

食蚊鱼对水生昆虫的捕食选择性研究

刘丽娟¹, 童晓立²

(1 山东省寄生虫病防治研究所, 山东 济宁 272033; 2 华南农业大学 资源与环境学院, 广东 广州 510642)

摘要: 为了解食蚊鱼 *Gambusia affinis* 对华南地区水生昆虫多样性的影响, 在实验室条件下, 以食蚊鱼栖境中有代表性的 3 种水生昆虫为猎物, 研究食蚊鱼的捕食选择性. 结果表明, 在单捕食者-多种猎物作用系统中, 当猎物密度较低时, 食蚊鱼对不同猎物的捕食选择性差异不显著. 但随猎物密度的增加, 食蚊鱼对白纹伊蚊 *Aedes albopictus* 幼虫和蛹的捕食量明显增加, 对摇蚊 *Chironomus kiiensis* 幼虫和蜉蝣 *Cloeon bengalense* 稚虫的捕食量下降. 在单捕食者-2 种猎物的作用系统中, 在猎物比例相同的情况下, 食蚊鱼更喜欢捕食白纹伊蚊幼虫; 但是在猎物总数不变的情况下, 改变猎物比例, 对食蚊鱼总的捕食量影响不大. 说明食蚊鱼喜欢捕食漂浮于水面上、会动的活体猎物, 对死的或不动的猎物不敏感, 且对蚊子幼虫具有明显的嗜好性.

关键词: 食蚊鱼; 捕食选择性; 水生昆虫

中图分类号: Q959.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2012)01-0044-04

Predacious Selection of *Gambusia affinis* on Aquatic Insects

LIU Li-juan¹, TONG Xiao-li²

(1 Shandong Institute of Parasitic Diseases, Jining 272033, China;

2 College of Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: To investigate the effects of mosquitofish, *Gambusia affinis* on aquatic insect biodiversity in South China, three common species of aquatic insects in mosquitofish habitat, i. e., *Cloeon bengalense*, *Chironomus kiiensis* and *Aedes albopictus*, were selected under the lab condition to test the feeding preference of mosquitofish. The resulted showed that mosquitofish had no significant feeding selection on all preys in low density under the single-predator-and-multiple-preys experimental design. But mosquitofish preferred the larvae and pupa of *A. albopictus* to other preys with the increase of prey density. When the prey ratio was 1:1 under the single-predator-and-two-prey experimental design, mosquitofish frequently prefer larvae of *A. albopictus* to the other prey. However, there was no significant influence to total prey consumption for mosquitofish when prey ratio was changed but total prey numbers unchanged. The results suggested that *G. affinis* preferred to feed on the mobile prey close to water surface and showed no interest in the unmoving or dead prey, and mosquito larvae were the favorite prey of mosquitofish compared with mayflies and chironomids.

Key words: *Gambusia affinis*; feeding selection; aquatic insects

食蚊鱼 *Gambusia affinis* (Baird et Girard) 是原产于北美洲大西洋沿岸的一种卵胎生小鱼, 因嗜食孑孓而著名. 自 20 世纪初以来, 食蚊鱼作为蚊子的生

物防治天敌被引进到世界各地. 据记载, 食蚊鱼在 1927 年由菲律宾的马尼拉引入我国上海^[1], 目前已经广泛分布于热带亚热带地区的溪流、湿地、浅水湖

收稿日期: 2010-10-12

作者简介: 刘丽娟(1981—), 女, 助理研究员, 硕士; 通信作者: 童晓立(1960—), 男, 教授, 博士, E-mail: xtong@scau.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金(30170121, 30270279)

等水体中,是蚊虫的主要捕食性天敌之一,对抑制蚊虫种群数量,防治蚊媒传染病起到一定的作用.但由于食蚊鱼是一种杂食性鱼类,除了蚊虫外,还取食轮虫、线虫、甲壳类、贝类及其他水生昆虫等无脊椎动物^[2-3].有报道称食蚊鱼引入后会吞食本地鱼类的受精卵,并与本地鱼类争夺食物资源,对生态位相似的土著鱼造成一定程度的威胁^[4-7].为了评价食蚊鱼对水生昆虫生物多样性的影响,本研究于2006年夏季在室内对食蚊鱼栖息环境中常见的3种水生昆虫进行捕食选择性试验,研究在猎物有保障的情况下,食蚊鱼对不同猎物或同一猎物的不同虫态间是否具有捕食选择性,以期为进一步研究食蚊鱼的入侵生物学及蚊虫的生物防治提供科学依据.

1 材料与方法

1.1 材料

食蚊鱼于2005年10月捕自华南农业大学校内池塘,室内饲养8个月,将当年产小鱼喂养至性成熟(♂:臀鳍特化为交配器;♀:性腺发育成熟,出现卵巢),挑选雌鱼全长3.0 cm、雄鱼全长2.3 cm且行动敏捷的用于试验,试验前做饥饿12 h处理.

猎物选择食蚊鱼生境中常见的3种水生昆虫:白纹伊蚊 *Aedes albopictus* Skuse 幼虫和蛹、褐缘二翅蜉 *Cloeon bengalense* Kimmins 和花翅摇蚊 *Chironomus kiiensis* Tokunaga 幼虫,分别代表水体不同空间分布的4类生物.白纹伊蚊的蛹主要停留于容器边缘,呈静止状态;幼虫在水面活动,代表水体表面活动的生物;摇蚊幼虫活动于水体底层;蜉蝣稚虫喜欢附着于一些物体的表面,具有隐蔽性.白纹伊蚊幼虫用猪肝粉和酵母粉的混合饲料喂养,试验用白纹伊蚊4龄幼虫和蛹;褐缘二翅蜉采自华南农业大学树木园水塘,挑选出体长4.0 mm左右活泼的蜉蝣稚虫作为供试猎物;摇蚊幼虫购于广东省广州市芳村区花地湾花鸟鱼市场,挑选体长7.0 mm左右幼虫作为供试猎物.试验所用保鲜盒规格290 mm×200 mm×115 mm,每盒盛有脱氯自来水2 000 mL,试验水温28℃.

1.2 方法

1.2.1 多种猎物存在下捕食选择性 在保鲜盒中分别放入4类猎物,即摇蚊幼虫、伊蚊幼虫、伊蚊蛹、蜉蝣稚虫.设2个处理:一处理每种猎物数量均为10头;另一处理各种猎物数量均为20头.在猎物适应环境1 h后放入禁食12 h的食蚊鱼雌鱼1尾,3 h后观察记录保鲜盒中剩余猎物数.试验设4个重复.

食蚊鱼雄鱼捕食选择性试验方法同雌鱼,因雄

鱼的食量比雌鱼小,猎物数量相对减少,设置每盒每种猎物分别为5和10头.

1.2.2 相同猎物比例下的捕食选择性 在盛有摇蚊幼虫/伊蚊幼虫比例分别为15/15、25/25、35/35、45/45的保鲜盒中各放入1尾禁食12 h的食蚊鱼雌鱼,3 h后观察记录保鲜盒中剩余的猎物数,试验设4个重复.

1.2.3 不同猎物比例下的捕食选择性 在盛有摇蚊幼虫/伊蚊幼虫比例分别为10/40、25/25、40/10的保鲜盒中各放入1尾禁食12 h的食蚊鱼雌鱼,3 h后观察记录保鲜盒中剩余的猎物数,试验设4个重复.

1.3 数据处理

捕食性天敌选择捕食作用模型^[8]:

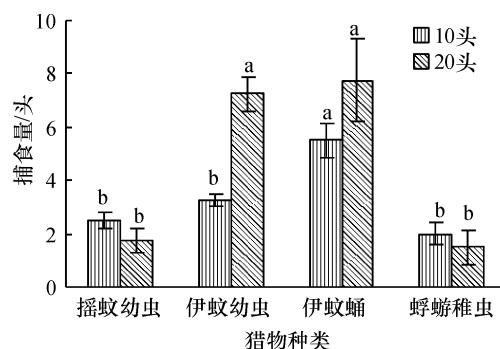
$$C_i = (Q_i - F_i) / (Q_i + F_i),$$

式中, Q_i 表示捕食者对第*i*种猎物的捕食比例; F_i 表示环境中第*i*中猎物所占的比例; C_i 表示捕食者对第*i*种猎物的喜好性;当 $C_i = 0$ 时,表示捕食者对第*i*种猎物没有喜好性, $0 < C_i < 1$ 时,表示捕食者对第*i*种猎物有正喜好性, $-1 < C_i < 0$ 时,表示捕食者对第*i*种猎物有负喜好性.

2 结果与分析

2.1 多种猎物存在下捕食选择性

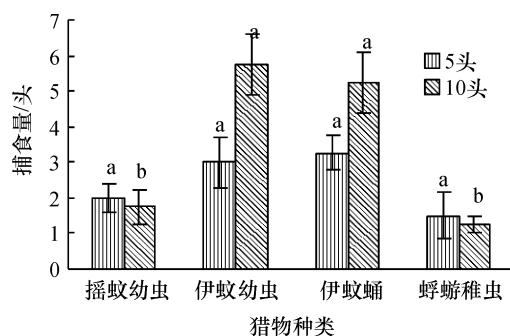
多种猎物存在情况下,食蚊鱼的捕食选择性结果见图1和图2.从图中可以看出,食蚊鱼雌、雄鱼对白纹伊蚊幼虫、伊蚊蛹、摇蚊幼虫、蜉蝣稚虫的捕食选择性趋势相同.在低猎物密度下,食蚊鱼雄鱼对不同猎物的捕食差异性不显著;在高猎物密度下,食蚊鱼对伊蚊幼虫和蛹的捕食量明显高于摇蚊幼虫和蜉蝣稚虫.当猎物密度增加1倍时,食蚊鱼对摇蚊幼虫和



同一柱形中凡是有一个相同小写字母者,表示在0.05水平上差异不显著(DMRT法).

图1 食蚊鱼雌鱼对水生昆虫的捕食选择性

Fig. 1 Selective predation of *Gambusia affinis* (♀) to aquatic insects



同一柱形凡是有有一个相同小写字母者,表示在 0.05 水平上差异不显著(DMRT 法).

图2 食蚊鱼雄鱼对水生昆虫的捕食选择性

Fig.2 Selective predation of *Gambusia affinis* (♂) to aquatic insects

蜉蝣稚虫的捕食量下降,而对伊蚊幼虫和伊蚊蛹的捕食量增加,其中对伊蚊幼虫的捕食量增加幅度最大.利用捕食性天敌选择捕食作用模型求得的选择指数列于表1,从表1数据可以看出,食蚊鱼对伊蚊幼虫和伊蚊蛹的捕食选择系数大于0,而对摇蚊幼虫和蜉蝣稚虫的捕食选择系数均小于0,说明食蚊鱼对伊蚊幼虫和伊蚊蛹具有正喜好性,对摇蚊幼虫和蜉蝣稚虫有负喜好性.

表1 食蚊鱼捕食选择指数(C_i)

Tab.1 The selection index of mosquitofish on 3 aquatic insects

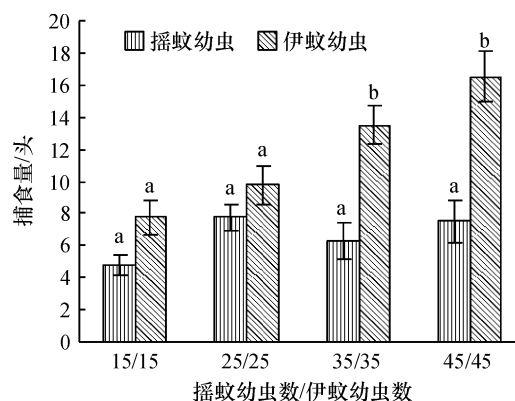
性别	密度/头	摇蚊幼虫	伊蚊幼虫	伊蚊蛹	蜉蝣稚虫
雌鱼(♀)	10	-0.139 8	0.009 5	0.248 2	-0.247 1
	20	-0.445 5	0.227 5	0.258 9	-0.505 2
雄鱼(♂)	5	-0.098 6	0.103 4	0.142 9	-0.238 1
	10	-0.333 3	0.243 2	0.200 0	-0.473 7

2.2 2种猎物相同比例的捕食选择性

2种猎物相同比例时,食蚊鱼的捕食量与猎物密度的关系见图3,从图3中看出,食蚊鱼对白纹伊蚊幼虫的捕食量随猎物密度的增加而增加,对摇蚊幼虫的捕食量随猎物密度的增加变化不大.在白纹伊蚊/摇蚊幼虫为15/15和25/25这2种情况下,食蚊鱼对白纹伊蚊幼虫和摇蚊幼虫的捕食量差异不显著.随2种猎物密度的增加,食蚊鱼对白纹伊蚊幼虫和摇蚊幼虫的捕食量差异明显.

2.3 2种猎物不同比例的捕食选择性

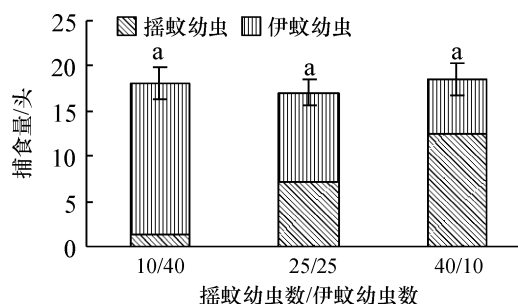
总猎物密度不变,比例不同时,食蚊鱼的捕食量与猎物密度的关系见图4,从图4可以看出,2种猎物不同比例下,食蚊鱼捕食两种猎物的总量差异不显著($F=0.208$, $P=0.8179>0.05$).捕食白纹伊蚊幼虫的数量明显多于摇蚊幼虫,表明在摇蚊幼虫和伊蚊幼虫共存时,食蚊鱼雌鱼喜好捕食伊蚊幼虫.



同一猎物比例下凡是有有一个相同字母者,表示在 0.05 水平上差异不显著(DMRT 法).

图3 食蚊鱼在2种猎物密度相同下的捕食选择性

Fig.3 Selective predation of *Gambusia affinis* under the same prey ratio



柱形图中凡是有有一个相同小写字母者,表示总捕食量在 0.05 水平上差异不显著(DMRT 法).

图4 食蚊鱼在2种猎物不同比例下的捕食选择性

Fig.4 Selective predation of *Gambusia affinis* under the different prey ratios

3 讨论

食蚊鱼是以动物性食物为主的杂食性鱼类,除了捕食水生浮游动物和无脊椎动物外,还捕食一些落入水中的陆生小动物,如昆虫和蜘蛛^[3].食蚊鱼的食物组成在不同季节、不同水体中差异很大,在气温较高蚊虫孳生的季节,食蚊鱼主要以蚊子幼虫为食且摄食量大^[9-11].但也有报道称食蚊鱼虽然在蚊虫防治上应用广泛,其对蚊幼虫没有特别的优先选择性^[12].另外,食蚊鱼在水稻田、排水沟和野生水塘中以枝角类为主要食物.造成这种差异的原因:一方面可能与地区、季节有关;另一方面可能与试验方法有关.以上研究者均是从野外采集食蚊鱼标本后带回实验室解剖所得结果,由于鱼胃中食物的消化会影响镜检,从而影响到选择性的表现.本文选择食蚊鱼生境中有代表性的几种生物作为猎物,进行室内试验,白纹伊蚊、褐缘二翅蜉和花翅摇蚊均为我国南方水体中常见的水生昆虫,白纹伊蚊幼虫活动于水体表面,蛹喜欢聚集在水体边缘,摇蚊幼虫大多在水底

活动,蜉蝣稚虫喜欢长时间栖息于水草上,结果显示,食蚊鱼喜好捕食活动于水面、活泼爱动的猎物,静止不动的猎物对食蚊鱼的吸引力不大,这与 García-Berthou^[13]对西班牙 Banyoles 湖食蚊鱼生长发育和食物选择性的研究结果相符。

在自然界中食蚊鱼与猎物间经常会出现“单种捕食者-多种猎物”的作用系统,食蚊鱼对某一种猎物的捕食情况必然会因为其他猎物的存在而发生变化。本研究发现在低猎物密度情况下,食蚊鱼对各种猎物的捕食选择性均不明显,随着水中猎物密度的增加,食蚊鱼优先捕食白纹伊蚊幼虫。本文研究结果与郭先武等^[14]对圆尾斗鱼食物选择性试验结果类似。本试验结果证明了食蚊鱼对水体表层活动的蚊幼虫具有优先选择性,利用食蚊鱼控制蚊幼虫在理论上可行。但在自然水体中,水体表面的浮游动物如甲壳类、原生动物和轮虫的生物量非常大,在部分水体中是食蚊鱼食物的重要组成部分,因此在以后的工作中,应进一步研究食蚊鱼对蚊幼虫、不同类群浮游动物的捕食选择性,为食蚊鱼控制蚊幼虫,防止蚊媒传染病的传播提供科学的依据。

参考文献:

- [1] 郑文彪,潘炯华. 食蚊鱼的生殖特性的研究[J]. 动物学研究,1985,6(3):227-231.
- [2] CRIVELLI A J, BOY V. The diet of the mosquitofish *Gambusia affinis* (Baird & Girard) (Poeciliidae) in Mediterranean France[J]. Revue d'Ecologie, 1987,42:421-435.
- [3] PYKE G H. A review of the biology of *Gambusia affinis* and *G. holbrooki*[J]. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 2005,15(4): 339-365.
- [4] 陈国柱,林小涛,陈佩. 食蚊鱼(*Gambusia* spp.)入侵生态学研究进展[J]. 生态学报,2008, 28(9):4476-4485.
- [5] 李家乐,董志国,李应森,等. 中国外来水生动植物[M]. 上海:上海科学技术出版社,2007:58.
- [6] LEYSE K E, LAWLER S P, STRANGE T. Effects of an alien fish, *Gambusia affinis*, on an endemic California fairy shrimp, *Linderiella occidentalis*: Implications for conservation of diversity in fishless waters [J]. Biological Conservation, 2004, 118(1): 57-65.
- [7] ROWE D. Management trials to restore dwarf inanga show mosquitofish a threat to native fish[J]. Water and Atmosphere, 1998,6(2):10-12.
- [8] 周集中,陈常铭. 捕食者对猎物选择性的数量测定方法[J]. 生态学报,1987,7(1):50-55.
- [9] BENCE J R. Indirect effects and biological control of mosquitoes by mosquitofish[J]. Journal of Applied Ecology, 1988,25(2):505-521.
- [10] BLAUSTEIN L, KARBAN R. Indirect effects of the mosquitofish *Gambusia affinis* on the mosquito *Culex tarsalis* [J]. Limnology and Oceanography, 1990,35(3):767-771.
- [11] MORTON R M, BEUMER J P, POLLOCK B R. Fishes of a subtropical Australian saltmarsh and their predation upon mosquitoes[J]. Environmental Biology of Fishes, 1988,21(3):185-194.
- [12] MIURA T, TAKAHASHI R M, STEWART R J. Habitat and food selection by the mosquitofish, *Gambusia affinis* [J]. Proceedings of the California Mosquito Vector Control Association, 1979,47:46-50.
- [13] GARCÍA-BERTHO E. Food of introduced mosquitofish: Ontogenetic diet shift and prey selection [J]. Journal of Fish Biology, 1999,55(1):135-147.
- [14] 郭先武,周洁,杨灵. 圆尾斗鱼食物选择性的实验研究[J]. 湖泊科学,1995,7(2):173-177.

【责任编辑 周志红】