

太湖贡湖湾鲢(*Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin) 食物组成的季节变化^{*}

于谨磊¹, 何 虎², 李宽意², 陈非洲², 刘正文^{1,2**}

(1: 暨南大学水生生物研究所, 广州 510632)

(2: 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

摘 要: 鲢(*Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin) 是太湖主要的鱼类之一, 其产量随水体富营养化程度的加重呈上升趋势. 本研究于 2009 年 4—12 月用刺网($a = 10$ mm)在太湖贡湖湾采集了鲢, 分析了其胃含物中食物组成的季节变化以及鲢对食物种类的选择性. 结果表明, 鲢在各月中主要以浮游动物为食, 同时也摄食幼鱼、幼虾和水生昆虫等. 鲢的食物组成具有明显季节变化, 4 月份以桡足类为食, 其中桡足幼体、汤匙华哲水蚤(*Sinocalanus dorrii* Brehm)和剑水蚤(*Cyclops* spp.)所占的平均个数百分比相当; 6、8 和 10 月份主要以枝角类为食, 其中 6 月以裸腹溞(*Moina* spp.)为主, 而 8 和 10 月以象鼻溞(*Bosmina* spp.)为主. 食物选择性方面, 鲢对大型浮游动物表现出主动选择; 当环境中出现溞(*Daphnia* spp.)和透明薄皮溞(*Leptodora kindti* Focke)时, 鲢对它们表现出很强的选择性摄食, 但透明薄皮溞只出现在 6 月鱼类食物中; 个体较小的裸腹溞也是鲢主动选择的重要食物, 在整个调查期间鲢对裸腹溞都表现出较高的主动选择性; 象鼻溞虽然在各月份食物中的出现率最高, 但除 10 月份鲢对其表现出主动选择外, 其它月份表现为主动回避或随机选择. 本研究结果有助于我们了解鲢对浮游动物群落影响的季节变化, 为制定合理的湖泊与渔业管理方案提供依据.

关键词: 太湖; 贡湖湾; 鲢; 食物组成; 季节变化

Seasonal variations in the diets of *Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin in Gonghu Bay of Lake Taihu

YU Jinlei¹, HE Hu², LI Kuanyi², CHEN Feizhou² & LIU Zhengwen^{1,2}

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

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

Abstract: *Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin (*C. ectenes*) is the dominant fish species in Lake Taihu, and the catch has been increasing with the eutrophication of Lake Taihu. In this study, in order to investigate the seasonal diets variations of *C. ectenes* in Gonghu Bay of Lake Taihu, we sampled the fish by gill net and analyzed bimonthly the gut contents of *C. ectenes* from April to December, 2009. Meanwhile, selectivity for different food items was also analyzed for the purpose to study the food preference of the fish. The results showed that the food composition of *C. ectenes* varied from month to month. Zooplankton, fish larvae, shrimp and insects were found in the stomach contents of the fish, but zooplankton was the dominant food. Among the zooplankton species, Copepod was the main food in April with close mean percentages diet composition of Copepodite, *Sinocalanus dorrii* Brehm and *Cyclops* spp. In June, August and October, *C. ectenes* fed mainly on cladoceran with *Moina* spp. as the dominated mean percentage diet composition in June and *Bosmina* spp. in August and October, respectively. Small zooplankton composed the main percentage diet composition, such as *Bosmina* spp. and *Moina* spp., in all sampling months. However, *C. ectenes* negatively selected *Bosmina* spp. for their food, but positively selected *Moina* spp. and other large-sized zooplankton species. But when *Daphnia* spp. and *Leptodora kindti* Focke were present in the sampling months, *C. ectenes* showed high selectivity for them. From this investigation,

* 国家自然科学基金项目(31070419, 31170441)和国家重点基础研究发展计划“973”项目(2008CB418104)联合资助. 2011-08-03 收稿; 2011-12-18 收修修改稿. 于谨磊, 男, 1984 年生, 博士研究生; E-mail: yujinlei1984@163.com.

** 通信作者; E-mail: zliu@niglas.ac.cn.

we can conclude that *C. ectenes* feed mainly on planktonic crustaceans, and showed high selectivity for large-sized zooplankton. Moreover, fish larvae, shrimp and insects may be their potential food for the fish when its total length is longer than 130 mm. Different food items varied largely in fish food composition among different seasons. Studying on the diet composition of *C. ectenes* can help us understand the seasonal effects of *C. ectenes* on zooplankton community structures better, and provide evidences and foundations for making rational plans of fisheries and lake management.

Keywords: Lake Taihu; Gonghu Bay; *Coilia ectenes*; food composition; seasonal variation

鱼类是水生生态系统中的重要组份,在维持生态系统的结构与功能中起重要作用^[1-2]. 有研究表明,浮游动物食性鱼类通过摄食改变了浮游动物的群落结构和生物多样性,引起大、中型浮游动物种类消失,促使浮游动物小型化,间接影响浮游植物群落结构和营养盐循环^[3-6]. 甚至在某些湖泊中,促使蓝藻成为优势种类^[3],从而导致某些湖泊中微囊藻水华在夏季出现第二高峰^[7],最终影响湖泊水质. 在生态系统修复过程中,去除湖泊中80%左右的浮游动物食性鱼类之后,短期内蓝藻不再占绝对优势^[8]. 因此,研究鱼类,特别是浮游动物食性鱼类的食性有助于揭示造成湖泊生态系统结构变化的因子,为湖泊和渔业管理提供依据.

鲢(*Coilia ectenes taihuensis* Yen et Lin)为太湖主要鱼类之一,并随太湖富营养化程度的不断加重有同步增长趋势. 1952年,太湖鲢的捕捞量为640.5 t,仅占鱼类总捕捞量的15.8%^[9],而2002年该鱼在太湖的捕获量已经达到 1.9571×10^4 t,在太湖鱼类总捕捞量中占到64.1%^[10];统计资料表明,2004年太湖鲢的渔获量为 2.1221×10^4 t,已成为太湖鱼类组成的绝对优势种类^[11]. 研究发现,鲢主要以浮游动物为食,尤其偏好摄食个体较大的种类^[12],太湖中如此高生物量的鲢必然对湖泊中的浮游动物产生巨大的捕食压力. 而水体中的浮游动物,特别是大型浮游动物(如蚤 *Daphnia* spp.) 在控制浮游植物,维持水生态系统的清水态方面都有着重要的作用. 浮游动物的减少,将会削弱其对浮游植物的控制力,进而影响整个湖泊的水质. 目前,对于鲢的研究主要集中在形态特征、解剖学、分类、生长发育、繁殖等方面^[13-19],有少量研究报道了鲢短时间或某一季节的食物组成^[12,20-21],但尚未见到该鱼食物组成季节变化方面的报道. 本文调查了太湖贡湖湾沿岸带鲢食物组成的季节变化,同时比较了不同季节鲢对浮游动物的摄食选择,研究成果有助于我们加深对该鱼类食性的认识,为制定合理的湖泊与渔业管理方案提供依据.

1 材料与方法

1.1 样品采集与处理

2009年4—12月隔月对太湖贡湖湾沿岸带(31°27'35"~31°27'44"N, 120°21'04"~120°22'13"E)鲢进行取样. 每次采样时,在上午同一时间用刺网(浮网,刺网网目 $a=10$ mm,网高1.2 m,网长20 m)采集鲢,并于实验室随机抽样,取胃含物样品,保存于10%甲醛溶液中. 每次采样的同时,采集10 L湖水,用25 μ m(64 μ m)浮游生物网过滤,随后将得到的浮游动物样品用4%甲醛溶液固定,在显微镜下进行分类计数.

1.2 食性分析

胃含物样品在显微镜下进行定性、定量分析. 观察每尾样品的所有胃含物,由于浮游动物的形状发生很大变化,尽可能将其鉴定到较小的分类单元(一般到属或科).

为评价鲢的摄食强度、对不同食物的喜好程度和选择性,分别计算摄食率、出现率、食物个数百分比和选择性指数:摄食率=(实胃数/总胃数) $\times 100\%$,用来表示鲢的摄食强度,直接反映胃含物中食物的数量;出现率(FO)=(某类食物出现的次数/分析鱼尾数) $\times 100\%$,它可以说明鱼类是否摄食了某种食物,但不能反映各种食物的比例及具体数量;故在计算出出现率的同时,还统计了各种食物的组成比例,食物个数百分比($N\%$)=(某种食物成分的个体数/内含物中食物成分的总个体数) $\times 100\%$;食物选择性(D)参考 Jacobs 的计算公式^[22]:

$$D = (r - p) / (r + p - 2rp) \quad (1)$$

式中, r 为某一食物在胃含物中所占的比例; p 为该种食物在环境中的比例; D 值的变化范围为 $-1 \sim 1$, $D > 0$ 表示对某种食物正选择, $D < 0$ 表示负选择, $D = 0$ 表示随机选择.

2 结果

2.1 食物组成个数百分比

本次调查共随机抽查鲢 156 尾,全长范围 7.7 ~ 26.2 cm,体重 1.2 ~ 53.6 g. 其中,12 月采样只捕获到 1 条鲢(且胃含物为空). 通过对这些鱼的胃含物鉴定^[23-24]发现,鲢食物包括:溞(*Daphnia* spp.)、裸腹溞(*Moina* spp.)、象鼻溞(*Bosmina* spp.)、透明薄皮溞(*Leptodora kindti* Focke)、汤匙华哲水蚤(*Sinocalanus dorrii* Brehm)、剑水蚤(*Cyclops* spp.)、无节幼体、桡足幼体和其它(盘肠溞(*Chydorus* spp.)、网纹溞(*Ceriodaphnia* spp.)、秀体溞、轮虫、水生昆虫、幼鱼和幼虾). 不同食物在不同月份的胃含物中所占比例不同. 溞在 6 月所占的平均个数百分比最高,为 26% ± 2%,但在 8 月仅为 2% ± 1%,10 月胃含物中未发现溞;象鼻溞在 8 月和 10 月为鲢食物的主要组份,分别为 87% ± 12% 和 79% ± 18%,并且在 4 月和 6 月所占比例也相对较高,达到 29% ± 18% 和 22% ± 21% (图 1);个体较大的透明薄皮溞只出现于 6 月的鲢胃含物中,所占比例为 16% ± 14%;而裸腹溞在所有月份的胃含物中均出现,但在 6 月所占比例最大,为 59% ± 31%,在其它月份中所占的比例较低,为 4% ~ 6%;桡足幼体在各月胃含物中所占比例在 2% ~ 23% 之间变化,4 月最高;剑水蚤对鲢食物的相对贡献最高值同样出现在 4 月,为 8% ± 5%. 而汤匙华哲水蚤在研究期间是鲢胃含物的重要组份,在 10 月份显得尤为重要,其组成比例高达 23% ± 17% (图 1). 其它浮游动物(如盘肠溞、网纹溞、秀体溞和轮虫)、水生昆虫、幼虾和幼鱼也在一些月份的胃含物中发现,但它们所占鲢食物组成的个数百分比比较小(< 2.0%).

2.2 食物出现率和摄食率

象鼻溞、汤匙华哲水蚤、剑水蚤和桡足幼体常年出现于鲢胃含物中,4 月份出现率最高,其中桡足幼体的出现率为 83%,象鼻溞、汤匙华哲水蚤和剑水蚤的出现率均为 94% (表 1). 同样,裸腹溞也出现于本次研究所有月份的鲢胃含物中,但在 6 月份出现率最高,为 77%. 溞没有出现在 10 月的胃含物样品中,其它月份的出现率分别为 72% (4 月)、23% (6 月)和 4% (8 月). 而透明薄皮溞和无节幼体分别只出现于 6 月和 4 月的胃含物中(表 1).

鲢的空胃率在 8 月的样品中最高(30%),最低出现在 10 月(6%);4 月的空胃率也较低,为 7% (表 2),最大食物数量为 1640,出现于 6 月全长为 15 cm 的鲢胃含物中. 但摄食率的变化不大,最小在 8 月(70%),而最大出现在 10 月(94%).

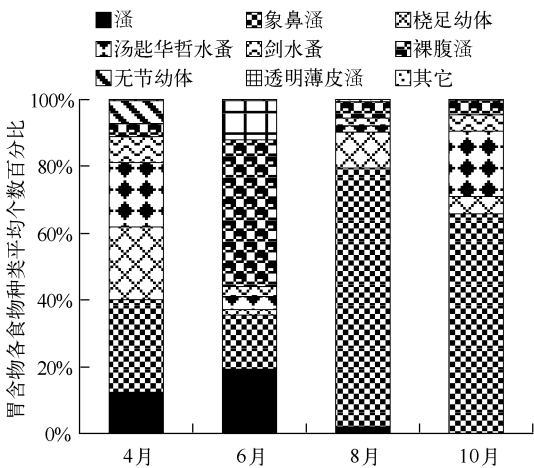


图 1 2009 年太湖贡湖湾不同月份中
鲢食物组成的平均个数百分比

Fig. 1 Mean percentage diet composition of *C. ectenes* by number from April to October in 2009 in Gonghu Bay of Lake Taihu

表 1 2009 年太湖贡湖湾鲢食物出现率的季节变化
Tab. 1 Food frequency variation in gut contents of *C. ectenes* in Gonghu Bay of Lake Taihu in 2009

食物种类	出现率/%				平均值
	4 月	6 月	8 月	10 月	
裸腹溞	50	77	41	19	47% ± 24%
象鼻溞	94	83	67	90	84% ± 12%
溞	72	23	4	0	34% ± 33%
透明薄皮溞	0	19	0	0	19%
汤匙华哲水蚤	94	79	11	42	57% ± 37%
剑水蚤	94	71	19	10	49% ± 41%
无节幼体	67	0	0	0	67%
桡足幼体	83	39	44	68	59% ± 21%
幼鱼	4	15	0	6	8% ± 6%
幼虾	0	0	0	3	3%
水生昆虫	7	10	0	0	9% ± 2%

表 2 镜检鱼类数量、空胃鱼类数量和胃含物中的食物数量
Tab. 2 Number of fish measured, empty guts and prey consumed

采样时间	鱼类数/尾	平均全长/mm	空胃数/%	摄食率/%	胃含物中食物的平均数量(SD) *
4 月	46	135 ± 12	3(7%)	93%	603.7 ± 314.5
6 月	52	144 ± 13	6(12%)	88%	434.9 ± 377.0
8 月	27	107 ± 24	8(30%)	70%	46.7 ± 35.3
10 月	31	124 ± 41	2(6%)	94%	174.2 ± 128.7

* 表示计算不包含空胃样品.

2.3 鲢对食物的选择性

根据 Jacobs 的选择性计算公式^[22], 本研究发现鲢对环境中的多种大型浮游动物时都具有明显的主动选择, 对蚤的选择性为 0.77 ~ 1.00; 对透明薄皮蚤的选择性为 0.76; 对汤匙华哲水蚤也表现出主动选择摄食, 其选择性在 10 月最高, 为 0.88. 然而, 鲢对逃跑能力较强的剑水蚤的选择性较低. 除了大个体的浮游动物, 个体较小的裸腹蚤也是鲢喜爱的食物, 在整个调查过程中表现出主动选择摄食, 其选择性为 0.63 ~ 1.00, 其中在 4 月和 10 月最高. 在个别月份中, 鲢对象鼻蚤、无节幼体和桡足幼体表现出主动回避或随机选择; 但在 10 月, 鲢对象鼻蚤和桡足幼体的选择性较高, 分别为 0.78 和 0.53(表 3).

表 3 鲢在不同季节对不同食物的选择性(D) *
Tab. 3 Feeding selectivity of *C. ectenes* for different food items in different seasons

采样时间	蚤	象鼻蚤	裸腹蚤	透明薄皮蚤	汤匙华哲水蚤	剑水蚤	无节幼体	桡足幼体
4 月	0.77	0.09	1.00	—	0.54	0.16	-0.41	0.01
6 月	1.00	-0.32	0.70	0.76	0.19	-0.21	-1.00	0.03
8 月	1.00	-0.09	0.63	—	0.35	-0.95	-1.00	0.61
10 月	—	0.78	1.00	—	0.88	0.07	-1.00	0.53

* “—”表示无数据, 内含物和环境均未发现该种类.

3 讨论

鲢主要以浮游动物为食, 同时摄食幼虾、幼鱼和水生昆虫等, 对食物表现出明显的选择性^[20,25]. 本研究结果表明: 各采样月份中鲢主要摄食浮游动物, 食物组成在各月份间的差异很大; 总体而言, 大型浮游动物是鲢主动选择的主要食物, 但在个别月份中鲢也主动选择小型浮游动物作为主要食物. 幼虾、幼鱼和水生昆虫等在鲢食物的出现率不高, 但这些也可能是鲢潜在的重要食物.

鱼类的食物组成受许多因素的影响, 不同体长和发育阶段的个体间食物组成和摄食量存在很大差异. 袁传宓等对近海鲢的生态习性研究表明, 在生殖洄游期间, 鲢一般停止摄食, 胃内的食物很少或是空的^[26], 其它鱼类如银鱼也存在这种现象^[27], 但也有研究结果与其相反^[28-30]. 据孙雪兴对太湖鲢生殖特性的研究表明, 鲢的生殖延续时间较长(一般在 4—10 月都能繁殖), 5—7 月为鲢的产卵高峰期^[19]. 本研究中, 4 和 6 月鲢胃含物样品中的食物平均数量以及平均全长均高于其它月份(表 2), 且全年表现出较高的摄食率(>70%), 所以我们认为太湖贡湖湾的鲢在繁殖期内正常摄食不受影响.

本次调查未对鲢的年龄结构进行研究. 但分析结果显示, 4 和 6 月的鲢全长以 >13 cm 的为主, 而 8 和 10 月的鲢全长分布范围主要集中在 <13 cm(未发表数据). 刘恩生等对秋季(9—10 月)捕获的鲢研究发现: 全长小于 13 cm 的鲢主要为 0⁺ 和 1⁺ 鱼^[20]. 而唐渝研究发现全长 <13 cm 的鲢食物中以浮游动物为主, 全长 >13 cm 以上的鲢食物中开始出现鱼、虾, 但出现率很低^[31]. 因此, 本次调查中 4 和 6 月的数据反映的是 1⁺ 龄及更大(全长)鲢的食性; 而 8 和 10 月的数据主要反映的是 0⁺ 和 1⁺ 龄(全长较短)的鲢食性. 鱼、虾和水生昆虫在各月份不同的出现率也证实了这一点(表 1).

在对浮游动物的选择性上, 鲢对大型浮游动物有很高的选择性, 而对小型浮游动物, 如象鼻蚤、无节幼

体和桡足幼体的选择性基本为负值,说明在摄食过程中主动回避这些小型食物,这与叶佳林等的研究结果吻合^[12]。浮游动物食性鱼类通常利用视觉和触觉摄食^[32-34],对大型食物个体通常表现出很强的选择性,这种选择性可能是由于鱼类对该种食物的主动选择,也可能是由于小型食物个体的可探测性低而与捕食者的相遇机率较小而不被捕食,或者是由两者共同作用的结果^[35]。Lazarro 指出,鱼类对浮游动物摄食的选择受食物可得性、食物个体大小、食物可见性和鱼类的捕食能力和方式等影响^[36]。捕食者对食物的大小选择也被解释为最优取食,当捕食者遇到小型食物时,由于它们的能量较低而常被忽略^[37]。虽然桡足类的个体较大,是鱼类较好的潜在食物,但许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^[12]。本次调查中,鲢对个体较大的哲水蚤表现出主动选择(除8月,选择性(*D*)均为正值),说明鲢具有一定的捕捉桡足类的能力。

浮游动物食性鱼类在维持湖泊生态系统的结构与功能稳定中起到重要作用,它们对浮游动物的捕食可以显著抑制浮游动物群落结构,甚至可以引起大个体浮游动物的消失^[1,36]。本次调查发现:鲢主要以浮游动物为食,优先选择摄食大型浮游动物。在太湖,由于丰富食物的存在和肉食性鱼类现存量的降低,鲢产量在逐年增加,根据“下行效应”,太湖鲢可能会间接促进湖泊中浮游藻类的生长。因此,在湖泊生态修复与管理中,我们应该依据“下行效应”原理,合理增加肉食性鱼类的比例来增加对浮游动物食性鱼类的捕食压力,从而达到控制浮游动物食性鱼类的生物量,增加浮游动物对浮游植物的捕食压力,最终抑制浮游植物的大量繁殖,实现湖泊修复和管理的目的。

致谢:周德勇、李柯、刘旭博、姚思鹏、章铭帮助完成样品采集和实验室分析工作,南京中科水治理工程有限公司的工作人员协助采样,两位匿名审稿人对本文提出了宝贵意见,在此一并感谢!

4 参考文献

- [1] Northcote TG. Fish in the structure and function of freshwater ecosystems: A “top-down” view. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1988, **45**(2): 361-379.
- [2] Søndergaard M, Liboriussen L, Pedersen AR *et al.* Lake restoration by fish removal: short-and long-term effects in 36 Danish lakes. *Ecosystems*, 2008, **11**(8): 1291-1305.
- [3] Reissig M, Trochine C, Queimalinos C *et al.* Impact of fish introduction on planktonic food webs in lakes of the Patagonian Plateau. *Biological Conservation*, 2006, **132**(4): 437-447.
- [4] 赵玉宝. 鲤鱼种和鲢鳙对池塘浮游生物的影响. *生态学报*, 1993, **13**(4): 348-355.
- [5] 杨宇峰, 黄祥飞. 鲢鳙对浮游动物群落结构的影响. *湖泊科学*, 1992, **4**(3): 78-86.
- [6] Quirós R. Fish effects on trophic relationship in the pelagic zone of lakes. *Hydrobiologia*, 1999, **361**(1/2/3): 101-111.
- [7] Prokopkin IG, Gubanov VG, Gladyshev MI. Modelling the effect of planktivorous fish removal in a reservoir on the bio-mass of cyanobacteria. *Ecological Modelling*, 2006, **190**(3/4): 419-431.
- [8] Jeppesen E, Jensen JP, Kristensen P *et al.* Fish manipulation as a lake restoration tool in shallow, eutrophic, temperate lakes 2: threshold levels, long-term stability and conclusions. *Hydrobiologia*, 1990, **200/201**: 219-227.
- [9] 谷孝鸿, 朱松泉, 吴林坤等. 太湖自然渔业及其发展策略. *湖泊科学*, 2009, **21**(1): 94-100.
- [10] 刘恩生, 刘正文, 陈伟民等. 太湖鲢鱼渔获量变化与生物环境间相互关系. *湖泊科学*, 2005, **17**(4): 340-345.
- [11] 鲍传和, 杨启超, 丁淑荃. 富营养化条件下太湖鲢鱼的食物组成特点及分析. *水利渔业*, 2007, **27**(6): 71-73.
- [12] 叶佳林, 刘正文, 王卫民. 太湖梅梁湾刀鲢与间下鱈食性的比较. *湖泊科学*, 2007, **19**(2): 218-222.
- [13] 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.
- [14] 袁传忠, 林金榜, 秦安龄等. 关于我国鲢属鱼类分类的历史和现状——兼谈改造旧鱼类分类学的几点体会. *南京大学学报*, 1976, **2**: 1-12.
- [15] 袁传忠, 林金榜, 刘仁华等. 刀鲢的年龄与生长. *水生生物集刊*, 1978, **6**(3): 285-296.
- [16] 袁传忠, 秦安龄, 刘仁华等. 关于长江中下游及东南沿海各省鲢属鱼种下分类的探讨. *南京大学学报*, 1980, **3**: 67-82.
- [17] 刘文斌. 中国鲢属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.
- [18] Cheng Q, Han J. Morphological variations and discriminant analysis of two populations of *Coilia ectenes*. *Journal of Lake Sciences*, 2004, **16**(4): 356-364.

- [19] 孙雪兴. 太湖鲢鱼生殖特性. 海洋湖沼通报, 1987, **2**: 89-95.
- [20] 刘恩生, 鲍传和, 吴林坤等. 太湖新银鱼、鲢鱼的食性比较及相互影响分析. 湖泊科学, 2007, **19**(1): 103-110.
- [21] 刘恩生, 刘正文, 鲍传和等. 太湖鲢鱼和鲢、鳙鱼的食物组成及相互影响分析. 湖泊科学, 2007, **19**(4): 451-456.
- [22] Jacobs J. Quantitative measurement of food selection. *Oecologia*, 1974, **14**(4): 413-417.
- [23] 蒋燮治, 堵南山. 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.
- [24] 中国科学院动物研究所甲壳动物研究组. 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.
- [25] 陈真然, 魏淑珍. 珠江口七丝鲚和凤鲚仔稚鱼形态特征. 鱼类学论文集: 5. 北京: 科学出版社, 1986: 101-109.
- [26] 袁传忠, 秦安龄. 我国近海鲢鱼生态习性及其产量变动状况. 海洋科学, 1984, **5**: 35-37.
- [27] Dou S, Chen D. Taxonomy, biology and abundance of icefishes, or noodlefishes (Salangidae), in the Yellow River estuary of the Bohai Sea, China. *Journal of Fish Biology*, 1994, **45**(5): 737-748.
- [28] Liu Z. Diet of a zooplanktivorous icefish *Neosalanx pseudotaihuensis* Zhang. *Hydrobiologia*, 2001, **459**(1/2/3): 51-56.
- [29] 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.
- [30] Liu Z. Changes in abundance of the icefish *Neosalanx pseudotaihuensis* Zhang (Salangidae) and the impact on the zooplankton community of Xujiahe Reservoir, Central China. *Hydrobiologia*, 2001, **445**(1/2/3): 193-198.
- [31] 唐 渝. 太湖湖鲢种群数量变动及合理利用的研究. 水产学报, 1987, **11**(1): 61-73.
- [32] Holzman R, Genin A. Zooplanktivory by a nocturnal coral-reef fish: Effects of light, flow, and prey density. *Limnology and Oceanography*, 2003, **48**(4): 1367-1375.
- [33] Janssen J. Comparison of response distance to prey via the lateral line in the ruffe and yellow perch. *Journal of Fish Biology*, 1997, **51**(5): 921-930.
- [34] Montgomery JC, Macdonald JA. Sensory tuning of lateral line receptors in Antarctic fish to the movements of planktonic prey. *Science*, 1987, **235**(4785): 195-196.
- [35] Holzman R, Genin A. Mechanisms of selectivity in a nocturnal fish: a lack of active prey choice. *Oecologia*, 2005, **146**(2): 329-336.
- [36] Lazzaro X. A review of zooplanktivorous fishes: their evolution, feeding behaviours, selectivities, and impacts. *Hydrobiologia*, 1987, **146**(2): 97-167.
- [37] Charnov EL. Optimal foraging, the marginal value theorem. *Theoretical Population Biology*, 1976, **9**(2): 129-136.