

文章编号:1000 - 0615(2001)06 - 0500 - 07

# 长江中游草鱼仔鱼的日龄和生长研究

宋昭彬, 常剑波, 曹文宣

(中国科学院水生生物研究所, 湖北 武汉 430072)

**摘要:**采用耳石日轮鉴定了 1998 年采自长江九江江段和 1999 年分别采自长江石码头和纱帽江段的草鱼仔鱼的日龄,并依据日龄推算了仔鱼的孵化期和估计了日生长率。采自九江、石码头和纱帽江段的仔鱼的平均日龄分别为 10.7d, 8.8~16.0d 和 7.0d。石码头江段仔鱼中,5 月 16 日样本的日龄稍高(16.0d),其余样本的日龄比较接近(8.8~9.5d)。采自石码头江段的所有仔鱼的体长平均生长率为  $0.11\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$ ,特定生长率为 1.32%。各批次仔鱼的体长与其日龄的相关性通常很差,这表明长江中游仔鱼的生长不整齐,部分个体可能遭受了营养缺乏的影响。

**关键词:**草鱼;仔鱼;日龄;生长;长江中游

**中图分类号:**S931.1 **文献标识码:**A

## Daily age and growth of larval grass carp from the middle reaches of the Yangtze River

SONG Zhao-bin, CHANG Jian-bo, CAO Wen-xuan

(Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China)

**Abstract:** Ages of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) larvae collected from Jiujiang section of the Yangtze River in 1998, Shimatou and Shamao sections of the Yangtze River in 1999, were determined by counting the increments in otolith. Birth date and daily growth rate of body length of the larvae were estimated based on the daily age. Average age of the larvae from Jiujiang, Shimatou and Shamao sections were 10.7d, 8.8 - 16.0d and 7.0d, respectively. In the samples from Shimatou section, the age of larvae sampled on May 16 was older than that of the other samples. The average and specific growth rate of body length of the larvae from Shimatou section was  $0.11\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$  and 1.32%, respectively. The correlation between body length and age was insignificant except in few samples, which suggested that the growth rate of larvae from the middle reaches of the Yangtze River was unequal, and some individuals might have suffered from the food absence.

**Key words:** grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*); larvae; daily age; growth; the middle reaches of the Yangtze River

鱼类耳石日轮越来越多地应用于仔、稚鱼及幼鱼的日龄鉴定,孵化期、产卵期和产卵场推算,以及早期生长研究<sup>[1-4]</sup>。草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)是我国著名的“四大家鱼”之一,其仔幼鱼期耳石上的

收稿日期:2000-12-08

基金项目:国务院三峡办和中国长江三峡工程开发总公司资助[SX(97)-17/HB]和自然科学基金资助(39270099)

第一作者:宋昭彬(1972-),男,四川蓬溪县人,博士,从事鱼类生态学研究。现在宁波大学水产系工作, Tel: 0574-87600374, E-mail:

zbsong@mail.nbptt.zj.cn

生长轮也具有日沉积规律<sup>[5]</sup>, 这为利用耳石鉴定其日龄, 以及推算孵化期等多项研究提供了可能。长江是草鱼的重要栖息地和繁殖场所, 但自 20 世纪 70 年代初期起, 天然鱼苗资源量和成鱼捕捞量大幅度减少<sup>[6]</sup>。因此, 研究野外条件下仔鱼的生长情况, 对估计其早期存活率及资源量的动态变化具有重要意义。本文以耳石为日龄鉴定材料, 研究了长江中游草鱼野生仔鱼的年龄和生长状况, 旨在为该种鱼的天然资源保护与恢复等研究提供可靠的依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料采集和处理

用于检测的仔鱼分别为 1998 年 5 月 - 6 月采自长江九江江段, 1999 年 5 月 - 6 月采自纱帽江段和石码头江段。采样网具包括圆锥形网和筛网, 网目大小为 0.5mm。采集到的仔鱼的具体情况见表 1。仔鱼采集后, 先置于解剖镜下测量体长和全长, 然后保存在无水酒精中。

### 1.2 耳石摘取

在解剖镜下用解剖针剥开仔鱼的头部, 取出左右微耳石和矢耳石, 经无水酒精清洗、二甲苯透明后, 用中性树胶封于载玻片上。

### 1.3 生长轮统计

由于大部分野生仔鱼的耳石生长轮不清晰或仅隐约可见<sup>[7]</sup>, 因此, 仅选择生长轮比较清晰的耳石样品进行日龄统计。考虑到微耳石适于草鱼的日龄研究<sup>[5]</sup>, 主要统计了微耳石上的生长轮数目, 但也统计了部分个体的矢耳石上生长轮的数目作为参考。进行生长轮计数时, 将耳石样品置于光学显微镜下, 统计耳石上的所有环纹的数目, 对每一样品统计 3 次, 当几次计数间的差异在 10% 以内时, 取其平均值作为耳石的最终生长轮数, 差异大于 10% 的样品则摒弃。

### 1.4 日龄、孵化期、产卵期的推算

由于仔鱼孵化后第 2d 耳石上沉积第 1 个生长轮<sup>[5]</sup>, 因此, 将耳石生长轮数目加上 1 得到仔鱼的日龄; 将采样日期减去日龄得到孵化日期。采用发育期推算日龄时参照易伯鲁等<sup>[8]</sup>的结果。

### 1.5 数据处理

用 STATISTICA 5.0 软件, 分别采用线性生长模型和指数生长模型回归分析仔鱼日龄与长度的关系。

表 1 仔鱼的采集日期、采集地点和长度

Tab. 1 Sampling date, sampling place and body length of larvae

采集地点	采集日期	发育期	体长 (mm)		样本数	用于检测的仔鱼数
			平均值	标准差		
九江	1998-05-13 - 06-24	鳔锥形 - 尾椎上翘期	8.29	0.57	82	9
石码头	1999-05-07	鳔一室 - 卵黄吸尽期	7.91	0.43	58	35
石码头	1999-05-16	背鳍分化 - 鳔二室期	8.91	0.61	15	15
石码头	1999-05-25	卵黄吸尽期	8.23	0.42	207	121
石码头	1999-06-04	卵黄吸尽 - 背鳍分化期	8.18	0.49	136	85
纱帽	1999-05-14 - 05-30	鳔一室 - 背鳍分化期	7.88	0.39	28	17

## 2 结果

### 2.1 日龄

根据耳石鉴定的日龄表明, 1999 年 5 月 16 日在石码头江段采集的仔鱼日龄稍高, 平均值为 16.0d;

其余样本中仔鱼的日龄基本相近,平均值在 7.0~10.7d 之间(表 2)。

表 2 草鱼仔鱼的日龄和孵化期  
Tab. 2 Daily age and birth date of larval grass carp

采集地点	采集日期	日龄(d)			孵化期	样本数
		平均值	标准差	范围		
九江	1998-05-13 - 06-24	10.7	2.25	8~16	04-29~06-14	9
石码头	1999-05-07	9.5	1.83	7~16	04-22~05-02	35
石码头	1999-05-16	16.0	1.63	13~19	04-29~05-04	15
石码头	1999-05-25	8.8	1.03	6~11	05-16~21	121
石码头	1999-06-04	9.5	1.41	7~14	05-22~29	85
纱帽	1999-05-14 - 05-30	7.0	1.26	4~9	05-12~24	17

对 1998 年采自九江江段和 1999 年采自纱帽及石码头江段的仔鱼的研究表明,用耳石日轮鉴定的年龄通常比用发育期推断的要大。以 1999 年 5 月 - 6 月在石码头江段采集的仔鱼为例,分别用这两种方法的鉴定结果见表 3。不同批次的仔鱼,由耳石鉴定的日龄比由发育期推算的要大约 2~4d,随着发育期的延后,这两种方法鉴定的日龄的差距增大。此外,对处于相同发育期的不同批次仔鱼,用耳石日轮鉴定的日龄也出现了较大的变化。例如同处背鳍分化期的 5 月 16 日和 6 月 4 日样本,其平均日龄分别为 14.3d 和 11.5d。

表 3 用发育期和耳石日轮推断的草鱼仔鱼的日龄

Tab. 3 Ages inferred from developmental stages and daily increments of otolith in larval grass carp

发育期	采集日期	由发育期推断的日龄(d)	由耳石推断的日龄(d)		样本数
			平均值 ±SD	范围	
卵黄吸尽期	05-07	5.4~6.4	9.2 ±1.80	7~16	31
	05-25	5.4~6.4	8.8 ±1.03	6~11	121
	06-04	5.4~6.4	9.5 ±1.39	7~14	83
背鳍分化期	05-16	6.4~7.4	14.3 ±1.15	13~15	3
	06-04	6.4~7.4	11.5 ±0.71	11~12	2
尾椎上翘期	05-16	7.4~9.0	16.0 ±1.30	14~17.5	6
鳔二室期	05-16	9.0~11.0	17.5 ±0.71	18~19	2

## 2.2 孵化期

1998 年和 1999 年采集的仔鱼的孵化期见表 2,推算结果表明,两年中,4 月下旬便有仔鱼孵化出膜。按取样日期对 1999 年采自石码头江段的样本的孵化期作了频数分布,其中,5 月 7 日样本的孵化高峰在 4 月 29、30 日和 5 月 1 日,5 月 16 日样本的孵化高峰期为 5 月 1 日和 3 日,5 月 25 日样本的孵化高峰在 5 月 18 日,6 月 4 日样本的孵化高峰在 5 月 27 日(图 1),5 月 7 日样本和 16 日样本的孵化期基本接近。可见,1999 年 5 月 - 6 月从石码头江段采集的 4 次鱼苗可能来自 3 次江汛,分别发生在 4 月下旬到 5 月初、5 月中旬及 5 月下旬。

## 2.3 生长

统计分析结果表明,各批次仔鱼的体长与其日龄的相关性很差,仅 1999 年 5 月 16 日和 6 月 4 日采自石码头江段的样本具显著的线性相关(表 4,图 2)。将不同日期在石码头江段采集的所有样本合在一起分析,仔鱼体长和日龄间为显著的线性关系或指数关系(图 3),用 L 代表体长,D 代表日龄,得到的相关方程分别为:

$$L = 7.1177033 + 0.1094154D, n = 255, r^2 = 0.17340, P < 0.00001$$

$$L = 7.193122e^{0.0132015D}, n = 255, r^2 = 0.17548, P < 0.00001$$

指数关系的符合程度稍优于线性关系,但相关系数均较低。

由线性相关方程得到采自石码头江段的所有仔鱼的平均生长率为  $0.11\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$ ,其中,5月16日的样本为  $0.27\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$ ,6月4日的样本为  $0.16\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$ ,5月16日样本的生长率显著大于6月4日样本的生长率(ANCOVA,  $p = 0.00861$ )。由指数相关方程得到采自石码头江段的所有仔鱼的特定生长率为  $1.32\%$ 。

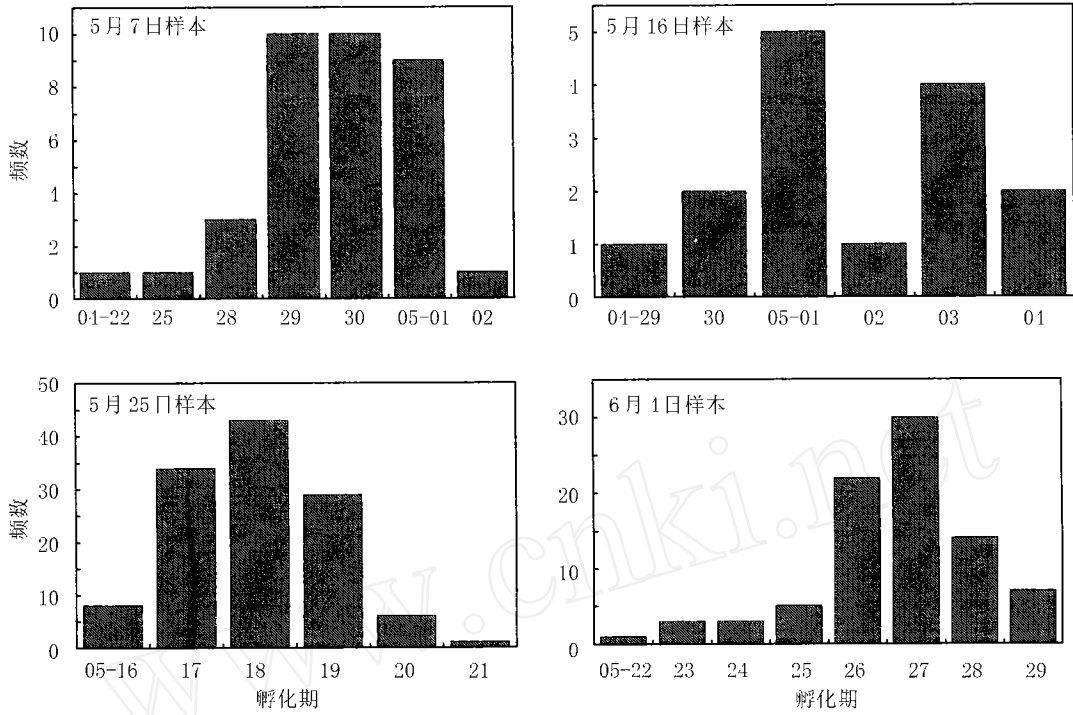


图1 不同日期采自石码头江段的草鱼仔鱼孵化期的频数分布

Fig. 1 Frequency distribution of birth date of larval grass carp sampled from Shimatou section of the Yangtze River at different times

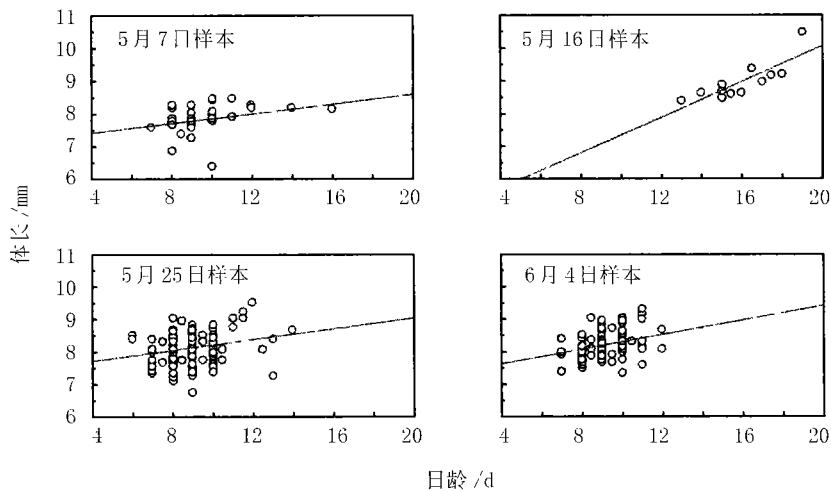


图2 不同日期采自石码头江段的草鱼仔鱼体长与日龄的关系

Fig. 2 Relationship between body length and age of larval grass carp sampled from Shimatou section of the Yangtze River at different times

表 4 草鱼仔鱼体长与日龄的相关关系

Tab. 4 Correlation between body length and age of larval grass carp

样 本	r	t	p	N	截距	斜率
九 江	0.4211	1.2282	0.2591	9	7.0398	0.1041
1999-05-07	0.2726	1.6760	0.1027	37	7.1257	0.0736
1999-05-16	0.8251	4.6188	0.0010	12	4.6261	0.2718
石码头	0.0909	0.9956	0.3215	121	7.8355	0.0397
1999-06-04	0.4521	4.6182	0.0000	85	6.6129	0.1604
总 体	0.4164	7.2850	0.0000	255	7.1177	0.1094
纱 帽	-0.2026	-0.8014	0.4354	17	8.2428	-0.0537

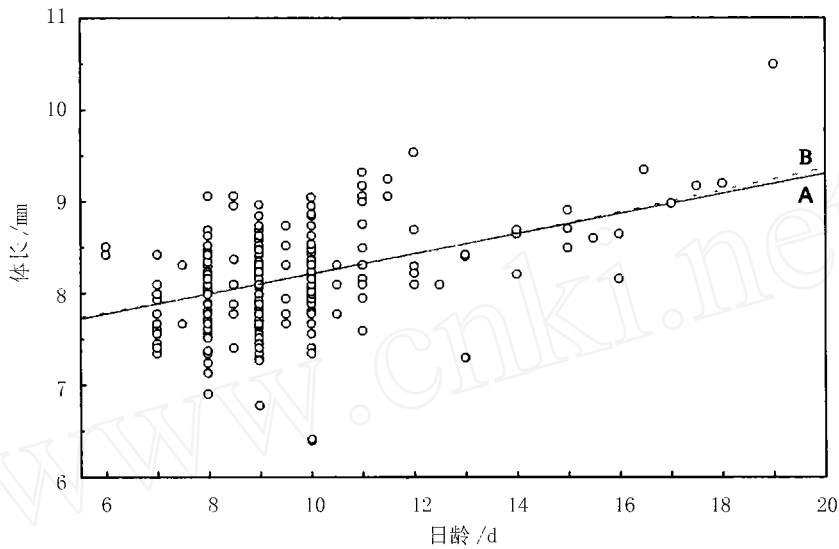


图 3 采自石码头江段的草鱼仔鱼的线性生长模型(A)和指数生长模型(B)

Fig. 3 Linear growth model(A) and exponential growth model(B) for larval grass carp sampled from Shimatou section of the Yangtze River

### 3 讨论

#### 3.1 采用发育期和耳石日轮鉴定的仔鱼日龄的差异

以往的研究中,通常依据仔鱼的发育时期来大致推断从江中采集的野生仔鱼的年龄。但是,仔鱼由一个发育阶段进入下一个阶段一般要经历一定的时间,越晚出现的发育期,其持续的时间可能越长,这就会使推断的年龄变动范围较大。同时,发育期的长短还要受水温的影响,温度升高,发育期的持续时间便缩短。天然水体中,在不同的年份和同一年的不同繁殖时期采集的仔鱼所经历的水温可能不同,根据发育期鉴定的不同批次鱼苗的年龄便会存在偏差。此外,野生鱼苗长时间在江中漂流,可能会处于饥饿状态<sup>[7]</sup>。营养不良时,仔鱼的发育可能受阻,而停滞在某一发育阶段。如此一来,由该发育期推断的饥饿个体的年龄便会偏小。相反,采用耳石日轮鉴定仔鱼的日龄时,便不受发育期持续时间、水温以及营养水平等因素的影响。有研究表明,即使处于饥饿状态,鱼体生长减缓,甚至停止的情况下,耳石上仍可能形成日轮<sup>[9]</sup>。可见,用日轮鉴定仔鱼年龄,特别是处于营养缺乏时的仔鱼的年龄,准确性会高于根据仔鱼发育期的推断结果。如卵黄吸尽期的草鱼仔鱼,样本的日龄波动范围较大,且最小值与由发育期推断的结果比较接近。这充分说明同处于该发育期的仔鱼,部分个体可能是刚好发育到该期,而另一部分则可能早已发育到该期,但由于饥饿等原因而停滞发育,如仍按卵黄吸尽期推断其日龄,显然会较其

实际年龄偏小。对采自石码头江段的仔鱼的研究表明,用耳石日轮鉴定的年龄通常比用发育期推断的要大,随着发育期的延后,这两种方法鉴定的日龄的差距增大。同时,处于相同发育期的不同批次仔鱼,用耳石日轮鉴定的日龄也出现了较大的变化。依据仔鱼的发育期无法区分的年龄差异,用耳石日轮便可以较准确的加以区别,这对准确鉴定仔鱼的日龄以及研究早期生长和死亡等有重要的意义。

### 3.2 耳石形状和日轮在确定鱼苗批次及孵化时间上的作用

比较了分别于 1999 年 5 月 7 日和 16 日从石码头江段采集的两批仔鱼的发育期、体长、耳石形状、日龄及孵化期等(表 5)。两次采集的仔鱼,虽然体长间存在显著的差异( $t$  检验,  $p < 0.0001$ ),但其发育期比较接近。如果单纯从仔鱼的发育期判断,通常会认为这两次采集的仔鱼是在不同时间孵化的可能来自相同产卵场的两批鱼苗。但是,这两次采集的仔鱼的耳石形态有相当大的差别:5 月 7 日样本的矢耳石和微耳石均近圆形,少数个体的耳石为长圆形;5 月 16 日样本的矢耳石为长圆形、近长方形或锥形,微耳石为长圆形或卵圆形。根据耳石鉴定的仔鱼日龄也有很大的差异:5 月 7 日样本的平均日龄为 9.5d,5 月 16 日样本的平均日龄为 16d。通过日龄推算孵化期发现,5 月 7 日和 16 日采集的仔鱼的孵化期基本一致(表 5)。由此可见,分别于 5 月 7 日和 16 日采集的仔鱼应是几乎在同时期孵化的,来自相同或不同产卵场的同一批鱼苗,而不应确定为是来自相同产卵场的两批鱼苗。因此,采用耳石形状及日轮确定鱼苗的批次应更可靠。

表 5 1999 年 5 月 7 日和 16 日采集的草鱼仔鱼的发育期、体长、耳石形状、日龄及孵化期的比较

Tab.5 Comparison of developmental stage, body length, otolith shape, age and birth date of larval grass carp sampled on May 7 and 16, 1999

采集日期	发育期	体长 $\pm$ SD (mm)	耳石形状		日龄 $\pm$ SD (d)	孵化期
			矢耳石	微耳石		
05-07	鳃一室 - 卵黄吸尽期	7.91 $\pm$ 0.43	圆形或长圆形	圆形或长圆形	9.5 $\pm$ 1.83	04-22 - 05-02
05-16	背鳍分化 - 鳃二室期	8.91 $\pm$ 0.61	长圆形、长方形或锥形	长圆形或卵圆形	16.0 $\pm$ 1.63	04-29 - 05-04

### 3.3 野生仔鱼的生长状况

采自石码头江段仔鱼的体长与日龄间呈线性或指数相关,但相关系数很低。当将不同日期采集的样本分别分析时,有些样本的仔鱼体长和日龄还可能不存在相关关系。这反映了早期生活史阶段,不同批次仔鱼以及相同批次仔鱼的不同个体间生长的差异性。长江中浮游动物的密度一般较低,不同日期的密度也可能有较大的差异。仔鱼在江中漂流发育过程中,获得食物的机会可能不一致,从而导致了不同批次仔鱼间以及相同批次的不同个体间营养水平的不一致,大多数个体可能会长时间处于饥饿状态,这将显著影响其生长,进而使体长和日龄间相关性降低,甚至失去相关性。按仔鱼的全长与体长的比率,将体长平均日生长率换算成全长平均日生长率,并和殷名称<sup>[10]</sup>在实验室的研究结果作了比较,结果表明,5 月 16 日采自石码头江段的仔鱼生长率和摄食组较接近,而 6 月 4 日仔鱼的生长率低于实验室内正常摄食仔鱼的生长率,高于实验室内饥饿仔鱼在饥饿期间的生长率,而和饥饿仔鱼在其整个生存期间的平均生长率比较接近。这充分说明,部分野生仔鱼在生存期间,或多或少的遭遇营养缺乏,导致了生长率的偏低。因此,依据体长和日龄间的相关程度,以及仔鱼的生长速率,很有可能了解到仔鱼在野外的生长状况以及摄食条件。

#### 参考文献:

- [1] Powles P M, Warlen S M. Estimation of hatch periods for yellow perch, based on otolith readings from juveniles (age - 0) [J]. Am Fish Soc Symp, 1988, 5: 60 - 67.
- [2] Tsukamoto K, Umezawa A, Tabeta O, et al. Age and birth date of *Anguilla japonica* leptocephali collected in western north Pacific in September 1986[J]. Jap Fish Sci Soc, 1989, 55(6): 1023 - 1028.
- [3] Umezawa A, Tsukamoto K. Age and birth date of the glass eel, *Anguilla japonica*, collected in Taiwan[J]. Jap Fish Sci Soc, 1990, 56(8):

1199 - 1202.

- [4] Campana S E, Hurley P C F. An age-and temperature-mediated growth model for cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) larvae in the Gulf of Maine[J]. Can J Fish Aquat Sci, 1989, 46: 603 - 613.
- [5] 常剑波,邓中,孙建贻,等. 草鱼仔幼鱼耳石日轮及日龄研究[A]. 中国动物学会成立60周年:纪念陈桢教授诞辰100周年论文集[C], 1994. 323 - 329.
- [6] 余志堂,邓中,许蕴珏,等. 葛洲坝枢纽兴建后长江干流四大家鱼产卵场的现状及工程对家鱼繁殖影响的评价[A]. 葛洲坝水利枢纽与长江四大家鱼[M]. 湖北:湖北科学技术出版社, 1988. 47 - 68.
- [7] 宋昭彬. 四大家鱼仔幼鱼耳石微结构的特征及其应用研究[D]. 武汉:中国科学院水生生物研究所, 2000. 21 - 51, 147 - 160.
- [8] 易伯鲁,梁秩,余志堂,等. 长江草、青、鲢、鳙四大家鱼早期发育的研究[A]. 葛洲坝水利枢纽与长江四大家鱼[M]. 湖北:湖北科学技术出版社, 1988. 69 - 116.
- [9] Molony B W, Choat J H. Otolith increment widths and somatic growth rate: the presence of a time-lag[J]. J Fish Biol, 1990, 37: 541 - 551.
- [10] 殷名称. 鲢、鳙、草鱼、银鲫卵黄囊期仔鱼的摄食、生长和耐饥饿能力[A]. 鱼类学论文集(第六辑)[C], 1997. 69 - 79.

## 2002 年世界水产养殖大会暨展览会

2002 年世界水产养殖大会暨展览会是世界水产养殖学会发起的国际性年度会议。该组织在全世界有来自世界 94 个国家的 4000 多个会员, 该会于 1999 年在澳大利亚悉尼及 2000 年在法国尼斯举行的年会上, 均吸引了全世界近 3000 名水产养殖专家参加学术会议及近 200 家企业参加展览。

我国是世界水产养殖发祥地, 也是目前世界水产养殖产量第一大国, 在我国举办“2002 年世界水产养殖大会暨展览会”的目的在于通过与来自世界各国水产养殖的科学家、管理人员和经营人员的交流, 进一步宣传我国水产养殖的成就, 了解和学习世界先进的水产养殖科研成果及优良品种、先进技术装备, 进一步推动我国水产养殖业品种和结构的调整, 确立我国渔业在新世纪国际领先地位。

**大会主题:** 机遇与挑战——中国与世界水产养殖

**大会专题**

1. 水产养殖, 经济及环境; 2. 可持续生产模式; 3. 鱼类养殖; 4. 甲壳类养殖; 5. 贝类养殖; 6. 藻类养殖; 7. 其它品种养殖; 8. 产业专题

**中国分会场**

大会根据中国的实际情况, 为方便更多的中国水产科技工作者参加这次盛会, 特设立世界水产养殖大会中国分会场, 会议交流用汉语。中国分会场设立以下 5 个专题进行研讨: 1. 水产养殖的现状与可持续发展; 2. 水产养殖动物营养与饲料; 3. 水产养殖动物病害与防治; 4. 环境保护与修复技术; 5. 水产品加工与冷藏

**展览会**

**展出范围:** 参展内容包括渔业生物技术、信息技术、水产养殖新技术和新品种、水域生态环境治理、无公害渔用饲料和药物, 设备及休闲渔业等。

**展馆位置和收费标准:** 2002 年世界水产养殖大会展览设在北京国际会议中心一层展厅, 标准展位规格为 2m × 3m、3m × 3m; 根据大会组委会收费标准, 国内参展商 550 元/平方米(中国水产学会单位会员可优惠 10%)。

目前 2002 年世界水产养殖大会暨展览会的征文和筹展工作已全面展开, 详情请与 2002 年世界水产养殖大会暨展览会组委会秘书处中国水产学会联系。

**地 址:** 北京朝阳区麦子店街 22 号楼 **邮编:** 100026

**联系人:** 江开勇 **大会主会场(英文论文)**

吴凡修 **中国分会场(中文论文)**

郭继娥 **展览会**

**电 话:** 010 - 64194232、64194233、64194237; **传 真:** 010 - 64194231、64194235

**Email:** cnsfish @public. bta. net. cn

**网 址:** www. fisheries. moa. gov. cn