的峰期接近,但性诱只监测到后 2 个峰次,且第 3 峰次的性诱峰期比其他 3 种监测方法提前了 10~20 d;醴陵由于 8 月 16 日终止试验,未监测到第 3 峰次,且第 2 峰次出现于 8 月上旬后期(4 种监测方法均一致),比其他 4 个试验点提前 5~10 d。

峰日蛾量在不同峰次间有明显差异,而在同一试验点同一峰次的 4 种监测方法上较为一致。其中,江苏张家港、金坛、宜兴 3 个试验点的第 1、2 峰次明显高于第 3 峰次,峰日单个(台)诱捕装置平均蛾量,第 1、2 峰次食诱为 86~252 头、性诱为 11~79 头、灯诱为 216~544 头,赶蛾为 830~4 800 头/667m²;而第 3 峰次食诱为 7~30 头、性诱为 17~64 头、灯诱为 36~114 头,赶蛾为 50~213 头/667m²,即第 1、2 峰次比第 3 峰次的峰日蛾量高一个数量级。湖南醴陵第 1 峰次明显高于第 2 峰次,除性诱监测的第 1、2 峰次峰日蛾量(均为 50~60 头)比较接近,食诱、灯诱和赶蛾监测的峰日蛾量第 1 峰次均为第 2 峰次的 2~3 倍。

2.2.2 长江中下游单季中稻区

在试验开展期间(7 月中旬至 9 月下旬或 10 月上旬),浙江中部及沿海、湖北江汉平原、湖南中东部等长江中下游单季中稻区处于水稻拔节(分蘖)期至乳熟期,象山、龙游、天门、石首、邵东、浏阳 6 个试验点对稻纵卷叶螟的食诱监测共出现 2 个峰次,且峰期与性诱、灯诱和赶蛾大体一致,第 1、2 峰次的峰期分别为 7 月中旬后期至下旬、8 月上旬末至中旬;9 月上、中旬以后,5 个试验点 4 种监测方法的诱蛾量均较低(或因故未能开展监测),第 3 峰次不明显(图 2)。

表 2 2020 年 6 省(区)12 个试验点稻纵卷叶螟食诱、性诱、灯诱和赶蛾日均蛾量¹⁾

Table 2 Average daily caught/counted RLF adults with food attractant trapping, sex pheromone trapping, light trapping and paddy sweeping at 12 sites of six provinces in China in 2020

稻区 Rice region	试验点 Experimental site	单个诱捕器/单灯日均诱蛾量/头 Average daily caught adults by single trap equipment			日均赶蛾量/ 头·(667m ²) ⁻¹ Average daily number of adults counted through paddy sweeping
		食诱 trapping	性诱 Sex pheromone trapping	灯诱 Light trapping	
长江中下游单季晚稻区 Single-cropping late-rice region in the middle and lower reaches of Yangtze River	江苏张家港	(11.48±18.83)cC	(11.42±12.99)cC	(95.50±109.73)bB	(230.07±249.49)aA
	江苏金坛	(31.56±51.51)bB	(17.81±20.38)bB	(61.39±109.49)bAB	(120.42±208.68)aA
	江苏宜兴	(27.88±39.38)bB	(10.18±10.81)bB	(71.79±105.78)bB	(780.00±1119.61)aA
	湖南醴陵	(107.88±172.07)bB	(18.57±18.22)bB	(205.33±328.79)abAB	(363.33±569.45)aA
长江中下游单季中稻区 Single-cropping middle-season rice region in the middle and lower reaches of Yangtze River	浙江象山	(8.99±45.75)bcAB	(2.86±4.13)cB	(41.67±101.69)aA	(39.46±136.67)abAB
	浙江龙游	(58.61±91.58)bB	(21.22±28.44)bB	—	(379.53±688.31)aA
	湖北天门	(3.67±6.64)bB	(9.51±9.91)bB	(3.76±3.55)bB	(75.33±100.77)aA
	湖北石首	(14.02±23.70)aA	(43.88±31.06)aA	—	(23.43±57.55)aA
	湖南邵东	(30.31±42.98)bB	(7.77±7.48)bB	(122.40±203.46)bB	(878.02±1315.88)aA
华南双季晚稻区 Double-cropping late-rice region in South China	湖南浏阳	(23.54±32.27)aA	(14.53±12.07)aA	—	—
	广西全州	(2.22±3.33)bB	(2.98±3.15)bB	(24.61±23.10)bB	(251.88±335.82)aA
各试验点平均值 Average among sites	广东博罗	(1.51±1.54)bB	(8.11±9.52)bB	—	(120.59±137.18)aA
		26.81	14.07	78.31	296.55

1) “—”指某种监测方法未开展。表内数据为平均值±标准差;同一试验点不同监测方法日均蛾量(同行数据)比较,不同小写字母表示差异显著($P<0.05$, Tukey),不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$, Tukey)。
“—” refers to vacant data attributed to inefficient monitoring. Data in the table are mean±SD. Variance analysis is carried out among four different monitoring methods at each site (in row), as different lowercase or capital letters indicate significant differences ($P<0.05$ or $P<0.01$, Tukey).

表 3 2020 年南方中晚稻区稻纵卷叶螟蛾峰(食诱/性诱/灯诱/田间赶蛾)¹⁾

Table 3 Peak periods of RLF adults caught with food attractant trapping, sex pheromone trapping, light trapping and paddy sweeping in rice cropping region in Southern China in 2020

稻区 Rice region	试验点 Experimental site	不同峰次的峰期/月-日(峰日蛾量/头) Periods of different peaks (peak-date number of caught/counted adults in peak-date)											
		第 1 峰次			第 2 峰次			第 3 峰次			第 3 峰次		
		食诱 Food attractant trapping	性诱 Sex pheromone trapping	灯诱 Light trapping	赶蛾 Paddy sweeping	食诱 Food attractant trapping	性诱 Sex pheromone trapping	灯诱 Light trapping	赶蛾 Paddy sweeping	食诱 Food attractant trapping	性诱 Sex pheromone trapping	灯诱 Light trapping	赶蛾 Paddy sweeping
长江中下游单季晚稻区 Single-cropping late-rice region in the middle and lower reaches of Yangtze River	江苏张家港	07-20 (86)	07-25 (11)	07-23 (307)	07-23 (970)	08-17 (93)	08-17 (64)	08-13 (498)	08-11 (880)	09-21 (7)	09-21 (64)	09-11 (49)	09-19 (213)
	江苏金坛	07-21 (252)	None	07-20 (216)	07-18 (830)	08-20 (110)	08-14 (79)	08-15 (544)	08-14 (900)	09-11 (30)	09-01 (54)	09-10 (114)	09-19 (50)
	江苏宜兴	07-16 (91)	07-20 (15)	07-21 (330)	07-16 (2 800)	8-16 (163)	08-16 (44)	08-18 (425)	08-10 (4 800)	09-20 (9)	09-10 (17)	09-14 (36)	09-14 (70)
	湖南醴陵	07-13 (651)	07-16 (59)	07-15 (1 310)	07-13 (2 400)	08-04 (200)	08-04 (64)	08-08 (631)	08-06 (773)	—	—	—	—
	浙江象山	07-17 (433)	07-19 (6)	07-16 (647)	07-17 (688)	08-14 (9)	08-15 (16)	08-20 (81)	08-15 (7)	None	09-08 (17)	09-15 (26)	09-05 (13)
长江中下游单季中稻区 Single-cropping middle-season rice region in the middle and lower reaches of Yangtze River	浙江龙游	07-16 (262)	07-16 (49)	—	07-16 (2 300)	08-19 (439)	08-19 (141)	—	08-08 (209)	09-11 (6)	09-03 (6)	—	None
	湖北天门	07-20 (7)	07-24 (8)	07-30 (18)	07-20 (140)	08-15 (26)	08-15 (33)	08-19 (12)	08-11 (360)	09-30 (5)	10-02 (28)	09-16 (8)	09-28 (50)
	湖北石首	07-20 (86)	07-15 (42)	—	07-15 (200)	08-07 (10)	08-11 (109)	—	None	—	—	—	—
	湖南邵东	07-16 (247)	07-10 (26)	07-10 (974)	07-20 (5 874)	08-13 (24)	08-13 (17)	08-11 (84)	08-23 (149)	09-10 (42)	09-10 (27)	09-14 (21)	09-12 (875)
	湖南浏阳	07-28 (142)	07-28 (39)	—	—	08-11 (51)	08-11 (39)	—	—	—	—	—	—
华南双季晚稻区 Double-cropping late-rice region in South China	广西全州	—	—	—	—	08-11 (16)	08-19 (10)	08-15 (37)	08-11 (175)	09-22 (5)	09-02 (8)	09-16 (89)	09-10 (1 028)
	广东博罗	—	—	—	—	None	None	—	None	09-18 (5)	09-16 (33)	—	09-16 (460)

1) 峰日蛾量,食诱、性诱、灯诱均为单个(台)诱捕装置的平均诱集数量,其单位为头,赶蛾单位为头/667m²,数值均取四舍五入后的整数;“—”表示某个时期或某种方法未进行监测;“None”表示持续监测但未出现蛾峰。

The peak-date numbers of caught/counted adults are indicated with average daily caught adults by single trap equipment with food attractant trapping, sex pheromone trapping, light trapping, and average daily numbers, of adults by paddy sweeping are rounded. “—” refers to vacant data attributed to inefficiency of monitoring equipment; “None” refers to no results throughout continuous reasonable monitoring.

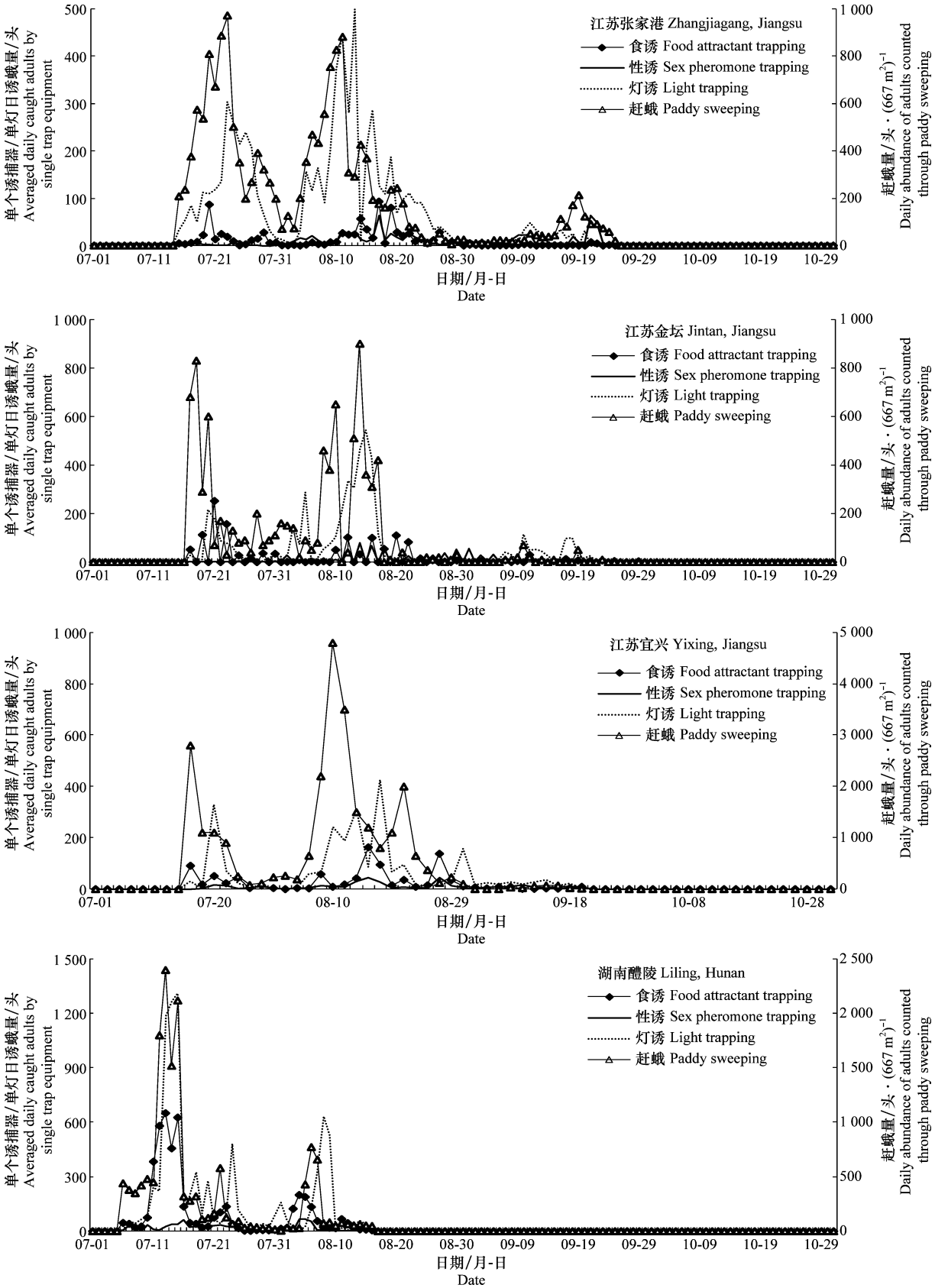
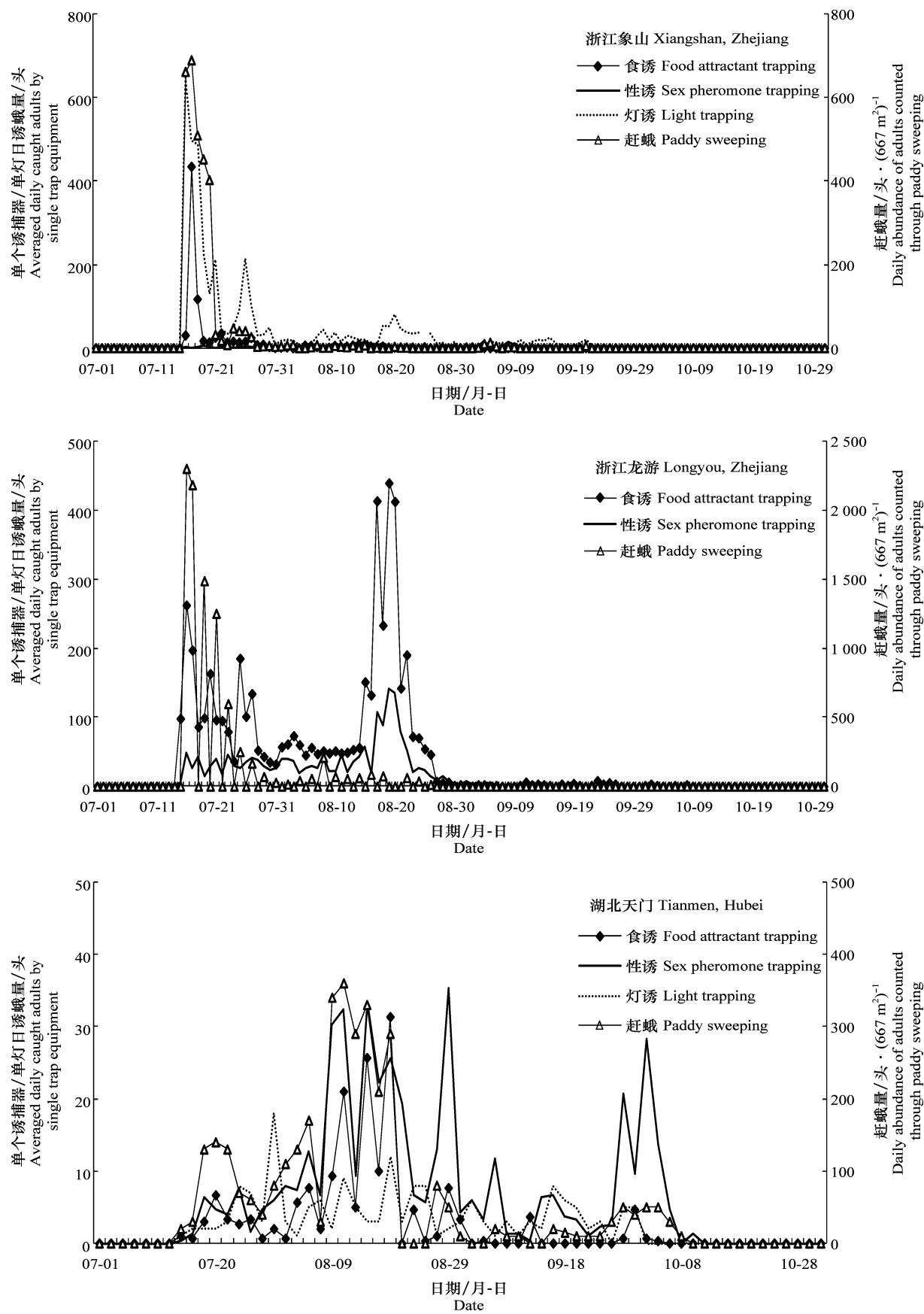


图 1 2020 年长江中下游单季晚稻区稻纵卷叶螟成虫种群数量动态(食诱/性诱/灯诱/赶蛾)

Fig. 1 Dynamics of RLF adults in single-cropping late-rice region in the middle and lower reaches of Yangtze River in China in 2020 (monitoring with food attractant trapping, sex pheromone trapping, light trapping and paddy sweeping)



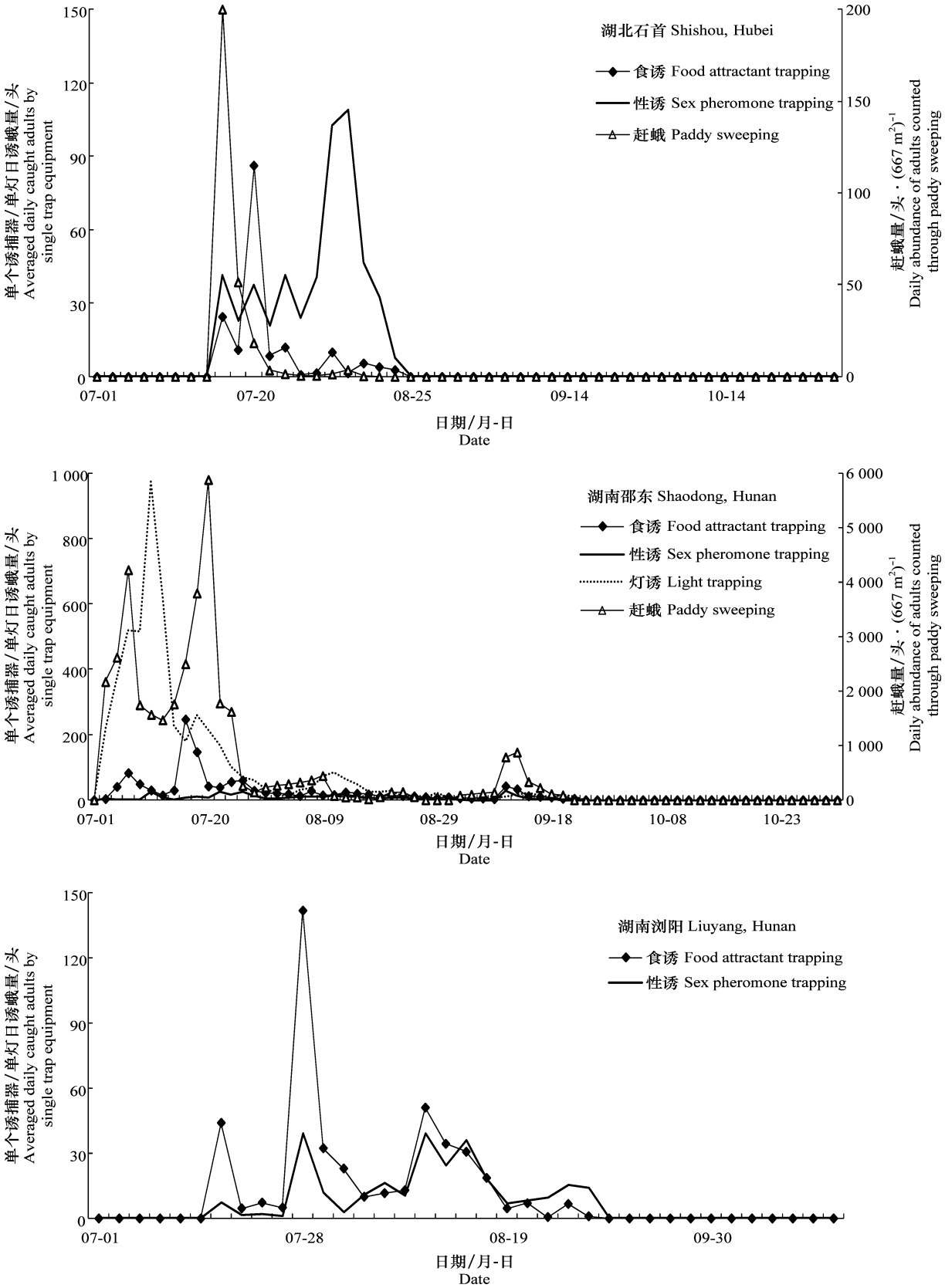


图 2 2020 年长江中下游单季中稻区稻纵卷叶螟成虫种群数量动态(食诱/性诱/灯诱/赶蛾)

Fig. 2 Dynamics of RLF adults in single-cropping middle-season rice region in the middle and lower reaches of Yangtze River in China in 2020 (monitoring with food attractant trapping, sex pheromone trapping, light trapping and paddy sweeping)

不同峰次的峰日蛾量在不同试验点和不同监测方法之间有所差异。其中,峰形较为明显的包括,食诱监测的象山第1峰次、龙游第1、2峰次、石首第1峰次、邵东第1峰次、浏阳第1峰次,峰日单个诱捕器平均蛾量分别为433、262、439、86、247、142头;性诱监测的龙游第2峰次、石首第2峰次,峰日单个诱捕器平均蛾量分别为141、109头;灯诱监测的象山第1峰次、邵东第1峰次,峰日单灯蛾量分别为647、974头;赶蛾监测的象山第1峰次、龙游第1峰次、天门第2峰次、石首第1峰次、邵东第1、3峰次,峰日平均蛾量分别为688、

2300、360、200、5874、875头/667m²。

2.2.3 华南双季晚稻区

在试验开展期间(8月上、中旬至10月中、下旬),广西东北部、广东中部等华南双季晚稻区处于水稻分蘖(返青)期至成熟期,全州、博罗2个试验点对稻纵卷叶螟的食诱监测共出现1~2个峰次,且峰期与性诱、灯诱和赶蛾大体一致。其中,全州第1、2峰次的峰期分别为8月中旬、9月下旬;博罗第1峰次不明显,第2峰次峰期为9月中旬(图3)。

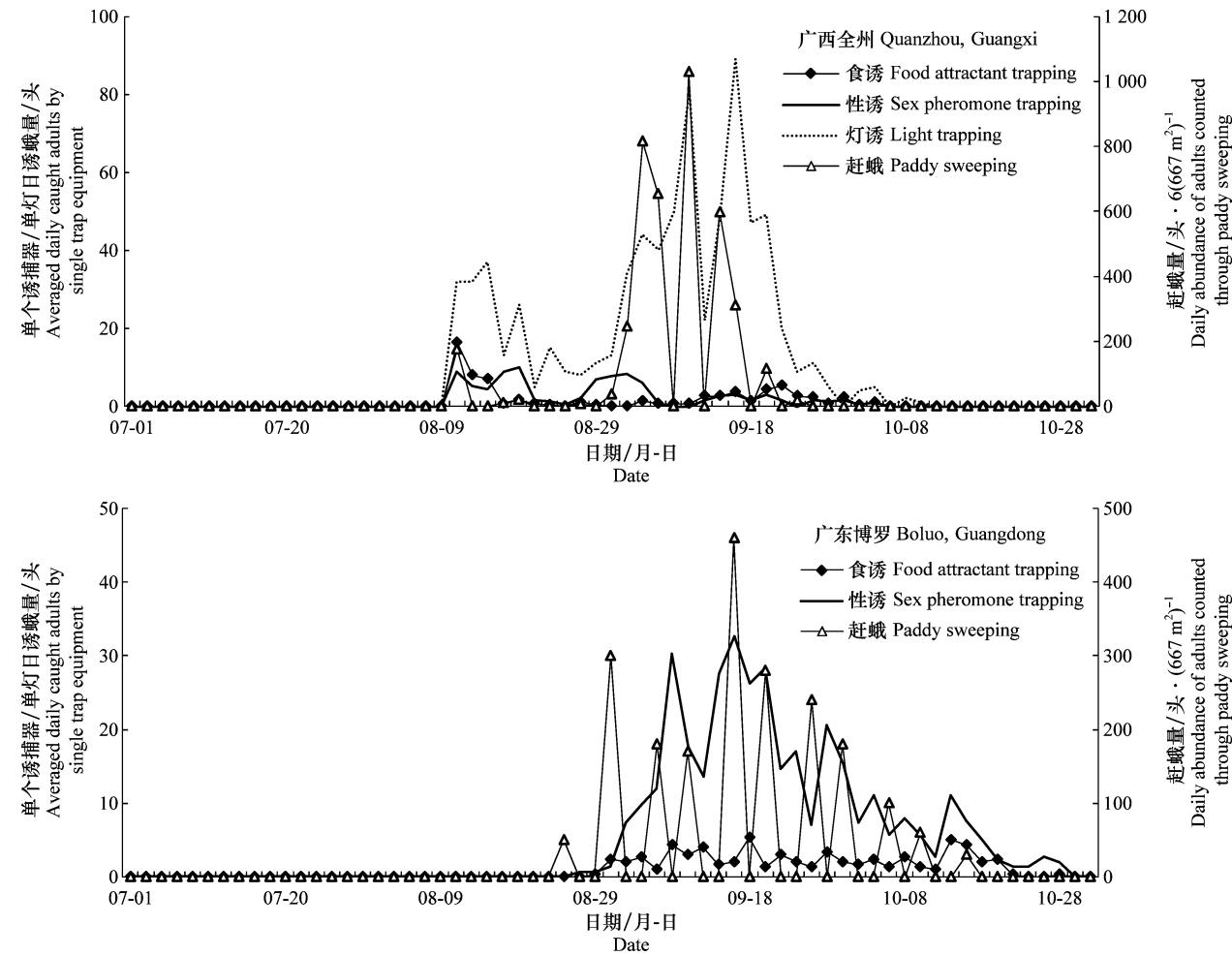


图3 2020年华南双季晚稻区稻纵卷叶螟成虫种群数量动态(食诱/性诱/灯诱/赶蛾)

Fig. 3 Dynamics of RLF adults in double-cropping late-rice region in South China in 2020 (monitoring with food attractant trapping, sex pheromone trapping, light trapping and paddy sweeping)

华南双季晚稻区稻纵卷叶螟成虫种群数量较低,峰日单个(台)诱捕装置平均蛾量食诱监测为5~16头、性诱监测为8~33头、灯诱监测为37~89头,赶蛾监测为175~1028头/667m²。

2.3 专一性

江苏张家港和金坛、浙江象山、湖北天门、广东博罗开展了食诱、性诱监测方法对稻纵卷叶螟引诱专一性的对比试验。从单个试验点全监测期3个诱捕器

合计诱虫量看,食诱监测的靶标数量占总诱虫量的比率一般为 85%~98%,其中,湖北天门为 45.80%、杂虫率较高;性诱监测的靶标数量占总诱虫量的比率一般在 95%以上,金坛和博罗达 100%(表 4)。

2.4 性比

湖南醴陵、浙江龙游和湖南邵东开展了食诱监测稻纵卷叶螟性比试验。从单个试验点全监测期 3 个食诱诱捕器合计的雌、雄蛾量看,醴陵、龙游和

邵东的雌:雄性比分别为1.41、1.21 和 1.04;从单个试验点食诱监测的逐日雌:雄性比看,醴陵雌:雄性比大于1、等于 1 和小于 1 的天数分别为 20、2 d 和 20 d,龙游雌:雄性比大于1、等于 1 和小于 1 的天数分别为 40、4 d 和 27 d,邵东雌:雄性比大于1、等于 1 和小于 1 的天数分别为 29、4 d 和 9 d。因此,无论是雌、雄蛾的总量对比,还是逐日对比,食诱监测稻纵卷叶螟的雌蛾均多于雄蛾。

表 4 2020 年 4 省 5 试验点稻纵卷叶螟食诱、性诱监测的专一性
Table 4 Specificity of food attractant trapping and sex pheromone trapping for RLF adults at five sites of four provinces in China in 2020

试验点 Experimental site	3 个诱捕器全监测期诱虫量/头 Total adults caught by three traps during the whole monitoring period				3 个诱捕器全监测期靶标占比/% Ratio of targeted species in total catches	
	食诱靶标 Food attractant trapping-targeted	食诱非靶标 Food attractant trapping-non-targeted	性诱靶标 Sex pheromone trapping-targeted	性诱非靶标 Sex pheromone trapping-non-targeted	食诱 Food attractant trapping	性诱 Sex pheromone trapping
江苏张家港 Zhangjiagang, Jiangsu	2 476	426	2 136	13	85.32	99.40
江苏金坛 Jintan, Jiangsu	4 071	407	2 298	0	90.91	100.00
浙江象山 Xiangshan, Zhejiang	2 589	198	824	52	92.90	94.06
湖北天门 Tianmen, Hubei	507	600	1 312	15	45.80	98.87
广东博罗 Boluo, Guangdong	199	4	1 070	0	98.03	100.00

3 结论与讨论

从成虫趋性和诱集原理上,灯诱、性诱、食诱等不同诱集技术的优势、局限性和预期表现不同。灯诱基于光波反应,不同害虫种类之间特异性波长多有重叠或交叉,在使用 20W 黑光灯等广谱性光源的前提下,诱虫种类多、数量大,但专一性差,尤其在不明确特定种类害虫偏好波长时,难以提高对靶标害虫诱集的针对性,由此也增加了种类鉴定的难度、加大了工作量。性诱基于种内交配行为,具有天然的种专一性,只要性诱芯有效成分含量、配比恰当,且生产工艺除杂和稳定性好,专一性很有保障,但一般只有模拟合成雌虫性信息素吸引雄虫的性诱剂,因此无法采用卵巢发育级别剖查方法直接反映种群性成熟状态。食诱基于以植物挥发物为媒介的寄主选择行为,是植食性昆虫与寄主植物长期协同进化的结果^[17]。从 20 世纪初开始利用发酵糖水、糖醋酒液等传统食诱剂诱集害虫,到分析提取害虫食源挥发物中信息物质,并通过组配天然提取或人工合成

的挥发物组分研制出新型食诱剂产品,食诱剂已应用于实蝇、夜蛾、蓟马、甲虫等多类害虫的监测防控实践^[18-19]。从理论上讲,食诱能比较真实地反映栖息于田间、处于种群发展阶段的雌、雄成虫数量和发育级别等动态信息,但此前国内外未有食诱剂应用于稻纵卷叶螟种群动态监测的相关报道,其诱集效果亟待试验验证。

本文基于 2020 年全国 3 大水稻生态区 6 省(区)12 点稻纵卷叶螟食诱监测的试验结果综合分析认为,尽管食诱监测的绝对数量(日均诱蛾量和峰日蛾量)不及灯诱和田间赶蛾,但优于性诱,且食诱监测的成虫逐日数量曲线峰形明显,峰次、峰期与性诱、灯诱和田间赶蛾基本一致,能准确地反映田间稻纵卷叶螟种群数量动态;同时,食诱监测专一性较高,靶标害虫的占比可达 85%以上,可有效降低种类鉴定难度、减少分拣工作量,有利于基于种类特异性、推动监测工具标准化和自动化;此外,食诱监测可实现雌雄同诱,且雌雄性比大于 1,可通过雌蛾卵巢发育级别反映种群发育状态。因此,在解决稻纵

卷叶螟成虫种群动态监测难题上,食诱监测具有使用方便、反应灵敏、专一性较强、雌雄同诱的优点,发展前景广阔。在稻纵卷叶螟测报实践中应用食诱监测方法,仍需在以下几方面优化提升。

3.1 优化有效成分配比,提高诱集效率

由于食诱剂基于成虫补充营养的趋化性,农田环境中相似生态位的昆虫种类往往也会受到吸引、造成干扰。本文试验表明,稻纵卷叶螟食诱剂在某些试验点出现较高的杂虫率($>50\%$),增加了分类统计的难度。为提高稻纵卷叶螟食诱剂的诱集效果,下一步需要从试验中引诱到的杂虫种类入手,区分近似种类取食引诱物质的差异,从引诱物质的不同来源、筛选与组配^[19]等方面,争取进一步提高食诱配方的特异性,为真正实现食诱监测工具标准化、自动化创造条件。

3.2 提升生产工艺,提高均一性,延长持效期

目前稻纵卷叶螟食诱剂保证均一释放的持效期约为15~20 d,某些试验点反映,试验前期食诱剂气味太浓有驱避作用、诱集量少,而后期气味变淡、引诱效果不理想,不利于种群动态长期监测。下一步,需要从引入高聚物基体复合缓释材料、适应田间释放方式^[19]等方面,延长持效期、提升释放的均一性,实现食诱剂的长期、稳定释放。

3.3 综合环境因素,探索田间监测技术体系

鉴于初步试验年份单一、可重复性不足,同时考虑到灯诱光波辐射范围与食诱剂气味挥发范围的对比关系、赶蛾估算的密度单位与食诱实际诱捕数量的相关关系还不明确,因此有必要深入进行不同监测方法之间的比较试验,特别是开展稻纵卷叶螟食诱监测的成虫种群动态(数量、性比、发育状态)与田间下一代卵和幼虫的发生动态的相关性检验,并进一步探索其与作物生育期、农田生态环境、气候因素的关系。此外,食诱剂及其诱捕装置的放置高度、空间布局、诱捕有效范围等田间应用参数仍待进一步试验,以为其大范围推广应用打下基础。

参考文献

[1] 刘万才,刘振东,黄冲,等.近10年农作物主要病虫害发生危

害情况的统计和分析[J].植物保护,2016,42(5):1-9.

- [2] 全国稻纵卷叶螟协作组.我国稻纵卷叶螟迁飞规律研究进展[J].中国农业科学,1981(5):1-8.
- [3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.稻纵卷叶螟测报技术规范:GB/T 15793—2011[S].北京:中国标准出版社,2012.
- [4] 姚张良,李红艳,陈轶,等.浙江桐乡地区稻纵卷叶螟主害代虫量分析[J].中国植保导刊,2019,39(9):44-48.
- [5] 梅秀凤,苏杰,金中伟,等.上海北郊稻纵卷叶螟田间种群消长动态分析和防控对策[J].中国植保导刊,2020,40(5):38-42.
- [6] WU Jiangxing, WU Xiangwen, CHEN Haibin, et al. Optimization of the sex pheromone of the rice leaf folder moth *Cnaphalocrocis medinalis* as a monitoring tool in China [J]. Journal of Applied Entomology, 2013, 137(7):509-518.
- [7] 王蓉,肖卫平,韦青,等.都匀市稻纵卷叶螟性信息素监测和防控技术应用效果[J].中国植保导刊,2017,37(2):25-27.
- [8] 王标,谭小平,尹丽,等.稻纵卷叶螟性诱电子测报系统试验初报[J].中国植保导刊,2017,37(11):38-41.
- [9] 朱凤,曾娟,田子华.性诱技术在稻纵卷叶螟种群数量和发育状态监测中的应用效果[J].中国植保导刊,2018,38(3):43-47.
- [10] 戴伟峰,朱慧,朱先敏.稻纵卷叶螟性诱测报及迁入峰识别技术探讨[J].中国植保导刊,2020,40(3):37-40.
- [11] 陈庆华,曾娟,曾伟,等.稻纵卷叶螟内生生殖系统形态指标在性诱测报中的应用[J].昆虫学报,2017,60(8):927-935.
- [12] 中国农业科学院植物保护研究所,中国植物保护学会.中国农作物病虫害[M].第3版.北京:中国农业出版社,2015:113.
- [13] 中华人民共和国农业部.农作物害虫性诱监测技术规范(螟蛾类):NY/T 2732-2015[S].北京:中国农业出版社,2015.
- [14] LAISNEY F, RINGWAID K. Statistical aspects of W. D. Fisher's method of optimal aggregation [J]. Statistische Hefte, 1985(26):171-197.
- [15] ZENG Juan, LIU Yongqiang, ZHANG Haowen, et al. Global warming modifies long? distance migration of an agricultural insect pest [J]. Journal of Pest Science, 2020, 93: 569-581.
- [16] 唐启义. DPS 数据处理系统[M].北京:科学出版社,2017.
- [17] 钦俊德,王琛柱.论昆虫与植物的相互作用和进化的关系[J].昆虫学报,2001,44(3):360-365.
- [18] 我国昆虫不育技术发展战略研究项目组.中国农业害虫绿色防控发展战略[M].北京:科学出版社,2016:120-132.
- [19] 蔡晓明,李兆群,潘洪生,等.植食性害虫食诱剂的研究与应用[J].中国生物防治学报,2018,34(1):8-35.

(责任编辑:田 喆)