

禾本科杂草作为防治稻纵卷叶螟的功能性植物的可行性

郑许松¹, 田俊策¹, 杨亚军¹, 朱平阳², 李宽³, 徐红星¹, 吕仲贤¹

(¹浙江省农业科学院植物保护与微生物研究所浙江省植物有害生物防控省部共建国家重点实验室培育基地, 杭州 310021; ²金华市植物保护站, 浙江金华 321017; ³金华市婺城区植物保护站, 浙江金华 321000)

摘要:【目的】通过提高植物的多样性来引诱害虫、保护天敌是一种可持续控制害虫的有效途径。稻纵卷叶螟 (*Cnaphalocrocis medinalis*) 除水稻外, 还可取食多种禾本科杂草, 论文旨在利用稻纵卷叶螟对稻田周围不同杂草的喜好性, 开发新型的稻纵卷叶螟防控策略。【方法】选取稻田生态系统常见的 7 种禾本科杂草 (稗草 *Echinochloa crusgalli*、稗谷草 *Leersia sayanuka*、马唐 *Digitaria sanguinalis*、牛筋草 *Eleusine indica*、千金子 *Leptochloa chinensis*、双穗雀稗 *Paspalum distichum* 和游草 *Leersia hexandra*), 于盆钵内人工栽培种植。将盆栽水稻和杂草植株置于纱笼中, 接入初羽化的稻纵卷叶螟成虫, 分别研究稻纵卷叶螟成虫在杂草与水稻之间的栖息选择性、产卵选择性, 以及稻纵卷叶螟在各种杂草上的生物学特性。同时进行田间试验研究稻田田埂种植各种杂草条带 (宽 1 m) 对稻纵卷叶螟成虫栖息、产卵分布的影响, 通过赶蛾法调查杂草条带中及距离杂草条带 1、5 和 10 m 稻田中的稻纵卷叶螟蛾量, 调查不同杂草条带中稻纵卷叶螟的产卵密度及卵被寄生率。【结果】稻纵卷叶螟成虫喜好趋向栖息于稗谷草和马唐, 不喜好趋向双穗雀稗, 在游草、牛筋草、稗草、千金子和水稻间, 稻纵卷叶螟的栖息选择则没有偏向性。稻纵卷叶螟成虫在稗草、牛筋草、千金子、双穗雀稗、游草和水稻之间, 偏向在水稻上产卵; 稗谷草和水稻之间, 偏向在稗谷草上产卵; 马唐和水稻之间则没有明显的偏向性。稻纵卷叶螟在 7 种杂草上都能完成世代, 但发育历期存在显著差异, 在稗谷草上发育历期最短, 双穗雀稗次之, 游草、千金子、牛筋草、马唐、稗草和水稻上的发育历期间则没有显著性差异。不同寄主上的稻纵卷叶螟蛹重也存在差异, 其中在马唐上的雌蛹、马唐和千金子上的雄蛹蛹重显著轻于在其他寄主植物上的蛹重。在不同寄主植物上稻纵卷叶螟的羽化率差异较大, 稗谷草、游草、牛筋草、稗草和水稻上的羽化率为 42.17%—51.31%, 在千金子和双穗雀稗上最低, 仅为 11.76% 和 13.29%。雌性比以水稻和稗草上最高, 显著高于其他寄主植物。大田试验表明, 除了牛筋草和稗草外, 其他杂草均能吸引稻纵卷叶螟栖息且在单位面积内的虫量显著高于稻田中的稻纵卷叶螟的数量。各种杂草上稻纵卷叶螟卵量差异显著, 以稗谷草、游草、稗草和千金子上着卵量最多, 每分蘖草上的着卵量达 2.92—3.92 粒, 双穗雀稗和马唐分别为 2.16 和 1.72 粒, 牛筋草最少。不同禾本科杂草上稻纵卷叶螟卵的被寄生率差异显著, 介于 21.90%—55.61%。其中, 稗谷草和游草上的卵寄生蜂数量分别为 1.47 和 1.42 头/分蘖, 为各种禾本科杂草上最高。【结论】稗谷草最具有成为防治稻纵卷叶螟的功能性植物的潜力, 研究结果可为开发稻纵卷叶螟绿色防控新技术提供理论依据。

关键词: 稻纵卷叶螟; 禾本科杂草; 寄主植物; 栖息选择性; 产卵选择性; 生态适应性; 功能性植物

The Feasibility of Using Graminaceous Weeds as a Functional Plant for Controlling Rice Leafroller (*Cnaphalocrocis medinalis*)

ZHENG XuSong¹, TIAN JunCe¹, YANG YaJun¹, ZHU PingYang², LI Kuan³, XU HongXing¹, LÜ ZhongXian¹

(¹State Key Laboratory Breeding Base for Zhejiang Sustainable Pest and Disease Control, Institute of Plant Protection and Microbiology, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021; ²Jinhua Plant Protection Station, Jinhua 321017, Zhejiang; ³Wucheng Plant Protection Station, Jinhua 321000, Zhejiang)

收稿日期: 2017-05-19; 接受日期: 2017-08-04

基金项目: 国家公益性行业 (农业) 科研专项 (201403030)、浙江省重点研发项目 (2015C02014)、国家现代农业产业技术体系 (水稻) (CARS-01-17)

联系方式: 郑许松, E-mail: zhengxs0502@sina.com. 通信作者吕仲贤, E-mail: luzxmh@163.com

Abstract: 【Objective】Increasing plant diversity is an effective way for sustainable pest control through trapping pests, protecting natural enemies. Host plants of rice leaffolder (*Cnaphalocrocis medinalis*) include rice and some graminaceous plants. The objective of this study is to develop a new strategy of *C. medinalis* control based on the preference of *C. medinalis* to graminaceous plants and rice plants. 【Method】Seven common graminaceous weeds (*Leersia sayanuka*, *Paspalum distichum*, *Digitaria sanguinalis*, *Leersia hexandra*, *Leptochloa chinensis*, *Echinochloa crusgalli*, and *Eleusine indica*) around rice fields were selected as the potential hosts in the experiments. These weeds were planted in pots and were placed into cages with rice plants, *C. medinalis* adults were also introduced into the cages, then the habitat and oviposition preference of *C. medinalis* to graminaceous weeds and rice, and the biological fitness of *C. medinalis* on graminaceous weeds were studied. Furthermore, the effects of graminaceous weeds, which were planted on bund as 1 m width, on the distribution and oviposition of *C. medinalis* and egg parasitoids were evaluated in rice fields. Meanwhile, population density of *C. medinalis* in bund planted with different graminaceous weeds and that in the site with 1, 5 and 10 m from bund were recorded by chasing moth method. Number of *C. medinalis* eggs, parasitized eggs and parasitism rate on different graminaceous weeds in the field were also investigated. 【Result】*C. medinalis* adults prefer to the habitat of *L. sayanuka* and *D. sanguinalis*, and do not prefer *P. distichum*. There was no significant difference between *L. hexandra*, *E. indica*, *L. sayanuka*, *L. chinensis* and rice. *C. medinalis* adults prefer to lay eggs on rice compared with *L. sayanuka*, *E. crusgalli*, *E. indica*, *L. chinensis*, *P. distichum* and *L. hexandra*. *L. sayanuka* significantly attracted *C. medinalis* adult to lay more eggs than rice. No significant difference on oviposition preference was found between *D. sanguinalis* and rice. *C. medinalis* could complete their generation on all seven tested graminaceous weeds. However, significant difference on development time was detected among treatments. Lowest development time was found on *L. sayanuka*, followed with *P. distichum*. There was no significant difference on development time among *L. hexandra*, *L. chinensis*, *E. indica*, *D. sanguinalis*, *E. crusgalli* and rice. Plant hosts significantly impact the pupal weight. Female pupal weight from *D. sanguinalis*, male pupal weight from *D. sanguinalis* and *L. chinensis* were significantly lighter than those from the other host plants. The emergence rates of *C. medinalis* from different host plants varied largely, which from *L. sayanuka*, *L. hexandra*, *E. indica*, *E. crusgalli*, and rice were ranged from 42.17%-51.31%; but which from *L. chinensis* and *P. distichum* were as low as 11.76% and 13.29%, respectively. Female rate of *C. medinalis* reared on rice and *E. crusgalli* was significantly higher than those reared on the other host plants. Field experiments indicated that graminaceous weeds could attract more *C. medinalis* adults than rice, except *E. indica* and *E. crusgalli*. There were significant differences on the number of *C. medinalis* eggs on different graminaceous weeds, which was ranged from 2.92-3.92 per tiller on *L. sayanuka*, *L. hexandra*, *E. crusgalli* and *L. chinensis*. The mean number of *C. medinalis* eggs on *P. distichum* and *D. sanguinalis* was 2.16 and 1.72, respectively; and lowest eggs on *E. indica*. The parasitism rate of *C. medinalis* eggs by egg parasitoids was varied significantly among different graminaceous weeds, ranged from 21.90%-55.61%. The mean number of parasitized *C. medinalis* eggs was 1.47 and 1.42 per tiller on *L. sayanuka* and *L. hexandra*, respectively, which was highest than those on the other graminaceous weeds. 【Conclusion】The results imply that *L. sayanuka* has the most potential to be used as a functional plant for controlling *C. medinalis*. The results could provide a theoretical foundation for developing new green *C. medinalis* management technology.

Key words: *Cnaphalocrocis medinalis*; graminaceous weed; host plants; habitat selection; oviposition selection; ecological fitting; functional plant

0 引言

【研究意义】稻纵卷叶螟 (*Cnaphalocrocis medinalis*) 是中国水稻 (*Oryza sativa*) 上重要的“两迁”害虫之一, 主要以幼虫纵卷水稻叶片取食危害, 影响水稻的光合作用, 对水稻产量构成严重威胁^[1-3]。随着耕作制度的改变、品种的更新和采用密植、高肥和高化学农药投入的耕作方式, 20 世纪 70 年代后在中国主要稻区大发生的频率明显增加, 特别是在 2003 年出现全国性的特大暴发, 而后连年猖獗危害, 发生面积不断上升^[4-6]。目前, 稻纵卷叶螟的防治以化学防

治为主, 但化学药剂的长期不合理使用引起环境污染、害虫抗药性等诸多负面效应^[7-9], 亟需寻找安全有效的害虫治理方式^[4], 通过研究植物-害虫-天敌关系, 充分挖掘稻田生态系统中功能植物的生物防治功能, 对实现稻纵卷叶螟的可持续治理具有重要意义。【前人研究进展】高度集约化的生产方式, 使得传统农业系统的生物多样性极为薄弱, 导致害虫频繁暴发^[10]。生物多样性为作物生态系统提供害虫生物防治等基本的生态服务功能^[11-12], 减低作物对化学投入品的依赖^[13-14]。近年来, 包括生境调节在内的生态控制策略成为研究热点, 提高植物多样性是一种保护天敌从而可持续控

制害虫的有效途径^[10,14]。其中,能支持天敌发挥效能的功能性植物类群包括诱集植物、指示植物、载体植物和护卫植物等^[15]。诱集植物是一类比靶标作物更能吸引害虫停留或产卵从而减少害虫危害的植物,如香根草可以诱集二化螟(*Chilo suppressalis*)产卵并对二化螟幼虫有致死作用,从而减轻二化螟对水稻的危害^[16-17]。指示植物对靶标害虫有很强的吸引作用,且症状很容易被发现。因此在害虫发生初期,指示植物可以先于作物上观察到害虫危害,从而可有效指导防治以减小防治成本^[18]。载体植物系统是近年来发展的一种生物防治新技术,主要包括载体植物、替代食物和有益生物3个基本要素^[19]。其中,载体植物是最主要的要素,主要用来饲养替代寄主或猎物以提供食物资源给有益生物,从而形成一个开放的天敌饲养系统提高天敌的控害能力。而护卫植物是指集中了指示植物、诱集植物、载体植物等功能于一体的植物^[15]。【本研究切入点】稻纵卷叶螟寄主植物有多种,既包括水稻、玉米等作物,还包括稗草、狗尾草等禾本科杂草^[20]。胡晓斌等^[21]发现田边杂草中稻纵卷叶螟赶蛾数量多于田间,且不同寄主植物上稻纵卷叶螟产卵量具有一定差异^[22-24]。稻纵卷叶螟对杂草的趋性以及杂草种类的多样性使得筛选出功能性植物的可能性大大增加。【拟解决的关键问题】选取稻田系统常见的7种禾本科杂草,研究稻纵卷叶螟对杂草与水稻之间的栖息选择性与产卵选择性,稻纵卷叶螟在杂草上的生长发育以及田埂上种植杂草对稻纵卷叶螟种群数量以及卵寄生蜂数量的影响,探讨开发用于防治稻纵卷叶螟的功能性植物的可行性。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫与寄主植物

稻纵卷叶螟成虫采自杭州市郊常规水稻田,室内饲养一代后的初羽化成虫用于室内试验。

稗草(*Echinochloa crusgalli*)、稗谷草(*Leersia sayanuka*)、马唐(*Digitaria sanguinalis*)、牛筋草(*Eleusine indica*)、千金子(*Leptochloa chinensis*)、双穗雀稗(*Paspalum distichum*)、游草(*Leersia hexandra*)与水稻用于稻纵卷叶螟的栖息、产卵选择性及不同寄主上生物学特性试验。从田间采回以上7种杂草幼苗移栽到盆钵中室内种植,水稻品种为“甬优1540”,盆栽,移栽后45—60日龄的稻株待用。

1.2 稻纵卷叶螟成虫对不同寄主植物的栖息选择性与产卵选择性

每种禾本科杂草和水稻各两盆,十字交叉排列,

使生物量大致相等,置于同一纱笼(1 m×1 m×0.8 m)中,于早上8点每笼接入30头稻纵卷叶螟雌虫,每天放入蘸有10%蔗糖水的脱脂棉添加营养。分别在接虫后12、24、36和48 h调查栖息在水稻和杂草上的稻纵卷叶螟成虫,比较稻纵卷叶螟在禾本科杂草和杂草之间的栖息选择性。栖息性选择试验结束后,移去稻纵卷叶螟成虫,统计在杂草和水稻植株上的稻纵卷叶螟卵量,比较产卵选择性。试验在控光控温的温室内进行,温度(27±1)℃,光周期L:D=12 h:12 h。每个处理重复5次。

1.3 稻纵卷叶螟在不同寄主植物上的生物学特性

将一对稻纵卷叶螟成虫接入纱笼中,在水稻和杂草植株上产卵1 d后,移出成虫。计数每丛杂草(水稻)上的卵数并标记,把产卵苗继续放在笼中,每天观测虫情、苗情,视苗情加入同种新鲜干净的寄主植株供幼虫取食,使其在生长发育过程中食物充足。待幼虫开始化蛹,收集1 d内的蛹区分雌雄后称重。从有成虫开始羽化的第1天起,每天统计羽化的成虫数量并区分雌雄,直到全部羽化。试验在控光控温的温室内进行,温度(27±1)℃,光周期L:D=12 h:12 h。

1.4 禾本科杂草对稻田稻纵卷叶螟蛾量的影响

试验在位于浙江省金华市婺城区汤溪镇的试验基地进行。在稻田边筑1 m宽田埂,于2016年5月初种植稗谷草、游草、马唐、千金子、双穗雀稗、稗草、牛筋草幼苗,每小区田埂长度10 m,以空白为对照,随机区组设计,共24个小区,小区间间隔10 m。水稻品种为“甬优1540”,6月5日移栽入稻田,水肥按当地常规管理。在8月15日稻纵卷叶螟盛发期,调查田埂禾本科杂草中和距离田埂不同距离的稻田中(1、5、10 m)的赶蛾量。以2 m长的竹竿手握竹竿中部,竹竿平放于杂草或水稻叶面下10 cm,左右各45度摇摆打击叶面两次,计数每10 m²内可见的稻纵卷叶螟成虫数量。

1.5 不同禾本科杂草上稻纵卷叶螟卵量和赤眼蜂种群数量

试验处理同1.4。8月15日稻纵卷叶螟盛发期,不同试验小区田埂上随机采集供试禾本科杂草20个分蘖,带回室内在放大镜下计数稻纵卷叶螟的卵量和被卵寄生蜂寄生的卵数量。

1.6 数据分析

试验数据采用SPSS 18.0进行统计和分析。稻纵卷叶螟在两种不同寄主间不同时间段的栖息选择性应用双因素方差进行分析,稻纵卷叶螟在两种寄主间的

产卵选择性通过独立样本 *t* 检验进行分析,生物学特性数据以及稻纵卷叶螟成蛾数量、卵量和被寄生卵量及寄生率均用单因素方差分析。

2 结果

2.1 稻纵卷叶螟成虫对不同寄主植物的栖息选择性

稻纵卷叶螟偏好在秕谷草和马唐上栖息,不喜栖息于双穗雀稗,而在游草、牛筋草、稗草、千金子和水稻间,稻纵卷叶螟的栖息选择没有偏向性。随时间

延长,在游草和水稻之间稻纵卷叶螟偏向选择在游草上栖息,而其他杂草和水稻之间,时间因子对稻纵卷叶螟的栖息偏向性则没有影响(图1、表1)。

2.2 稻纵卷叶螟成虫在禾本科杂草和水稻间的产卵选择性

稻纵卷叶螟成虫在稗草、牛筋草、千金子、双穗雀稗、游草和水稻之间,偏向在水稻上产卵;秕谷草和水稻之间,偏向在秕谷草上产卵;马唐和水稻之间则没有明显的偏向性(图2)。

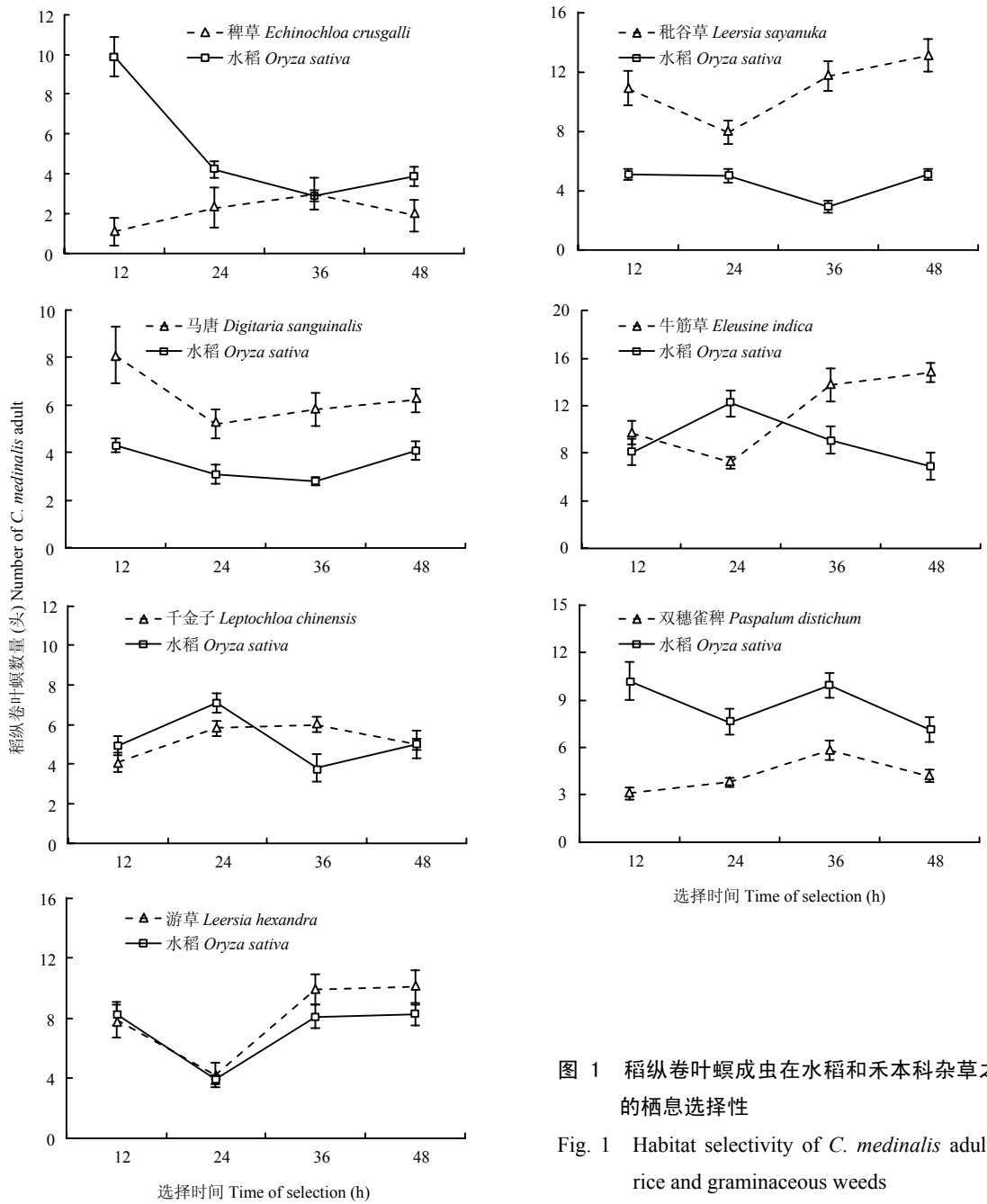


图 1 稻纵卷叶螟成虫在水稻和禾本科杂草之间的栖息选择性

Fig. 1 Habitat selectivity of *C. medinalis* adult on rice and graminaceous weeds

表 1 寄主植物对稻纵卷叶螟成虫栖息选择性影响的双因素方差分析

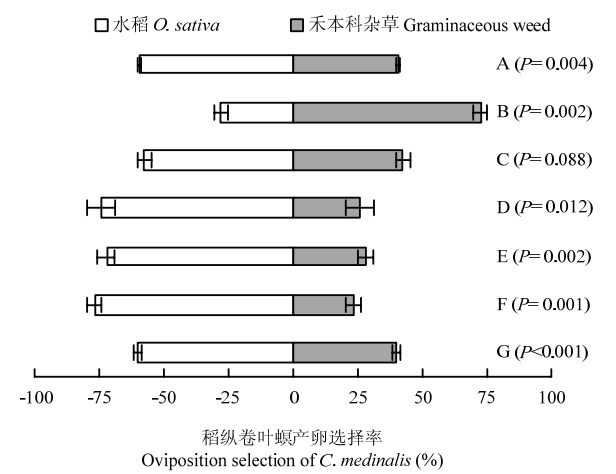
Table 1 Two-factor variance analysis of habitat selectivity of *C. medinalis* adult on rice and graminaceous weeds

处理	影响因子	F	P
Treatment	Impact factor		
马唐 vs 水稻	寄主植物 Host plant	32.667	0.0106
<i>D. sanguinalis</i> vs <i>O. sativa</i>	时间 Time	3.883	0.1473
	寄主植物×时间	1.51	0.2306
	Host plant×time		
牛筋草 vs 水稻	寄主植物 Host plant	0.626	0.4867
<i>E. indica</i> vs <i>O. sativa</i>	时间 Time	0.174	0.9073
	寄主植物×时间	16.841	<0.001
	Host plant×time		
稗草 vs 水稻	寄主植物 Host plant	4.329	0.1289
<i>E. crusgalli</i> vs <i>O. sativa</i>	时间 Time	0.284	0.8354
	寄主植物×时间	45.413	<0.001
	Host plant×time		
稗谷草 vs 水稻	寄主植物 Host plant	25.226	0.0152
<i>L. sayanuka</i> vs <i>O. sativa</i>	时间 Time	0.737	0.5959
	寄主植物×时间	5.997	0.0023
	Host plant×time		
千金子 vs 水稻	寄主植物 Host plant	0.004	0.9557
<i>L. chinensis</i> vs <i>O. sativa</i>	时间 Time	1.059	0.4816
	寄主植物×时间	5.446	0.0039
	Host plant×time		
双穗雀稗 vs 水稻	寄主植物 Host plant	19.851	0.021
<i>P. distichum</i> vs <i>O. sativa</i>	时间 Time	0.247	0.8597
	寄主植物×时间	8.69	0.0002
	Host plant×time		
游草 vs 水稻	寄主植物 Host plant	2.049	0.2477
<i>L. hexandra</i> vs <i>O. sativa</i>	时间 Time	16.423	0.0229
	寄主植物×时间	1.86	0.1563
	Host plant×time		

2.3 稻纵卷叶螟在禾本科杂草上的生物学特性

稻纵卷叶螟在各种杂草上都能完成世代，但发育历期存在显著差异，在稗谷草上发育历期最短，双穗雀稗次之，游草、千金子、牛筋草、马唐、稗草和水稻上的发育历期间则没有显著性差异。不同寄主上的稻纵卷叶螟蛹重也存在差异，其中在马唐上的雌蛹、马唐和千金子上的雄蛹蛹重显著轻于在其他寄主植物上的蛹重。在不同寄主植物上稻纵卷叶螟的羽化率差异较大，稗谷草、游草、牛筋草、稗草和水稻上的羽化率为 42.17%—51.31%，在千金子和双穗雀稗上最低，仅为 11.76%和 13.29%。雌

性比以水稻和稗草上最高，显著高于其他寄主植物（表 2）。



A: 稗草 *E. crusgalli*; B: 稗谷草 *L. sayanuka*; C: 马唐 *D. sanguinalis*; D: 牛筋草 *E. indica*; E: 千金子 *P. distichum*; F: 双穗雀稗 *L. chinensis*; G: 游草 *L. hexandra*

图 2 稻纵卷叶螟成虫在禾本科杂草和水稻之间的产卵选择性

Fig. 2 Oviposition selection of *C. medinalis* between graminaceous weed and rice

2.4 禾本科杂草对稻田稻纵卷叶螟蛾量的影响

田间调查结果显示，种植稗谷草、游草、千金子、双穗雀稗、马唐的田埂中赶蛾量显著高于稻田中的蛾量，牛筋草和稗草中的赶蛾量则与稻田中的蛾量没有显著性差异。不同杂草中稻纵卷叶螟的数量具有显著性差异，其中千金子上的蛾量最高，其次游草和稗谷草，稗草和牛筋草上的蛾量最低。稻田中的蛾量不同处理之间无显著性差异（表 3）。

2.5 不同禾本科杂草上稻纵卷叶螟卵量和寄生卵数量

稻田生态系统中各种常见禾本科杂草上稻纵卷叶螟卵量差异显著，以稗谷草、游草、稗草和千金子上着卵量最多，每分蘖草上的着卵量达 2.92—3.92 粒，双穗雀稗和马唐分别为 2.16 和 1.72 粒，牛筋草最少。各种禾本科杂草上稻纵卷叶螟卵的被寄生率均较高，介于 21.90%—55.61%，相互间差异显著。其中，稻纵卷叶螟着卵量较高的稗谷草和游草上的卵寄生率达 37.51%和 38.51%，折合成卵寄生蜂数量，稗谷草和游草上的卵寄生蜂数量分别为 1.47 和 1.42 头/分蘖，为各种禾本科杂草上最高（表 4）。

表 2 稻纵卷叶螟在不同禾本科杂草和水稻上的生物学特性

Table 2 Biological characteristic of *C. medinalis* on different graminaceous weeds and rice

寄主植物 Host plant	发育历期 Development time (d)		蛹重 Pupa weight (mg)		羽化率 Emergence rate (%)	雌性比 Female rate (%)
	雌虫 Female	雄虫 Male	雌虫 Female	雄虫 Male		
稗草 <i>E. crusgalli</i>	30.14±0.65a	29.38±0.81ab	22.4±1.9a	23.1±1.2ab	51.31±0.07a	54.07±2.10a
秕谷草 <i>L. sayanuka</i>	24.34±0.42c	25.79±0.38c	22.7±2.2a	22.0±1.8ab	42.17±0.05ab	43.40±4.16b
马唐 <i>D. sanguinalis</i>	30.18±0.78a	29.61±0.91ab	19.1±1.2 b	20.8±1.1b	33.54±0.05c	42.11±2.52b
牛筋草 <i>E. indica</i>	29.26±1.54ab	28.70±0.70abc	20.9±1.4 ab	23.4±1.9a	44.69±0.05ab	41.29±2.52b
千金子 <i>L. chinensis</i>	30.53±1.15a	31.37±1.26a	20.0±1.5 ab	20.6±1.4b	11.76±0.05d	46.01±1.52b
双穗雀稗 <i>P. distichum</i>	27.03±0.93b	26.97±1.85bc	20.6±1.6 ab	21.2±1.3ab	13.29±0.05d	44.16±3.86b
游草 <i>L. hexandra</i>	28.44±0.66ab	29.19±1.04ab	20.0±1.7ab	21.0±2.0ab	49.63±0.05ab	48.98±2.80ab
水稻 <i>O. sativa</i>	30.35±0.89a	29.45±1.11ab	21.2±1.2 ab	23.0±1.7ab	50.32±0.06ab	55.13±2.77a
方差分析结果	<i>F</i> =7.48	<i>F</i> =7.48	<i>F</i> =3.49	<i>F</i> =3.38	<i>F</i> =95.11	<i>F</i> =12.58
Variance analysis result	<i>P</i> <0.001	<i>P</i> <0.001	<i>P</i> =0.006	<i>P</i> =0.008	<i>P</i> <0.001	<i>P</i> <0.001

同列数字后相同字母表示方差分析差异不显著 ($P>0.05$)。下同 The same letters in the same column indicated no significant difference by ANOVA ($P>0.05$). The same as below

表 3 不同禾本科杂草田埂及距离田埂不同距离稻田中稻纵卷叶螟成蛾种群密度

Table 3 Population density of *C. medinalis* in ridge planted with different gramineous weeds and that in the site with different distances from ridge

寄主植物 Host plant	田埂 Ridge (头/10 m ²)	稻田 Rice field (头/10 m ²)			方差分析 ANOVA	
		离田埂 1 m	离田埂 5 m	离田埂 10 m	<i>F</i>	<i>P</i>
		1 m from ridge	5 m from ridge	10 m from ridge		
稗草 <i>E. crusgalli</i>	2.3±1.3aB	2.7±1.3aA	2.1±0.7aA	2.6±0.7aA	3.123	0.690
秕谷草 <i>L. sayanuka</i>	14.7±2.4aAB	3.3±0.7bA	2.1±1.2bA	2.2±1.2bA	32.863	<0.001
马唐 <i>D. sanguinalis</i>	8.3±0.9aAB	2.7±0.7bA	1.2±0.6bA	1.0±0.6bA	58.148	<0.001
牛筋草 <i>E. indica</i>	1.3±0.3aC	1.3±0.7aA	1.4±1.3aA	2.0±0.5aA	0.476	0.702
千金子 <i>L. chinensis</i>	18.0±3.8aA	4.1±1.15bA	1.0±0.6bA	1.2±0.7bA	37.061	<0.001
双穗雀稗 <i>P. distichum</i>	10.7±2.9aAB	2.0±1.1bA	2.7±1.2bA	1.3±0.7bA	19.840	<0.001
游草 <i>L. hexandra</i>	15.0±4.0aAB	4.7±0.7bA	3.5±1.8bA	1.2±0.6bA	21.469	<0.001
CK (空白 Blank)	—	2.6±0.6aA	1.33±0.76aA	1.3±0.8aA	3.484	0.807
方差分析结果	<i>F</i> =5.724	<i>F</i> =1.362	<i>F</i> =0.680	<i>F</i> =0.570		
Variance analysis result	<i>P</i> =0.003	<i>P</i> =0.286	<i>P</i> =0.687	<i>P</i> =0.770		

3 讨论

有观点认为, 杂草与作物竞争, 影响其生长发育, 还被认为是害虫的蓄藏场所, 对作物造成损失^[25]。但同时田边杂草作为作物害虫的替代寄主, 吸引害虫到杂草上, 可以降低田间害虫种群数量, 并为害虫天敌提供食物, 因此合理选择与利用田边杂草, 有助于田间害虫防控^[26-27]。

研究稻田生态系统中稻纵卷叶螟在常见禾本科杂草上的生物学习性及其对天敌种群的影响, 可为合理、高效应用生境调节技术防治稻纵卷叶螟提供依据。在本研究中, 笔者发现室内条件下稻纵卷叶螟成虫偏好栖息于秕谷草和马唐, 而不喜好双穗雀稗, 但仅有秕谷草上的卵量显著多于水稻, 其他杂草对稻纵卷叶螟产卵的吸引力均弱于水稻。BARRION 等^[22]比较了稻纵卷叶螟在不同禾本科植物上的产卵选择

表 4 田间不同禾本科杂草上稻纵卷叶螟卵量、被寄生卵量和卵寄生率

Table 4 Number of *C. medinalis* eggs, parasitized eggs and parasitism rate on different graminaceous weeds in the field

寄主植物	稻纵卷叶螟卵量/分蘖	被寄生卵量/分蘖	卵寄生率
Host plant	Number of <i>C. medinalis</i> eggs/tillering	Number of parasitized eggs/tillering	Parasitism rate (%)
稗草 <i>E. crusgalli</i>	0.56±0.54ab	0.80±0.23abcd	23.81±2.58cd
秕谷草 <i>L. sayanuka</i>	3.92±0.29a	1.47±0.19a	37.51±4.08bcd
马唐 <i>D. sanguinalis</i>	1.72±0.38cd	0.72±0.11bcd	41.93±5.09ab
牛筋草 <i>E. indica</i>	0.36±0.26d	0.20±0.11d	55.61±5.33a
千金子 <i>L. chinensis</i>	2.92±0.45abc	0.64±0.18cd	21.90±3.39cd
双穗雀稗 <i>P. distichum</i>	2.16±0.42bc	1.0±0.23abc	46.32±6.24ab
游草 <i>L. hexandra</i>	3.68±0.57a	1.42±0.2ab	38.51±2.23abcd
方差分析结果	<i>F</i> =19.84	<i>F</i> =9.15	<i>F</i> =11.33
Variance analysis result	<i>P</i> <0.001	<i>P</i> <0.001	<i>P</i> <0.001

性，发现其在水稻上产卵量最高，其次是玉米、高粱、游草、光头稗（*Echinochloa colona*）等。LIU 等^[24]田间观察了稻纵卷叶螟对不同水稻品种及杂草的选择性，发现水稻上的蛾量和卵量均高于 3 种禾本科杂草（千金子、稗草和游草）。这些研究结果表明稻纵卷叶螟对大部分杂草的产卵趋性较弱，但秕谷草却能显著吸引稻纵卷叶螟栖息及产卵。根据该特性不仅可以应用其作为诱集植物减少稻纵卷叶螟对水稻的危害，还可以作为稻纵卷叶螟的预测预报指示植物。

秕谷草具有作为诱集植物的潜力，而室内研究发现稻纵卷叶螟在供试的几种禾本科杂草上均可完成世代。KHAN 等^[23]比较了田间 12 种禾本科杂草上稻纵卷叶螟的适应性，也发现了类似的结果，稻纵卷叶螟在 12 种禾本科杂草均可完成世代，且在游草和稗草上各个生物学指标与水稻相比都没有显著差异。这说明禾本科杂草确实可以作为稻纵卷叶螟的过渡寄主植物，在利用杂草的同时还需要进行生态风险的评价。

为进一步明确禾本科杂草作为寄主植物对稻纵卷叶螟田间分布和寄生蜂的影响，开展了田间试验，试验结果与室内试验并不完全一致，除了牛筋草和稗草外，其他杂草都能吸引稻纵卷叶螟栖息且单位面积内的虫量显著高于稻田中的稻纵卷叶螟的数量。胡晓斌等^[21]也发现在田中间、田边（距田埂 2 m 内）及田埂杂草上的稻纵卷叶螟蛾量有很大差距，田埂杂草上蛾量最多，田边次之，田中间最少。这说明大部分的杂草对于稻纵卷叶螟确实有吸引作用，但对田间的稻纵卷叶螟成虫的种群影响不大。

杂草上产卵结果显示秕谷草上的稻纵卷叶螟着卵量最高，其次是游草和千金子，同时秕谷草和游草上被赤眼蜂寄生的卵量也最多，这与前人的报道相一致^[28]。黄建华^[28]发现稻田大部分的鳞翅目害虫都会在游草上产卵，且稻田存在的卵寄生蜂在游草上都能收集到。

通过对供试的几种禾本科杂草的综合分析，笔者发现秕谷草最具有潜力成为防治稻纵卷叶螟的护卫植物。室内和田间试验均表明秕谷草最能吸引稻纵卷叶螟栖息并在其上产卵，是一种十分有潜力的诱集植物和指示植物。但稻纵卷叶螟可以在秕谷草上完成世代，其生物学特性与在水稻上饲养相当，具有一定的生态风险性。因此，若将秕谷草作为功能性植物进行应用需要进行适当的管理，控制稻纵卷叶螟在秕谷草上的繁殖。在自然条件下秕谷草上的稻纵卷叶螟卵量较高，虽然卵具有较高的被寄生率，但仍具有生态风险。可通过在稻纵卷叶螟产卵期于秕谷草中人工释放一定的赤眼蜂以提高寄生率，既能降低秕谷草作为稻纵卷叶螟过渡寄主的生态风险，还能将秕谷草作为一个赤眼蜂繁殖的场所，从而使之产生载体植物系统的功能。因此，秕谷草集中了诱集植物、指示植物和载体植物的功能，作为防治稻纵卷叶螟的护卫植物潜力巨大，但有关工作还应在今后继续研究完善。

4 结论

室内条件下，稻纵卷叶螟在稻田生态系统中的 7 种常见禾本科杂草上都能完成世代，成虫对秕谷草和马唐有栖息偏好性，对秕谷草有产卵偏好性。在

大田条件下, 稻田边禾本科杂草能诱集稻纵卷叶螟栖息并产卵, 起到诱集植物和指示植物的作用。并且杂草上稻纵卷叶螟卵有较高的寄生率, 繁殖了大量的寄生蜂, 起到载体植物的作用。其中秕谷草最具有成为防治稻纵卷叶螟的功能性植物的潜力。研究结果可为开发稻纵卷叶螟绿色防控新技术提供理论依据。

References

- [1] MATTESON P C. Insect pest management in tropical Asian irrigated rice. *Annual Review of Entomology*, 2000, 45: 549-574.
- [2] PADMAVATHI C, KATTI G, PADMAKUMARI A, VOLETI S, SUBBA RAO L. The effect of leafroller *Cnaphalocrocis medinalis* (Guénee)[Lepidoptera: Pyralidae]injury on the plant physiology and yield loss in rice. *Journal of Applied Entomology*, 2013, 137: 249-256.
- [3] 程家安. 水稻害虫. 北京: 中国农业出版社, 1996.
CHENG J A. *Rice Pests*. Beijing: China Agriculture Press, 1996. (in Chinese)
- [4] 杨亚军, 徐红星, 郑许松, 田俊策, 鲁艳辉, 吕仲贤. 中国水稻纵卷叶螟防控技术进展. 植物保护学报, 2015, 42(5): 691-701.
YANG Y J, XU H X, ZHENG X S, TIAN J C, LU Y H, LÜ Z X. Progresses in management technology of rice leafrollers in China. *Journal of Plant Protection*, 2015, 42(5): 691-701. (in Chinese)
- [5] 刘宇, 王建强, 冯晓东, 蒋学辉. 2007 年全国稻纵卷叶螟发生实况分析与 2008 年发生趋势预测. 中国植保导刊, 2008, 28(7): 33-35.
LIU Y, WANG J Q, FENG X D, JIANG X H. Analysis on occurrence of rice leafroller in national wide and tendency forecast in 2008. *China Plant Protection*, 2008, 28(7): 33-35. (in Chinese)
- [6] 郭荣, 韩梅, 束放. 减少稻田用药的病虫草害绿色防控策略与措施. 中国植保导刊, 2013, 33(10): 38-41.
GUO R, HAN M, SHU F. Strategy and measures of reducing pesticides usage for controlling diseases and insect pests in rice field. *China Plant Protection*, 2013, 33(10): 38-41. (in Chinese)
- [7] DAMALAS C A, ELEFTHEROHORINOS I G. Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2011, 8(5): 1402-1419.
- [8] ZHENG X, REN X, SU J. Insecticide susceptibility of *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae) in China. *Journal of Economic Entomology*, 2011, 104: 653-658.
- [9] ZHANG S K, REN X B, WANG Y C, SU J. Resistance in *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae) to new chemistry insecticides. *Journal of Economic Entomology*, 2017, 107(2): 815-820.
- [10] WOOD S A, KARP D S, DECLERCK F, KREMEN C, NAEEM S, PALM C A. Functional traits in agriculture: agrobiodiversity and ecosystem services. *Trends in Ecology & Evolution*, 2015, 30(9): 531-539.
- [11] LOSEY J E, VAUGHAN M. The economic value of ecological services provided by insects. *Bioscience*, 2006, 56(4): 311-323.
- [12] CARDINALE B J, SRIVASTAVA D S, DUFFY J E, WRIGHT J P, DOWNING A L, SANKARAN M, JOUSEAU C. Effects of biodiversity on the functioning of trophic groups and ecosystems. *Nature*, 2006, 443(7114): 989-992.
- [13] MATSON P A, PARTON W J, POWER A G, SWIFT M J. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science*, 1997, 277(5325): 504-509.
- [14] BOMMARCO R, KLEIJN D, POTTS S G. Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology & Evolution*, 2013, 28(4): 230-238.
- [15] 陈学新, 刘银泉, 任顺祥, 张帆, 张文庆, 戈峰. 害虫天敌的植物支持系统. 应用昆虫学报, 2014, 51(1): 1-12.
CHEN X X, LIU Y Q, REN S X, ZHANG F, ZHANG W Q, GE F. Plant-mediated support system for natural enemies of insect pests. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2014, 51(1): 1-12. (in Chinese)
- [16] 郑许松, 徐红星, 陈桂华, 吴降星, 吕仲贤. 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. 中国生物防治学报, 2009, 25(4): 299-303.
ZHENG X S, XU H X, CHEN G H, WU J X, LÜ Z X. Potential function of Sudan grass and Vetiver grass as trap crops for suppressing population of stripped stem borer, *Chilo suppressalis* in rice. *Chinese Journal of Biological Control*, 2009, 25(4): 299-303. (in Chinese)
- [17] 鲁艳辉, 高广春, 郑许松, 吕仲贤. 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, 2017, 50(3): 486-495.
LU Y H, GAO G C, ZHENG X S, LÜ Z X. The lethal mechanism of trap plant *Vetiveria zizanioides* against the larvae of *Chilo suppressalis*. *Scientia Agricultura Sinica*, 2017, 50(3): 486-495. (in Chinese)
- [18] PAROLIN P, BRESCH C, DESNEUX N, BRUN R, BOUT A, BOLL R, PONCET C. Secondary plants used in biological control: A review. *International Journal of Pest Management*, 2012, 58(2): 91-100.
- [19] 肖英芳, 毛润乾, 沈国清, OSBORNE L S. 害虫生物防治新技术

- 载体植物系统. 中国生物防治学报, 2012, 28(1): 1-8.
- XIAO Y F, MAO R Q, SHEN G Q, OSBORNE L S. Banker plant system: A new approach for biological control of arthropod pests. *Chinese Journal of Biological Control*, 2012, 28(1): 1-8. (in Chinese)
- [20] 李传明, 韩光杰, 杨亚军, 祁建杭, 刘琴, 徐健, 吕仲贤. 稻纵卷叶螟对不同植物的产卵趋性与取食选择. 中国水稻科学, 2017, 31(3): 315-319.
- LI C M, HAN G J, YANG Y J, QI J H, LIU Q, XU J, LÜ Z X. Oviposition and feeding preference of *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) for four different plants. *Chinese Journal of Rice Science*, 2017, 31(3): 315-319. (in Chinese)
- [21] 胡晓斌, 秦洁华. 稻纵卷叶螟“赶蛾法”的改进. 安徽农学通报, 2006, 12(6): 159.
- HU X B, QIN J H. Improvement of rice leaffolder prediction method by adults chasing. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2006, 12(6): 159. (in Chinese)
- [22] BARRION A T, LITSINGER J A, MEDINA E B, AGUDA R M, BANDONG J P, PANTUA P C J R, VIAJANTE V D, DELA CRUZ C G, VEGA C R, SORIANO J S JR, CAMANAG E E, SAXENA R C, TRYON E H, SHEPARD B M. The rice *Cnaphalocrocis* and *Marasmia* (Lepidoptera: Pyralidae) leaffolder complex in the Philippines: taxonomy, bionomics, and control. *The Philippine Entomologist*, 1991, 8(4): 987-1074.
- [23] KHAN Z R, ABENES M L P, FERNANDEZ N J. Suitability of graminaceous weed species as host plants for rice leaffolders, *Cnaphalocrocis medinalis*, and *Marasmia patnalis*. *Crop Protection*, 1996, 15(2): 121-127.
- [24] LIU F, CHENG J J, JIANG T, SU W, XU S. Selectiveness of *Cnaphalocrocis medinalis* to host plants. *Rice Science*, 2012, 19(1): 49-54.
- [25] ANDOW D A. Population dynamics of an insect herbivore in simple and diverse habitat. *Ecology*, 1990, 71(3): 1006-1017.
- [26] COLL M, BOTTRELL D. Effect of nonhost plants on an insect herbivore in diverse habitats. *Ecology*, 1994, 75(3): 723-731.
- [27] LANDIS D A, WRATTEN S D, GURR G M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*, 2000, 45: 175-201.
- [28] 黄建华. 稻田周围植物上鳞翅目昆虫卵寄生蜂调查. 福建农林大学学报, 1990(3): 289-294.
- HUANG J H. A survey on the egg parasitoids of Lepidopterous insects on weeds and others around the rice field. *Journal of Fujian Agricultural College*, 1990(3): 289-294. (in Chinese)

(责任编辑 岳梅)