稻鸭共作系统中主要捕食性天敌的结构及多样性*

秦 钟[1,2,3] 章家恩[1,2,3**] 张 锦[1,2,3] 骆世明[1,2,3]

([1]华南农业大学农学院生态学系,广州 510642;[2]华南农业大学农业部生态农业重点开放实验室,广州 510642;[3]华南农业大学广东省高等学校农业生态与农村环境重点实验室,广州 510642)

摘 要 为了探明稻鸭共作模式对稻田天敌群落的影响,设置稻鸭共作区、常规稻作区和空白区3个处理的田间小区试验,对早稻生长期间稻田主要捕食性天敌群落的结构及多样性特征进行了研究。结果表明:3个处理区主要捕食性天敌的优势种类均为园蛛科、微蛛科、狼蛛科和肖蛸科蜘蛛;稻鸭共作区中园蛛科、微蛛科和狼蛛科的优势度指数高于其他两个处理;在整个调查期间,常规稻作区、稻鸭共作区主要捕食性天敌的总数分别比空白区低1.7%和14.9%;除个别观测时段外,稻鸭共作区主要捕食性天敌的多样性指数均低于其他两个处理,但并不显著;多样性指数的减少以放鸭下田初期较为明显,随水稻的生长,多样性指数呈现持续上升的趋势。

关键词 稻鸭共作;捕食性天敌;多样性

中图分类号 Q968.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2011)7-1354-07

Structure and diversity of major predatory natural enemies in rice-duck integrated farming system.

QIN Zhong[1,2,3], ZHANG Jia-en[1,2,3**], ZHANG Jin[1,2,3], LUO Shi-ming[1,2,3]

([1]*Department of Ecology, College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou* 510642, *China*; [2]*Key Laboratory of Ecological Agriculture of Ministry of Agriculture of the People's Republic of China, South China Agricultural University, Guangzhou* 510642, *China*; [3]*Key Laboratory of Agroecology and Rural Environment of Guangdong Regular Higher Education Institutions, South China Agricultural University, Guangzhou* 510642, *China*). *Chinese Journal of Ecology*, 2011, **30**(7): 1354-1360.

Abstract: A field plot experiment was conducted to study the community structure and species diversity of major predatory natural enemies in a rice-duck integrated farming system across rice growth season. Three treatments were installed, *i.e.*, rice-duck farming, conventional rice farming, and the control. The dominant species of major predatory natural enemies in the three treatments were all of Araneidae, Erigonidae, Lycosldae and Tetragnathidae, and the dominance indices of Araneidae, Erigonidae and Lycosldae in the rice-duck farming were higher than those in the other two treatments. In rice growth season, the total number of the major predatory natural enemies in the rice-duck farming and conventional rice farming was 14.9% and 1.7% lower than that in the control, respectively, and except in individual observation periods, the diversity index of the main predatory arthropods in the rice-duck farming was lower than those in the other two treatments. The decline of the diversity index of predatory natural enemies was more noticeable at the early stage of introducing ducklings into the experimental plot of the rice-duck farming. With the growth of rice, the diversity index of major predatory natural enemies in the rice-duck farming showed a persistent increasing trend.

Key words: rice-duck integrated farming system; predatory natural enemies; diversity.

*国家自然科学基金项目(30800134、30770403)、国家重大基础研究发展计划项目(2011CB100406)和广东省科技计划项目(2007B020709007)资助。

**通讯作者 E-mail: jeanzh@scau.edu.cn

收稿日期:2011-03-10 接受日期:2011-04-26

稻田害虫是影响水稻产量提高的重要因素(Heong & Escalada,1999)。常规稻作生产主要依靠施用化学农药控制虫害,获得高产稳产。化学农药的高投入不仅对农田生态环境和稻米品质产生带来了负面影响,同时也降低了稻田生物多样性,使有益生物种群受到制约,从而破坏了稻田生态系统的稳定性(Rola & Pingali,1993;Matteson,2000)。稻田养鸭是我国一项传统的农业防虫技术,在稻鸭共育期间,害虫种群的发生发展不仅受稻田丰富的天敌资源的制约,也受到了鸭子在稻丛间的碰撞、啄食等活动的影响(Ueji & Inao,2001;禹盛苗等,2004;朱凤姑等,2004)。一些研究发现,稻鸭共作不仅对稻飞虱、叶蝉、稻纵卷叶螟等害虫具有明显的防治效果,对稻田中的捕食性天敌如蜘蛛也会产生影响(林章荣和晋焯忠,2002;杨治平等,2004;甄若宏等,2007)。为了明确稻田养鸭对稻田天敌及生物多样性的影响,钟平生等(2006)对稻田放鸭区捕食性天敌类群的丰富度、多样性指数和均匀度指数进行了测算;袁伟等(2010)对某农场有机稻田放鸭区天敌群落的数量和多样性指数开展了对比研究,Way 和 Heong(1994)、杨国庆等(2004)也进行了类似的研究。总体来看,现有的研究在稻鸭共作模式对稻田重要的捕食性天敌——蜘蛛的数量及多样性影响方面存在一定的分歧。鸭子介入稻田系统后,对主要捕食性天敌的数量消长和多样性影响究竟如何,不同天敌类群对鸭子干扰所产生的响应是否相同等问题尚未有明确答案。近年来,在稻鸭共作技术推广应用面积不断扩大、稻田害虫综合治理研究日益深入的背景下,亟需加强对稻鸭共作系统中害虫和天敌群落的结构及其动态,包括群落物种构成、数量动态、主要优势种和群落主要特征指数及其动态等方面的研究,为合理保护和利用自然天敌,切实有效地制定稻鸭共作系统中的生物防治策略提供科学依据。

本研究通过对稻鸭共作系统内主要捕食性天敌的调查,分析优势天敌种群的数量及其动态,并对主要捕食性天敌群落的某些特征指数及其动态变化进行研究,为合理布局和发展水稻生产,实现水稻害虫的可持续控制和稻田生态系统的良性循环提供科学依据,也为完善稻鸭共作技术体系提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

水稻品种选用广东省农业科学院水稻研究所提供的感温型常规稻品种黄华占(粤审稻 2005010),鸭品种采用地方麻鸭。试验田为赤红壤发育的水稻土。

1.2　试验方法

试验于 2010 年 3—7 月在广州市增城华南农业大学教学科研基地(23°15′N,113°23′E)进行。小区试验共设 3 个处理,即:1)稻鸭共作处理区(以下简称稻鸭区)。全生育期不施用化肥农药,每小区放鸭 3 只,白天不供给饲料,鸭子以田间杂草、昆虫为食,傍晚补给少量饲料;2)常规稻作处理区(以下简称常规区)。5 月 14 日和 6 月 17 日每小区追肥 1 kg 芭田复合肥(深圳市芭田生态工程股份有限公司生产,N、P、K 比例为 15∶5∶15),5 月 22 日施甲维盐和甲氰菊酯防治水稻害虫;3)空白对照处理区(以下简称对照区)。不放鸭,全生育期不施用化肥农药。

每处理设 3 次重复,共计 9 个试验小区,每个小区面积为 80 m^2(16 m×5 m),随机区组排列,小区之间作泥埂隔离。在稻鸭区四周用 0.8 m 高的尼龙网围栏,以防鸭子逃逸。早稻于 4 月 8 日抛秧,4 月 20 日向稻鸭区放鸭,6 月 21 日赶鸭上岸,7 月 10 日收割水稻。

1.3　调查方法

采用田间目测和指形管捕捉昆虫带回室内鉴定相结合的方法(王智等,2002)。于水稻抛秧后 20 d 开始调查,每 7 d 调查稻丛内天敌的数量。取样按 5 点随机取样法,每样点调查稻株 4 丛,重复 3 次,统计百丛虫量。

1.4　数据处理

根据调查得到的稻田主要捕食性天敌的种类与数量,选用多样性指数、均匀度、优势度作为不同稻作处理下主要捕食性天敌群落的结构指标,其计算公式如下(赵志模和郭依泉,1990):

Shannon 多样性指数(H):

$$H = -\sum_{i=1}^{s} P_i \ln P_i$$

Pielou 均匀度指数(E):

$$E = H/H_{max} = H\ln S$$

根据 Pielou(1966)提出的公式计算 Simpson 优势集中性指数(D):

$$D = 1 - \sum_{i=1}^{s}\left[\frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)}\right]$$

采用 Berger-Parker(1970)优势度指数(D')来表示试验区内某物种的优势度:

$$D' = N_{max} / N$$

式中:n_i 为第 i 类天敌的个体数量;N 为主要捕食性天敌的全体数量之和;P_i 指 i 类天敌在主要捕食性天敌群落中的个体比例,即 $P_i = n_i/N$;S 为主要捕食性天敌的类群数;N_{max} 为稻田主要捕食性天敌中个体数量最多的天敌数量。

文中不同处理间主要捕食性天敌类群数量的差异采用 SPSS 16.0 软件中的单因素方差分析(one-way ANOVA)过程完成。

2 结果与分析

2.1 主要捕食性天敌的组成、结构与优势种

在早稻生长期间,稻鸭区、常规区和空白区3个处理主要捕食性天敌的组成基本相同,均为蜘蛛、隐翅虫和瓢虫等,其中蜘蛛涉及7个不同的科(表1)。3个处理中主要捕食性天敌的类群数和个体数量无显著性差异。从捕食性天敌出现的频率与相对多度来看,以微蛛科较为常见,且个体数量最多,其中稻鸭区、空白区的微蛛分别占主要捕食性天敌总数的40.8%和34.7%。肖蛸科蜘蛛在各次调查中均有出现,3个处理区中肖蛸所占的比例在13.0%—22.0%之间,仅次于微蛛。园蛛科和狼蛛科的个体数和相对多度也较高,其余各科的蜘蛛相对较少,如球蛛科在空白区和常规区所占的比例仅为0.5%和1.2%,各次调查中出现的频率低至20%和50%。3个处理区中瓢虫的数量和相对多度均高于隐翅虫。根据田间捕获猎物方式,常把蜘蛛分为游猎型与结网型两类(王洪全,2006)。由表1可知,在3种不同的稻作处理区中,以园蛛科、微蛛科、肖蛸科为主的结网型蜘蛛数量大于以狼蛛为主的游猎型蜘蛛,其中微蛛科在3种处理中均占据一定的优势,并与肖蛸科、园蛛科和狼蛛科一起,成为4种稻作处理区的优势类群。

根据 Berger-Parker 优势度指数分别计算各处理

表1 3个处理区主要捕食性天敌类群的个体数与出现频率

Table 1 Individual numbers and occurring frequencies of major predatory natural enemies in three treatments

主要类群	处理	个体数	平均相对多度	调查次数	平均出现次数	平均出现频率(%)
狼蛛科	常规区	13.75±4.38	0.10	10	9	90
Lycosidae	稻鸭区	27.46±8.09	0.24	10	8	80
	空白区	19.33±5.21	0.14	10	8	80
微蛛科	常规区	45.83±9.57	0.33	10	10	100
Erigonidae	稻鸭区	46.71±9.85	0.41	10	9	90
	空白区	46.75±8.14	0.35	10	10	100
园蛛科	常规区	27.96±5.81	0.20	10	10	100
Araneidae	稻鸭区	11.33±2.16	0.10	10	10	100
	空白区	20.21±4.45	0.15	10	10	100
肖蛸科	常规区	29.42±6.70	0.22	10	10	100
Tetragnathidae	稻鸭区	15.71±4.09	0.14	10	10	100
	空白区	29.58±5.61	0.22	10	10	100
球蛛科	常规区	1.58±0.83	0.01	10	5	50
Theridiidae	稻鸭区	1.83±1.01	0.02	10	4	40
	空白区	0.67±0.51	0.01	10	2	20
跳蛛科	常规区	2.08±1.00	0.02	10	6	60
Salticidae	稻鸭区	2.13±0.74	0.02	10	6	60
	空白区	2.25±1.23	0.02	10	5	50
管巢蛛科	常规区	1.96±0.86	0.01	10	6	60
Clubionidae	稻鸭区	1.71±0.66	0.01	10	5	50
	空白区	2.08±0.85	0.02	10	5	50
瓢虫科	常规区	10.04±1.67	0.07	10	9	90
Coccinellidae	稻鸭区	5.00±1.86	0.04	10	7	70
	空白区	11.46±2.26	0.09	10	9	90
隐翅虫科	常规区	4.21±1.14	0.03	10	7	70
Staphylinid	稻鸭区	2.54±0.75	0.02	10	7	70
	空白区	2.25±0.56	0.02	10	7	70

个体数为平均值±标准误。

区主要捕食性天敌的优势度指数,结果发现,3 种稻作处理的主要捕食性天敌均存在明显的优势种。在早稻生长期间的 10 次调查中,微蛛的优势度指数有 8 次居稻鸭区、空白区优势种首位,在常规区有 7 次。肖蛸在常规区、空白区分别有 2 次和 1 次,狼蛛仅在空白区有 1 次,而园蛛在稻鸭区、常规区各有 1 次。稻鸭区和常规区均以园蛛的优势度指数为最高,空白区中微蛛的优势度指数最高。3 处理区中园蛛的优势度指数排序为:稻鸭区(0.67)>常规区(0.50)>空白区(0.25);微蛛的优势度指数排序为:稻鸭区(0.57)>空白区(0.50)>常规区(0.36);肖蛸的优势度指数排序为:常规区(0.42)>稻鸭区(0.33)>空白区(0.26);狼蛛的优势度指数排序为:稻鸭区(0.34)>常规区(0.25)>空白区(0.23)。说明 3 个处理中这 4 类蜘蛛在稻田主要捕食性天敌中占据优势,尤其是数量较多、优势度明显的园蛛、微蛛等结网型蜘蛛,对田间害虫数量的控制有重要作用。

2.2　优势捕食性天敌类群的数量动态

观察 3 种稻作系统中狼蛛、微蛛、园蛛和肖蛸科这 4 类优势捕食性天敌的总数随时间的变化(图 1),可以看出,优势捕食性天敌的数量随时间均呈现上升-下降的波动性变化趋势,3 个处理区各自呈现不同程度的消长。在水稻孕穗前期,随着园蛛、肖蛸、狼蛛等陆续迁入,优势捕食性天敌的数量明显增加,常规区、空白区在 5 月 6 日均出现了最大的阶段性增幅,优势捕食性天敌的数量分别为上一观测时段的 4.56 和 3.71 倍。稻鸭区优势捕食性天敌的最大的阶段性增幅出现在 5 月 27 日,是上一时段,即 5 月 20 日的 4.83 倍。6 月中下旬,常规区、空白区优势捕食性天敌的数量逐渐减少,并在水稻收获前的观测时段,即7月2日,出现了80.3% 和76.5% 的最大阶段性降幅,稻鸭区在该时段也出现了高达 75.4% 的降幅,但在此之前,优势捕食性天敌的数量却保持着持续增加的趋势,使得在水稻进入收获期,蜘蛛等天敌相继迁出时,稻鸭区优势捕食性天敌的数量在 3 个处理区中达最高,是常规区、空白区的 1.98 和 1.80 倍。在早稻观测期间,常规区、空白区和稻鸭区优势捕食性天敌的总数量依次递减,分别为 1169.59、1158.75 和 1012.09 头·百丛$^{-1}$。

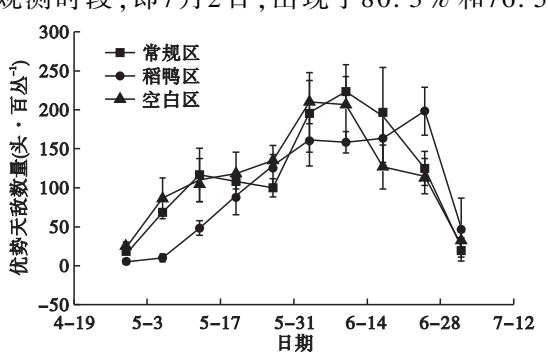

图 1　3 处理区 4 类优势捕食性天敌优势类群的总数量动态
Fig. 1　Dynamics of four dominant predatory natural enemies total numbers in three rice cultivation treatments

空白区和常规区优势捕食性天敌的峰值分别出现在 6 月 3 日和 10 日,而稻鸭区则推迟至 6 月 25 日,为 198.33 头·百丛$^{-1}$,这可能与鸭子在稻田活动,对优势捕食性天敌产生了直接或间接影响有关。在 6 月 21 日收鸭后,优势天敌的数量才有了明显上升。稻鸭区优势捕食性天敌的峰值分别比常规区、空白区低 13.5% 和 12.7%。尽管在整个观测期间常规区优势捕食性天敌的总数量及峰值在 3 个处理区中均为最高,但在 5 月 22 日喷施农药后,其数量出现约 7.0% 的阶段性下降,之后才逐渐回升,优势捕食性天敌数量的波动较其他两个处理区较为明显。稻田养鸭一定程度上压低了优势蜘蛛的总数量和峰值,但在水稻进入成熟前其数量不断增加,使优势天敌的数量在全生育期内达到较为稳定的状态,在鸭子赶上田后优势捕食性天敌的数量在 3 个处理区中居首位。

从各优势优势捕食性天敌的数量来看,在早稻的整个调查时段内,3 处理区中狼蛛的数量排序为:稻鸭区>空白区>常规区;微蛛的数量排序为:空白区>稻鸭区>常规区;园蛛的数量排序为:常规区>空白区>稻鸭区;肖蛸的数量排序为:空白区>常规区>稻鸭区。与常规区相比,稻鸭共作使得优势天敌类群园蛛科和肖蛸科的数量分别下降了 59.5% 和 46.6%,而狼蛛、微蛛的数量分别增加了 99.7% 和 1.9%。

2.3　主要捕食性天敌群落的特征指数及其动态

2.3.1　主要捕食性天敌的丰富度和个体数　从图 2 可以看出,3 个处理区中主要捕食性天敌的类群数即丰富度,随水稻的生长均呈现波动性上升的趋势。其中稻鸭区在调查初期的主要捕食性天敌的丰富度最低,之后持续上升,进入 6 月中旬后丰富度最高。从个体数的动态变化来看,3 个处理区整体呈现上升-减少的趋势。其中稻鸭区从调查初期最低的个体数经历了近 50 d 的持续增长后达到峰值,之后迅

速回落。空白区主要捕食性天敌个体数在调查初期至6月上旬的时段内也保持不断增加的趋势,在达到峰值后开始下降,但在6月底又略有回升,随即下降。同样是在调查初期至6月上旬的时段内,常规区主要捕食性天敌的个体数经历了上升-下降-再上升的变化,达到峰值后个体数持续下降。常规区和空白区的个体数均在6月10日出现峰值,其中常规区的个体数峰值达240头·百丛$^{-1}$,比稻鸭区和空白区分别高2.1%和2.9%。尽管稻鸭区在调查初期的个体数只有5头·百丛$^{-1}$,低于其他两个处理,但在6月21日赶鸭上田后,主要捕食性天敌的数量迅速上升,6月25日时数量已达235头·百丛$^{-1}$,比上一阶段增加了20.4%。进入7月后,各处理区主要捕食性天敌明显减少,但稻鸭区的阶段性降幅最低,个体数仍达到61头·百丛$^{-1}$,是常规区和空白区的1.6倍左右。从整个调查期间主要捕食性天敌的总数来看,常规区、稻鸭区分别达1346和1145头·百丛$^{-1}$,比空白区低1.7%和14.9%。

2.3.2 主要捕食性天敌的Simpson优势集中性指数 在早稻生长期间,常规区和空白区主要捕食性天敌的优势集中性指数在0.6~0.8,稻鸭区则在0.5~0.7。3个处理区最大的优势集中性指数均出现在6月25日,其中空白区最高,为0.83,比常规区和稻鸭区分别高0.3%和7.3%。在整个调查期间,稻鸭区的优势集中指数均低于常规区,尤其是在5月6日,稻鸭区的优势集中性指数比常规区低18.4%。除5月13日外,稻鸭区的优势集中性指数均也低于空白区(图3)。说明稻鸭区中主要捕食性天敌数量的分布较为均匀,与其他两个处理相比,优势种的地位并不突出。

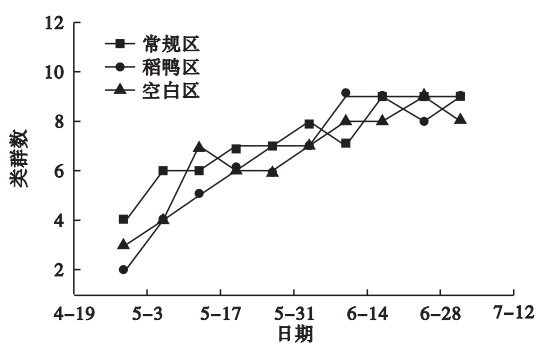

图2 3个处理区主要捕食性天敌的类群数

Fig. 2 Dynamics of dominant predatory natural enemies in three rice cultivation treatments

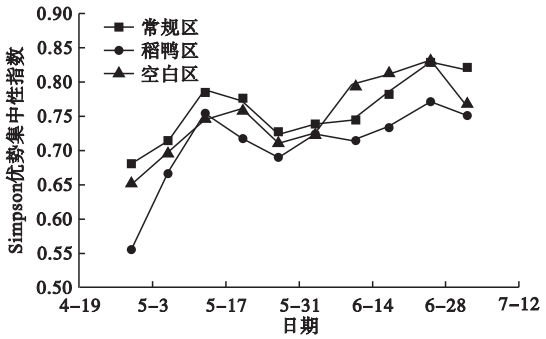

图3 3个处理区主要捕食性天敌的Simpson优势集中性指数

Fig. 3 Simpson indices of major predatory natural enemy communities in three rice cultivation treatments

2.3.3 主要捕食性天敌的均匀性指数 3种稻作处理区中主要捕食性天敌的均匀性指数在整个调查期间均在0.7及以上,并在5月6日和27日、7月2日均经历了3个阶段性回落过程,降幅为4.0%~13.0%。空白区和稻鸭区的均匀性指数在调查初期即达到峰值,常规区则出现在5月13日。与上个调查时段相比,常规区和稻鸭区在5月13日的均匀性指数分别上升了15.0%和8.7%,但同期空白区的均匀性指数却下降了12.5%(图4)。早稻生长调查期间,除个别时段外,稻鸭区主要捕食性天敌的均匀性指数均低于常规区和空白区,但均未达到显著差异。这可能是由于早期水稻插秧后,迁入稻田中的蜘蛛和其他捕食性天敌的种类和数量均较少,使得均匀度高,之后随着迁入的蜘蛛等天敌增多,均匀度有所下降,在迁入的天敌群落重建完成后,主要捕食性天敌的均匀度上升并趋于稳定。后期随着水稻步入黄熟期,蜘蛛等天敌群落趋于衰落,均匀性指数随之降低。鸭子在田间的活动及常规稻作施肥、喷

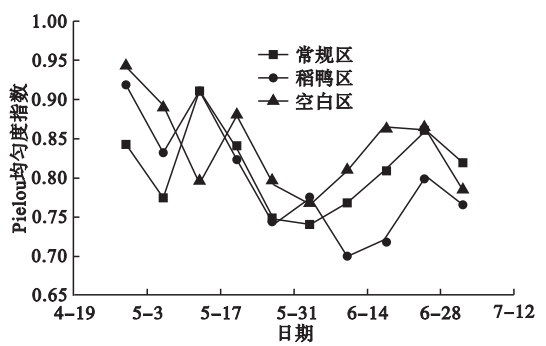

图4 3个处理区主要捕食性天敌的均匀度指数

Fig. 4 Evenness indices of major predatory natural enemy communities in three rice cultivation treatments

药等田间管理措施等对主要捕食性天敌的影响可能是引起稻鸭区、常规区与空白区均匀度指数差异的重要原因之一。

2.3.4　主要捕食性天敌的多样性指数　整体来看,在早稻生长初期,各处理区主要捕食性天敌物种丰富度均较低,但在水稻孕穗抽穗期,即5月底至6月底期间,主要捕食性天敌丰富度相对较高,发生数量大,尽管优势度集中指数略高,但天敌的分布相对均匀,多样性指数仍然较高。调查期间,除5月27日的小幅回落外,稻鸭区主要捕食性天敌的多样性指数呈现不断上升的趋势。在4月29日—5月20日时期内,稻鸭区主要捕食性天敌的多样性指数均低于常规区和空白区,尤其是4月29日的调查时段,稻鸭区的多样性指数仅为0.92,比常规区和空白区分别低83.5%和62.5%。但在进入5月后,稻鸭区的多样性指数持续上升,5月6日和13日的阶段性增幅分别为44.8%和21.3%,高于其他两个处理的增幅。在5月底时,3个处理区的多样性指数均开始下降,其中空白区和常规区的降幅达11.0%左右,而稻鸭区仅为2.3%,5月27日和6月3日这两个时段的多样性指数略高于空白区。进入6月后,空白区和稻鸭区的多样性指数不断上升,在调查末期已达2.43,空白区在7月初有高达16%左右的降幅,从而使末期的多样性指数比稻鸭区低3.0%。空白区和常规区多样性指数的最高值均出现在6月25日,以空白区略高,为2.73(图5)。总体来看,稻鸭共作对稻田主要捕食性天敌的多样性有一定的影响,但并不显著,多样性指数的减少以放鸭下田初期较为明显。随水稻的生长,多样性指数呈现持续上升的趋势,一定程度上反映出稻田主要捕食性天敌类群的均衡性和稳定性的增强。

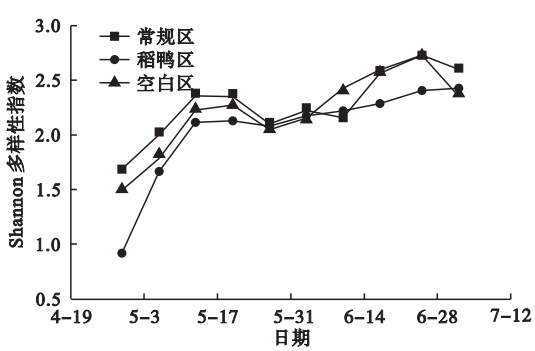

图5　3个处理区主要捕食性天敌的Shannon多样性指数
Fig. 5　Shannon indices of major predatory natural enemy communities in three rice cultivation treatments

3　讨　论

在本研究中,常规区、稻鸭区和空白区3种稻作系统主要捕食性天敌的优势种类是一致的,均为园蛛、微蛛、狼蛛和肖蛸,但优势度指数及其数量动态变化各不相同。稻鸭共作处理中,优势天敌类群园蛛、微蛛和狼蛛的优势度指数高于常规区和空白区,能够更为有效地发挥对田间害虫的控制作用。从这4类蜘蛛个体数量的峰值出现的时间来看,空白区狼蛛、园蛛和肖蛸的峰值均出现在6月10日,微蛛则出现在6月3日的调查时段;而在稻鸭区,园蛛、微蛛的峰值出现在6月3日,狼蛛和肖蛸的峰值比空白区推迟了一个调查时段,即在6月25日才出现。常规区和空白区相比,狼蛛峰值出现的时间略有滞后,在6月17日出现,而园蛛则和微蛛一起出现在6月3日的调查时段。可见,稻鸭区中优势天敌类群的数量产生了较为明显的时间分化,即优势天敌的数量最高峰期交错出现,从而能够更好地维持稻田天敌的一定种群数量并发挥其综合控制害虫的功能。

根据本研究在早稻生长期间的调查,稻鸭区的优势天敌类群园蛛和肖蛸的数量比常规区分别下降了59.5%和46.6%,而狼蛛、微蛛的数量分别增加了99.7%和1.9%。这与朱凤姑等(2004)、周华光等(2009)对晚稻的调查结果略有差异,他们认为,由于鸭子的捕食,微蛛的种群密度明显高于对照田,但狼蛛、肖蛸、园蛛等大型蜘蛛有所减少。2种结果中狼蛛变化的不同,原因可能是由于不同地域早、晚稻期间蜘蛛的数量、活动及随田间害虫数量的变化动态存在差异。作为一种游猎型的蜘蛛,狼蛛个体较大、活动性和捕食能力均强,在受到鸭子在田间活动的干扰后,能在相对较短的时间内进行躲避或转移。在水稻进入抽穗期、鸭子离开稻田后,狼蛛的数量迅速增加,从而在整个调查期间保持了较高的数量。但在常规区,由于受到化学农药的影响,其数量出现大量下降,后期尽管有所回升,但整个观测阶段的总数量仍低于稻鸭区。

本研究也发现,3种处理区主要捕食性天敌类群的结构、数量动态和优势指数等均不相同。稻鸭共作模式在一定程度上改变了主要捕食性天敌类群的消长规律和在稻田生物群落中的地位,在不显著降低稻田生态系统主要捕食性天敌的数量、丰富度和多样性的情况下,达到了降低农药使用量,维护生

态系统的稳定性和保护生态环境等目的。在稻田生态系统中,水稻、害虫与天敌三者同耕作和田间措施是相互依赖和相互制约的,限于篇幅,本研究未对不同稻作模式下害虫的群落特征、天敌-害虫间的动态关系等进行研究。今后需要继续开展稻田养鸭对稻田主要害虫控制、天敌种群多样性影响的长期跟踪调查,从"害虫-天敌-鸭子"系统的角度出发,揭示各子系统间的相互作用和动态反馈关系,为害虫的综合管理和维持稻田生态系统的良性循环等奠定基础。

参考文献

林章荣, 晋焯忠. 2002. 稻田放鸭防治虫害的初步研究. 中国生物防治, **18**(2): 94-95.

王 智, 李文健, 王文龙, 等. 2002. 稻田蜘蛛群落物种丰富度动态分析. 北华大学学报(自然科学版), **3**(1): 65-68.

王洪全. 2006. 中国稻区蜘蛛群落结构和功能的研究. 长沙: 湖南师范大学出版社.

杨国庆, 吴进才, 张士新, 等. 2004. 三种类型稻田节肢动物群落结构、亚群落内禀增长率与链节数的关系. 生态学报, **24**(4): 686-692.

杨治平, 刘小燕, 黄 璜, 等. 2004. 稻田养鸭对稻鸭复合系统中病、虫、草害及蜘蛛的影响. 生态学报, **24**(12): 2756-2760.

禹盛苗, 金千瑜, 欧阳由男, 等. 2004. 稻鸭共育对稻田杂草和病虫害的生物防治效应. 中国生物防治, **20**(2): 99-102.

袁 伟, 刘 洪, 张士新, 等. 2010. 长江农场有机稻田害虫与天敌群落评价. 上海农业学报, **26**(2): 132-136.

赵志模, 郭依泉. 1990. 群落生态学原理与方法. 重庆:科学技术文献出版社重庆分社.

甄若宏, 王强盛, 张卫建, 等. 2007. 稻鸭共作对稻田主要病、虫、草的生态控制效应. 南京农业大学学报, **30**(2): 60-64.

钟平生, 梁广文, 曾 玲. 2005. 不同生态措施对褐稻虱种群及其天敌的影响. 安徽农业大学学报, **32**(4): 428-431.

周华光, 梁文勇, 刘桂良, 等, 2009. 稻鸭共育对超级稻田稻飞虱控制和蜘蛛种群数量的影响. 中国稻米, (4): 24-25.

朱凤姑, 丰庆生, 诸葛梓. 2004. 稻鸭生态结构对稻田有害生物群落的控制作用. 浙江农业学报, **16**(1): 37-41.

Berger WH, Parker FL. 1970. Diversity of planktonic Foraminifera in deep sea sediments. *Science*, **168**: 1345-1347.

Heong KL, Escalada MM. 1999. Quantifying rice farmers' pest management decisions: Beliefs and subjective norms in stem borer control. *Crop Protection*, **18**: 315-322.

Matteson PC. 2000. Insect pest management in tropical Asian irrigated rice. *Annual Review of Entomology*, **45**: 549-574.

Pielou EC. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, **13**: 131-144.

Rola A, Pingali PL. 1993. Pesticides, Rice Productivity and Farmers' Health. International Rice Research Institute, Philippines.

Ueji M, Inao K. 2001. Rice paddy field herbicides and their effects on the environment and ecosystems. *Weed Biology and Management*, **1**: 71-79.

Way MJ, Heong KL. 1994. The role of biodiversity in the dynamics and management of insect pests of tropical irrigated rice: A review. *Bulletin of Entomological Research*, **84**: 567-587.

作者简介 秦 钟,女,1973年生,博士,讲师。主要从事生态系统分析与模拟方面的研究。E-mail: q_breeze@scau.edu.cn

责任编辑 刘丽娟