

鲢、鳙摄食能力的比较研究*

董双林 李德尚

(青岛海洋大学水产学院, 青岛 266003)

提要 于 1990 年 7 月—1991 年 10 月用实验生态学方法研究鲢、鳙的摄食能力。结果表明, 鲢对水中浮游植物的摄食能力较鳙的大, 但对浮游动物的摄食能力较鳙的小, 对于直径约 $70\mu\text{m}$ 的食物颗粒两者的摄食能力相当。

关键词 摄食能力 鲢 鳙

鲢、鳙是我国最重要的经济鱼类, 它们的产量已超过我国淡水养殖鱼产量的一半(李思发等, 1990)。近些年来许多国家引进这两种鱼, 用以养殖或控制水质。

人们传统地认为鲢摄食浮游植物, 鳙摄食浮游动物, 但最近的研究表明它们都属杂食性鱼类 (Spataru, 1977; Bitterlich et al., 1984; 何志辉, 1987; Smith, 1989)。在特定条件下, 它们可主要以浮游植物、浮游动物或腐屑为食 (Opuszynski, 1981; 何志辉, 1987; 王渊源, 1988)。为了定量比较鲢、鳙在摄食上的差异, 本文提出摄食能力概念, 并将其定义为滤水频率、吸水量和滤取效率三者之积。它们对各种浮游生物的滤除率也可间接作为摄食能力的指标。

1 材料和方法

1.1 实验鱼来源和规格 鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙 (*Aristichthys nobilis*) 于 1991 年 9 月采自青岛胶南鱼种场, 用于测定它们滤除率和滤取效率的鱼的标准体长分别为 7.3 ± 1.5 和 $8.3 \pm 1.3\text{cm}$, 体重分别为 7.4 ± 4.9 和 $13.4 \pm 1.9\text{g}$ 。

1.2 食物颗粒 食物规格均以相当体积的球体直径 (ESD) 表示, 该值为显微镜或解剖镜下实测 30 个以上个体的三维尺寸计算而得。萼花臂尾轮虫 (*Brachionus calyciflorus*), $88.7 \pm 12.6\mu\text{m}$; 模糊裸腹溞 (*Moina dubia*), $493 \pm 144\mu\text{m}$; 均是人工培养的。一种桡足类 ($439 \pm 174\mu\text{m}$)、一无节幼体 ($86.0 \pm 26.9\mu\text{m}$) 和光甲藻 (*Glenodinium* sp., $16.1 \pm 6.14\mu\text{m}$) 均是从池塘采集的。蛋白核小球藻 (*Chlorella pyrenoidosa*)、斜生栅藻 (*Scenedesmus obliquus*)、盘星藻 (*Pediastrum* sp.) 和桑椹实球藻 (*Pandorina morum*) 均从中国科学院水生生物研究所获得, 它们的直径分别为 3.2 ± 0.49 , 5.3 ± 1.84 , 18.6 ± 4.15 和 $19.8 \pm 4.78\mu\text{m}$ 。松树花粉 ($60.0 \pm 7.44\mu\text{m}$) 采自野外。以上所有生物密度均在显微镜或解剖镜下用计数框测定。

1.3 吸水量和滤取效率的计算 吸水量 (B) 指鱼类滤水一次通过口咽腔的水量。滤

* 博士论文。董双林, 男, 出生于 1956 年 5 月, 博士后, 副教授。

收稿日期: 1993 年 4 月 16 日, 接受日期: 1994 年 7 月 28 日。

取效率 (E) 指鱼类滤水一次将浮游生物从所过滤的水中滤取(食)的百分数。吸水量和滤取效率可用 Dong 等 (1992) 推导的下列公式计算:

$$C_t = C_0(1 - BE/V)^n \quad (1)$$

式中, C_0 和 C_t 分别为食粒在实验开始和结束时的密度; V 为实验水体积; n 为滤水次数。鲢、鳙对轮虫的滤取效率为 100% (Dong et al., 1992), 因此, 用实测的 n , C_0 , C_t 和已知的 E , 用式(1)计算得到 B 。用 B 可以得到其它食粒的滤取效率。

1.4 实验容器和水温 实验容器为 $50 \times 35 \times 25\text{cm}^3$ 玻璃水族箱。实验用水为过夜自来水。测滤水频率和吸水量的水温为 15, 20 和 25°C , 而滤除率和滤取效率的实验水温为 20°C 。后一实验采用 13 个水族箱: 一个对照, 9 个放鲢(每箱 11 尾), 3 个放鳙(每箱放 9 尾)。每个水族箱放 20L 自来水, 并加等量的食粒, 除浮游动物外其它食粒密度差别不大。实验持续 2h。

2 结果和讨论

2.1 鲢、鳙对各种食粒的滤除率 滤除率是指实验期间食粒被滤除(食)的百分数。从鲢、鳙对多种食粒的滤除率可看出, 鲢对浮游植物的滤除率较鳙的大, 但对浮游动物的滤除率较鳙的小(表 1)。

表 1 鲢、鳙对不同食物颗粒的滤除率(%)

Tab. 1 Removal rates (%) of various food particles by silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) and bighead carp (*Aristichthys nobilis*)

鱼类	序号	蛋白核小球藻	斜生栅藻	光甲藻	盘星藻	桑椹实球藻	松树花粉	无节幼体	萼花臂尾轮虫	裸腹溞	桡足类
鲢	1	12.9	14.6	42.9	22.2	34.1	54.2	59.1	61.8	31.4	11.1
	2	24.3	13.3	33.3	29.4	33.7	46.3	12.9	43.2	40.4	27.7
	3	26.5	11.3	20.0	16.7	33.0	48.8	34.7	46.4	55.3	43.8
	4	13.0	20.8	25.0	44.4	56.0	49.5	58.3	60.2	12.3	52.4
	5	5.4	14.0	—	50.0	48.8	48.3	54.4	31.9	31.1	50.0
	6	11.5	8.5	—	25.0	35.1	60.2	52.8	66.8	42.9	33.3
	7	2.5	20.0	—	38.2	46.3	45.7	42.3	52.7	34.3	22.6
	8	21.5	19.5	—	20.9	43.8	39.4	39.1	51.6	42.2	22.6
	9	23.9	13.0	—	47.1	52.7	44.1	54.8	52.0	31.6	7.5
	平均	15.7	15.0	30.3	32.7	42.7	48.5	45.4	51.8	35.7	30.1
鳙	1	10.6	7.13	20.0	20.0	31.9	54.0	92.8	86.4	77.3	65.8
	2	19.7	16.6	16.7	5.0	41.3	63.2	93.4	87.0	85.4	65.6
	3	16.0	8.10	16.7	40.0	24.2	34.2	75.8	75.0	63.3	25.4
		平均	15.1	10.6	17.8	36.7	32.5	50.5	87.3	82.8	75.3

2.2 鲢、鳙的滤水频率、吸水量和滤取效率 鲢、鳙的吸水量和滤取效率的测定作者已另文 (Dong et al., 1992) 做过详细报道, 为便于后文中的计算, 这里给出所得几个经验公式。鲢、鳙滤水频率同鱼规格 (L , cm, 下同) 和水温 (T , $^\circ\text{C}$) 的关系为:

$$F_b = 2.15T - 2.37L + 52.99 \quad (2)$$

$$F_s = 1.27T - 2.89L + 71.55 \quad (3)$$

式中, F_b 和 F_s 分别表示鲢和鳙的滤水频率(次/min)。

鲢、鳙吸水量与鱼规格的关系如下:

$$B_h = 0.170L - 0.837 \quad (4)$$

$$B_a = 0.157L - 0.418 \quad (5)$$

式中, B_h 和 B_a 分别表示鲢、鳙的吸水量 (B , ml/次, 下同)。

鲢、鳙对几种食粒的滤取效率表明, 鲢对较小食粒的滤取效率较鳙的高很多(表 2)。滤取效率与食粒直径 ($ESD, \mu\text{m}$) 的回归方程为:

$$E_h = 25.1 \ln ESD - 13.6 \quad (6)$$

$$E_a = 22.2 \ln ESD - 33.1 \quad (7)$$

式中, E_h 和 E_a 分别表示鲢和鳙的滤取效率(%)。

表 2 鲢、鳙对不同食粒的滤取效率(%)

Tab. 2 Filtering efficiency (%) of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) and bighead carp (*Aristichthys nobilis*) for various food particles

食 物 颗 粒	鱼 类	
	鲢	鳙
蛋白核小球藻	23	10
斜生栅藻	22	6.0
光甲藻	50	11
盘星藻	48	26
桑椹实球藻	76	22
松树花粉	91	48
萼花臂尾轮虫	100	100

2.3 鲢、鳙滤水率的比较 鲢滤水频率和吸水量测定实验所用标本体长范围为 5.6—11.0cm。在这一体长范围内鲢的滤水频率较鳙的稍快[见式(2),(3)],而式(4)和式(5)表明鳙的吸水量较鲢的大很多。滤水频率和吸水量相乘为滤水率。从表 3 中可看出鳙的滤水率大于鲢的滤水率。

表 3 鲢和鳙的滤水率 (ml/min)

Tab. 3 Filtering rates (ml/min) of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) and bighead carp (*Aristichthys nobilis*)

温度(°C)	鱼 类	鱼 规 格 (cm)		
		11.0	7.8	5.6
15	鲢	60.9	33.4	8.63
	鳙	77.0	55.1	34.2
20	鲢	72.1	38.8	9.92
	鳙	85.4	60.2	37.2
25	鲢	91.6	44.1	12.2
	鳙	93.6	65.4	40.1

2.4 鲢、鳙摄食能力的比较 鲢、鳙的摄食能力是滤水率和滤取效率的乘积。根据式(6)、式(7)和表 3 提供的数据计算得知, 鲢对较小食粒的摄食能力大于鳙的。另外, 单位

体重鱼的滤除率也可用来表示鱼的摄食能力。鲢、鳙单位体重的滤除率见图 1。它们的滤除率随浮游植物、花粉、无节幼体和轮虫的直径的增加而增加。鲢对小于 $60\mu\text{m}$ 的食粒

的滤除率大于鳙的,而鳙对无节幼体和轮虫的滤除率大于鲢的。统计分析表明,它们对直径约 $70\mu\text{m}$ 的食粒的滤除率几乎相等。也就是说,鲢对浮游植物的摄食能力较强,鳙对浮游动物的摄食能力较强,对直径约 $70\mu\text{m}$ 的食粒的摄食能力两者相当。

鲢、鳙对大于轮虫的食粒的滤取效率应该为 100%,但由于枝角类和桡足类的逃避反应,鱼类对它们的滤除率小于对轮虫的滤除率。由于鳙的吸水量较大,鳙可以有效地摄食它们。桡足类较枝角类逃避能力强一些 (Drenner et al., 1978),因此,它被摄食得就少一些。

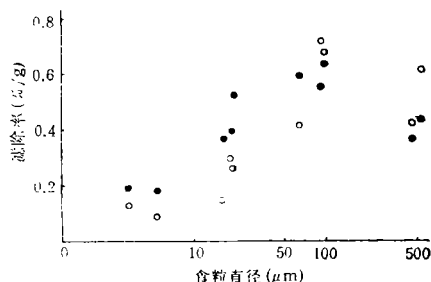


图 1 鲢(●)、鳙(○)对几种食粒的滤除率
Fig. 1 Removal rates (%/g) of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) (●) and bighead carp (*Aristichthys nobilis*) (○) for various food particles

3 结论

本研究所用鱼种摄食器官的结构已基本与成鱼的相似,因此,研究结果可基本反映这些鱼类总的特点。滤水率和滤取效率之和或单位鱼体重对食粒的滤除率可很好地表达鲢、鳙的摄食能力。摄食能力再与饵料密度相乘又可定量表达它们的摄食量。将摄食量表达为吸水量、滤水频率、滤取效率和饵料密度 4 部分之积将会给今后生态系统建模提供很大方便。

参 考 文 献

- 王渊源,1988,池养花鲢摄食的天然生物食料,水产学报,12(1): 43—50。
何志辉,1987,再论白鲢的食物问题,水产学报,11(4): 351—358。
李思发等,1990,长江、珠江、黑龙江鲢、鳙、草鱼种质资源研究,上海科学技术出版社(上海),3。
Bitterlich, G. and Gnaiger, E., 1984, Phytoplanktivorous or omnivorous fish? Digestibility of zooplankton by silver carp, *Aquaculture*, 40:261—263。
Dong, S. L. et al., 1992, Suction volume and filtering efficiency of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) and bighead carp (*Aristichthys nobilis*), *J. Fish Biol.*, 41: 833—840。
Drenner, R. W. et al., 1978, Capture probability: The role of zooplankter escape in the selective feeding of planktivorous fish, *J. Fisheries Research Board Can.*, 35: 1370—1373。
Opuszynski, K., 1981, Comparison of the usefulness of the silver carp and bighead carp as additional fish in carp ponds, *Aquaculture*, 25:223—233。
Smith, D. W., 1989, The feeding selectivity of silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix* Val., *J. Fish Biol.*, 34:819—828。
Spataru, P., 1977, Gut contents of silver carp—*Hypophthalmichthys molitrix*—and some trophic relations to other fish species in a polyculture system, *Aquaculture*, 11: 137—145。

COMPARATIVE STUDIES ON THE FEEDING CAPACITY OF SILVER CARP (*HYPOPHTHALMICHTHYS MOLITRIX*) AND BIGHEAD CARP (*ARISTICHTHYS NOBILIS*)

Dong Shuanglin, Li Deshang

(Fisheries College, Ocean University of Qingdao, Qingdao 266003)

ABSTRACT

The authors' (1990—1991) studies on the feeding capacity of silver carp and bighead carp by means of experimental ecology showed that the filtering frequency of silver carp was slightly greater than that of bighead carp, but the suction volume of the latter was much greater than that of the former, so the filtering rate (filtering frequency multiplied by suction volume) of silver carp was smaller than that of bighead carp. The filtering efficiency of silver carp for phytoplankton was much greater than that of bighead carp for them. The feeding capacity (filtering rate multiplied by filtering efficiency) or removal rates of silver carp for phytoplankton were greater than those of bighead carp, but for zooplankton those of the former were smaller than those of the latter; for food particles about 70 μm the two corresponding parameters for both of them were almost equal.

Key words Feeding capacity Silver carp Bighead carp