应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2019, 56(6): 1370–1381. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2019.150

多年生水稻田主要害虫、天敌消长规律及时间生态位分析*

羊绍武** 张晓明 郭海业 杜春泽 全运筹 傅 杨*** 陈国华***

（云南农业大学植物保护学院，云南生物资源保护与利用国家重点实验室，昆明 650201）

摘 要 **【目的】** 为了明确多年生水稻田间主要害虫、天敌种群发生及为害情况，分析主要害虫与天敌在时间生态位上的关系，为多年生水稻害虫防治提供科学依据。**【方法】** 通过扫网法、盘拍法、目测法以及诱集法，采取 5 点取样调查记录云南省不同稻区多年生水稻田间害虫、天敌种类和数量。**【结果】** 一季稻区多年生水稻第一季田间主要害虫为稻飞虱、钻蛀性螟虫（主要为二化螟 *Chilo suppressalis* 和三化螟 *Scirpophaga incertulas*）和稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis*，主要天敌为紫黑长角沼蝇 *Sepedon sphegeus*、华丽肖蛸 *Tetragnatha nitens* 和青纹丝蟌 *Indolestes cyaneus*；第二季田间主要害虫为稻飞虱和稻纵卷叶螟，主要天敌为紫黑长角沼蝇和黑肩绿盲蝽 *Cyrtorrhinus livdipennis*。二季稻区多年生水稻第三季与第四季田间主要害虫均为稻纵卷叶螟，主要天敌均为紫黑长角沼蝇和黑肩绿盲蝽。不同种植季的多年生水稻以及不同稻区的多年生水稻田间主要害虫与天敌的种类和消长规律有差异。一季稻区多年生水稻第二季田间稻飞虱与稻纵卷叶螟为害比第一季更严重；二季稻区多年生水稻第三季田间稻纵卷叶螟为害比第四季严重。一季稻区和二季稻区的多年生水稻田间均以稻纵卷叶螟的时间生态位宽度值较大，其在多年生水稻田间出现时间早，发生时间长；稻飞虱的生态位宽度值较小，发生较集中，青纹丝蟌、华丽肖蛸和黑肩绿盲蝽是控制稻飞虱的主要天敌。**【结论】** 不同稻区的多年生水稻田间主要害虫和天敌的种类不同。一季稻区多年生水稻第二季受害虫为害更为严重；二季稻区多年生水稻第三季受害虫为害更为严重。在多年生水稻田间，青纹丝蟌、华丽肖蛸和黑肩绿盲蝽是控制稻飞虱的主要天敌，在农事操作时应注意加强对这些天敌的保护，以增强多年生水稻田的天敌自然控害功能。

关键词 多年生水稻；主要害虫；主要天敌；消长规律；时间生态位

Dynamics and temporal niches of major pest insects and their natural enemies in perennial rice fields

YANG Shao-Wu** ZHANG Xiao-Ming GUO Hai-Ye DU Chun-Ze
QUAN Yun-Chou FU Yang*** CHEN Guo-Hua***

(College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, National Key Laboratory for Conservation and Utilization of Biological Resources in Yunnan, Kunming 650201, China)

Abstract **[Objectives]** To clarify the occurrence of the main pest insects and their natural enemies in perennial rice fields, analyze the temporal relationships between these pests and their natural enemies, and provide a scientific basis for controlling pests of perennial rice crops. **[Methods]** The five point sampling method, incorporating sweep sampling, plate beating, visual inspection and trapping, was used to record the number of insects in perennial and conventional rice fields in two different rice planting areas in Yunnan Province. **[Results]** In the first growing season of conventional rice crops, the main pest insects were the rice planthopper *Chilo suppressalis*, *Tryporyza incertulas* and *Cnaphalocrocis medinalis*, and their main

*资助项目 Supported projects：云南省科技计划项目（2016BB001）；云南大学服务云南行动计划项目（2016ZD03）；国家重点研发计划（2018YFD0200300）

**第一作者 First author，E-mail：yangshaowu910@126.com

***共同通讯作者 Co-corresponding authors，E-mail：chenghkm@126.com；fuyangkm@163.com

收稿日期 Received：2018-10-26；接受日期 Accepted：2018-09-10

predators were *Sepedon sphegeus*, *Tetragnatha nitens* and *Indolestes cyaneus*. However, in the second growing season, the main pest insects were the rice planthopper and *C. medinalis*, and the main predators were *S. sphegeus* and *Cyrtorrhinus livdipennis*. In perennial rice crops, the main pest was *C. medinalis* and the main predators were *S. sphegeus* and *C. livdipennis*, both of which also occurred in the third and the fourth growing seasons. The species and dynamics of pest insects and their natural predators differed during different growing seasons in the two planting areas. The abundance of the rice planthopper, and the percentage damage caused by *C. medinalis*, were higher in the second than in the first growing season in conventional rice crops, and the percentage damage caused by *C. medinalis* was higher in the third than in the fourth growing season in perennial rice crops. The temporal niche of *C. medinalis* in the two different planting areas was larger than that of other pests; it appeared earlier and persisted longer than other pest insects in perennial rice fields. The rice planthopper had a smaller temporal niche and a briefer period of occurrence than other pest insects. Its main natural enemies were *T. nitens*, *I. cyaneus*and *C. livdipennis*. **[Conclusion]** The main pest insects and their natural enemies in perennial rice fields differed between two different rice planting areas. There was higher pest abundance and crop damage in the second than in the first growing season in conventional rice crops, but in perennial rice crops there were more pests and more crop damage in the third than in the fourth growing season. In perennial rice crops, *Tetragnatha nitens*, *I. cyaneus*and *C. livdipennis* were the main natural enemies of pest insects. Greater emphasis should be placed on protecting the natural predators of pest insects as a means of reducing crop damage in perennial rice fields.

Key words　perennial rice; main pest insects; main natural enemies; population dynamics, temporal niche

水稻是云南省主要粮食作物之一。作为我国乃至亚洲地区最早的稻作起源中心之一（高立士，1999），云南省水稻种植面积已达 100 多万 hm^2，居于西部第二的位置（杨继荣，2014）。云南省的水稻种植面积还在不断扩大，产量也在持续增加，水稻生产为云南省带来了良好的经济效益，有力推动了云南的经济发展（李永平和唐卿雁，2006；赵家林，2017）。

稻田生态系统昆虫种类繁多，是一个以水稻为中心的多种害虫、天敌、中性昆虫共存的复杂网络，天敌昆虫是其中重要组成部分，是影响害虫种群数量的重要生物因子（张文庆和张古忍，1996；郝树广等，2000）。在稻田昆虫群落中，各物种占据着各自的生态位，生态位宽度指数与生态位重叠指数反应出群落中各物种对资源的利用程度（Franco *et al.*，2009；Sidorovich *et al.*，2010）。周浩东等（2010）在褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 与白背飞虱 *Sogatella furcifera* 与主要天敌时间生态位研究中指出，在不同类型的稻田生态系统中，蜘蛛的生态位宽度最大，且蜘蛛与稻飞虱的生态位重叠指数也较大。天敌与害虫的时间生态位重叠指数越大，则天敌与害虫在时间上相遇的概率越大，天敌对害虫的控制作用也就越强（肖厚贞和方佳，2007；陈洪凡和黄建华，2015）。王智等（2002）在稻田蜘蛛优势种和目标害虫的时间生态位研究中指出，稻田蜘蛛与飞虱等害虫的生态位重叠指数较大，是控制此类害虫的主要力量。因此，研究水稻田间主要害虫和天敌的种群动态以及它们在时间上的相互作用关系，对有效利用自然天敌、控制害虫、协调生物防治与化学防治的矛盾以及切实有效进行综合治理具有重要意义。

多年生水稻是一种生长周期年复一年，一次种植可连续多年收获的水稻（陈大洲和肖叶青，2003）。与常规水稻不同，其冬季留桩的种植模式改变了稻田的生态环境。环境的改变会对昆虫的消长规律及相互关系产生影响，本研究针对多年生稻田的生态环境，对其田间主要害虫、天敌的种类及种群动态进行了系统调查，分析主要害虫与天敌在时间生态位上的关系，以期为多年生水稻在生产实践中害虫的综合治理提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

1.1.1　水稻品种　多年生水稻：PR23，由云南大学农学院胡凤益研究员培育，并提供种子；常规水稻选用当地大面积种植品种，一季稻区的常

规水稻：红香软 7 号；二季稻区的常规水稻：滇屯 502。

1.1.2 调查工具 捕虫网：网口直径 35 cm，网深 60 cm，网柄可伸缩；白瓷盘：规格为 30 cm×20 cm×3 cm；黄板：规格为 20 cm×23 cm；黄盘：盘口为 23 cm×20 cm 的椭圆，底部为半径 10 cm 的圆，高 5 cm；糖醋酒液诱集瓶：开口为边长 16 cm 的正方形，高 24 cm 的塑料瓶，质量比为水：醋：糖：酒=4：3：2：1。

1.2 样地概况

1.2.1 一季稻区 试验区位于云南省文山州文山市茂地村，海拔 1 237 m，试验区水稻面积 1 275 m^2。平均分为 8 个小区，分别种植多年生水稻和常规水稻，每种水稻品种设置 4 个重复小区，小区间随机排列。多年生水稻（第一季）和当年常规水稻均于 2016 年 6 月 1 日移栽，2016 年 10 月 8 日收获；多年生水稻（第二季）于 2017 年 5 月 12 日灌水，常规水稻于 2017 年 6 月 2 日移栽，2017 年 10 月 9 日同时收获。耕作及农事管理同当地常规操作。

1.2.2 二季稻区 试验小区位于云南省西双版纳州勐海县曼根村，海拔 1 178 m，试验区水稻面积 1 980 m^2。平均分为 8 个小区，分别种植多年生水稻和常规水稻，每种水稻品种设置 4 个重复小区，小区间随机排列。多年生水稻（第三季）于 2017 年 2 月上旬灌水，当季常规水稻于 2017 年 3 月 1 日移栽，两种水稻均于 2017 年 6 月下旬收割；多年生水稻（第四季）于 2017 年 8 月中旬灌水，当季常规水稻于 2017 年 8 月下旬移栽，2017 年 11 月底同时收获。耕作及农事管理同当地常规操作。

1.3 调查方法

一季稻区田间系统调查于 2016 年与 2017 年的 6-10 月进行，二季稻区田间系统调查于 2017 年 2-11 月进行，多年生水稻田和常规水稻田同时进行调查，每 10 d 调查 1 次。每个小区采用对角线 5 点取样法，每小区各取 5 样点。每样点用捕虫网在稻丛中扫 10 网（捕虫网来回挥动 1 次视为 1 网），记录网捕到的昆虫种类及数量；每样点随机选取 5 丛水稻，将放有加入少量洗洁精水的白瓷盘（长×宽×高=30 cm×20 cm×5 cm）置于水稻丛中下部，用手拍稻丛 5 次，记录瓷盘中收集到的昆虫种类及数量。每点随机选取 5 丛水稻，每点用肉眼观察，记录水稻植株上的昆虫种类、数量，记录受稻纵卷叶螟、钻蛀性螟虫为害的稻株数，同时记录水稻的分蘖数。诱集方法于每个小区各设置 1 个糖醋酒液诱集瓶，两张黄板和两个黄盘。糖醋酒液放置于小区中央，黄板和黄盘以对角线的方法放置于样地近外缘角，各诱集方式悬挂高度随水稻生长而升高（张晓明等，2009；林源，2013）。

1.4 数据统计及分析方法

种群优势度以相对密度来表示（高月波等，2014）：

$$\text{优势度}=\frac{\text{某种物种个体数量}}{\text{该类群（天敌或害虫）全部个体数量}}$$

生态位相关指数计算参考 Levins、Hurlbert 提出的公式（Jameson，1969；Hurlbert，1978；王明等，2017）

1）生态位宽度：

$$B=\frac{1/\sum_{i=1}^{n}p_i^2-1}{S-1}$$

式中，P_i 为在一个资源集合中，物种在第 i 个单元中所占比例，S 为资源集合中的总单元数。

2）生态位重叠计算：

$$a_{ij}=\sum_{h=1}^{n}P_{ih}P_{jh}\left(B_i\right)$$

式中，P_{ih} 和 P_{jh} 为第 i 和第 j 个物种在第 h 个单元的比例，B_i 为第 i 种的生态位宽度。

3）生态位相似性比例：

$$PS=1-\frac{1}{2}\sum_{h=1}^{n}\left|P_{ih}-P_{jh}\right|$$

式中，P_{ih}、P_{jh} 为在资源单元 h 中，物种 i 和物种 j 所占的比例。

主要害虫、天敌优势度的差异显著性检验采用 Duncan's 新复极差法（P=0.05），优势度及生

态位相关指数均采用 DPS7.5 进行处理分析，主要害虫与天敌的种群动态采用 Excel 2010 软件绘图。

2　结果与分析

2.1　多年生水稻及常规水稻田主要害虫、天敌种类

一季稻区多年生水稻与常规水稻田中主要害虫、天敌种类及优势度如表 1 所示。多年生水稻第一季与对应常规水稻田间主要害虫均为稻飞虱、钻蛀性螟虫和稻纵卷叶螟，各主要害虫在不同水稻田间的优势度无显著差异（稻飞虱：$F_{1,7}$=1.200 0，P =0.315 3；钻蛀性螟虫：$F_{1,7}$=1.744 0，P=0.234 7；稻纵卷叶螟：$F_{1,7}$=0.033 0，P =0.869 1）。多年生水稻第二季与对应常规水稻田间稻飞虱优势度相较于第一季上升明显（多年生水稻：$F_{1,7}$=139.636 0，P=0.000 1；常规水稻：$F_{1,7}$= 132.790 0，P=0.000 1）；多年生水稻第二季田间钻蛀性螟虫优势度较第一季下降明显（$F_{1,7}$= 27.237 0，P=0.002 0）；稻纵卷叶螟优势度与第一季相比差异不显著（$F_{1,7}$= 3.716 0，P= 0.102 2），常规水稻田间钻蛀性螟虫和稻纵卷叶螟优势度值无显著变化（钻蛀性螟虫：$F_{1,7}$=0.000 1，P=0.999 8；稻纵卷叶螟：$F_{1,7}$=0.200 0，P=0.670 4）。

多年生水稻第一季与对应常规水稻田间主要天敌均为紫黑长角沼蝇、青纹丝蟌与华丽肖蛸，各主要天敌在不同水稻田间的优势度值无显著差异（紫黑长角沼蝇：$F_{1,7}$=0.300 0，P=0.603 6；青纹丝蟌：$F_{1,7}$=6.857 0，P=0.039 7；华丽肖蛸：$F_{1,7}$=2.182 0，P=0.190 1）。多年生水稻第二季田间紫黑长角沼蝇优势度值与第一季相比无明显变化（$F_{1,7}$=1.200 0，P=0.315 3）；青纹丝蟌与华丽肖蛸的优势度值显著降低，均低于 0.10（青纹丝蟌：$F_{1,7}$=42.187 0，P=0.000 6；华丽肖蛸：$F_{1,7}$=116.500 0，P=0.000 1）。多年生水稻第一季与对应常规水稻田间黑肩绿盲蝽的优势度较低，分别为 0.07 和 0.04，在第二季田间上升明显，分别上升至 0.11 和 0.15（多年生水稻：$F_{1,7}$=6.857 0，P=0.039 7；常规水稻：$F_{1,7}$=45.374 5，P=0.000 5）。

二季稻区多年生水稻与常规水稻田中主要害虫、天敌种类及优势度如表 2 所示。多年生水稻第三季与对应常规水稻田间主要害虫均为稻纵卷叶螟，其在不同水稻田间的优势度分别为

表 1　一季稻区多年生水稻及常规水稻田主要害虫、天敌优势度

Table 1　Dominance of main pest insects and its natural enemies in perennial rice and conventional rice field in the single-season-harvest rice planting area

	科 Family	种 Species	优势度 Dominance			
			F	H_1	S	H_2
主要害虫 Main pest insects	飞虱科 Delphacidae	褐飞虱 *Nilaparvata lugens* Stål	0.26	0.25	0.58	0.40
		白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horváth)				
	螟蛾科 Pyralidae	二化螟 *Chilo suppressalis* Walker	0.12	0.13	0.02	0.13
		三化螟 *Scirpophaga Incertulas* Walker				
		稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée	0.12	0.12	0.16	0.12
主要天敌 Main natural enemies	沼蝇科 Sciomyzidae	紫黑长角沼蝇 *Sepedon sphegeus* Fabricius	0.14	0.15	0.13	0.13
	蟌科 Coenagrionidae	青纹丝蟌 *Indolestes cyaneus* Selys	0.24	0.28	0.09	0.07
	肖蛸科 Tetragnathidae	华丽肖蛸 *Tetragnatha nitens* Auidouin	0.26	0.24	0.01	0.07
	盲蝽科 Miridae	黑肩绿盲蝽 *Cyrtorrhinus livdipennis* Reuter	0.07	0.04	0.11	0.15

F：多年生水稻第一季；S：多年生水稻第二季；H_1：一季稻区 2016 年常规水稻；H_2：一季稻区 2017 年常规水稻。下表同。

F: The first growing season of perennial rice; S: The second growing season of perennial rice; H_1: Conventional rice in 2016 in the single-season-harvest rice area; H_2: Conventional rice in 2017 in the single-season-harvest rice area. The same below.

表 2 二季稻区多年生水稻及常规水稻田主要害虫、天敌种类及优势度

Table 2 Dominance of main pest insects and its natural enemies in perennial rice and conventional rice field in the double cropping rice planting area

	科 Family	种 Species	优势度 Dominance			
			T	D_3	F*	D_4
主要害虫 Main pest insects	螟蛾科 Pyralidae	稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée	0.44	0.46	0.21	0.26
主要天敌 Main natural enemies	沼蝇科 Sciomyzidae	紫黑长角沼蝇 *Sepedon sphegeus* Fabricius	0.12	0.13	0.14	0.13
	盲蝽科 Miridae	黑肩绿盲蝽 *Cyrtorrhinus livdipennis* Reuter	0.14	0.15	0.13	0.12

T：多年生水稻第三季；F*：多年生水稻第四季；D_3：二季稻区常规水稻（2017 年 2 月至 6 月）；D_4：二季稻区常规水稻（2017 年 8 月至 11 月）。下表同。

T: The third growing season of perennial rice; F*: The fourth growing season of perennial rice; H_3: Conventional rice from February to June in 2017 in the double cropping rice area; H_4: Conventional rice from August to November in 2017 in the double cropping rice area. The same below.

0.44 和 0.46；多年生水稻第四季与对应常规水稻田间稻纵卷叶螟优势度相较于第三季下降明显（多年生水稻：$F_{1,7}$=211.600 0，P=0.000 1；常规水稻：$F_{1,7}$=64.865 0，P=0.000 2），分别降至 0.21 和 0.26。二季稻区多年生水稻（第三季与第四季）田间主要天敌均为紫黑长角沼蝇和黑肩绿盲蝽，其在不同生长季的多年生水稻田间的优势度差别不明显（紫黑长角沼蝇：$F_{1,7}$=3.429 0，P=0.113 5；黑肩绿盲蝽：$F_{1,7}$=0.600 0，P=0.468 0）。

2.2 多年生水稻及常规水稻田间主要害虫、天敌种群动态

2.2.1 一季稻区多年生水稻及常规水稻田主要害虫发生消长规律 多年生水稻与常规水稻田间钻蛀性螟虫发生为害趋势基本一致，且为害率差别较小。7 月上旬，田间钻蛀性螟虫开始为害，至 8 月上旬均保持较低水平。8 月上旬之后，两种水稻田间钻蛀性螟虫的为害率急剧上升，常规水稻在 8 月 22 日达到峰值，为害率为 8.52%，钻蛀性螟虫对多年生水稻的为害率峰值较常规水稻晚 11 d 达到峰值，为害率为 6.67%。8 月底至水稻成熟，钻蛀性螟虫的为害率下降至 3.5% 左右（图 1）。8 月底至 9 月中旬即多年生水稻抽穗期至乳熟期为钻蛀性螟虫主要为害时期。

多年生水稻（第一季、第二季）与常规水稻田间稻纵卷叶螟发生为害趋势基本一致，且在多年生水稻第一季田间稻纵卷叶螟的为害率与常规水稻差别较小，在第二季田间的为害率明显高于常规水稻。水稻分蘖期（2016 年 7 月上旬和 2017 年 6 月中旬），田间稻纵卷叶螟发生为害，之后其为害率逐渐上升，且第二季稻纵卷叶螟为害率上升较第一季快。8 月中下旬其为害率达到峰值，此时多年生水稻第一季与对应常规水稻田间为害率分别为 6.19%和 7.16%；多年生水稻第二季与对应常规水稻田间为害率分别为 13.52% 和 7.78%，多年生水稻第二季稻纵卷叶螟为害率明显高于第一季和常规水稻田（图 1）。不同种植季的多年生水稻田间稻纵卷叶螟主要为害期均为水稻抽穗期至乳熟期，其在第二季田间为害更严重。

多年生水稻（第一季、第二季）与常规水稻田间稻飞虱种群动态趋势基本一致，且多年生水稻田间稻飞虱种群数量高于对应常规水稻田。多年生水稻第一季与第二季，稻飞虱于 6 月上旬开始发生，7 月初，其种群数量迅速上升，7 月中旬达到发生最高峰。7 月中旬，多年生水稻第一季与对应常规水稻田间稻飞虱种群数量急剧下降，至水稻成熟，田间稻飞虱种群数量均维持在较低水平；而多年生水稻第二季与对应常规水稻田间稻飞虱种群数量 7 月中旬下降至 7 月底后开始回升，并于 8 月中旬达到第二个高峰之后，稻飞虱种群数量急剧下降，直至水稻收割（图 2）。多年生水稻第一季田间稻飞虱主要发生期为分蘖期至孕穗期，第二季为拔节期至扬花期。

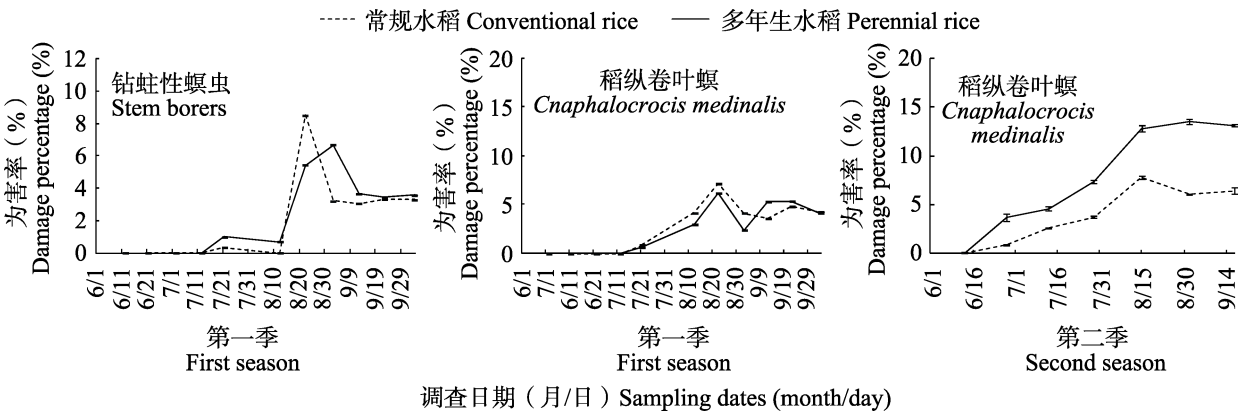

图 1　一季稻区多年生水稻及常规水稻田稻纵卷叶螟及钻蛀性螟虫发生规律

Fig. 1　Dynamics of *Cnaphalocrocis medinalis* and stem borers in perennial and conventional rice field in the single-season-harvest rice planting area

图中数据为平均数±标准误。图 2-图 6 相同。

Data are mean±SE. The same as Fig. 2-Fig.6.

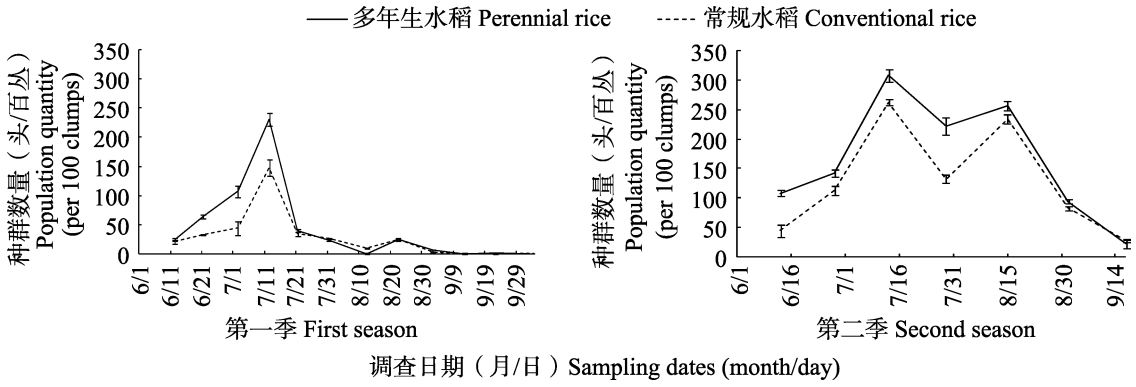

图 2　一季稻区多年生水稻及常规水稻田稻飞虱发生规律

Fig. 2　Dynamics of rice planthopper in perennial and conventional rice field in the single-season-harvest rice planting area

2.2.2　一季稻区多年生水稻及常规水稻田主要天敌种群动态　多年生水稻与常规水稻田间华丽肖蛸种群动态趋势基本一致，在其发生高峰时，其多年生水稻田的种群数量明显高于常规水稻。6 月中旬，华丽肖蛸种群数量迅速增加，多年生水稻田间华丽肖蛸种群数量略高于常规水稻；7 月初至 8 月初，常规水稻田间华丽肖蛸种群数量出现小幅波动，但均维持在较高水平，多年生水稻田间其种群数量在 7 月初和 8 月初出现两个峰值，种群数量明显高于常规水稻；至 8 月中旬，其种群数量在两种水稻田间均明显降低，直至水稻收割，其种群数量趋近于 0（图 3）。7 月上旬至 8 月上旬即多年生水稻拔节期至扬花期为华丽肖蛸主要发生期。

多年生水稻与常规水稻田间青纹丝蟌种群动态趋势基本一致，且其种群数量在两种水稻田间差别较小。6 月中旬至 7 月初，两种水稻田间青纹丝蟌的种群数量都维持在较低的水平；7 月上中旬，其种群数量急剧上升，至 7 月 21 日达到峰值，常规水稻达 71 头/百丛，多年生水稻达 48 头/百丛。之后其种群数量急剧下降，至 8 月底略有回升，之后两种水稻田间其种群数量保持稳定（图 3）。7 月中旬至 8 月底即多年生水稻孕穗期至灌浆期为青纹丝蟌主要发生期。

多年生水稻与常规水稻田间紫黑长角沼蝇种群动态趋势基本一致，且其种群数量在两种水稻田间差别较小。常规水稻田间紫黑长角沼蝇种群数量持续上升至 9 月 12 日达到峰值，达 31 头/百丛，而多年生水稻田间紫黑长角沼蝇种群数量在 7 月下旬和 8 月下旬明显下降，之后上升至 9

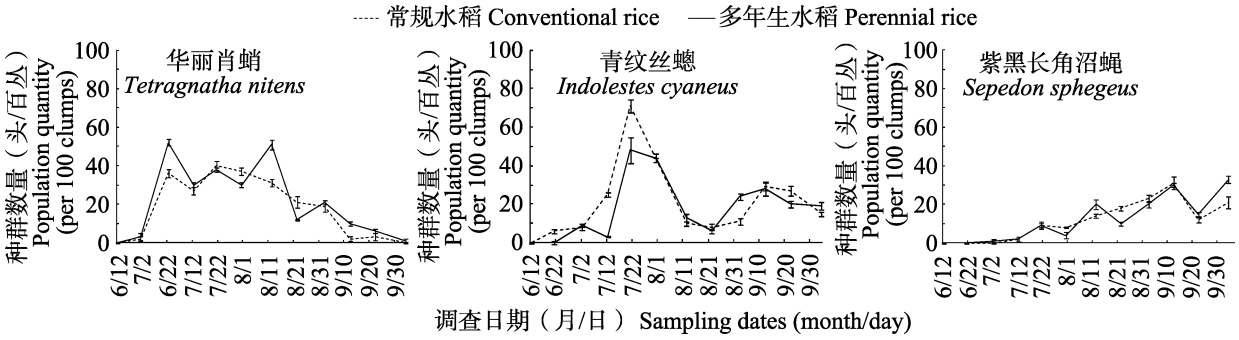

图 3 一季稻区多年生水稻（第一季）及常规水稻田主要天敌种群动态

Fig. 3 Dynamics of main natural enemies in perennial (the first season) and conventional rice field in the single-season-harvest rice planting area

月 12 日达到峰值，达 30 头/百丛。9 月中旬，其种群数量在两种水稻田间明显下降，9 月下旬开始回升，直至水稻收割（图 3）。8 月中旬至 9 月中旬即多年生水稻乳熟期至蜡熟期为紫黑长角沼蝇主要发生时期。

多年生水稻与常规水稻田间紫黑长角沼蝇、黑肩绿盲蝽的种群动态基本一致，两种天敌在不同水稻以及不同种植季的多年生水稻田间的种群数量一直处于不断上升的状态，且两种天敌在多年生水稻田间的种群数量均高于常规水稻田（图 4）。7 月底至 8 月底即多年生水稻孕穗期至乳熟期为紫黑长角沼蝇和黑肩绿盲蝽主要发生期。

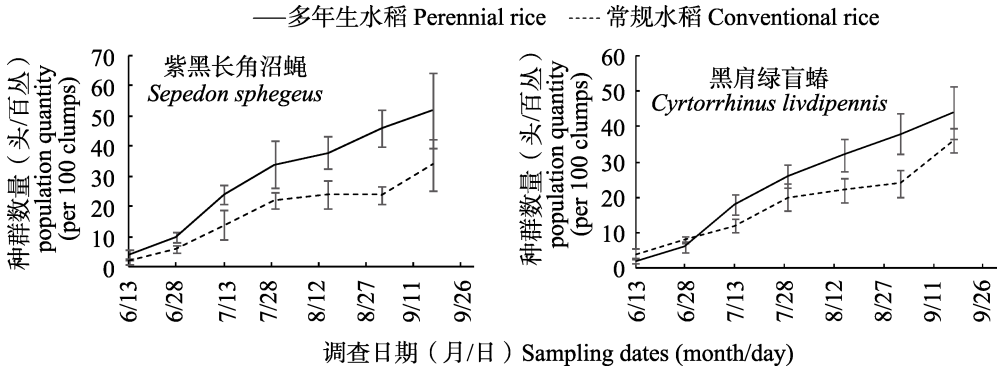

图 4 一季稻区多年生水稻（第二季）及常规水稻田主要天敌种群动态

Fig. 4 Dynamics of main natural enemies in perennial (the second season) and conventional rice field in the single-season-harvest rice planting area

2.2.3 二季稻区多年生水稻及常规水稻田主要害虫发生消长规律 多年生水稻（第三季、第四季）与常规水稻田间稻纵卷叶螟种群动态基本一致，且其种群数量在两种水稻田间差别较小。多年生水稻第三季与第四季的分蘖期（2 月底和 8 月底），田间始见稻纵卷叶螟成虫，之后其种群数量保持缓慢增长；至抽穗期（4 月底和 9 月初），多年生水稻及常规水稻田稻纵卷叶螟种群数量急剧增长，至扬花期（5 月初和 10 月初）达到峰值，此时多年生水稻第三季及对应常规水稻田间稻纵卷叶螟种群数量分别为 198 头/百丛和 180 头/百丛，第四季及对应常规水稻田间稻纵卷叶螟种群数量分别为 138 头/百丛和 112 头/百丛，之后其种群数量开始下降，直至水稻收割（图 5）。不同种植季的多年生水稻田间稻纵卷叶螟主要发生期均为抽穗期至乳熟期。

2.2.4 二季稻区多年生水稻及常规水稻田主要天敌种群动态 多年生水稻（第三季、第四季）与对应常规水稻田间紫黑长角沼蝇种群动态基本一致，且多年生水稻田间紫黑长角沼蝇的种群数量高于常规水稻田。多年生水稻拔节期（2 月中旬和 8 月底），田间紫黑长角沼蝇种群数量开

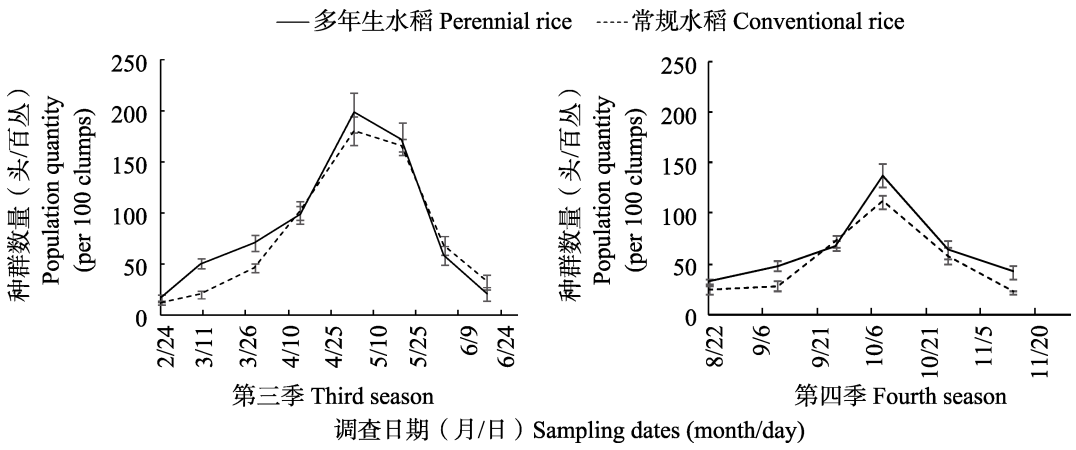

图 5　二季稻区多年生水稻及常规水稻田间主要害虫种群动态

Fig. 5　Dynamics of main pest insects in perennial and conventional rice field in the double cropping rice planting area

始逐渐上升。至拔节期（4 月中旬和 9 月初），其种群数量在不同水稻田间趋于平缓。多年生水稻第三季及对应常规水稻田间紫黑长角沼蝇的种群数量至 6 月初出现下降趋势；而多年生水稻第四季田间其种群数量于 9 月底急剧增长，至 10 月初达到最大值，之后其种群数量开始明显下降，直至水稻收割（图 6）。多年生水稻第三季和对应常规水稻田间紫黑长角沼蝇主要发生期为拔节期至扬花期，多年生水稻第四季和对应常规水稻田间紫黑长角沼蝇主要发生期为抽穗期至乳熟期。

多年生水稻（第三季和第四季）与对应常规水稻田间黑肩绿盲蝽种群动态基本一致，且其在多年生水稻第三季田间的种群数量明显高于常规水稻，在第四季田间差别较小。多年生水稻拔节期（2 月底和 8 月底），两种水稻田间黑肩绿盲蝽种群数量较低。至孕穗期（3 月中旬和 9 月中旬），其在两种水稻田间的种群数量明显上升，至灌浆期（5 月上旬和 10 月上旬）达最高水平，此时多年生水稻第三季田间黑肩绿盲蝽种群数量高于第四季。至乳熟期（5 月底和 10 月中旬），其种群数量开始明显下降，直至水稻收割（图 6）。

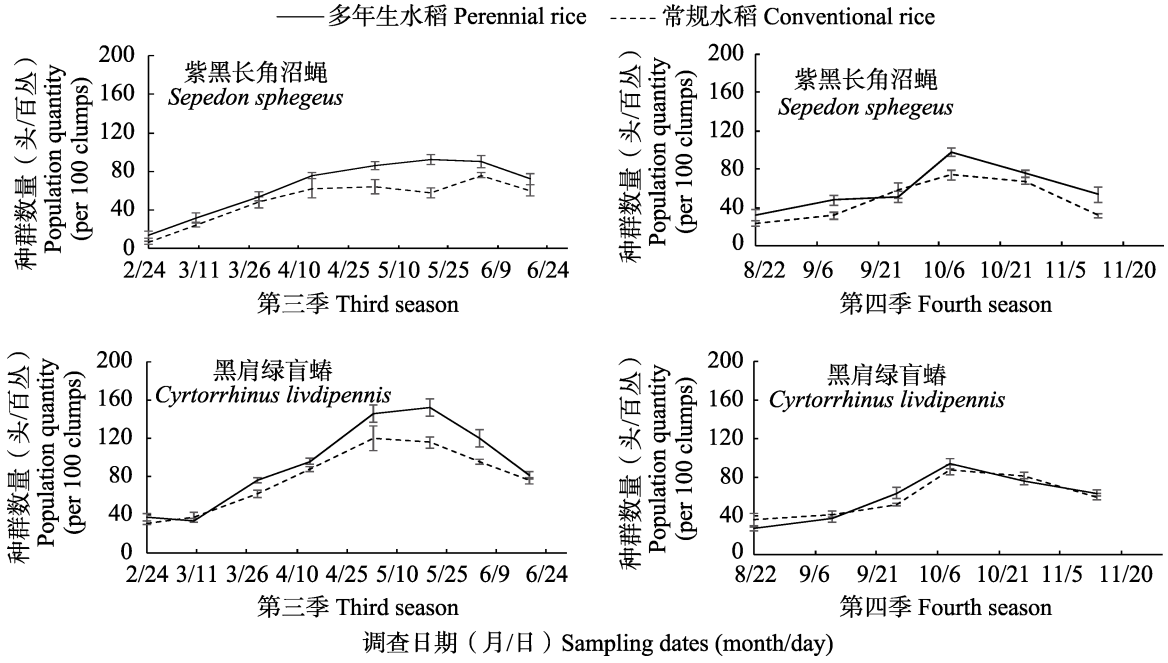

图 6　二季稻区多年生水稻及常规水稻田主要天敌种群动态

Fig. 6　Dynamics of main natural enemies in perennial and conventional rice field in the double cropping rice planting area

多年生水稻第三季和对应常规水稻田间黑肩绿盲蝽主要发生期为拔节期至扬花期，多年生水稻第四季和对应常规水稻田间黑肩绿盲蝽主要发生期为抽穗期至乳熟期。

2.3 多年生水稻及常规水稻田间主要害虫和天敌的时间生态位分析

2.3.1 一季稻区多年生水稻及常规水稻田主要害虫和天敌的时间生态位分析 一季稻区多年生水稻与常规水稻田间主要害虫和天敌的时间生态位分析如表 3 和表 4 所示。多年生水稻第一季田间主要害虫和天敌在时间维度上生态位宽度的顺序为：稻纵卷叶螟（0.720 9）＞青纹丝蟌（0.653 4）＞钻蛀性螟虫（0.640 3）＞紫黑长角沼蝇（0.605 3）＞华丽肖蛸（0.595 2）＞稻飞虱（0.348 7）；对应常规水稻田间生态位宽度的顺序为：稻纵卷叶螟（0.802 8）＞紫黑长角沼蝇（0.742 5）＞华丽肖蛸（0.668 4）＞青纹丝蟌（0.560 2）＞钻蛀性螟虫（0.543 4）＞稻飞虱（0.409 1）。多年生水稻第二季田间生态位宽度的顺序为：稻纵卷叶螟（0.748 9）＞稻飞虱（0.604 1）＞紫黑长角沼蝇（0.622 2）＞黑肩绿盲蝽（0.617 0）；对应常规水稻田间生态位宽度的顺序为：稻纵卷叶螟（0.801 2）＞紫黑长角沼蝇（0.667 2）＞黑肩绿盲蝽（0.641 3）＞稻飞虱（0.591 5）。无论是多年生水稻还是常规水稻，其田间均为稻纵卷叶螟的生态位宽度值较大，说明其在水稻田间发生时间较长，对时间资源的利用长；稻飞虱的生态位宽度值较小，说明其在水稻田间发生时间较为集中。

表 3 一季稻区多年生水稻（第一季）及常规水稻田主要害虫和天敌时间生态位指数

Table 3 Temporal niche parameter of main pest insects and its natural enemies in perennial rice (the first season) and conventional rice field in the single-season-harvest rice planting area

昆虫种类 Species	RP		*Cm*		SB		*Ic*		*Tn*		*Ss*	
	F	H_1	F	H_1	F	H_1	F	H_1	F	H_1	F	H_1
RP	0.348 7	0.409 1	0.113 7	0.201 9	0.121 5	0.192 6	0.220 1	0.473 1	0.517 9	0.544 1	0.172 4	0.248 1
Cm	0.072 2	0.157 5	0.720 9	0.802 8	0.800 9	0.797 9	0.540 6	0.486 7	0.356 3	0.432 0	0.755 9	0.681 6
SB	0.080 8	0.136 8	0.872 7	0.904 1	0.640 3	0.543 4	0.541 3	0.386 4	0.284 8	0.237 1	0.689 9	0.681 6
Ic	0.225 9	0.496 3	0.579 2	0.496 0	0.587 4	0.350 5	0.653 4	0.560 2	0.562 2	0.630 4	0.651 9	0.513 2
Tn	0.593 4	0.647 6	0.380 6	0.491 5	0.354 1	0.320 8	0.682 0	0.769 0	0.595 2	0.668 4	0.446 9	0.445 6
Ss	0.092 6	0.169 2	0.863 7	0.894 7	0.813 2	0.779 5	0.689 5	0.602 6	0.468 1	0.477 1	0.605 3	0.742 5

RP：稻飞虱；*Cm*：稻纵卷叶螟；SB：钻蛀性螟虫；*Ic*：青纹丝蟌；*Tn*：华丽肖蛸；*Ss*：紫黑长角沼蝇。对角线数据为生态位宽度指数，对角线以下为生态位重叠指数，以上为生态位相似性比例指数。下表同。

RP: Rice planthopper; *Cm*: *Cnaphalocrocis medinalis*; SB: Stem borers; *Ic*: *Indolestes cyaneus*; *Tn*: *Tetragnatha nitens*; *Ss*: *Sepedon sphegeus*. Values on main diagonal are niche breadth parameter, values under the main diagonal are niche overlap parameter, values above the main diagonal are niche resemble proportion parameter. The same below.

表 4 一季稻区多年生水稻（第二季）及常规水稻主要害虫和天敌时间生态位指数

Table 4 Temporal niche parameter of main pest insects and its natural enemies in perennial rice (the second season) and conventional rice field in the single-season-harvest rice planting area

昆虫种类 Species	RP		*Cm*		*Cl*		*Ss*	
	S	H_2	S	H_2	S	H_2	S	H_2
RP	0.604 1	0.591 5	0.107 3	0.145 6	0.606 7	0.635 8	0.229 5	0.235 8
Cm	0.080 9	0.137 1	0.748 9	0.801 2	0.213 9	0.160 2	0.908 0	0.876 0
Cl	0.679 7	0.680 1	0.188 2	0.156 6	0.617 0	0.641 3	0.267 1	0.252 4
Ss	0.149 1	0.154 7	0.985 8	0.968 5	0.298 6	0.296 0	0.622 2	0.667 2

Cl：黑肩绿盲蝽。下表同。

Cl: *Cyrtorrhinus livdipennis*. The same below.

从害虫与天敌的生态位重叠值和相似性比例指数可知，多年生水稻第一季田间华丽肖蛸与稻飞虱，第二季田间黑肩绿盲蝽与稻飞虱以及两季多年生水稻田间紫黑长角沼蝇与稻纵卷叶螟的重叠值和生态位相似性比例均较大。说明它们在时间维度上具有同步性，在时间资源生态位上相似程度高。

2.3.2　二季稻区多年生水稻及常规水稻田主要害虫和天敌的时间生态位分析　二季稻区多年生水稻与常规水稻田间主要害虫和天敌的时间生态位分析如表 5 和表 6 所示。多年生水稻第三季田间主要害虫和天敌的时间生态位宽度的顺序为：紫黑长角沼蝇（0.708 3）＞黑肩绿盲蝽（0.631 0）＞稻纵卷叶螟（0.597 0）；对应常规水稻田间生态位宽度的顺序为：紫黑长角沼蝇（0.747 2）＞黑肩绿盲蝽（0.616 2）＞稻纵卷叶螟（0.568 8）。多年生水稻第四季田间生态位宽度的顺序为：紫黑长角沼蝇（0.858 6）＞稻纵卷叶螟（0.735 4）＞黑肩绿盲蝽（0.665 4）；对应常规水稻田间生态位宽度的顺序为：紫黑长角沼蝇（0.887 6）＞稻纵卷叶螟（0.670 7）＞黑肩绿盲蝽（0.631 1）。不管是多年生水稻还是常规水稻，其田间均为紫黑长角沼蝇的生态位宽度值较大，说明其在水稻田间出现时间早，对时间资源的利用长。

表 5　二季稻区多年生水稻（第三季）及常规水稻田主要害虫和天敌亚群落时间生态位指数

Table 5　Temporal niche parameter of main pest insects and its natural enemies in perennial rice (the third season) and conventional rice field in the double cropping rice planting area

昆虫种类 Species	*Cm*		*Cl*		*Ss*	
	T	D_3	T	D_3	T	D_3
Cm	0.597 0	0.568 8	0.791 1	0.782 2	0.815 2	0.854 1
Cl	0.787 5	0.666 2	0.631 0	0.616 2	0.320 5	0.294 9
Ss	0.933 8	0.938 4	0.387 4	0.277 0	0.708 3	0.747 2

表 6　二季稻区多年生水稻（第四季）及常规水稻主要害虫和天敌亚群落时间生态位指数

Table 6　Temporal niche parameter of main pest insects and its natural enemies in perennial rice (the fourth season) and conventional rice field in the double cropping rice planting area

昆虫种类 Species	*Cm*		*Cl*		*Ss*	
	F*	D_4	F*	D_4	F*	D_4
Cm	0.735 4	0.670 7	0.591 2	0.676 1	0.883 4	0.806 6
Cl	0.673 4	0.627 5	0.665 4	0.631 1	0.442 8	0.322 2
Ss	0.862 3	0.828 8	0.392 5	0.382 2	0.858 6	0.887 6

从害虫与天敌的生态位重叠值和相似性比例指数可知，多年生水稻第三季与第四季和对应常规水稻田间，紫黑长角沼蝇与稻纵卷叶螟的重叠值和相似性比例值均较大。说明它们在时间维度上具有同步性，在时间资源生态位上相似程度高，具明显的跟随现象。

3　结论与讨论

多年生水稻田间主要害虫有稻飞虱、钻蛀性螟虫和稻纵卷叶螟。钟决龙和南天竹（2008）、江峻峰（2011）和廖坚强（2016）等的研究也表明了飞虱、螟虫、稻纵卷叶螟等害虫在水稻种植区为发生面积较大的主要害虫，这与本研究结果一致。一季稻区多年生水稻第一季田间稻飞虱主要发生期为分蘖期至孕穗期。该结果与陈仕高等（2006）对白背飞虱种群田间自然消长动态研究结果表明了白背飞虱主要为害期为水稻分蘖末期至抽穗期结果基本一致。但多年生水稻第二季田间稻飞虱主要发生期为拔节期至扬花期，并且在稻飞虱的各发生时期，第二季田间稻飞虱平均

种群数量均显著高于第一季，说明第二季田间稻飞虱主要发生期较第一季更长，受害更严重。水稻孕穗期至抽穗期是稻纵卷叶螟主要为害时期，该结果与尹艳琼等（2013）在云南稻纵卷叶螟的发生与种群消长特点中指出稻纵卷叶螟为害高峰期为孕穗期至抽穗开花期的结果一致。钻蛀性螟虫为一季稻区多年生水稻第一季田间主要害虫，其在第二季田间为害率较第一季有明显降低，这样的结果可能是由于多年生水稻第二季抽穗不齐，在大部分常规水稻已进入孕穗期时，多年生水稻第二季田间大部分水稻还处于拔节期，错过了钻蛀性螟虫为害的关键时期。

一季稻区多年生水稻第一季田间主要天敌华丽肖蛸与稻飞虱在时间维度上具有同步性，具明显的跟随现象，表明华丽肖蛸对稻飞虱具有较好的控制作用。张娟等（2011）在不同稻菜邻作模式对稻纵卷叶螟、稻飞虱及其捕食性天敌的影响中也指出肖蛸等蜘蛛是水稻田间稻飞虱的主要天敌。根据多年生水稻田间天敌与害虫生态位重叠指数与相似性指数可知，一季稻区多年生水稻第二季以及二季稻区多年生水稻田间主要天敌黑肩绿盲蝽是稻飞虱的主要天敌。此结果与郝树广等（2000）在稻田节肢动物群落优势功能集团的垂直分布、数量动态及天敌作用估计中指出的黑肩绿盲蝽是控制稻飞虱的关键天敌之一的结果相同。钟平生等（2008）在有机稻田白背飞虱种群动态及其天敌作用中也指出，黑肩绿盲蝽是水稻田间稻飞虱的优势种天敌，在捕食性天敌总数中占有较高比例。另外，不管是一季稻区还是二季稻区，多年生水稻田间紫黑长角沼蝇与稻纵卷叶螟的生态位宽度重叠值均较大，且生态位相似性比例较高。但是从紫黑长角沼蝇的食性来看，紫黑长角沼蝇主要以幼虫取食水稻田间锥实螺等软体动物为主，与稻纵卷叶螟等稻螟虫并无捕食关系。张孝羲等（1981）在稻纵卷叶螟的寄生性天敌的初步观察中指出，紫黑长角沼蝇是稻纵卷叶螟的主要天敌稻螟赤眼蜂的重要交替寄主，它的卵是稻螟赤眼蜂寄生率最高的一种寄主，其卵块寄生率可达 98%以上，且出蜂率高。因此，即使紫黑长角沼蝇不是稻纵卷叶螟及钻蛀性螟虫的天敌，但其作为替代寄主，合理控制田间紫黑长角沼蝇的种群数量，也能对稻纵卷叶螟及钻蛀性螟虫的生物防治提供帮助。

多年生水稻田间的天敌对害虫有一定的控制作用，可以依靠害虫和天敌的种群动态以及它们在时间上的相互作用关系来进行生物防治。但在多年生水稻生长中后期，田间主要害虫种群数量处于较高水平，对水稻造成较大为害，此时单一地依靠生物防治无法起到较好的防治效果，应适当施予化学防治等其它防治措施，切实有效进行综合治理，保证水稻生产的产量与品质。

参考文献 (References)

Chen DZ, Xiao YQ, 2003. Research progress of perennial rice breeding. The Founding Conference of the Rice Society of China Crop Society. Hangzhou. 94–95. [陈大洲, 肖叶青, 2003. 多年生水稻育种研究进展. 中国作物学会水稻产业分会成立大会. 杭州. 94–95.]

Chen HF, Huang JH, 2015. Study on time niche of rice planthopper and its natural enemy population under sampling by yellow plate trap method. *Chinese Journal of Environmental Entomology*, 37(2): 258–262. [陈洪凡, 黄建华, 2015. 黄板诱集法取样下稻田稻飞虱及其天敌种群的时间生态位研究. 环境昆虫学报, 37(2): 258–262.]

Chen SG, Zhu MH, Pu ZG, Xie XM, Tian MR, 2006. Natural growth and decline dynamics of white backed planthopper in the field. The Annual Conference of Chinese Society for Plant Protection in 2006. Kunming. 225–230. [陈仕高, 朱明华, 蒲正国, 谢雪梅, 田茂仁, 2006. 白背飞虱种群田间自然消长动态研究. 中国植物保护学会 2006 学术年会. 昆明. 225–230.]

Franco EL, Aguiar CML, Ferreira VS, Oliveirarebouças PLD, 2009. Plant use and niche overlap between the introduced honey bee (*Apis mellifera*) and the native bumblebee (*Bombus atratus*) (Hymenoptera: Apidae) in an area of tropical mountain vegetation in Northeastern Brazil. *Sociobiology*, 53(1): 141–150.

Gao LS, 1999. Dai's long rice culture. *Journal of Kunming Higher Normal College*, 21(1): 72–76. [高立士, 1999. 傣族悠久的稻文化. 昆明师范高等专科学校学报, 21(1): 72–76.]

Gao YB, Shi SS, Sun W, Zhang Q, Zhou JC, Li QY, 2014. Analysis of the temporal niches of dominant species and nutritional relationships within the arthropod community in soybean fields. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(2): 392–399. [高月波, 史树森, 孙嵬, 张强, 周佳春, 李启云, 2014. 大豆田节肢动物群落优势种群时间生态位及营养关系分析. 应用昆虫学报, 51(2): 392–399.]

Hao SG, Zhang XY, Cheng XN, 2000. Vertical distribution,

quantitative dynamics and estimation of natural enemy function of dominant functional groups in arthropod communities in paddy fields. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 11(1): 103–107. [郝树广, 张孝羲, 程遐年, 2000. 稻田节肢动物群落优势功能集团的垂直分布、数量动态及天敌作用估计. 应用生态学报, 11(1): 103–107.]

Hurlbert SH, 1978. The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology*, 59(1): 67–77.

Jiang JF, 2011. Prevention and control of main rice diseases and pests in South China. *Modern Agricultural Science and Technology*, (21): 187, 189. [江峻峰, 2011. 南方水稻主要病虫害的防治. 现代农业科技, (21): 187, 189.]

Jameson DL, 1969. Environmental evolution evolution in Changing environments, some theoretical explorations R. Levins. *Bioscience*, 19(7): 659–660.

Liao JQ, 2016. Main diseases and pests of rice in south China and their control measures. *Southern Agriculture*, (27): 45–46. [廖坚强, 2016. 南方水稻的主要病虫害及防治措施. 南方农业, (27): 45–46.]

Lin Y, 2013. Studies on the dynamics of arthropod communities in middle paddy field. Master thesis. Hefei: Anhui Agriculture University. [林源, 2013. 中稻田节肢动物群落动态研究. 硕士学位论文. 合肥: 安徽农业大学.]

Li YP, Tang QY, 2006. The present situation and prospect of paddy production in Yunnan. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 19(z1): 323–325. [李永平, 唐卿雁, 2006. 云南稻谷生产现状及展望. 西南农业学报, 19(z1): 323–325.]

Sidorovich VE, Polozov AG, Zalewski A, 2010. Food niche variation of European and American mink during the American mink invasion in north-eastern Belarus. *Biological Invasions*, 12(7): 2207–2217.

Wang M, Bao M, Ao TG, Ren LL, Luo YQ, 2017. Population distribution patterns and ecological niches of two *Sirex* species damaging *Pinus sylvestris* var. *mongolica*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 54(6): 924–932. [王明, 保敏, 敖特根, 任利利, 骆有庆, 2017. 两种共同危害樟子松的树蜂的种群分布格局及生态位对比. 应用昆虫学报, 54(6): 924–932.]

Wang Z, Zeng BP, Li WJ, Wang WB, 2002. Study on the time niche of the paddyfield spiders and objective pests. *Hunan Agricultural Sciences*, (2): 28–29. [王智, 曾伯平, 李文健, 王文彬, 2002. 稻田蜘蛛优势种和目标害虫的时间生态位研究. 湖南农业科学, (2): 28–29.]

Xiao HZ, Fang J, 2007. Niche theory and its application prospect in crop diseases and insect pests control. *Acta Tropical Biology*, 13(4): 43–49. [肖厚贞, 方佳, 2007. 生态位理论及其在作物病虫害治理中的应用前景. 热带生物学报, 13(4): 43–49.]

Yang JR, 2014. Current situation and restricting factors of rice planting in Yunnan area. *Agricultural Resources in China*, (8): 38. [杨继荣, 2014. 云南地区水稻种植发展现状及制约因素分析. 中国农资, (8): 38.]

Yin YQ, Zhao XQ, Chen AD, Li XY, Shen HM, Lv JP, 2013. Occurrence and population dynamics of rice leaf roller in Yunnan. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(3): 608–614. [尹艳琼, 赵雪晴, 谌爱东, 李向永, 沈慧梅, 吕建平, 2013. 云南稻纵卷叶螟的发生与种群消长特点. 应用昆虫学报, 50(3): 608–614.]

Zhang J, Liang GW, Zeng L, 2011. Effects of different rice and vegetable cropping patterns on rice leaf roller, rice planthopper and its predatory natural enemies. *Chinese Journal of Ecology*, 30(2): 281–289. [张娟, 梁广文, 曾玲, 2011. 不同稻菜邻作模式对稻纵卷叶螟、稻飞虱及其捕食性天敌的影响. 生态学杂志, 30(2): 281–289.]

Zhang WQ, Zhang GR, 1996. Discussion on the community protection and utilization of natural enemies of farmland. *Acta Phytophylacica Sinica*, 23(4): 363–368. [张文庆, 张古忍, 1996. 保护利用农田天敌的群落问题探讨. 植物保护学报, 23(4): 363–368.]

Zhang XM, Li Q, Chen GH, Yang J, Gao X, Song JX, 2009. Structure and stability of insect communities in *Zanthoxylum bungeanum* garden in different cropping patterns. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 20(8): 1986–1991. [张晓明, 李强, 陈国华, 杨洁, 高鑫, 宋家雄, 2009. 不同种植模式花椒园昆虫群落的结构及稳定性. 应用生态学报, 20(8): 1986–1991.]

Zhang XY, Geng JG, Lu ZQ, 1981. Preliminary observation on parasitic natural enemies of rice leaf roller. *Entomological Knowledge*, 16(1): 9–11. [张孝羲, 耿济国, 陆自强, 1981. 稻纵卷叶螟寄生性天敌的初步观察. 昆虫知识, 16(1): 9–11.]

Zhao JL, 2017. Current situation and development strategy of rice planting in Yunnan. *Agricultural Development and Equipments*, (1): 46. [赵家林, 2017. 云南水稻种植现状及发展策略. 农业开发与装备, (1): 46.]

Zhong JL, Nan TZ, 2008. Current situation and development trend of occurrence and control of main insect pests in rice in China. *Pesticide Research and Application*, (6): 1–4, 19. [钟决龙, 南天竹, 2008. 我国水稻主要虫害发生、防治的现状及其发展趋势. 农药研究与应用, (6): 1–4, 19.]

Zhong PS, Liang GW, Zeng L, 2008. Population dynamics and natural enemies of white backed planthopper in organic rice fields. *Acta Phytophylacica Sinica*, 35(4): 351–355. [钟平生, 梁广文, 曾玲, 2008. 有机稻田白背飞虱种群动态及其天敌作用. 植物保护学报, 35(4): 351–355.]

Zhou HD, Pei Q, Yan XH, Liu H, Wang ZL, Liu XG, Zhao ZM, 2010. Temporal niche of brown planthopper and white planthopper and main natural enemies. *Journal of Southwestern Normal University* (*Natural Science Edition*), 35(5): 80–86. [周浩东, 裴强, 闫香慧, 刘怀, 王泽乐, 刘祥贵, 赵志模, 2010. 褐飞虱和白背飞虱与主要天敌时间生态位研究. 西南师范大学学报(自然科学版), 35(5): 80–86.]