

不同农事操作技术对稻田害虫和天敌种群动态的影响*

李雪梅** 郑晓旭 何帅洁 杨凤连 吴刚***

(湖北省昆虫资源利用与病虫害可持续治理重点实验室, 华中农业大学植物科技学院, 武汉 430070)

摘要 【目的】 通过分析常规稻作田、稻虾共作田和香根草 *Vetiveria zizanioides* 诱集田 3 种农事操作技术对水稻害虫及其天敌种群动态的影响, 为湖北地区新型绿色农事操作技术防控田间害虫、天敌保育和稻田有害生物可持续治理策略提供重要依据。【方法】 在水稻抽穗期, 采用目测法、扫网法、盆拍法、剥查法对 3 种农事操作稻田 (常规稻作田、稻虾共作田和香根草) 内害虫 (稻飞虱、稻叶蝉、稻螟虫) 和天敌进行搜集和统计。【结果】 香根草诱集田内稻飞虱种群数量显著低于稻虾共作田 ($P<0.05$), 常规稻作田间稻叶蝉、稻螟虫种群数量显著高于稻虾共作田和香根草诱集田数量 ($P<0.05$); 3 种农事操作技术下稻田间天敌种类主要以捕食性天敌蜘蛛类、草蛉类、黑肩绿盲蝽 *Crytorrhinus lividipennis* 和青翅隐翅虫 *Paederus fuscipes* 为主。其中, 稻虾共作田和香根草诱集田拟环纹豹蛛 *Pardosa pseudoannulata*、拟水狼蛛 *Pirata subpiraticus* 和黑肩绿盲蝽 *Crytorrhinus lividipennis* 种群数量显著高于常规稻作田 ($P<0.05$)。【结论】 香根草稻作田间稻叶蝉、稻螟虫种群数量显著低于常规稻作田, 稻虾共作田间稻叶蝉、稻飞虱种群数量显著低于常规稻作田; 3 种农事操作技术下稻田间天敌种类主要以捕食性天敌蜘蛛类、草蛉类、黑肩绿盲蝽为主。

关键词 农事操作技术; 稻虾共作; 香根草; 水稻害虫; 天敌种群动态

Effects of different farming technologies on the population dynamics of pests and their natural enemies in rice fields

LI Xue-Mei** ZHENG Xiao-Xu HE Shuai-Jie YANG Feng-Lian WU Gang***

(Hubei Insect Resources Utilization and Sustainable Pest Management Key Laboratory,

College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract 【Objectives】 The purpose of this study was to evaluate the effects of three rice farming methods; conventional rice paddies, and those with either shrimp farms or co-planted with *Vetiveria zizanioides*, on the population dynamics of rice pests and their natural enemies, in order to help prevent and control pest outbreaks and conserve natural enemy populations in paddy fields. 【Methods】 Visual inspection, net sweeping, pot-patching and stripping, were used to collect and count rice pests (rice planthoppers, rice leafhoppers and rice borers) and their natural enemies (rice spiders, grass midges, *Crytorrhinus lividipennis* and *Paederus fuscipes*), during the rice heading stage. 【Results】 Significantly fewer rice planthoppers were observed in paddy fields co-planted with *V. zizanioides* than conventional rice paddies, or rice paddies with shrimp farms ($P<0.05$). Significantly higher numbers of rice leafhoppers and rice borers were found in conventional rice paddies relative to those with *V. zizanioides* or shrimp farms ($P<0.05$). The natural enemies of rice pests were spiders, grass midges, *C. lividipennis* and *P. fuscipes*. Significantly higher numbers of *P. pseudoannulata*, *Pirata subpiraticus* and *C. lividipennis* were found in paddies co-planted with *V. zizanioides*, or with shrimp farms, than conventional paddies ($P<0.05$). 【Conclusion】 Significantly fewer rice leafhoppers and rice borers were observed in paddies co-planted with *V. zizanioides* and with shrimp

*资助项目 Supported projects: 国家重点研发计划资助 (2017YFD0200400); 国家自然科学基金 (31572003)

**第一作者 First author, E-mail: 1184400978@qq.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: wugang@mail.hzau.edu.cn

收稿日期 Received: 2019-12-25; 接受日期 Accepted: 2020-01-10

farms than conventional paddies.

Key words farming technology; rice-shrimp co-cultivating; *Vetiveria zizanioides*; rice pests; population dynamics of natural enemies

水稻 *Oryza sativa* L. 是我国的主要粮食作物, 但我国的水稻产量因虫害为害导致每年减产 15%-25% (李超, 2015; 万淑红和田应兵, 2019)。水稻害虫防治和水稻产业可持续发展是中国“十二五”规划要实现的主要目标之一 (陈其志和杨盛棣, 2001)。稻田害虫主要包括稻飞虱 (褐飞虱 *Nilaparvata lugens*、白背飞虱 *Sogatella furcifera*、灰飞虱 *Laodelphax striatellus*)、稻黑尾叶蝉 (Rice leafhopper) 和稻螟虫等。其中, 稻飞虱是中国水稻田间最主要的害虫, 不仅可以为害水稻, 导致水稻产量下降, 还可传播黑条矮缩病 (Rice blackstreaked dwarf virus, RBSDV)、水稻矮缩病 (Rice dwarf virus, RDV)、条纹叶枯病 (Rice stripe virus, RSV) 等, 对水稻的安全生产构成了极大威胁 (Sōgawa, 2003; 吕进等, 2013)。稻叶蝉刺吸水稻汁液也会传播多种病毒性疾病, 对水稻的生产造成影响 (Wei *et al.*, 2009)。水稻螟虫主要包括大螟 *Sesamia inferens* 和二化螟 *Chilo suppressalis*, 以为害水稻为主, 造成水稻枯鞘、枯心、白穗和枯孕穗等 (蒋学辉等, 2001)。有研究表明, 近年来随着耕作制度及种植结构的调整, 使得越冬代有效虫源面积扩大, 更加剧了螟虫的危害 (姜卫华, 2011; 张扬等, 2014)。

稻田具有丰富的天敌资源, 天敌调控可使稻田主要害虫得到有效的控制, 多样性高的天敌群落能够减轻害虫的发生程度, 推迟害虫发生高峰的出现。水稻群落内各子系统的相互联系和相互作用维持了天敌群落的稳定, 增加了天敌对害虫的控制作用。稻田蜘蛛是稻田害虫的重要捕食性天敌, 稻田蜘蛛能够捕食多种水稻害虫, 而且食量大, 在以蛛治虫和抑制害虫的种群水平上发挥着非常重要的作用。马富岗 (2017) 通过调查湖北省江陵市、随州市、武穴市 3 地水稻田间天敌, 发现水稻害虫寄生性天敌优势种为叶蝉柄翅小蜂 *Lymaenon longicrus*、蚤蝇 *Phora* sp.、绒茧金

小蜂 *Trichomalopsis apantelectenus*、拟螟蛉绒茧蜂 *Apanteles* sp.、稻螟赤眼蜂 *Trichogramma japonicum*。水稻害虫捕食性天敌优势种为黑脊螳 *Coenagrion calamorum*、淡翅小花螞 *Orius tantillus*、草间钻头蛛 *Hylyphantes graminicola*、黑肩绿盲蝽 *Cryptorhinus lividipennis*、拟环纹豹蛛 *Pardosa pseudoannulata*。

近年来, 湖北地区发展了稻虾共作和香根草 *Vetiveria zizanioides* 诱集等绿色防控技术防控水稻田间害虫。稻虾共作技术是一种将种植业和水产养殖业有机结合的农业生产模式, 通过集成农业生产技术的应用, 在水稻田放养小龙虾, 促进水稻更茁壮的成长, 实现水稻小龙虾共生, 达到龙虾除草、虾粪肥田等功效, 实现绿色农业生产, 提高种植、养殖效益。稻虾共作模式有如下优势: 1) 实现稻虾互利共生; 2) 成本低、效益高; 3) 促进绿色农业的发展, 稻虾共作模式下, 以有机肥和生物农药为主投入, 有效减少了化肥的施用量, 有利于绿色生态环境的建立。香根草又名岩兰草, 是一种禾本科多年生草本植物, 在中国分布于台湾、海南、广东、福建、浙江等地。已有研究报道表明, 香根草具有诱集二化螟雌蛾产卵的特性, 二化螟在香根草上的产卵量是水稻上的 4 倍左右 (郑许松等, 2009); 香根草中的化学活性物质可导致初孵二化螟幼虫死亡, 导致其难以在香根草上完成生活史 (鲁艳辉等, 2017a)。此外, 香根草对大螟也有一定的诱集作用降低大螟的生长发育和适合度, 有利于大螟的防治 (鲁艳辉等, 2017b)。因此, 香根草的开发利用为水稻螟虫的绿色防控开辟了新途径。

本文主要系统调查了湖北省地区两种新型农事操作技术 (稻虾共作技术和香根草诱集技术) 和常规稻作田对水稻害虫及其天敌种群动态的影响, 通过研究 3 种农事操作技术下水稻害虫及其天敌发生动态和规律, 其结果可为湖北地区探索湖北地区新型绿色农事操作技术防控田间

害虫、天敌保育和稻田有害生物可持续治理策略提供重要依据,对保障湖北省水稻安全生产具有重要意义。

1 材料与方 法

1.1 调查地点

调查地点为湖北省潜江市监利县新沟镇横台村华中农业大学双水双绿研究院科研示范基地,基地面积 33.33 hm²。

1.2 水稻品种及农事操作技术

水稻品种主要选用杂交籼稻“丰两优香 1 号”,3 种农事操作技术如下:常规稻作田按常规方法种植;稻虾共作田通过一定的田间工程改造,合理套养一定数量小龙虾;香根草诱集田是在常规水稻田埂上每隔 5 m 种植一兜香根草,以达到诱集水稻田间害虫,田埂与水稻田间距离 200 cm 左右。稻虾共作和香根草诱集田管理同常规稻田管理。

1.3 调查时间

于 2019 年 8 月 25 日、9 月 1 日、9 月 7 日、9 月 14 日、9 月 21 日、9 月 28 日调查水稻抽穗期害虫和天敌种群数量。

1.4 调查方法

常规稻作、稻虾共作、香根草诱集 3 个不同处理,每个处理 3 次重复。各重复所需的小区面积为 0.27 hm²左右,各区内采用 5 点取样法取样,调查小区内取样重复 4 次。采取目测法、扫网法、盆拍法、剥查法对 3 种农事操作稻田内害虫和天敌进行搜集。每次扫网,调查者应面对植物在正手位和反手位各扫一次,并注意控制网口的水平,避免网内的昆虫逃逸。捕获的其他昆虫,放入棉层或装有酒精的小瓶内保存。盆拍法主要用塑料盆搜集田间节肢动物,用手抖动稻苗,使昆虫落入塑料盆中,及时收集落下的昆虫,防止昆虫逃走。剥查法主要用手剥查水稻茎秆内的稻纵卷叶螟、二化螟、三化螟,并统计其数量。水稻田间害虫主要调查稻飞虱、稻叶蝉、稻螟虫种群数量。天敌主要调查稻田间天敌蜘蛛类、草蛉类、

黑肩绿盲蝽和青翅隐翅虫等的种群数量。

1.5 数据处理

所有数据均用 SPSS 2013 和 Excel 2019 统计分析和作图。

2 结果与分析

2.1 3 种农事操作模式下水稻害虫和天敌种群动态变化

从表 1 可以看出,3 种农事操作稻田于 2019 年 8 月 25 日、9 月 1 日、9 月 7 日、9 月 14 日、9 月 21 日、9 月 28 日调查水稻抽穗期害虫和天敌种群数量结果表明,常规稻作田内稻飞虱、稻叶蝉、稻螟虫种群数量在 6 次调查期间种群数量显著高于稻虾共作田和香根草诱集田 ($P<0.05$); 蜘蛛类天敌是 3 种农事操作模式下稻田的主要天敌,在 6 次调查期间常规稻作田内稻田蜘蛛类(拟环纹豹蛛、拟水狼蛛、草间小黑蛛、八斑球腹蛛、综管巢蛛、四点亮腹蛛)天敌数量与稻虾共作田和香根草诱集田蜘蛛种群数量无显著差异 ($P>0.05$); 在 6 次调查期间常规稻作田内稻田天敌(蜘蛛类、黑肩绿盲蝽、青翅隐翅虫、黑脊螳、草蛉类)种群总数显著低于稻虾共作田和香根草诱集田 ($P<0.05$)。

2.2 常规稻作田内水稻害虫和天敌种群动态变化

从图 1 可以看出,于 2019 年 8 月 25 日、9 月 1 日、9 月 7 日、9 月 14 日、9 月 21 日、9 月 28 日调查常规稻作田内害虫和天敌种群数量,结果表明,6 次调查过程中,常规稻作田内稻飞虱、稻叶蝉、稻螟虫种群数量呈现先升高后降低趋势,而蜘蛛类天敌和田间天敌(蜘蛛类、黑肩绿盲蝽、青翅隐翅虫、黑脊螳、草蛉类)种群数量呈现一直上升趋势。2019 年 8 月 25 日、9 月 1 日、9 月 14 日 3 次调查过程中,常规稻作田内稻飞虱、稻叶蝉、稻螟虫种群数量均显著高于稻田蜘蛛类天敌和天敌总数 ($P<0.05$); 9 月 21 日调查过程中,稻田害虫数量显著低于天敌总数量 ($P<0.05$); 9 月 28 日调查,蜘蛛类天敌和田间天敌总数显著高于田间害虫数量 ($P<0.05$)。

表 1 3 种农事操作技术下水稻害虫和天敌的种群数量 (平均数±标准差)

Table 1 Population dynamics of rice pests and natural enemies under three farming technologies (mean±SD)

农事操作技术 Farming technologies	稻田节肢动物 Ricefield arthropods		
	水稻害虫 Rice pests	蜘蛛类 Spiders	天敌总数 Natural enemies
常规稻作田 Conventional rice	1 289.53±383.5 a	900.45±349.8 a	1 111.7±388.2 b
稻虾共作田 Rice-crayfish field	711.5±262.3 b	1 356.2±410.4 a	1 734.2±400.2 a
香根草诱集田 <i>V. zizanioides</i> rice	422.4±209.5 b	1 311.8±419.0 a	1 812.0±420.6 a

表中数据后标有不同小写字母代表不同操作技术间差异显著 ($P < 0.05$, Duncan's 多重比较检验)。下表同。

The data followed by different lowercase letters indicate significant difference at the 0.05 level by Duncan's multiple range tests between different farming technologies. The same below.

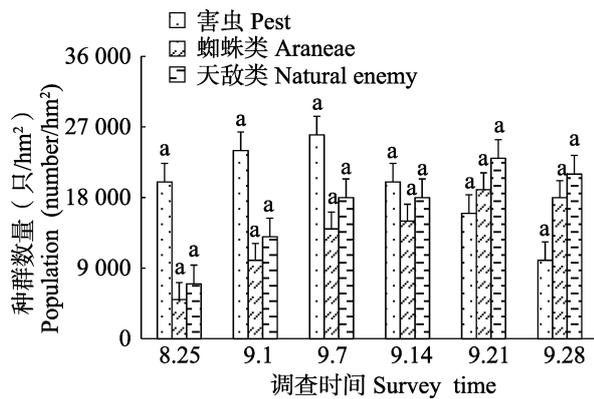


图 1 常规稻作下害虫、蜘蛛类和天敌的种群数量
Fig. 1 Numbers of pests, spiders and natural enemies in conventional ricefield

柱上标有不同字母表示不同调查时间的显著性差异 ($P < 0.05$)。下图同。

Histograms with different letters indicate significant difference at different survey times ($P < 0.05$). The same below.

2.3 稻虾共作田内水稻害虫和天敌种群动态变化

从图 2 可以看出, 于 2019 年 8 月 25 日、9 月 1 日、9 月 7 日、9 月 14 日、9 月 21 日、9 月 28 日调查稻虾共作田内害虫和天敌种群数量, 结果表明, 稻虾共作田内稻飞虱、稻叶蝉、稻螟虫种群数量于 2019 年 8 月 25 日、9 月 1 日种群数量较高, 9 月 7 日稻虾共作田内害虫种群数量最低; 蜘蛛类天敌和田间天敌 (蜘蛛类、黑肩绿盲蝽、青翅隐翅虫、黑脊螳、草蛉类) 种群数量呈现一直上升趋势, 在 9 月 21 日蜘蛛类天敌和田间天敌种群总数均达到最高。2019 年 8 月 25 日调查中发现, 稻虾共作田内稻飞虱、稻叶蝉、稻螟虫种群数量与稻田内天敌总数无显著差异

($P > 0.05$); 9 月 21 日调查过程中, 稻田害虫数量显著低于天敌总数量 ($P < 0.05$); 9 月 7 日、9 月 14 日、9 月 21 日、9 月 28 日 4 次调查过程中, 蜘蛛类天敌和田间天敌总数显著高于田间害虫数量 ($P < 0.05$)。

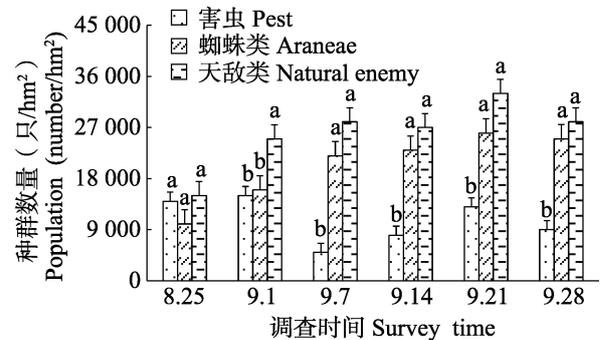


图 2 稻虾共作处理下害虫、蜘蛛类和天敌的种群数量
Fig. 2 Numbers of pests, spiders and natural enemies in rice-crayfish ricefield

2.4 香根草诱集田内水稻害虫和天敌种群动态变化

从图 3 可以看出, 于 2019 年 8 月 25 日、9 月 1 日、9 月 7 日、9 月 14 日、9 月 21 日、9 月 28 日调查香根草诱集田内害虫和天敌种群数量, 结果表明, 6 次调查过程中, 香根草诱集田内稻飞虱、稻叶蝉、稻螟虫种群数量于 2019 年 8 月 25 日、9 月 1 日种群数量较高, 在 9 月 7 日、9 月 14 日、9 月 21 日 3 次调查过程中, 香根草诱集田中稻飞虱、稻叶蝉、稻螟虫种群数量显著低于前两次调查数量 ($P < 0.05$); 6 次调查过程中, 香根草诱集田内稻飞虱、稻叶蝉、稻螟虫种群数量均显著低于蜘蛛类天敌和田间天敌 (蜘蛛类、

黑肩绿盲蝽、青翅隐翅虫、黑脊螳、草蛉类) 种群数量 ($P<0.05$)。2019 年 8 月 25 日香根草诱集田内蜘蛛类天敌和田间天敌总数均显著低于后 5 次调查数量 ($P<0.05$)。整个 9 月份, 香根草诱集田内蜘蛛类天敌和田间天敌总数均维持较高数量。

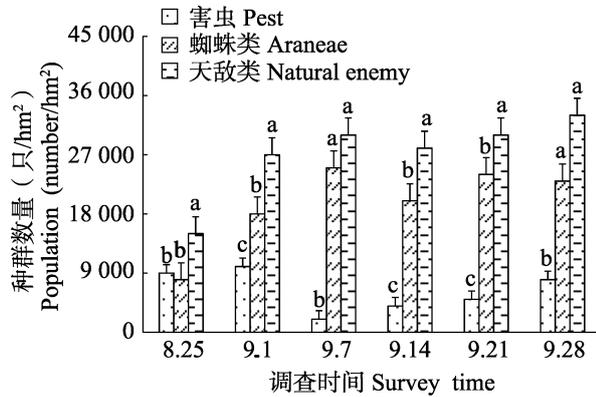


图 3 香根草诱集处理下害虫、蜘蛛类和天敌的种群数量

Fig. 3 Numbers of pests, spiders and natural enemies in *Vetiveria zizanioides* ricefield

2.5 3 种农事操作处理下稻飞虱的种群动态变化

从图 4 可以看出, 于 2019 年 8 月 25 日、9 月 1 日、9 月 7 日、9 月 14 日、9 月 21 日、9 月 28 日调查常规稻作田、稻虾共作田和香根草诱集田 3 种农事操作处理下稻飞虱 (褐飞虱、白背飞虱、灰飞虱) 的种群数量。结果表明, 常规稻作田内稻飞虱种群数量前 4 次调查均维持较高水平 (700-1 000 头/667 m²), 稻虾共作田和香根草诱集田内稻飞虱数量呈先降低后缓慢回升趋势; 2019 年 8 月 25 日、9 月 1 日、9 月 7 日、9 月 14 日调查期间, 常规稻作田内稻飞虱数量显著高于香根草诱集田种群数量 ($P<0.05$); 稻虾共作田稻飞虱于 2019 年 8 月 25 日、9 月 1 日调查期间显著高于 9 月 7 日、9 月 14 日、9 月 21 日、9 月 28 日稻飞虱种群数量 ($P<0.05$), 并于 9 月 7 日稻飞虱种群数量最低; 香根草诱集田稻飞虱于 2019 年 9 月 7 日调查期间显著低于其他 5 次调查期间稻飞虱种群数量 ($P<0.05$); 总体而言, 3 种农事操作处理稻飞虱种群。数量依次为常规稻作田>稻虾共作田>香根草诱集田。

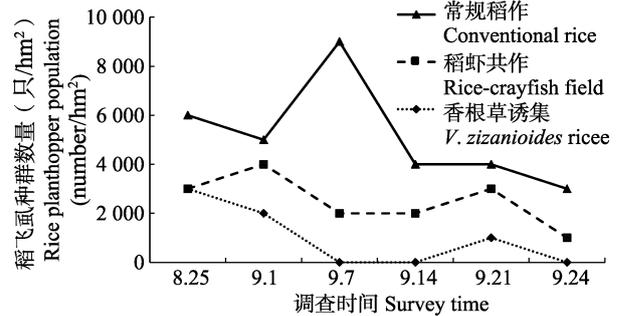


图 4 3 种农事操作处理式下稻飞虱的种群动态

Fig. 4 Population dynamics of rice planthopper in three farming technologies

2.6 3 种农事操作处理下稻叶蝉的种群动态变化

从图 5 可以看出, 于 2019 年 8 月 25 日、9 月 1 日、9 月 7 日、9 月 14 日、9 月 21 日、9 月 28 日调查常规稻作田、稻虾共作田和香根草诱集田 3 种农事操作处理下稻叶蝉的种群数量。结果表明, 常规稻作田内稻叶蝉种群数量于 2019 年 9 月 1 日、9 月 7 日维持较高水平 (400-500 头/667 m²); 于 2019 年 8 月 25 日、9 月 1 日、9 月 7 日常规稻作田内稻叶蝉种群数量显著高于稻虾共作田和香根草诱集田内稻叶蝉种群数量 ($P<0.05$); 稻虾共作田内稻叶蝉种群数量呈现先降低又升高趋势, 并于 9 月 21 日种群数量达到最高水平 (180-200 头/667 m²); 香根草诱集田内稻叶蝉种群数量于 9 月 1 日达到最高 (200 头/667 m²左右), 显著高于其他 5 次调查稻叶蝉种群数量 ($P<0.05$)。总体而言, 3 种农事操作处理稻叶蝉种群数量 6 次调查中常规稻作田均高于稻虾共作田和香根草诱集田种群数量。

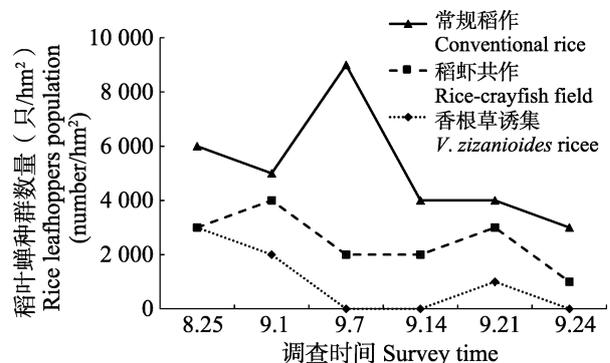


图 5 3 种农事操作处理式下稻叶蝉的种群动态

Fig. 5 Population dynamics of rice leafhoppers in three farming technologies

2.7 3 种农事操作处理下稻螟虫的种群动态变化

从图 6 可以看出, 于 2019 年 8 月 25 日、9 月 1 日、9 月 7 日、9 月 14 日、9 月 21 日、9 月 28 日调查常规稻作田、稻虾共作田和香根草诱集田 3 种农事操作处理下稻螟虫 (稻纵卷叶螟、二化螟、三化螟和大螟) 的种群数量。结果表明, 常规稻作田内稻螟虫种群数量 6 次调查呈现先升高后降低趋势, 常规稻作田内稻螟虫种群数量 6 次调查过程中均高于稻虾共作田和香根草诱集田内稻螟种群数量; 2019 年 8 月 25 日、9 月 7 日、9 月 14 日调查期间, 常规稻作田内稻螟虫种群数量显著高于香根草诱集田种群数量 ($P < 0.05$); 3 种农事操作处理稻螟虫种群数量依次为常规稻作田 > 稻虾共作田 > 香根草诱集田。

2.8 3 种农事操作处理下主要天敌种群动态变化

从表 2 可以看出, 常规稻作田、稻虾共作田和香根草诱集田内主要天敌分别为蜘蛛类 (拟环纹豹蛛、拟水狼蛛、草间小黑蛛、八斑球腹蛛、综管巢蛛、四点亮腹蛛) 和稻田其他天敌天敌 (黑肩绿盲蝽、青翅隐翅虫、黑脊螳、草蛉类)。3 种

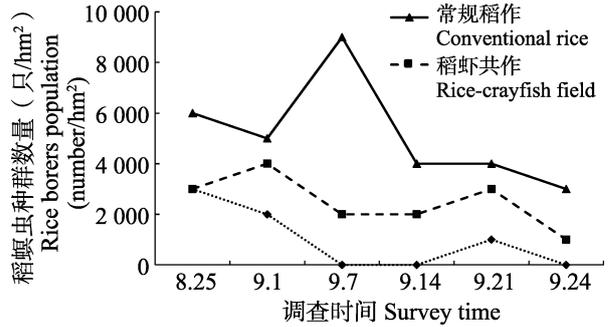


图 6 3 种农事操作处理式下稻螟虫的种群动态
Fig. 6 Population dynamics of rice borers in three farming technologies

农事操作稻田于 2019 年 8 月 25 日、9 月 1 日、9 月 7 日、9 月 14 日、9 月 21 日、9 月 28 日调查水稻抽穗期天敌种群数量。结果表明, 香根草诱集田内拟环纹豹蛛和拟水狼蛛种群数量显著高于常规稻作田 ($P < 0.05$); 3 种农事操作稻田内草间小黑蛛、八斑球腹蛛、综管巢蛛和四点亮腹蛛种群数量无显著差异 ($P > 0.05$); 黑肩绿盲蝽种群数量在稻虾共作田内显著高于常规稻作田 ($P < 0.05$); 青翅隐翅虫种群数量在 3 种农事操作稻田内无显著差异 ($P > 0.05$); 稻虾共作田内草蛉种群数量显著低于香根草诱集田 ($P < 0.05$)。

表 2 3 种农事操作处理下主要天敌的种群动态 (平均数±标准差)
Table 2 Population dynamics of spiders in three farming technologies (mean±SD)

天敌种类 Spider species	农事操作技术 Farming technologies		
	常规稻作田 Conventional rice	稻虾共作田 Rice-crayfish field	香根草诱集田 V. zizanioides rice
拟环纹豹蛛 <i>P. pseudoannulata</i>	300.15±124.78b	511.37±172.22ab	589.18±216.82a
拟水狼蛛 <i>Pirata subpiraticus</i>	222.33±108.92b	311.27±116.80ab	422.43±182.26a
草间小黑蛛 <i>Erigonidium graminicolum</i>	144.52±77.96a	211.22±98.18a	111.17±108.92a
八斑球腹蛛 <i>Theridion octomaculatum</i>	77.82±77.98a	88.93±80.78a	77.82±77.98a
综管巢蛛 <i>Clubiona japonicola</i>	77.82±50.21a	133.40±94.33a	66.70±59.66a
四点亮腹蛛 <i>Singa pygmaea</i>	55.58±50.21a	100.05±69.96a	44.47±54.46a
黑肩绿盲蝽 <i>C. lividipennis</i>	88.93±80.78b	222.33±116.80a	211.22±98.18ab
青翅隐翅虫 <i>P. fuscipes</i>	66.70±59.66a	77.82±77.98a	100.05±69.92a
黑脊螳 <i>C. calamorum</i>	0.00±0.00b	33.35±55.81ab	66.70±59.66a
草蛉 <i>C. albolineata</i>	55.58±50.21ab	44.47±54.46b	122.28±50.21a

3 结论与讨论

水稻是我国主要的粮食作物,在我国粮食中占有极其重要的地位。危害水稻的害虫种类繁多,据不完全统计,直接或间接危害水稻的害虫多达 620 种以上(钟平生等, 2010)。稻田害虫主要包括稻飞虱、稻叶蝉、稻螟虫、稻蓟马、稻夜蛾类和稻蝗等,在湖北地区以稻飞虱、稻叶蝉、稻螟虫发生最为严重。自 1975 年以来,白背飞虱和褐飞虱共有 10 次大发生,最严重的是于 2005 年,造成了 28 亿 kg 的产量损失(Cheng, 2009)。因此,减少虫害造成的损失是水稻安全生产的重要保证。目前,水稻害虫的防治主要依赖化学杀虫剂的大量使用,化学杀虫剂的过度施用,不仅导致害虫产生抗药性和害虫的再猖獗,还会造成环境污染,并杀灭天敌和降低天敌的控制作用(Lou *et al.*, 2013; 韩宇, 2015)。因此,发展新型农业、新型种植模式进行稻田有害生物可持续治理策略迫在眉睫。

稻虾共作生态种养技术是将种植业和养殖业有机结合的一种新型生态农业模式,具有潜在的生态、经济和社会效益(宋亮等, 2011); 稻虾共作生态系统是一个以水稻为主体,小龙虾为绝对优势种群的种养模式。小龙虾取食稻田杂草和虫子,具有一定的防除杂草和虫害的作用,从而减少稻田农药喷施,减轻农药对环境和稻米的污染(马富岗, 2017)。诱集植物(Trap plant)对主栽作物的保护作用主要通过影响植食性昆虫的产卵和取食行为来完成。研究表明,几乎所有的害虫都会对一种乃至几种植物(包括植物品种或植物某一生长期)表现出明显的偏好(梁齐, 2015)。利用诱集植物可大大减少杀虫剂在田间的使用量,在诱集植物发挥出很好的诱集效果情况下,甚至可以达到不施用农药的目的; 利用诱集植物不仅降低了施药成本,减少了环境污染,而且可以有效的保护天敌。香根草体内的挥发油含有大量的萜类化合物,具有较强的化感作用,造成雌性螟蛾成虫对香根草有明显的产卵偏好,同时,香根草中含有对水稻螟蛾幼虫有致死作用的有毒活性物质,因此,香根草诱集是防治水稻

螟虫的重要农事操作技术手段。

本研究中,稻虾共作和香根草诱集这两种农事操作技术可显著降低水稻飞虱、稻叶蝉和稻螟虫的种群数量,常规稻作田内稻飞虱种群数量在 9 月中旬前均维持较高水平(700-1 000 头/667 m²),稻虾共作田和香根草诱集田内稻飞虱数量呈先降低后缓慢回升趋势,3 种农事操作处理稻飞虱种群数量依次为常规稻作田>稻虾共作田>香根草诱集田。香根草诱集田中的稻飞虱种群数量较常规水稻田显著降低,其主要原因为田埂香根草丛中天敌种类和种群较为丰富,在 8-9 月调查过程中,香根草诱集田内拟环纹豹蛛和拟水狼蛛种群数量显著高于常规稻作田,且香根草诱集田中蜘蛛类、黑肩绿盲蝽等天敌种群数量均维持在较高数量,对香根草诱集田内褐飞虱的种群爆发有很好的抑制作用。常规稻作田内稻叶蝉种群数量于 2019 年 9 月 1 日、9 月 7 日维持较高水平(400-500 头/667 m²),而稻虾共作田和香根草诱集田内稻叶蝉种群数量在每次调查过程中均维持较低水平(<200 头/667 m²); 3 种农事操作处理稻螟虫种群数量依次为常规稻作田>香根草诱集田>稻虾共作田,香根草诱集田内稻螟虫种群数量在每次调查过程中种群数量均最低,此研究与梁齐(2015)和郑许松等(2009)关于香根草对水稻螟虫的结果一致。上述结果表明,稻虾共作田和香根草诱集模式作为一种重要的绿色环保农事操作技术,可有效控制水稻田间主要害虫稻飞虱、稻叶蝉和稻螟虫的种群数量。

稻田蜘蛛是稻田害虫的重要捕食性天敌,稻田蜘蛛能捕食多种水稻害虫,且食量大,在以蛛治虫、抑制害虫种群水平上发挥着非常重要的作用。稻田蜘蛛对稻飞虱具有较大的控制作用,同时,也可有效取食稻叶蝉和稻田其他害虫的幼虫和卵。本研究中,稻田主要蜘蛛种类为拟环纹豹蛛、拟水狼蛛、草间小黑蛛、八斑球腹蛛、综管巢蛛、四点亮腹蛛,其中,香根草诱集田内拟环纹豹蛛和拟水狼蛛种群数量显著高于常规稻作田,可对田间稻飞虱等害虫起到很好的防控作用。另外,黑肩绿盲蝽种群数量在稻虾共作田内显著高于常规稻作田,常规稻作田内草蛉种群数

量显著低于香根草诱集田,说明稻虾共作田和香根草诱集田对黑肩绿盲蝽和草蛉等天敌有很好的保育功能。

本文系统调查了湖北省地区两种新型农事操作技术(稻虾共作技术和香根草诱集技术)对水稻害虫(稻飞虱、稻叶蝉、稻螟虫)及其主要天敌(蜘蛛类、草蛉类、黑肩绿盲蝽和青翅隐翅虫)种群动态的影响,分析了3种农事操作技术下稻田间害虫和天敌的时间消长动态规律,其结果可为湖北地区探索湖北地区新型绿色农事操作技术防控田间害虫、天敌保育和稻田有害生物可持续治理策略提供重要依据,对保障湖北省水稻安全生产具有重要意义。

参考文献 (References)

- Chen QZ, Yang SD, 2001. Integrated control of rice diseases and insect pests and the combination of agricultural industrialization. *Hubei Agricultural Science*, (3): 36–37. [陈其志, 杨盛棣, 2001. 水稻病虫害综合防治与农业产业化经营结合的探讨. *湖北农业科学*, (3): 36–37.]
- Cheng JA, 2009. Rice hopper problems intensify in China. <http://ricehoppers.net/2009/01/01/ricehopper-problems-intensify-in-china>.
- Han Y, 2015. Evaluation of potential risk of Bt transgenic insect-resistant rice to major natural enemies of brown planthopper. Doctoral dissertation. Wuhan: Huazhong Agricultural University. [韩宇, 2015. 转 Bt 基因抗虫水稻对褐飞虱主要天敌的潜在风险评价. 博士学位论文. 武汉: 华中农业大学.]
- Jiang WH, 2011. Study on drug resistance and comprehensive control of borer. Doctoral dissertation. Nanjing: Nanjing agricultural university. [姜卫华, 2011. 二化螟的抗药性及综合防治研究. 博士学位论文. 南京: 南京农业大学.]
- Jiang XH, Zhang QH, Hu SM, Xie SJ, Xu XG, 2001. The status of pesticide resistance of rice stalkborer in Zhejiang province and their management tactics. *Plant Protection Technology and Promotion*, 21(3): 27–29. [蒋学辉, 章强华, 胡仕孟, 谢士杰, 徐喜刚, 2001. 浙江省水稻二化螟抗药性现状与治理对策. 植保技术与推广, 21(3): 27–29.]
- Li C, 2015. Effects of irrigation on rice yield and the dynamics of main natural enemies and pests. Master dissertation. Changsha: Hunan agricultural university. [李超, 2015. 灌溉方式对水稻产量及主要天敌、害虫消长动态的影响. 硕士学位论文. 长沙: 湖南农业大学.]
- Liang Q, 2015. Mechanism of action and application of vetifloras on induction and killing of rice borer. Doctoral dissertation. Hangzhou: Zhejiang University. [梁齐, 2015. 香根草对水稻大螟诱杀的作用机制及应用研究. 博士学位论文. 杭州: 浙江大学.]
- Lou YG, Zhang GR, Zhang WQ, Hu Y, Hu Y, Zhang J, 2013. Biological control of rice insect pests in China. *Biological Control*, 67(1): 8–20.
- Lv J, Zhu ZR, Lou YG, Chen JA, 2013. Dialysis on rice planthopper infestation and management. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(3): 565–574. [吕进, 祝增荣, 娄永根, 程家安, 2013. 稻飞虱灾变和治理研究透析. *应用昆虫学报*, 50(3): 565–574.]
- Lu YH, Gao GC, Zheng XS, Lv ZX, 2017a. The lethal mechanism of trap plant *Vetiveria zizanioides* against the larvae of *Chilo suppressalis*. *Scientia Agricultura Sinica*, 50(3): 486–495. [鲁艳辉, 高广春, 郑许松, 吕仲贤, 2017a. 诱集植物香根草对二化螟幼虫致死的作用机制. *中国农业科学*, 50(3): 486–495.]
- Lu YH, Liang Q, Zheng XS, Wang GR, Lv ZX, 2017b. Effects of the vetiver grass *Vetiveria zizanioides* on the activities of detoxification enzymes and acetylcholinesterase in the pink stem borer *Sesamia inferens* larvae. *Plant Protection*, 43(6): 123–126. [鲁艳辉, 梁齐, 郑许松, 王国荣, 吕仲贤, 2017b. 诱杀植物香根草对稻蛀茎夜蛾幼虫解毒酶和乙酰胆碱酯酶的影响. *植物保护*, 43(6): 123–126.]
- Ma FG, 2017. Investigation on the occurrence of rice pests and their natural enemies in Hubei province under the new planting mode. Master dissertation. Wuhan: Huazhong Agricultural University. [马富岗, 2017. 新种植模式下湖北省水稻害虫及其天敌发生动态调查. 硕士学位论文. 武汉: 华中农业大学.]
- Sōgawa K, 2003. The rice brown planthopper: Feeding physiology and host plant interactions. *Annual Review of Entomology*, 27: 49–73.
- Song L, Zhang JP, Han XL, Xu JR, 2011. Analysis of breeding situation and countermeasures of *procambarus clarkia*. *Journal of Changshu Institute of Science and Technology*, 25(2): 85–87. [宋亮, 张建平, 韩晓磊, 徐建荣, 2011. 克氏原螯虾养殖现状及对策. *常熟理工学院学报*, 25(2): 85–87.]
- Wan SH, Tian YB, 2019. Research progress on high yield cultivation and nutrient management of rice in Hubei province. *Hubei Agricultural Sciences*, 58(17): 9–12. [万淑红, 田应兵, 2019. 湖北省水稻高产栽培及养分管理研究进展. *湖北农业科学*, 58(17): 9–12.]
- Wei Z, Hu W, Lin QS, Cheng XY, Tong MJ, Zhu LL, Chen RZ, He GC, 2009. Understanding rice plant resistance to the Brown Planthopper (*Nilaparvata lugens*): A proteomic approach. *Proteomics*, 9(10): 2798–2808.
- Zhang Y, Wang BJ, Han P, Han ZJ, 2014. Comparison of methods for testing insecticide resistance in *Chilo suppressalis* and the resistance monitored. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 37(6): 37–43. [张扬, 王保菊, 韩平, 韩召军, 2014. 二化螟抗药性检测方法比较和抗药性监测. *南京农业大学学报*, 37(6): 37–43.]
- Zheng XS, Xu HX, Chen GH, Wu CX, Lv ZX, 2009. Evaluation of the inhibitory effect of Sudan grass and vetiver as insect attractor on rice field borer population. *China Biocontrol*, 25(4): 299–303. [郑许松, 徐红星, 陈桂华, 吴降星, 吕仲贤, 2009. 苏丹草和香根草作为诱虫植物对稻田二化螟种群的抑制作用评估. *中国生物防治*, 25(4): 299–303.]
- Zhong PS, Xie XF, Zhong ZF, 2010. Study on pest community structure in organic rice fields. *Hubei Agricultural Science*, 49(11): 2787–2789. [钟平生, 谢小峰, 钟振芳, 2010. 有机稻田害虫群落结构的研究. *湖北农业科学*, 49(11): 2787–2789.]