第 14 卷 第 2 期
2002 年 6 月

湖 泊 科 学
JOURNAL OF LAKE SCIENCES

Vol.14,No.2
Jun.,2002

水丰水库亚洲公鱼和大银鱼种群生态的比较研究*

唐作鹏[1] 解 涵[1] 解玉浩[1] 李 勃[1]
李兴友[2] 段开明[2] 袁福荣[2] 孙亚权[3]

(1 辽宁省淡水水产研究所,辽阳 111000;2 辽宁宽甸满族自治县水产技术推广站,宽甸 118200;
3 辽宁丹东市海洋与渔业局,丹东 118000)

提 要 1998 年 10 月至 2000 年 11 月对水丰水库亚洲公鱼和大银鱼的食性、生长、繁殖、群体结构进行了比较研究.亚洲公鱼为杂食性鱼类但主要以浮游动物为食,繁殖时还摄食同类卵,出现频率达 42.9%,在冬季也摄食大银鱼卵(2.8%);体长(L)、体重(W)呈异速生长($W = 1.176 \times 10^{-6} L^{3.5555}$);群体繁殖速度比 1984 年以前提高了 49.2%;群体结构中体长、体重的离散度很小.大银鱼前期主要以浮游动物为食,后期以小鱼小虾为主要食物,也捕食公鱼,出现频率 6.9% – 9.6%;体长、体重呈等速生长,$W = 4.482 \times 10^{-6} L^{3.0009}$;群体繁殖速度高出公鱼 1.18 倍;群体结构中体长、体重的离散度较大,表现出了个体间的差异性.

关键词 种群生态 亚洲公鱼 大银鱼 水丰水库
分类号 Q959.4

水丰水库是 1942 年横断鸭绿江而成的河川型山谷水库,库区长 159km,总面积 357km^2,总容水量 $116 \times 10^8 m^3$,是中朝两国共管的以发电为主的综合利用水库,以主航道划界,中方经营水域面积为 178.5km^2,宜渔面积以 70% 计算为 12495hm^2,属中营养类型[1].水丰水库是我国亚洲公鱼(*Hypomesus transpacificus nipponesis* McAllister)的主产区和种卵基地.1943 年日本人将亚洲公鱼受精卵从朝鲜移入水丰水库,1945 年见到公鱼群体[2],1982 年公鱼资源被开发利用,1985 年之后,水丰水库一直采取增殖放流和定期禁渔措施,公鱼年渔获量稳定在 1500 – 3100t,平均 2407.5t,约占总渔获量的 38%,成为地方出口创汇支柱产业之一.1995 – 1996 年水丰水库上游几座阶梯水库移放大银鱼(*Protosalanx hyalocranius* Abbott)受精卵,1996 年底水丰水库发现大银鱼,1997 年形成群体,1998、1999 年渔获量分别为 20t 和 42t,2000 年渔获量为 120t,大银鱼渔获量呈稳定增长趋势.为了探索同一水库亚洲公鱼和大银鱼共存发展的途径,在实施"大银鱼水库移植技术开发"项目时,进行了亚洲公鱼和大银鱼种群生态的比较研究.

1 材料和方法

1998 年 10 月至 1999 年 1 月和 1999 年 9 月至 2000 年 4 月,在亚洲公鱼和大银鱼成熟发育

* 辽宁省科委重点科研计划(98203001 – 03)资助项目.
收稿日期:2001 – 04 – 03;收到修改稿日期:2001 – 10 – 17.唐作鹏,男,1960 年生,高级工程师.

和产卵期，以及 2000 年 6 月至 11 月逐月从大拉网、拖网和刺网渔获物中随机采取亚洲公鱼、大银鱼样品，以等渗福尔马林液固定，进行生物学测定，分析了生长情况，剖开肠管分析食性，观察了生殖腺发育，现场调查了产卵情况，取第Ⅳ期卵巢用重量比例法测定怀卵量，解剖镜下测微尺测量卵径．部分样品用酒精固定或冰冻保存，剖出矢耳石按耳石日轮技术磨片测记日轮数[3,4]．群体样品以体长、体重、日龄频率分布分析种群结构特征．

2　结果

2.1　食性

2.1.1　食物组成　亚洲公鱼的胃肠内含物中出现植物碎屑、枝角类、桡足类、昆虫幼虫、虾、公鱼卵、银鱼卵和鱼类．但主要食物为枝角类和桡足类，植物碎屑和鱼类仅偶然出现．昆虫幼虫和虾在夏秋食物中少有出现．但在产卵期昆虫幼虫出现频率高达 42.9%．产卵期摄食公鱼的胃中公鱼卵出现频率 42.9%，再次表明公鱼具有吞食本种鱼卵的习性[5]，在大银鱼繁殖时也吞食大银鱼卵（表 1）．

表 1　亚洲公鱼的食物组成

Tab.1　Composition of food of asian smelt

月份	样品数（尾）			体长范围（mm）	食物出现频率（%）							
	总数	摄食	空肠		植物碎屑	昆虫幼虫	枝角类	桡足类	虾	公鱼卵	银鱼卵	其它鱼类
3－4 月	190	21	169	64－120	0	42.9	23.8	9.5	0	42.9	0	0
6－8 月	143	132	11	21－69	0.8	1.6	78.5	83.7	8.5	0	0	0.8
9－10 月	260	195	5	50－105	2.6	5.6	72.8	67.7	0.5	0	0	0
12－2 月	191	181	10	56－112	0	0	95.6	40.3	0	0	2.8	0

表 2　大银鱼的食物组成

Tab.2　Composition of food of large icefish

月份	样品数（尾）			体长范围（mm）	食物出现频率（%）						
	总数	摄食	空肠		植物碎屑	昆虫	枝角类	桡足类	虾	公鱼	其它鱼类
12－2 月	292	106	186	96－188	0	0.9	70.8	10.4	4.7	7.5	13.2
6－8 月	168	33	135	26－102	0	0	3.0	0	6.1	6.1	87.9
9－11 月	367	94	273	66－137	5.3	0	36.2	40.4	23.4	9.6	11.7

大银鱼的主要食物为枝角类、桡足类、虾和鱼类，昆虫个别出现（表 2），植物碎屑属于偶然带入食物．大银鱼吞食的鱼类中，可以辨认的有虾虎鱼、公鱼、黄鲂鱼等，这些鱼类在水库中群体密度较大，个体小、体细长，适于吞食．大银鱼吞食的鱼类，多数头部先入口，而虾类全部是尾部先入口．在该水域大银鱼残食同类现象还不明显．

2.1.2　摄食频率和摄食强度　亚洲公鱼除在繁殖期之外，摄食频率较高，夏秋冬摄食个体均占 90%以上，空胃肠的个体占 2.5%－7.7%．但摄食强度较低，平均饱满度指数 94.4－164.85（表 3）．公鱼的主要食物为枝角类和桡足类，表现出大多数个体不间断地摄食特征．而大银鱼

的摄食频率明显较低,夏秋摄食个体占 19.6% – 23.7%,空肠个体占 76.3% – 80.4%,产卵期摄食个体略高(36.3%).而饱满度指数较高,夏季平均为 107.63,秋季平均 375.90,产卵期平均为 205.32.大银鱼的主要食物,除了枝角类和桡足类之外,鱼虾有更重要的意义(表 2、3).观察表明,大银鱼吞食鱼虾后,前中后肠均很强的消化能力,位于前中肠的鱼虾有的已大部被消化,大多数空肠个体的肠中,有一定数量的食糜,可能大银鱼捕食鱼虾后到完全消化需要一段时间,而捕食间隔时间比较长,从而造成空肠比率较高.

表 3 亚洲公鱼、大银鱼的摄食频率和摄食强度

Tab.3 Frequency and intensity of feeding of asian smelt and large icefish

月份	样品数	体长范围(mm)	摄食个体(%)	空胃肠个体(%)	食物重(g)		饱满度指数[1)]	
					范围	平均	范围	平均
3 – 4 月[a]	190	64 – 120	11.1	88.9	0.01 – 0.07	0.029	13.9 – 45.4	31.14
6 – 8 月[a]	143	21 – 69	92.3	7.7	0.005 – 0.09	0.026	17.8 – 272.7	164.85
9 – 10 月[a]	260	50 – 105	97.5	2.5	0.005 – 0.25	0.053	23.0 – 552.1	134.88
12 – 2 月[a]	191	56 – 112	94.2	5.8	0.006 – 0.46	0.064	11.4 – 299.3	94.40
12 – 2 月[b]	292	96 – 188	36.3	63.7	0.001 – 9.52	0.288	1.8 – 2396.7	205.32
6 – 8 月[b]	168	26 – 102	19.6	80.4	0.007 – 0.07	0.029	2.55 – 357.1	107.63
9 – 10 月[b]	397	66 – 137	23.7	76.3	0.007 – 1.27	0.180	11.1 – 6512.8	375.9

1)饱满指数公式为:食物重 × 10,000/鱼体重;a:亚洲公鱼;b:大银鱼.

2.2 生长

2.2.1 体长体重关系 2000 年 6 – 11 月采集的样品中,亚洲公鱼 180 尾(每月 30 尾),体长 21.5 – 91.0mm,体重 0.05 – 10.34g;大银鱼 161 尾(6 月 11 尾,其它每月 30 尾),体长 26.5 – 137.0mm,体重 0.17 – 14.36g,按 $W = aL^b$ 公式分别计算了体长(L, mm)、体重(W,g)关系.亚洲公鱼的关系式为 $W = 1.176 \times 10^{-6} L^{3.5555}$,相关系数 0.9442;大银鱼的关系式为 $W = 4.482 \times 10^{-6} L^{3.0039}$,相关系数 0.9153.

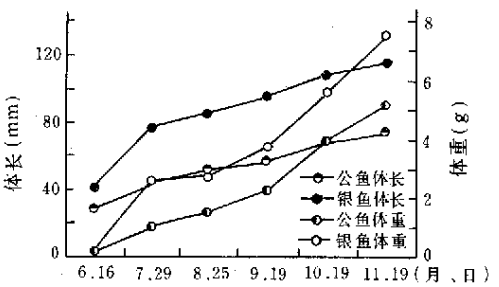

图 1 亚洲公鱼和大银鱼平均体长、体重生长曲线

Fig.1 Growth curve of average body length and body weight of asian smelt and large icefish

2.2.2 生长率 2000 年 6 – 11 月在水库上游同一地点(西江库汊),用同一盘大拉网逐月捕取亚洲公鱼和大银鱼样品,实测体长体重生长情况列于表 4,由表中可见亚洲公鱼和大银鱼有相似的生长特性,即 6 – 7 月间体长日生长较快,7 – 8 月间体长日增长减慢,秋天 9 – 10 月间又增快.秋后(9 月以后)两种鱼的体重日增长明显加快.春天稚幼鱼体长增长较快,秋后生殖腺成熟发育之前体重增加较快(参见图 1),这也是一般淡水鱼类的生长规律.

2.3　繁殖

2.3.1　成熟规格　亚洲公鱼的成熟规格(指生殖腺发育到第Ⅳ成熟期),雄鱼体长 60.0 – 102*mm*,体重 2.51 – 10.22*g*,雌鱼体长 64.0 – 120*mm*,体重 3.71 – 17.63*g*,经耳石制片鉴定日龄为 237 – 331.大银鱼的成鱼规格雄鱼体长 98.0 – 168*mm*,体重 3.24 – 25.10*g*,雌鱼 98.0 – 201.5*mm*,体重 4.11 – 42.00*g*,日龄为 226 – 313.

表 4　亚洲公鱼、大银鱼体长体重生长

Tab.4　Growth of body length and body weight of asian smelt and large icefish

日期	样品数	体长(mm)		体重(g)		平均日增长(mm)	平均日增重(mg)
		范围	平均	范围	平均		
2000 – 06 – 16[a]	142	21.0 – 34.0	27.95	0.04 – 0.27	0.14	–	–
2000 – 07 – 29[a]	36	27.0 – 61.5	43.21	0.21 – 2.70	1.02	0.35	20.47
2000 – 08 – 25[a]	126	36.0 – 63.0	51.95	0.42 – 2.95	1.50	0.32	17.78
2000 – 09 – 19[a]	107	47.0 – 70.0	58.24	1.11 – 3.83	2.28	0.25	31.20
2000 – 10 – 19[a]	113	58.0 – 81.0	68.38	2.19 – 6.54	3.97	0.34	56.33
2000 – 11 – 19[a]	92	41.0 – 91.0	74.63	0.82 – 10.34	5.24	0.21	42.33
2000 – 06 – 16[b]	11	26.3 – 47.0	42.19	0.17 – 0.39	0.29	–	–
2000 – 07 – 29[b]	88	63.0 – 97.0	77.67	1.30 – 5.08	2.60	0.83	53.72
2000 – 08 – 25[b]	171	61.0 – 108.0	85.33	1.03 – 4.97	2.77	0.28	6.30
2000 – 09 – 19[b]	51	78.0 – 117.0	95.04	1.80 – 7.09	3.79	0.39	40.80
2000 – 10 – 19[b]	60	85.0 – 118.0	108.05	3.13 – 7.76	5.60	0.43	60.33
2000 – 11 – 19[b]	45	95.0 – 137.0	115.76	3.50 – 14.36	7.59	0.26	66.33

a 亚洲公鱼 ;b 大银鱼 .

2.3.2　性比　亚洲公鱼 645 尾样品中,雌鱼 321 尾,雌雄比为 1∶1.01.大银鱼 7267 尾样品中雌鱼 3602 尾,雌雄比亦为 1∶1.01.不同产卵地点两种鱼的性比均有不同程度的波动变化.

2.3.3　性腺发育　亚洲公鱼的生殖腺两侧不对称,卵巢和精巢均为左侧发达,位于腹腔左前部.右侧的较小,位于腹腔右后部.大银鱼的卵巢亦是左侧发达, 位于腹腔左前部,右侧较小位于腹腔右后部.大银鱼精巢仅有 1 个,位于腹腔右后侧.亚洲公鱼的生殖腺,9 月份处于第Ⅱ成熟期,10 月发育到第Ⅲ成熟期,成熟系数雌鱼平均为 5.35%,雄鱼平均为 3.14%.12 月末发育到第Ⅲ期末第Ⅳ期初,开始卵黄沉积过程,成熟系数雌鱼为 6.4% – 16.3%,平均 10.6%,雄鱼 1.5% – 7.3%,平均 3.27%.到 3 月份已发育到第Ⅳ成熟期,部分亲体开始产卵,成熟系数见图 2.成熟卵径 0.864 – 1.118mm,平均 1mm 左右.

大银鱼的生殖腺 10 月份处于第Ⅱ成熟期,11 月中旬发育到第Ⅲ成熟期,12 月中旬已发育到第Ⅳ成熟期.成熟卵巢的怀卵量左侧卵巢占 88.27%,右侧占 11.73%,成熟卵径 0.888 – 1.038mm,平均 0.98mm.成熟系数在未产卵之前随时间推移一直升高,大银鱼一般在 12 月末即开始产卵,一部分鱼性腺在 1 – 2 月即转为Ⅵ – Ⅱ期,成熟系数降至 12%左右.雄性大银鱼的成熟系数很低,10 月为 0.13%,1 月达最高值为 0.21%,2 月下降为 0.16%.图 2 中只表示未产卵亲鱼的成熟系数变化.

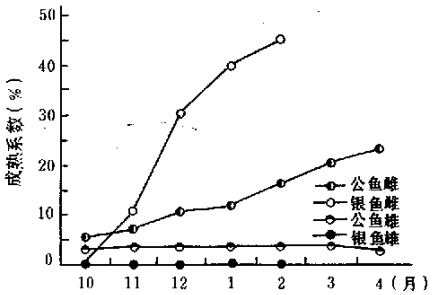

图2 亚洲公鱼和大银鱼成熟系数变化比较

Fig.2 Change of maturity coefficient of asian smelt and large icefish

2.3.4 繁殖力 个体繁殖力和相对繁殖力.亚洲公鱼体长64-120mm,体重3.71-18.51g的50尾雌鱼的个体繁殖力2531-23383粒,平均6182粒,其中1龄鱼的个体繁殖力平均为4785粒,相对繁殖力平均为683粒/g(体重),2龄鱼平均个体繁殖力为8276粒,平均相对繁殖力为759粒/g(体重).大银鱼56尾雌鱼,体长101-188mm,体重4.91-39.72g,个体繁殖力3638-29950粒,平均10592粒,相对繁殖力340-960粒/g(体重),平均649粒/g(体重).大银鱼个体繁殖力大大高于公鱼,而相对繁殖力稍低于公鱼.

群体增殖速度.以Поляков的群体增殖速度公式来计算两种鱼的群体繁殖力[5,8-10].

$$V_p = \left(\sum_{t_{\mathrm{I}}}^{t_{\mathrm{II}}} P_t V_t\right)/100$$

式中,V_p为群体增殖速度指标(一尾原来雌鱼一年产生的雌鱼尾数);V_t为在年龄t初次产卵的雌鱼平均个体增殖速度(单位同V_p),$V_t=(srtf)^{1/t}$;s:性比系数;r为平均个体绝对繁殖力;f为产卵系数;P_t为在年龄t初次产卵的雌鱼的相对数量;t_{I},t_{II}为最早及最晚成熟的初次产卵雌鱼的年龄.

亚洲公鱼的产卵群体,354尾雌体中有6尾生殖腺处于第Ⅱ成熟期,当年不能产卵,可产卵雌鱼占98.3%,1龄雌鱼平均繁殖力为4785粒,2龄雌鱼平均繁殖力8276粒,雌性比例占49.8%,产卵系数(产出的卵占怀卵数的百分比)为95.1%,这样公鱼群体繁殖力:$V_{\mathrm{I}}=2266$;$V_{\mathrm{II}}=88$;$V_p=2229$.即一年一尾原有雌鱼可产出2229尾雌鱼(具有这种潜在的可能性),比1984年水丰水库公鱼群体繁殖力1494提高了49.2%[5].

大银鱼产卵群体中雌性比例占49.6%,490尾雌鱼中有13尾生殖腺处于第Ⅱ成熟期,当年不能产卵,可产卵雌鱼占97.4%,产卵系数97.8%.平均个体繁殖力为10316,参与生殖的亲体均为1龄鱼,将这些参数代入上式可得,$V_{\mathrm{I}}=5004$;$V_{\mathrm{II}}=0$;$V_p=4874$;说明大银鱼的群体繁殖力比公鱼的高出1.18倍.

2.3.5 繁殖习性 亚洲公鱼的产卵期在2月下旬至5月上旬,3月中旬至4月上旬为盛产期.产卵水温1.5-14℃,可在整个水库沿岸带产卵,但水深1-3m的砂石底质处、迎风面微波荡漾的岸边是理想产卵场,傍晚和夜间产卵较集中,白天一般不产卵.公鱼是一次性产卵鱼类,可将所怀卵的95%以上产出.产卵后期有个别雌鱼没有产卵,所怀卵逐渐退化吸收.卵粘性,有降落伞状粘束,粘附于砂石或枯萎水生植物上发育,从受精到孵出约需积温4000(℃·h)[6].

大银鱼的产卵期在12月中旬至3月上旬,1月上中旬隆冬时节为盛产期,产卵水温1-8℃.在水库冰下沿岸砂石底质或石砬子处产卵,产卵水深较大,据捕捞产卵亲鱼的刺网作业记录,水深10-25m的底网捕鱼效果最好.和公鱼一样,也是傍晚和夜间集中产卵,每当寒潮大风来袭是产卵的刺激因素,水丰水库与柴河水库的大银鱼相似,一次性产卵和分批产卵并

存[7,8]，表现出很强的繁殖适应性．大银鱼的受精卵沉性，卵膜上具卵膜丝，流水条件下可漂浮发育，静水时沉于砂石等硬质底部发育，发育历程约需积温 5200(℃·h)．

2.4　群体结构

1999 年 12 月份从刺网渔获物中随机采取亚洲公鱼和大银鱼样品，测定了其体长、体重和年龄组成．290 尾亚洲公鱼体长频率高峰位于 70.1－80.0mm 体长组，占 77.2%．而大银鱼体长频率出现两个高峰组，分别位于 110.1－120.0mm(25.7%)和 140.1－150.0mm(15.6%)体长组(图 3)，亚洲公鱼体重频率分布高峰组出现在 3.01－5.0g 体重组(60.3%)．而大银鱼体重频率分布出现 3 个高峰，分别位于 5.01－7.0g(23.4%)、13.01－15.0g(9.0%)和 21.01－23.0g(4.7%)体重组，反映出大银鱼体长、体重生长的个体差异远比公鱼大(图 4)．年龄组成中，亚洲公鱼有 2 个年龄组，1 龄鱼 279 尾，占 96.2%，2 龄鱼 11 尾占 3.8%．成熟的 1 龄鱼随机测定了 30 尾鱼的耳石日龄为 237－331，250－290 日龄占 63.3%．大银鱼全系 1 龄鱼，其中 33 尾鱼(体长 102－177mm，体重 3.94－39.72g)的耳石日龄为 226－313，241－260 日龄 15 尾占 45.5%，261－280 日龄 9 尾占 27.3%，这两个日龄组共占 72.3%，是成熟群体的主体鱼[8]．

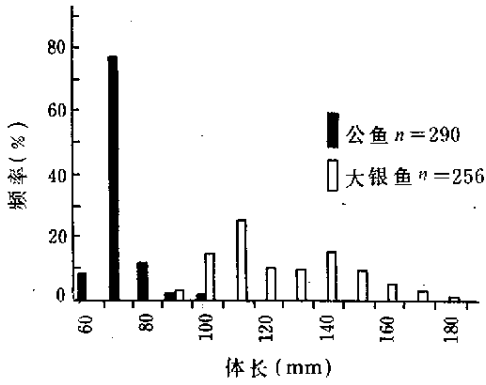

图 3　亚洲公鱼和大银鱼体长频率分布

Fig.3　Frequency distribution of body length of asian smelt and large icefish

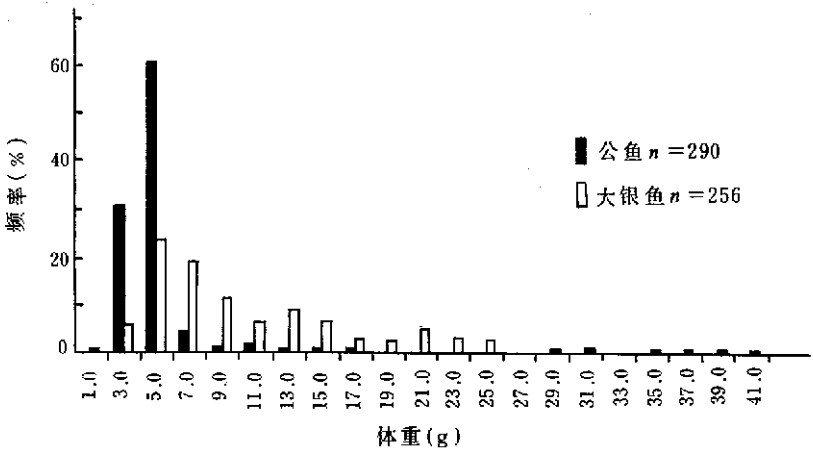

图 4　亚洲公鱼和大银鱼体重频率分布

Fig.4　Frequency distribution of body weight of asian smelt and large icefish

参　考　文　献

1　解玉浩．辽宁省内陆水域渔业资源调查综合报告．农业资源与区划研究文集．沈阳：辽宁科学技术出版社，1986.301－314

2 解玉浩,李 勃等.公鱼属鱼类及资源利用.沈阳:辽宁科学技术出版社,1993.158-164
3 解玉浩,李 勃,王国恩.池沼公鱼耳石日轮的观察研究.海洋与湖沼,1995,26(4):402-407
4 富丽静,解玉浩,李 勃等.大银鱼耳石日轮与生长的研究.中国水产科学,1997,4(2):21-27
5 解玉浩,朴笑平.水丰水库的池沼公鱼生物学.水生生物学集刊,1984,8(4):457-468
6 富丽静,解玉浩,李 勃等.柴河水库大银鱼生殖腺组织学的初步研究.中国水产科学,1999,6(2):122-124
7 解玉浩,唐作鹏,富丽静等.柴河水库大银鱼的生物学.见:中国动物学会编.中国动物科学研究.北京:中国林业出版社,1999.426-431
8 解 涵,唐作鹏,解玉浩等.水丰水库大银鱼的繁殖生物学.大连水产学院学报.2001,16(2):79-86
9 Николъски Г В. Теория динамики стада рыб. Москва. *Пишевая промышленность*, 1974:65-107
10 Поляков Г Д. Экологические закономерности популяционной изменчивости рыб. Москва:Изд-во. *Наука*, 1975:126-140

Comparative Study on the Population Ecology of Asian Smelt (*Hypomesus transpacificus nipponesis*) and Large Icefish (*Protosalanx hyalocranius*) in Shuifeng Reservoir

TANG Zuopeng[1] XIE Han[1] XIE Yuhao[1] LI Bo[1]
LI Xingyou[2] DUAN Kaiming[2] YUAN Furong[2] SUN Yaquan[3]
(1:*Research Institute for Freshwater Fisheries of Liaoning Province*, *Liaoyang* 111000, *P. R. China*;
2:*Station of Spreading Fishery Technology of Kuan Dian County*, *Liaoning Kuan Dian* 118200, *P. R. China*;
3:*Oceanic and Fisheries Bureau of Dan Dong City*, *Liaoning*, *Dandong*, 118000, *P. R. China*)

Abstract

This paper reports the results of comparative study on the population ecology of asian smelt(*Hypomesus transpacificus nipponesis*) and large icefish(*Protosalanx hyalocranius*) in Shuifeng Reservoir from October 1998 to November 2000, which include the behavior of feeding, growth, reprcduction and population structure. The asian smelt is an omnivorous fish which feeds mainly on zooplankton. The eggs of same spcies in spawning period were preyed upon, with a frequency of occurrence of 42.9%. It also fed on eggs of large icefish in winter with a frequency of occurrence of 2.8%. The regression equation of body weight(W) and body length(L) was $W = 1.176 \times 10^{-6} L^{3.556}$. The dispersed degree of body length and body weight in population structure was small. The large icefish feeds mainly on zooplankton in early life and adult fish mainly feeds on small fish and shrimp. The frequency of occurrence of asian smelt in the food was 6.9% - 9.6%. The regression equation of body weight and body length was $W = 4.482 \times 10^{-6} L^{3.004}$. The dispersed degree of body length and body weight was large which showing difference of individual growth.

Key Words Population ecology, asian smelt, large icefish, Shuifeng Reservoir