

太湖梅梁湾刀鲚与间下鱊食性的比较*

叶佳林¹, 刘正文^{2,3**}, 王卫民¹

(1: 华中农业大学水产学院, 武汉 430070)

(2: 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

(3: 暨南大学水生生物研究所, 广州 510632)

摘要: 本文比较了太湖梅梁湾敞水区 2004 年秋季渔汛期刀鲚 (*Coilia ectenes*) 和间下鱊 (*Hyporhamphus intermedius*) 的食性, 同时对不同食物的重要性、选择性以及两种鱼类食物的重叠进行了分析. 结果表明, 秋季刀鲚、间下鱊的食物主要由浮游甲壳动物、鱼和昆虫等组成. 镖水蚤中的指状许水蚤 (*Schmackeria inopinus*) 是刀鲚最重要的食物, 而间下鱊最重要的食物是裸腹蚤 (*Moina* sp.), 而且摄食鱼和昆虫的比例远高于刀鲚. 刀鲚和间下鱊对个体较大的指状许水蚤的选择性都比较高, 对个体较小、而在太湖密度很高的象鼻蚤 (*Bosmina* spp.) 都表现出主动回避. 刀鲚与间下鱊的食物重叠系数较高, 表明对竞争比较激烈, 但要完全了解这两种鱼类的竞争关系, 还要对它们在太湖的分布, 不同发育阶段和不同季节的摄食情况进行详细的调查研究.

关键词: 太湖; 刀鲚; 间下鱊; 食性; 食物重叠

Comparative study on the feeding habits of *Coilia ectenes* and *Hyporhamphus intermedius* in the Meiliang Bay of Lake Taihu

YE Jialin¹, LIU Zhengwen^{2,3} & WANG Weimin¹

(1: Fisheries College, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, P. R. China)

(2: Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, P. R. China)

(3: The Institute of Hydrobiology, Jinan University, Guangzhou 510632, P. R. China)

Abstract: The feeding habits of *Coilia ectenes* and *Hyporhamphus intermedius* of Meiliang Bay of Lake Taihu were investigated in autumn, 2004. The relative importance, selectivity of different food items and the diet overlap between the two fish were also analyzed. The results showed that the main food of *C. ectenes* and *H. intermedius* included planktonic crustaceans, fish and insects. Calanoid copepod *Schmackeria inopinus* was the most important food for *C. ectenes*, while cladoceran *Moina* sp. played the most significant role in the food of *H. intermedius*. *H. intermedius* fed a much higher proportion of fish and insects than *C. ectenes*. Both *C. ectenes* and *H. intermedius* showed a high positive selection for *S. inopinus*, but negative selection for *Bosmina* spp., the most numerous cladoceran in Lake Taihu. Diet overlap between *C. ectenes* and *H. intermedius* was significant which indicates a strong competition existed. However, in order to have a complete understanding of the competition between *C. ectenes* and *H. intermedius*, it needs a further investigation on distribution, ontogenetic and seasonal characteristics of the feeding of both fish species in Lake Taihu.

Keywords: Lake Taihu; *Coilia ectenes*; *Hyporhamphus intermedius*; feeding habit; diet overlap

刀鲚 (*Coilia ectenes*) 隶属于鲱形目 (Clupeiformes), 鲹科 (Engraulidae), 鲚属 (*Coilia*), 分布于东海, 长江

* 中国科学院知识创新重大项目“长江中下游地区湖泊富营养化的发生机制与控制对策研究”(KZCX1-SW-12) 和国家 863 计划项目“太湖水源地水质改善技术”(2002AA60101) 联合资助. 2006-04-27 收稿; 2006-06-30 收修改稿. 叶佳林, 男, 1991 年生, 硕士研究生, E-mail: yejialin999@163.com.

** 通讯作者, E-mail: zliu99@126.com.

中下游及其附属湖泊.太湖刀鲚,又名梅鲚、湖鲚,属于淡水定居类型.刀鲚为太湖优势种,2003年产量 1.95×10^4 t左右,是太湖主要经济鱼类之一.间下鱊(*Hyporhamphus intermedius*),隶属于颌针鱼目(Belontiiformes),鱊科(Hemirhamphidae),下鱊属(*Hyporhamphus*),分布于长江中下游及其附属湖泊,在太湖中也具有一定的产量^[1,2].目前,对刀鲚的研究报道较多,主要集中在形态特征、解剖学、分类和生长发育等方面的研究^[3-9],但在食性方面则没有相关的报道,而有关间下鱊的研究几乎是空白.两种鱼均为敞水区小型鱼类,其生境,食物也非常接近.本文调查了太湖梅梁湾秋季刀鲚、间下鱊的食物组成与摄食选择性等摄食生态学特征,探讨两种鱼类之间的关系.

1 材料与方法

1.1 样品采集与处理

标本采集于2004年9、10月太湖渔汛期.从渔获物中随机抽取刀鲚共87尾(9月份21尾,10月份66尾),间下鱊50尾(9月份20尾,10月份30尾),固定于10%福尔马林溶液中,在实验室测量体长、全长、体重等指标.解剖后取出鱼胃(或鱼肠)称重,取出胃(肠)含物(肠含物),吸去水分,用电子天平(0.0001 g)称重,获食物团重量,然后置于2 ml离心管中,用75%的乙醇浸泡、摇匀,分离食物团,便于显微观察.在采集鱼类标本的同时采集附近水域的浮游动物,固定于4%的福尔马林溶液中.浮游动物于5 ml计数框在Olympus显微镜下鉴定到属(种)^[10-12],并分别计数.用测微尺测定其体长,根据体长-体重公式计算其湿重^[10];昆虫、虾类于肉眼下计数,电子天平称重;肠道中的鱼类在分离后直接用天平称其湿重.

1.2 数据分析方法

鱼类的饱满指数用以下公式计算:饱满指数=(食物团实际重量/鱼体重) $\times 10000$.饵料生物对鱼类重要性用出现率、数量百分比、重量百分比和相对重要性指数估计:出现率 $F=(\text{某饵料出现的鱼标本数}/\text{解剖鱼标本总数})\times 100$,数量百分比 $N=(\text{某饵料的个数}/\text{总饵料个数})\times 100$,重量百分比 $W=(\text{某饵料成分的更正重量}/\text{食物总更正重量})\times 100$,相对重要性指数 $IRI=(W+N)\times F$,鱼类的摄食强度用摄食率来估计:摄食率=(实胃数/总胃数) $\times 100$;鱼类对饵料生物的选择性用Ivlev选择性指数 E 来评价: $E=(r_i-p_i)/(r_i+p_i)$,式中 E 为食物选择性指数, r_i 为 I 种饵料在食物中所占的比例, p_i 为 i 种饵料在环境中所占的比例; E 的值为-1.0至+1.0,-1.0表示对某种饵料完全不选食,+1.0表示对某种饵料总是选食,当 E 值为零时则表示随机选食.两种鱼类的食物重叠用食物重叠指数估计:食物重叠指数 $Q_{ij}=\sum(P_{ik}\cdot P_{jk})/(\sum P_{ik}^2\cdot \sum P_{jk}^2)^{1/2}$,式中 Q_{ij} 为二捕食者 i 及 j 的食物重叠指数, P_{ik} 为饵料生物 k 在捕食者 i 食物组成中的重量百分比; P_{jk} 为饵料生物 k 在捕食者 j 食物组成中的重量百分比; k 为饵料生物的种类数, Q_{ij} 的范围值为0-1, $Q_{ij}=0$ 时,表明食物没有重叠; $Q_{ij}=1$ 时,表明食物完全重叠^[13-17].

2 结果

2.1 秋季太湖梅梁湾敞水区浮游甲壳动物结构

秋季太湖梅梁湾敞水区浮游动物以象鼻蚤(*Bosmina* spp.)为主,每10 L湖水中含969个,占总量的48.57%,无节幼体(*Nauplii*)也较多,占总量的31.88%,而枝角类如秀体蚤(*Diaphanosoma* spp.)、裸腹蚤(*Moina* sp.)及桡足类成体都较少(表1).

2.2 刀鲚食性

2.2.1 刀鲚的食物组成 分析的刀鲚全长6.1—24.9 cm,平均11.5 cm,其食物包括枝角类、桡足类、虾类、鱼和昆虫等.其中,浮游甲壳类主要有指状许水蚤(*Schmackeria inopinus*)、无节幼体、象鼻蚤、秀体蚤和裸腹蚤.从数量百分比和出现率来看,刀鲚的主食浮游动物,其中指状许水蚤为最主要的食物,其次为象鼻蚤;从重量百分比来看,指状许水蚤仍然排列第一,但昆虫跃居第二.而根据相对重要性指数 IRI 的分析结果,指状许水蚤为刀鲚最重要的食物,其次为象鼻蚤,秀体蚤列第三,而昆虫由于出现率较低,仅列第7(表2).

表1 采样研究水域浮游甲壳动物组成

Tab. 1 The zooplankton composition in environmental water of Lake Taihu

种类	密度(ind./10L)	湿重(mg/10L)	数量百分比(%)	重量百分比(%)
指状许水蚤 (<i>Schmackeria inopinus</i>)	7.5	0.52	0.38	1.63
汤匙华哲水蚤(<i>Sinocalanus dorrii</i>)	90.3	4.48	4.52	14.08
温中剑水蚤(<i>Mesocyclops thermocyclopoidea</i>)	78.5	1.64	3.93	5.14
无节幼体(Nauplii)	636.0	1.91	31.88	5.99
秀体蚤(<i>Diaphanosoma</i> spp.)	110.5	2.22	5.54	6.98
象鼻蚤(<i>Bosmina</i> spp.)	969.0	17.81	48.57	55.96
裸腹蚤(<i>Moina</i> sp.)	103.3	3.25	5.18	10.21
总计(Total)	1995.0	31.82	100	100

表2 秋季刀鲚食物组成

Tab. 2 The food composition of *Coilia ectenes* in autumn

食物种类	数量百分比(%)	出现率(%)	重量百分比(%)	IRI
指状许水蚤(<i>Schmackeria inopinus</i>)	43.03	80.46	54.77	7869
汤匙华哲水蚤(<i>Sinocalanus dorrii</i>)	2.71	24.14	3.59	152
温中剑水蚤(<i>Mesocyclops thermocyclopoidea</i>)	2.19	21.84	0.57	60
无节幼体(Nauplii)	7.58	40.23	0.10	309
象鼻蚤(<i>Bosmina</i> spp.)	12.24	56.32	3.60	892
秀体蚤(<i>Diaphanosoma</i> spp.)	9.79	47.13	7.14	798
裸腹蚤(<i>Moina</i> sp.)	4.99	33.33	4.97	332
虾类	0.05	5.75	1.33	8
昆虫	4.59	3.45	31.89	126
鱼	0.18	0.23	2.91	7

2.2.2 刀鲚摄食的选择性 Ivlev 选择性指数 E 分析结果表明,刀鲚对幼鱼、虾类和昆虫幼虫的偏爱性最高, E 值均为 1,指状许水蚤的 E 值也接近 1,同样是刀鲚的喜食种类;选择性指数 E 较低的主要包括桡足类的汤匙华哲水蚤、温中剑水蚤和枝角类的象鼻蚤等, E 值都为负数,显示刀鲚摄食时对这些种类的回避;刀鲚对秀体蚤也表现出一定的喜好性,而对裸腹蚤基本上是随机选择(表 3)。

表3 刀鲚不同食物种类的摄食选择性指数 E Tab. 3 The feeding electivity index E of *Coilia ectenes* for different food items

指状许水蚤	汤匙华哲水蚤	温中剑水蚤	无节幼体	象鼻蚤	秀体蚤	裸腹蚤	鱼	昆虫	虾
0.98	-0.25	-0.28	-0.62	-0.60	0.28	-0.02	1	1	1

2.3 间下鲚食性

2.3.1 间下鲚的食物组成 解剖分析的间下鲚全长 9.3 - 15.7 cm,平均 13.5 cm. 间下鲚的食物主要有裸腹蚤、昆虫、鱼、象鼻蚤和指状许水蚤等. 出现率和数量百分比最高的是裸腹蚤,而重量百分比最高的是昆虫,接近食物总重量的 40%,其次为鱼类. 根据 IRI 指数评判,裸腹蚤是间下鲚最重要的食物,其次是昆虫和象

鼻蚤,而在刀鲚中 *IRI* 最高指状许水蚤在间下鱊的食物中仅排第 5(表 4)。

2.3.2 间下鱊的摄食选择性 从选择性指数计算结果分析,间下鱊喜食程度最高的食物种类包括昆虫、鱼和指状许水蚤。对裸腹蚤和秀体蚤都表现出正选择,选择性指数分别为 0.64 和 0.12,汤匙华哲水蚤、温中剑水蚤、象鼻蚤等的选择性指数都是负值(表 5)。

表 4 秋季间下鱊食物组成

Tab.4 The food composition of *Hyporhamphus intermedius* in autumn

食物种类	数量百分比(%)	出现率(%)	重量百分比(%)	<i>IRI</i>
指状许水蚤	12.34	56	3.22	871
汤匙华哲水蚤	0.29	4	0.05	1
温中剑水蚤	0.98	12	0.02	12
秀体蚤	10.40	46	4.72	659
象鼻蚤	19.87	72	2.08	1581
裸腹蚤	35.19	82	17.43	4315
昆虫	12.50	60	39.08	3096
鱼	6.43	34	30.90	1269

表 5 间下鱊不同食物种类的摄食选择性指数 *E*

Tab.5 The feeding electivity index *E* of *Hyporhamphus intermedius* for different food items

指状许水蚤	汤匙华哲水蚤	温中剑水蚤	象鼻蚤	秀体蚤	裸腹蚤	鱼	昆虫
0.91	-0.92	-0.71	-0.56	0.12	0.64	1	1

2.4 刀鲚、间下鱊的摄食率与食物重叠

秋季刀鲚、间下鱊摄食率较高,均在 85% 以上。而由平均饱满指数来看,间下鱊则高于刀鲚。间下鱊摄食鱼、昆虫较多,刀鲚则捕食甲壳类浮游动物较多。同时,刀鲚、间下鱊有 8 种相同的饵料生物,其中昆虫、鱼、指状许水蚤都是它们非常喜爱的食物,食物重叠指数高达 0.72。

3 讨论

刀鲚是太湖的优势种类,其产量逐年增加。本研究表明,刀鲚主要摄食浮游甲壳类,包括虾类。随着经济社会的发展,太湖富营养化日益严重,浮游动物的密度也逐年上升,为这类食浮游动物鱼类的发展提供了丰富的食物资源。肉食性鱼类的减少,捕食压力降低,也是这类小型鱼类得以发展的重要原因。

虽然从重量看,虾类占刀鲚食物的百分比很高,但其出现率不高,这说明虾的可得性较低,对整个种群来说虾作为食物的重要性并不高。刀鲚对食物表现出明显的选择性,对虾、昆虫、鱼等个体较大的食物种类喜好程度高,这符合优化摄食理论的预测,因为在一定范围内鱼类摄食的能量回报随食物生物的个体增加而增加^[18, 19]。虽然很多桡足类个体较大,是鱼类较好的潜在食物,但很多研究表明鱼类对桡足类的喜好性较低,其原因主要是桡足类的逃跑能力较强。刀鲚对个体较大的桡足类指状许水蚤的选择性指数很高,说明刀鲚有捕捉桡足类的能力。另外,虽然汤匙华哲水蚤个体大于秀体蚤,而刀鲚对前者的选择性低于后者,可能说明捕食桡足类所付出的代价确实高于枝角类,但如果桡足类个体很大,同样可能成为刀鲚喜食的对象。在面对枝角类时,刀鲚对太湖丰富的象鼻蚤喜好程度很低,这可能与该枝角类个体较小有关。实际上,很多鱼类对象鼻蚤都表现出较低的选择性^[20]。

间下鱊也是太湖的常见鱼类之一,有一定的种群规模。本研究结果显示,浮游动物同样是间下鱊的最重要的食物,但昆虫和鱼类在食物中的出现率远远高于刀鲚。*IRI* 分析结果也显示昆虫和鱼类在间下鱊食物中的重要性明显高于刀鲚,这表明间下鱊对昆虫和鱼类的捕食能力较强。这可能与这两种鱼类的形态特征有关,间下鱊口部形态是口上位,而刀鲚是口下位,口上位的鱼类容易发现和捕捉水表层的食物种类^[21]。水体

表面栖息着许多昆虫,是鱼类潜在的饵料,间下鱊能充分利用这一资源.与刀鲚一样,间下鱊对太湖数量最多、但个体较小的象鼻溞的选择性很低.

对浮游动物的选择性方面,间下鱊与刀鲚的格局基本相同.但间下鱊食物同于刀鲚,其对裸腹溞的选择性较高,而且裸腹溞也是间下鱊最重要的食物.虽然间下鱊对指状许水蚤同样有较高的选择性,对指状许水蚤在间下鱊食物中的重要性远不如裸腹溞.裸腹溞也是太湖较大的枝角类之一,在摄食浮游动物时间下鱊可能更集中捕食逃避能力较差的大型枝角类.

刀鲚和间下鱊都主要以浮游动物为食,因此食物重叠比较严重,食物重叠指数达到0.72.有的学者认为,食物重叠指数达到0.6以上时,种类之间的竞争就很激烈^[22],但是刀鲚与间下鱊在食性上还是存在一定的差异.另外,要完全了解这两种鱼类的竞争关系,还要对它们在太湖的分布,不同发育阶段和不同季节的摄食情况进行详细的调查研究.

4 参考文献

- [1] 朱松泉编著. 中国淡水鱼类检索. 南京:江苏科学技术出版社, 1995.
- [2] 刘恩生,刘正文,陈伟民,陈开宁. 太湖鱼类产量、组成的变动规律及与环境的关系. 湖泊科学, 2005, 17(3): 251 - 255.
- [3] 陈真然,魏淑珍. 珠江口七丝鲚和风鲚仔稚鱼形态特征. 鱼类学论文集(5). 北京:科学出版社, 1986: 101 - 109.
- [4] 孟庆闻,苏锦祥,李婉端. 鱼类比较解剖. 北京:科学出版社, 1987: 75 - 92.
- [5] 袁传宓,林金榜等. 关于我国鲚属鱼类分类的历史和现状. 南京大学学报, 1976, 2: 1 - 12.
- [6] 袁传宓,林金榜等. 刀鲚的年龄与生长. 水生生物集刊, 1978, 6(3): 285 - 296.
- [7] 袁传宓等. 关于长江中下游及东南沿海各省鲚属鱼种下分类的探讨. 南京大学学报, 1980, 3: 67 - 82.
- [8] 刘文斌. 中国鲚属4种鱼的生化和形态比较及其系统发育的研究. 海洋与湖沼, 1995, 26(5): 558 - 565.
- [9] CHENG Qiqun, HAN Jindi. Morphological variations and discriminant analysis of two populations of *Coilia ectenes*. 湖泊科学, 2004, 16(4): 356 - 364.
- [10] 章宗涉,黄祥飞编著. 淡水浮游生物研究方法. 北京:科学出版社, 1995.
- [11] 中国科学院动物研究所甲壳动物研究组编著. 中国动物志,节肢动物门:甲壳纲——淡水桡足类. 北京:科学出版社, 1979.
- [12] 蒋燮治,堵南山编著. 中国动物志,节肢动物门:甲壳纲——淡水枝角类. 北京:科学出版社, 1979.
- [13] 薛莹,金显仕. 鱼类食性和食物网研究评述. 海洋水产研究, 2003, 24(2): 76 - 87.
- [14] 窦硕增. 鱼类摄食生态研究的理论及方法. 海洋与湖沼, 1996, 27(5): 556 - 561.
- [15] Hyslop E J. Stomach content analysis - a review of methods and their application. *J Fish Biol*, 1980, 17: 411 - 429.
- [16] 杨瑞斌,谢从新. 鱼类摄食生态研究内容与方法综述. 水利渔业, 2000, 20(3): 1 - 3.
- [17] 刘正文. 诺伊齐德勒湖欧飘和欧白鱼之间的食物资源分配. 湖泊科学, 1997, 9(1): 71 - 74.
- [18] 刘正文,朱松泉. 滇池产太湖新银鱼食性与摄食行为的初步研究. 动物学报, 1994, 40(3): 253 - 261.
- [19] Pyke G H. Optimal foraging theory: a critical review. *Ann Rev Ecol Syst*, 1984, 15: 523 - 575.
- [20] Liu Z. Diet of a zooplanktivorous icefish *Neosalanx pseudotaihuensis* Zhang. *Hydrobiologia*, 2001, 459: 51 - 56.
- [21] Liu Z & Herzig A. Food and feeding behaviour of a zooplanktivorous cyprinid, *Pelecus cultratus* (L.), in a shallow eutrophic lake, Neusiedler See (Austria). *Hydrobiologia*, 1996, 333: 71 - 77.
- [22] French III J R P & Jude D J. Diets and diet overlap of nonindigenous gobies and small benthic native fishes co-inhabiting the St. Clair River, Michigan. *J Great Lakes Res*, 2001, 27(3): 300 - 311.