

中国科学院水生生物研究所编辑

水生生物学集刊

ACTA HYDROBIOLOGICA SINICA

第 7 卷

第 3 期

Vol. 7

No. 3

1981

科学出版社

水生生物学集刊编辑委员会

刘建康 (主编) 王德铭 丘昌强 朱元鼎 伍献文 余先觉 何碧梧
 (秘书) 陈宏溪 饶钦止 郑 重 胡鸿钧 费鸿年 倪达书 高尚荫
 曹文宣 谢仲屏 蒋燮治 廖翔华 黎尚豪

★

Editorial Commission of Acta Hydrobiologica Sinica

Liu Jiankang (Liu Chien-kang, Editor-in-chief) Wang Deming (Wang Teh-ming)
 Qiu Changqiang (Chiu Chang-chiang) Zhu Yuanding (Chu Yuen-ting) Wu Xian-
 wen (Wu Hsien-wen) Yu Xiangjue (Yu Hsiang-chueh) He Biwu (Ho Pi-wu,
 Secretary) Chen Hongxi (Chen Hong-shi) Rao Jinzhi (Jao Chin-chih) Zheng Zhong
 (Cheng Chung) Hu Hongjun (Hu Hung-chuen) Fei Hongnian (Fei Hung-
 nien) Ni Dashu (Nie Da-shu) Gao Shangyin (Kao Shang-yin) Cao Wenxuan
 (Tsao Wen-shuan) Xie Zhongping (Hsieh Chong-ping) Jiang Xiezhi (Chiang
 Sieh-chih) Liao Xianghua (Liao Hsiang-hua) Li Shanghao (Ley Shang-hao)

水生生物学集刊 第7卷 第3期
 Acta Hydrobiologica Sinica, Vol. 7. No. 3

编辑者 中国科学院水生生物研究所
 (武汉市武昌珞珈山)

出版者 科 学 出 版 社
 北京朝阳门内大街137号

印刷者 中国科学院印刷厂
 总经售 新 华 书 店

印数: 2,400 1981年11月出版

统一书号: 13031·1731

本社书号: 2367·13-6

科技新书目: 12-19

定 价: 1.75 元

水生生物学集刊 第7卷 第3期

(1981年)

目 录

- 长江的铜鱼生物学及三峡水利枢纽对铜鱼资源的影响.....
..... 许蕴珩、邓中彝、余志堂、魏祥健 (271)
- 武汉东湖浮游植物的初级生产力及其与若干生态因素的关系.....
..... 王 骥、沈国华 (295)
- 福建唐氏钉螺的形态和分布.....康在彬 (313)
- 三角鲂 (*Megalobrama terminalis*) 精子与青鱼 (*Mylopharyngodon piceus*) 卵子的受精细胞学研究.....刘 筠、陈淑群、王义铎 (329)
- 达里湖水化学和水生生物学研究.....何志辉、谢祚浑、雷衍之 (341)
- 我国某些鱼类对达里湖碳酸盐型半咸水的适应能力.....史为良 (359)
- 关于扁吻鱼属 (*Psilorhynchus*) 分类位置的探讨.....陈宜瑜 (371)
- 溶解固氮蓝藻的细菌.....李勤生、黎尚豪 (377)
- 武汉东湖透明溞和隆线溞—亚种体长-体重回归方程式.....黄祥飞、胡春英 (387)
- 淡水桡足类生物量的测算.....陈雪梅 (397)
- 简易测重法在武汉东湖轮虫常见种中的应用.....黄祥飞 (409)

述 评

- 固氮蓝藻作为晚稻肥源的研究.....黎尚豪 (417)
- 关于硬骨鱼类生殖内分泌学的研究.....林浩然 (425)

简 报

- 一个四倍体杂种——兴国红鲤 (*Cyprinus carpio* L.) × 草鱼 (*Ctenopharyngodon idella* Cuv. et Val.).....吴维新、林临安、徐大义 (433)

ACTA HYDROBIOLOGICA SINICA, Vol. 7, No. 3

(1981)

CONTENTS

- The Biological Aspects of *Coreius heterodon* (Bleeker) and the Effects of Proposed Sanxia Hydroelectric Project on Its Resource Xu Yungan, Deng Zhonglin, Yu Zhitang and Wei Xiangjian (271)
- The Primary Production of the Phytoplankton of Lake Donghu and Its Correlation with Various Ecological Factors Wang Ji and Shen Guohua (295)
- Morphology and Distribution of *Oncomelania (Katayamae) tangi* (Bartsch, 1936) in Fujian Province, China Kang Zaibin (313)
- Cytological Study on the Fertilization of the Egg of *Mylopharyngodon piceus* with the Sperm of *Megalobrama terminalis* Liu Yun, Chen Shuqun and Wang Yixian (329)
- Studies on the Hydrochemistry and Hydrobiology of Da-Li Lake He Zhihui, Xie Zuohun and Lei Yanzhi (341)
- On the Adaptability of Some Chinese Fishes to the Carbonate Brackish Water of Da-Li Lake Shi Weiliang (359)
- Investigation on the Systematic Position of *Psilorhynchus* (Cyprinoidei, pisces) ... Chen Yiyu (371)
- Bacteria that Lyse Nitrogen-fixing Blue-green Algae Li Qinsheng and Li Shanghao (Ley Shang-hao) (377)
- Regression Equations of the Body Weight to Body Length in *Daphnia hyalina* and *D. carinata* ssp. from Lake Donghu, Wuhan Huang Xiangfei and Hu Chunying (387)
- Biomass Calculation of Freshwater Copepoda Chen Xuemei (397)
- Application of the Simplified Method of Weight Determination to Various Species of Planktonic Rotifers in Lake Donghu, Wuhan Huang Xiangfei (409)

Review

- Studies on the Nitrogen-fixing Blue-green Algae as Biofertilizer in the Late Rice Crop Li Shanghao (Ley Shang-hao) (417)
- Teleost Reproductive Endocrinology Lin Hao-ren (425)

Short Communication

- A Tetraploidy Hybrid Crossing Red Carp *Cyprinus carpio* L. with Grass Carp *Ctenopharyngodon idella* Cuv. et Val. Wu Weixin, Lin Linan, Xu Dayi (433)

长江的铜鱼生物学 及三峡水利枢纽对铜鱼资源的影响*

许蕴珏 邓中彝 余志堂 魏祥健

(中国科学院水生生物研究所)

提 要

铜鱼在长江水系中分布广泛,在长江干流和汉江等一些支流中是捕捞的主要对象之一。作者对采自长江不同地区的铜鱼进行了分类性状上的比较,叙述了年龄和生长、繁殖、食性、洄游等生态学特性;根据在汉江丹江口水利工程建成后出现的铜鱼种群动态特点,讨论了葛洲坝和三峡水利工程对铜鱼资源可能产生的影响,并就保护长江铜鱼资源提出了相应建议。

一、前 言

铜鱼 *Coreius heterodon* (Bleeker) 广泛分布于长江水系,是一种重要的渔捞对象,其产量在汉江占总渔产量的16%左右,在长江上游所占比重更高,且肉味鲜美,广为人们所喜爱。铜鱼栖息于江河流体环境,其产卵场主要分布于长江上游,鱼卵随水漂流孵化,鱼苗顺水而下,至中、下游肥育成长。在成熟前又陆续上溯至产卵场江段。因此,铜鱼属于一种半洄游性鱼类。兴建三峡水利枢纽工程,势必阻隔其洄游通路,对铜鱼资源的增殖带来影响。如何评价这种影响,已经引起渔业科技工作者的重视。近年来有一些单位曾对铜鱼的资源进行过调查,同时对它的生物学特性作了一些研究工作。但这种调查研究一般仍是局限于某一个江段或者某一个季节,所得到的资料比较零碎。为探讨在长江兴建坝闸将对铜鱼资源产生的影响和所应采取的相应措施,有必要较深入地研究铜鱼的生物学特性,作为进行评价的依据。

对于铜鱼生物学的调查研究,我们是分阶段进行的。在六十年代初,调查了长江铜鱼的产卵场并取得了胚胎发育的资料^[1,4]。1973年5至7月,在长江上游的宜宾及金沙江下游的屏山收集了部份形态、生态学资料;同年10—11月在洞庭湖对铜鱼的索饵鱼群进行了调查。1976年6月至1978年11月,又在汉江丹江口水利工程大坝以下江段进行了较深入的调查研究。本文是上述各次调查结果的总结。

1980年2月7日收到。

* 文稿承本所鱼类研究室曹文宣副主任审阅,有关数据的运算工作系赵燕同志协助进行。作者一并表示感谢。

二、材料与方 法

调查材料主要取自渔业生产单位,分别按不同季节和不同网具统计渔获物的年龄组成;年龄的确定主要依据鳞片。从渔获物中通常选取部分样品同时作繁殖和食性的研究。性腺发育期按 Мейен (1939) 分期标准记录,凭肉眼进行观察。计算繁殖力系取用 IV 期的卵巢,在不同部位剔取 2 克卵粒计数并换算成整个卵巢的怀卵量。食性分析样品系采自三层流刺网捕获的个体,这些样品鱼在网具上滞留的时间均不超过 30 分钟。按列别杰夫 5 级制记录肠管内食物的饱满程度。从肠管中取出全部食物,用 10% 的福尔马林保存,在室内鉴定其类别。先后共收集了形态材料 200 号,年龄与生长材料 1500 余号,食性材料 769 号,繁殖材料 569 号。

一些主要的生物学指标相关因子的计算,系使用 TQ-16 电子计算机进行的。计算程序中编入了鱼类生物学研究中较常使用的理论公式:

$$y = ax + b \quad (\text{直线函数公式});$$

$$y = bx^a \quad (\text{幂函数公式});$$

$$y = be^{\frac{a}{x}} \quad \text{和} \quad y = be^{ax} \quad (\text{指数函数公式});$$

$$y = \frac{1}{b + \frac{a}{x}} \quad (\text{双曲线公式});$$

$$y = ax^2 + bx + c \quad (\text{抛物线公式})。$$

由计算机根据输入的各种实测数据,分别计算出相关系数及各公式的系数、标准差及 F 检验值。实测数据与各个经验公式的拟合程度的判断,系根据参数的显著性检验来确定的。根据误差最小的原则,由计算机自行选择最优公式。用被选出的公式计算得到的理论数值,符合实测数据的实际情况 ($F > 0.01$)。

三、性状的变动范围

铜鱼在长江水系中遍布于干流及各主要支流,特别是在上游和汉江数量最多。

测量了 31 尾标本,全长 17.9—45.2 厘米,体长 15.0—37.3 厘米。背鳍条 3, 7; 臀鳍条 3, 6; 胸鳍条 1, 17—19; 腹鳍条 1, 7; 脊椎骨 4+46—48; 鳞式 $54 \frac{6-8}{6-7-V} 56$, 少数 57; 咽齿式 5—5; 鳃耙 11—13。

标准长为体高的 4.09—5.0 倍 (4.50 ± 0.23), 为头长的 4.88—6.02 倍 (5.37 ± 0.24), 为尾柄长的 3.95—5.50 倍 (5.08 ± 0.41), 为尾柄高的 7.70—9.29 倍 (8.32 ± 0.44)。头长为吻长的 2.67—3.35 倍 (2.95 ± 0.15), 为眼径的 7.13—12.0 倍 (8.98 ± 0.13), 为眼间距的 1.84—2.84 倍 (2.29 ± 0.18), 为尾柄长的 0.75—1.27 倍 (0.95 ± 0.10), 为尾柄高的 1.36—1.80 倍 (1.55 ± 0.10), 为口宽的 4.00—6.43 倍 (5.04 ± 0.68), 为须长的 1.46—2.89 倍 (2.23 ± 0.32)。尾柄长为尾柄高的 1.18—2.22 倍 (1.64 ± 0.19)。以上数据与文献记载是基本一

致的^[3], 惟头长与口宽的比例相差较大。这可能是由于测量的标本数量和个体大小不相同所引起的。此外, 根据渔民的反映, 铜鱼有体色的差别, 肌肉色泽及鳃的形态也有变化, 但经实际观察测定未发现任何规律性的变化, 因此可认为这些差异属于种内的个体变异。

根据分别采自长江上游的四川屏山至宜宾江段、湖南沅江的沅陵江段以及湖北汉江的标本, 进行主要性状的比较, 见到这些不同产地的铜鱼主要性状并无显著差异 (表 1)。这表明铜鱼因具有半洄游习性, 不产生地理隔离或生殖隔离, 从而在整个长江水系保持了种的稳定属性。

表 1 长江水系不同地区铜鱼主要性状的比较

采 集 地	汉 江	沅 江	长 江 上 游
全 长(厘米)	17.9—45.2	34.2—41.3	29.1—34.7
体 长(厘米)	15.0—37.3	27.5—33.4	23.7—29.5
体长/体高	4.09—5.00(4.48±0.26)	4.16—4.67(4.40±0.16)	4.39—4.92(4.66±0.19)
体长/头长	4.95—5.70(5.37±0.21)	4.88—5.45(5.27±0.22)	5.09—6.02(5.45±0.29)
体长/尾柄长	4.69—5.28(4.99±0.63)	4.76—6.19(5.41±0.35)	3.95—5.50(4.93±0.48)
体长/尾柄高	7.70—8.57(8.13±0.82)	7.83—8.56(8.12±0.36)	8.03—9.29(8.80±0.42)
头长/吻长	2.85—3.14(2.97±0.08)	2.75—3.35(3.07±0.17)	2.67—3.27(2.92±0.20)
头长/眼径	7.13—10.00(9.08±0.92)	8.30—10.00(9.14±0.55)	7.38—12.00(8.69±1.55)
头长/眼间距	1.84—2.39(2.20±0.14)	2.09—2.51(2.28±0.15)	2.23—2.84(2.44±0.19)
尾柄长/尾柄高	1.52—1.76(1.61±0.07)	1.18—1.74(1.49±0.18)	1.58—2.22(1.80±0.20)
头长/尾柄长	0.86—1.02(0.93±0.05)	0.89—1.27(1.03±0.12)	0.75—1.08(0.91±0.10)
头长/尾柄高	1.38—1.63(1.52±0.07)	1.36—1.67(1.53±0.09)	1.48—1.80(1.62±0.11)
头长/口宽	4.11—5.30(4.73±0.44)	4.00—6.11(4.94±0.66)	4.26—6.43(5.02±0.91)
头长/须长	1.46—2.89(2.27±0.39)	2.09—2.72(2.28±0.20)	1.73—2.61(2.15±0.29)
脊 椎 骨	4+46~48	4+47~48	4+47~48
鳞 式	55 $\frac{6.5-7.5}{6-7-V}$ 56	54 $\frac{6-6.5}{6-7-V}$ 56	55 $\frac{6-8}{6-7-V}$ 56
咽 齿 式	5—5	5—5	5—5
鳃 耙	12—13	11—13	12—13
背 鳍 条	3,7	3,7	3,7
臀 鳍 条	3,6	3,6	3,6
胸 鳍 条	1,18	1,17—18	1,18
腹 鳍 条	1,7	1,7	1,7
标 本 数	14	8	9

四、年龄与生长

根据铜鱼的鳞片、脊椎骨和耳石均可鉴定年龄(图版 I: 1-4; 图 1, 2)。耳石取出后稍加清洗, 滴少许甘油透明, 直接在解剖镜的透射光下观察, 可见其较宽的暗带与较窄的亮带相间排列, 二者之间即为年轮。但是, 铜鱼的耳石体积甚小, 体长 51.8 厘米的个体, 耳石仅 2 毫米, 在年龄较大的个体, 这种明暗带的排列数目难以数清。经过加工制作后的脊椎骨, 其年轮呈同心细环状, 宽带与窄带有规律地排列。由于耳石和脊椎骨取材和处理都较为繁琐, 一般只是收集少量材料作为对比之用。铜鱼的鳞片清洗后即可在解剖镜下观

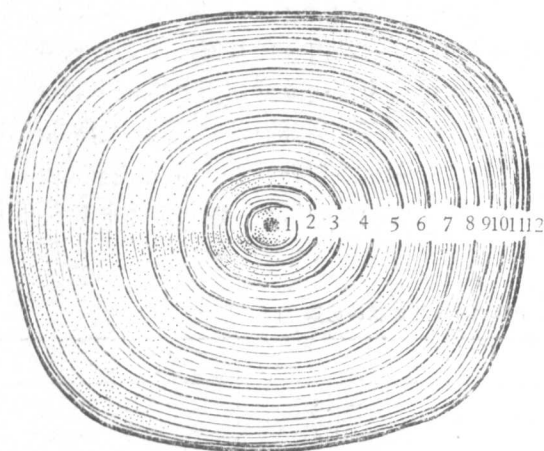


图1 铜鱼脊椎骨上的年轮，
13龄，体重2135克，体长51.8厘米。

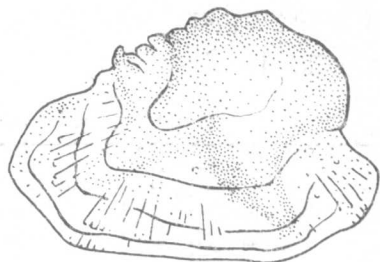


图2 铜鱼耳石上的年轮，
5龄，体重835克，体长39.1厘米。

察，其年轮特征一般较清晰。我们选用鳞片作为研究铜鱼年龄及生长的材料。

铜鱼的鳞片略呈“雅梨”形，鳞中心偏向一侧，因此鳞片的两侧部不对称，近侧线一侧较阔，这一侧的肩部亦较高。鳞片两侧部环纹近似同心圆排列。前部区域不大，环纹密集。后部狭而延长，具放射沟及稀疏的粒状突起。取鳞部位在背鳍基起点前后侧线以上1—2列，此处鳞片较为规则。

年轮特征 铜鱼鳞片上的年轮特征主要表现为环片群的“切割”现象和环片群的疏密相间排列，通常是两种特征同时出现(图版I: 4)。环片的“切割”多出现于鳞片后侧部。此外，还观察到以下几种年轮特征：(1) 两个年带间的交界处环片的衔接不紧密，往往有裂隙，在入射光下呈一光亮带，形似环片的“断裂”。(2) 有时在第3、4两年带间只有1、2个环片有疏密差别，当不断转动反光镜时，可见到一线状阴影。这种年轮特征较易为观察者所忽略，造成鉴定上的错误。出现这种现象的原因可能是上一年带结束时与下一年带开始时鳞片的生长状况相当一致。(3) 在高龄鱼，由于生长缓慢，鳞片上两个老龄年带之间的环片有时出现重叠现象(图版I: 3)。

关于铜鱼是否出现幼轮的问题，我们依据下列几批材料进行了探讨：1978年11月下旬，用密眼网具捕获的体长13厘米以下的当年幼鱼14尾(无年轮)，其中最小的体长为10.5厘米；1974年5月，在安徽裕溪闸缘网渔获物中选出的一些体长不足10厘米的个体。另一方面，我们又从秋末捕获的一批幼鱼中选出具有一个轮形的最小个体，进行了生长推算，发现第1轮出现时的体长为7—8厘米。这与实际情况是基本符合的，从而证明它是年轮。图版I: 2示一尾体长18厘米的幼鱼的第一年轮，推算出该年轮形成时体长为9.6厘米。根据食性分析(详见食性一节)，铜鱼的幼鱼从摄食浮游动物改为主食淡水壳菜等软体动物是逐渐转变的，其间并没有清楚划分的界限。可见，对铜鱼而言，食性的转变与幼轮的形成并无必然的联系。

年轮形成时期 年轮形成时期的确定，依据对旧年带外缘及新形成环片的特征的识别。据观察，新环片一般较为稀疏，并在鳞侧部与后部交界处向外伸展，而稍呈开放状。当鳞片停止生长时，其外缘往往由于基片稍突出而酷似一圈环片将鳞片包裹起来。这在秋末或冬季所采集到的标本上容易见到，且在较低龄的个体中最为常见。而在较高龄的个体中，年带的结束往往伴随着环片的密集排列现象。

根据对 950 号样品的分析结果，铜鱼年轮形成时期颇长，自 3 月下旬延至 7 月，未成熟群体与成熟群体的年轮形成时期显示出有先后的差别(表 2)。我们缺少 3 月份的资料，估计未成熟群体在 3 月下旬开始摄食后就陆续形成新轮，至 5 月中旬。而成熟群体则为 5 月中旬至 7 月形成新轮，并有年龄愈大形成新年轮愈迟的趋势。

表 2 铜鱼年轮形成时期

新年轮(%) 时 期	1	2	3	4	5	6	7	8	标本数 (尾)
4 月中旬—一月底	100	67.8	4.2*	5.4	0	0	0	0	193
5 月前半月	—	93.7	42.0	18.2	0	0	0	0	225
5 月后半月	100	100	63.6	47.1	31.3	12.5	50	0	156
6 月	—	100	92.3	52.9	66.7	25.0	100	0	80
7 月	—	100	93.0	73.0	—	—	—	0	68
8 月	100	100	100	100	100	—	—	100	113

* 均为雌性。

渔获物的年龄组成 在汉江，捕捞铜鱼的网具主要为三层流刺网，其次为撑篙网和撒网。三层流刺网内网衣网目一般为 6—8 厘米，撑篙网网目一般为 4 厘米左右，因此两种网具的渔获物的大小组成不同。根据汉江三层流刺网渔获物 941 尾和撑篙网渔获物 755 尾

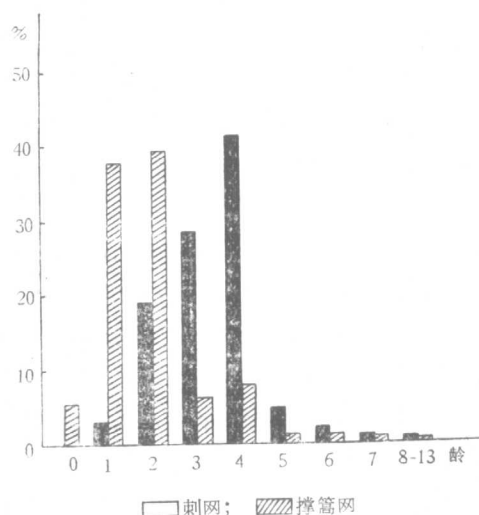


图 3 铜鱼渔获物的年龄组成

分别统计年龄组成。如图3所示,三层流刺网的渔获物是以2—4龄鱼为主,而4龄鱼所占的比例最大,达到41.2%。撑篙网的总产量虽然低于三层流刺网,但在下游仍为捕捞铜鱼的主要渔具之一。它主要捕捞1—2龄鱼,特别是2厘米网目的撑篙网,捕捞的当年鱼和1龄鱼可占总产量的50%以上,表明这种网具对铜鱼资源危害严重。

铜鱼初次性成熟的年龄,雌性为4龄,雄性为3龄。使用三层流刺网捕到的铜鱼,主要是这些第1次性成熟的个体。根据 Монастырский (1949) 关于划分鱼类产卵群体类型的方法^[11],铜鱼显然属于第二种类型,其种群恢复能力是较强的。在长江和汉江鱼类资源不断下降的趋势下,铜鱼的产量及在总渔产量中所占比例均保持较高水平,在某些地区甚至有上升的情况,可能与此有关。但是,如果对第1次性成熟个体的捕捞不加以适当控制,对资源也会带来不利影响。

生长率及体长与体重的关系

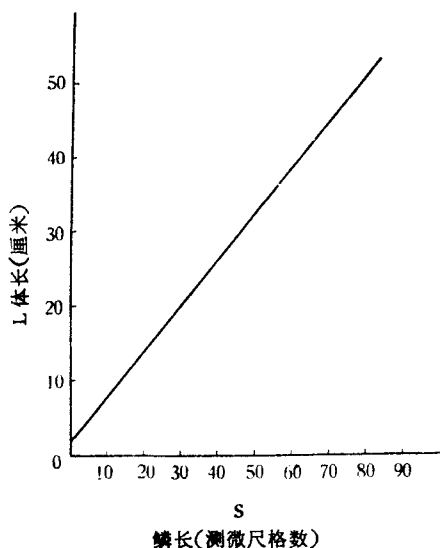


图4 铜鱼鳞长与体长的关系

根据鳞片与鱼体成比例增长的法则,可以推算以往年份的生长状况。经过比较,我们选择鳞片上较大一侧的侧部为测量部位,此处的鳞片半径与体长增长的相关最为密切。在计算过程中,实测各长度组的体长与鳞长均取平均值。构图与计算结果表明,体长(L,厘米)与鳞长(S,测微尺格数)呈直线相关,其关系式为: $L = 0.6115S + 1.92$, 相关系数 $r = 0.99$ (图4)。根据实际观察,铜鱼苗形成鳞片时的体长为1.8厘米左右,与截距相当接近。由13个龄组471号样品推算结果,可见绝大部分数据均在实测范围内(表3)。铜鱼各龄组体长、体重的增长情况列于表4,其中1—2龄鱼未区分性别,3龄开始分雌、雄性统计。

根据 Шмальгаузен 和 Васнецов 的方法^[7],计算了铜鱼的生长常数及生长指标(表5)。大致可将铜鱼的生长分为3个阶段:第一阶段雌性为头4年,雄性为头3年,这一阶段未达成熟年龄或初次性成熟,无论雌雄鱼生长均较快;第二阶段雌鱼一般为5—9龄,雄鱼4—6龄,个体相继发育成熟,生长开始变慢;第三阶段为老年阶段,生长滞缓到何种程度,由于我们的样品数较少,有待进一步研究。但从中仍可看出其长势与前两阶段是大不相同的。

铜鱼体长随年龄的增长情况呈抛物线相关(图5)。雌雄性的关系式分别为: $L = -0.286t^2 + 7.011t + 8.024$; $L = -0.670t^2 + 9.683t + 4.110$ (式中L为体长,t为年龄)。图中的抛物线图形,在5龄以前雌雄鱼基本一致,而5龄以后雄鱼体长的增长幅度渐趋平缓并明显小于雌鱼。雌鱼自10龄开始体长增长幅度也渐趋平缓。考虑到老年鱼样品数较少可能引起的误差,在取体长增长的渐近线时,采用三倍标准差的方法,其精确程度可达99.7%。在此范围内雌鱼的极限体长一般应为56.0厘米左右,而雄鱼则为42.0厘米左右。

铜鱼的体重随年龄的增长而增长,二者也呈抛物线关系(图6)。其关系式雌性为: $W = -2.925t^2 + 223.343t - 262.984$; 雄性为: $W = -5.479t^2 + 186.463t - 179.509$ (式

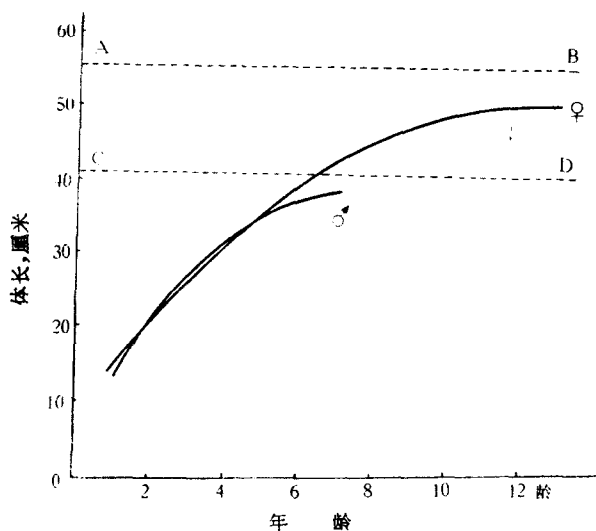


图 5 铜鱼年龄与体长的关系

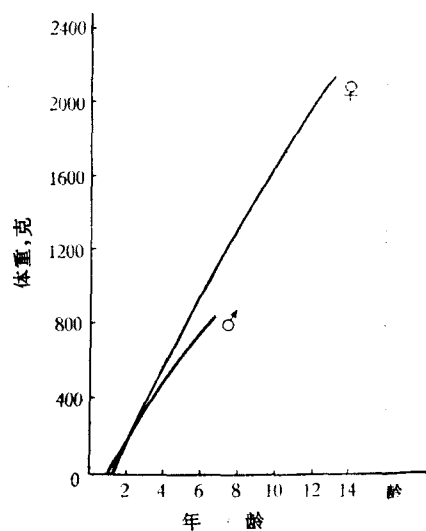


图 6 铜鱼年龄与体重的关系

表 3 铜 鱼 的 生 长 率(体长: 厘米; 标本数: 尾)

实 测 数 据					退 算 数 据													标本数
年 龄	标本数	体长范围	均数	标准差	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}	L_{12}	L_{13}	
1	50	10.5—18.4	13.9	1.78	13.97													50
2	85	11.9—24.9	19.2	2.75	11.51	18.82												86
3	33	21.5—32.7	27.7	3.11	12.71	19.50	25.75											42
4	147	24.6—37.4	32.8	2.31	13.28	20.71	27.85	33.03										144
5	48	30.1—41.8	37.1	2.78	13.41	20.95	28.85	33.35	37.35									48
6	40	34.2—43.5	39.3	1.63	13.06	19.67	28.13	33.72	37.16	40.41								38
7	25	35.9—45.4	40.7	1.72	12.32	18.88	24.68	30.19	35.55	38.64	41.35							23
8	21	39.0—48.3	44.4	2.54	13.63	19.62	26.09	31.13	35.81	39.83	42.54	45.13						21
9	8	44.0—49.1	46.4	1.78	12.72	18.78	24.37	29.00	33.11	37.39	40.62	43.33	45.51					9
10	6	38.2—49.7	47.0	2.96	12.32	18.84	26.38	30.35	34.23	36.88	39.73	42.38	44.52	46.05				6
11	1	52.9			10.48	15.98	24.55	30.05	37.39	40.44	44.11	45.34	47.78	50.23	52.67			1
12	2	50.2—51.0	50.6	0.40	12.01	15.98	19.96	23.93	27.91	32.50	35.55	40.14	44.42	46.25	47.78	49.31		2
13	1	51.8			14.15	17.82	25.16	31.27	35.55	39.22	42.89	45.34	47.17	49.62	51.45	52.06	53.29	1

表4 不同性别鲫鱼各龄组体长、体重的增长

项目	年龄	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	标本数 (尾)
体长范围 (厘米)		10.5—18.4	11.9—24.9	21.5—32.7 [*]	26.4—37.4	35.4—41.8	36.8—43.5	39.9—45.4	39.0—48.3	44.0—49.1	42.7—49.7	52.9	50.2—51.0	51.8	332
				22.1—31.4	24.6—36.8	30.1—38.5	34.2—40.4	35.9—40.9							
平均值		13.9	19.2	27.6	33.1	38.4	40.4	42.5	44.4	46.4	47.0	52.9	50.6	51.8	
标准差		1.78	2.75	3.5	2.6	3.2	1.6	1.7	2.5	1.8	3.0				
				2.69	2.0	2.3	1.7	1.7							
体重范围 (克)		19—81	25—235	151—425	255—805	610—1245	700—1260	1045—1690	940—1950	1200—1670	1160—1800	1875	1950—2100	2135	424
				145—470	225—735	365—750	520—1050	625—1070							
平均值		39.1	132.6	310.4	522.9	773.3	1005.3	1262.6	1385.3	1495	1548	1875	2025	2135	
				300.7	470.9	642.9	799.5	811.7							
标准差		14.6	49.7	116.9	147.5	147.8	133.0	157.6	297.5	57.8	80.7		106.0		
				92.1	91.7	113.9	135.3	231.0							

* 横线上面为雌性,下面为雄性;余均同。

表 5 铜鱼的生长指标和生长常数

年 龄	雌 性			雄 性		
	体长(厘米)	生长指标	生长常数	体长(厘米)	生长指标	生长常数
1	13.9	4.49	0.485	13.9	4.49	0.485
2	19.2			19.2		
3	27.6	6.77	0.907	27.8	7.10	0.925
4	33.1	5.01	0.636	32.4	4.26	0.536
5	38.4	4.92	0.668	35.7	3.15	0.437
6	40.4	1.95	0.280	38.2	2.42	0.372
7	42.5	2.05	0.329	38.9	0.69	0.117
8	44.4	1.86	0.328			
9	46.4	1.95	0.374			
10	47.0	0.60	0.122			
11	—					
12	50.6	1.18	0.291			
13	51.8					

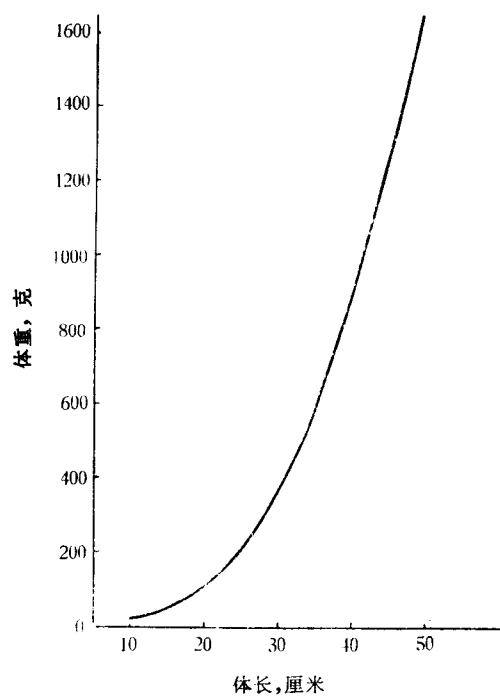


图 7 铜鱼体长与体重的关系

中 W 代表体重)。随年龄的增加雌鱼体重的增长速度大于雄鱼。图 6 中抛物线弯曲度很小,实际上接近于直线,因此年龄与体重几乎是按正比例增长的。

计算体长与体重的相关时,采用了分性别及空壳重的方法。结果表明,雌雄鱼体长与体重的相关极为接近,均为幂函数关系,雌雄混合关系式为: $W=0.01399L^{2.9832}$ (图 7)。

五、繁 殖

铜鱼的产卵场及产卵的环境条件 我所鱼类研究室过去在进行长江干流“家鱼”产卵场调查时,曾在下列各地收集了铜鱼产卵场的部份资料: 1962 年——万县, 1964 年——宜昌, 1965 年——沙市。另外, 1973 年又在宜昌作了补充调查。根据这些调查资料确定的长江干流宜昌以上江段铜鱼产卵场有: (1) 宜昌产卵场: 三斗坪至黄猫间 31.5 公里江段; (2) 太平溪产卵场: 周家沱至太平溪间 7.5 公里江段; (3) 香溪产卵场: 莲沱至新滩间 9.5 公里江段; (4) 桂花产卵场: 黄猫岭至石门间 10 公里江段; (5) 楠木园产卵场: 培石至火焰石间 18.5 公里江段; (6) 黛溪产卵场: 黛溪至饮水观间 14 公里江段; (7) 云阳产卵场: 盘石至故陵间 18 公里江段; (8) 万县产卵场: 关刀碛至舟溪场间 30 公里江段; (9) 忠县产卵场: 丰都至忠县间 52 公里江段; (10) 涪陵产卵场: 李渡镇至涪陵间 11 公里江段; (11) 木洞产卵场: 鱼咀镇至洛碛间 30 公里江段。

宜宾至重庆江段铜鱼产卵场的分布也是广泛的^[2]。但是宜昌以下的长江干流中经多次调查,迄今未发现产卵场。

根据我所周春生、梁秩堯 (1976—1977) 在汉江的调查, 汉江丹江口大坝以上江段铜鱼产卵场有: (1) 洞河镇产卵场: 洞河镇至临河间 16 公里江段; (2) 白河镇产卵场: 白河镇至将军河口间 16 公里江段; (3) 天河口产卵场: 天河口至晏家棚间 7.5 公里江段; (4) 前房产卵场: 塔峪滩至崔家河间 13 公里江段。

汉江丹江口大坝以下江段铜鱼产卵场有: (1) 茨河产卵场: 迴流湾至茨河间 22.5 公里江段; (2) 襄樊产卵场: 牛首至襄樊间 22.5 公里江段; (3) 宜城产卵场: 宜城至关家山间 41.5 公里江段; (4) 钟祥产卵场: 碾盘山至塘港间 43 公里江段; (5) 马良产卵场: 马良至姚集间 21.5 公里江段。

坝上江段以前房产卵场规模最大, 白河镇产卵场次之, 洞河镇产卵场最小。坝下江段以钟祥产卵场最大, 襄樊产卵场次之, 马良产卵场最小。

1973 年作者在四川屏山工作期间, 采集到来自金沙江的铜鱼卵、苗, 说明它也在金沙江下游产卵。1973 年秋末, 我们在洞庭湖水系的沅江 (沅陵) 曾采集到性成熟的个体。据当地渔民反映, 在湘江、沅江均有铜鱼产卵场。可见, 除了已调查过的河流外, 长江的其他主要支流都可能存在铜鱼的产卵场。

铜鱼产卵场与长江草鱼、青鱼、鲢、鳙产卵场的自然环境大体相似, 通常是在地势险峻, 水流湍急, 流态复杂的江段。但铜鱼产卵场则限于长江干流的中、上游及主要支流, 不如草鱼、青鱼、鲢、鳙的产卵场分布广泛。

适宜于铜鱼产卵的水文条件也和草鱼、青鱼、鲢、鳙大致相似。在产卵季节, 水位上涨即可刺激铜鱼产卵。涨水过程开始后半天至 1 天便开始产卵, 但在随后的退水过程中

仍可产卵,甚至持续几天,这同青鱼在开始退水的短时间内也能产卵的现象是有所区别的。除了水位上涨这一个重要条件外,江水的温度也很重要,依据在汉江的实测记录,产卵开始的水温需在 17°C 以上。

产卵时期 各地铜鱼产卵的起迄时期及产卵盛期均有较大差异。据四川省长江水产资源调查组报道,长江上游最早为4月8日—9日(1973年),水温 19°C 左右。繁殖盛期为4月中、下旬。据宜昌采集资料分析,该江段最早于4月下旬发现产卵,终止期5月底至6月初(1964年为5月26日,1973年为6月4日)。在汉江,铜鱼的繁殖期始于5月7日(1977年)及5月8日(1978年),可延续至7月底(1976—1978年),盛期为5月下旬至6月中旬。无论就繁殖的开始日期或盛期,支流汉江比长江干流约推迟一个月左右。

我们认为,产卵日期的迟早,取决于各地产卵场的水温条件。我们对金沙江下游屏山站(距宜宾60公里),长江上游的朱家沱、万县和宜昌站,汉江上游白河站,中游皇庄站若干年份4至5月份旬平均水温作了比较。4月上旬屏山站旬平均水温为 $18.2\text{--}20^{\circ}\text{C}$,朱家沱、万县站旬平均水温除个别年份外,均在 $17\text{--}19^{\circ}\text{C}$ 之间,而宜昌站为 $16\text{--}18^{\circ}\text{C}$ 。支流汉江同期水温白河站为 $14.6\text{--}17^{\circ}\text{C}$,皇庄站为 $11\text{--}15.5^{\circ}\text{C}$,低于干流的水温。汉江白河站5月上旬旬平均水温为 $17\text{--}20^{\circ}\text{C}$,皇庄站为 $17.6\text{--}21.2^{\circ}\text{C}$,具备铜鱼产卵的水温条件。4—5月支流汉江的水温较干流同期为低,看来这就是导致支流铜鱼产卵时期较干流为迟的主要因素。

成熟系数及其周年变化 按照 Мейен (1939) 划分鱼类性腺发育期的原则^[10],根据肉眼观察的外形特征,将铜鱼的卵巢区分为6个发育期。据汉江的资料,成熟个体的卵巢在秋季处于II期状态,至12月中旬才开始逐渐向III期过渡,卵巢出现已沉积卵黄的III时相卵母细胞。但在冬季(元月)仍可发现少数个体的卵巢处于II期状态。甚至在5月上旬,有些第一次性成熟的个体的卵巢,才开始由II期向III期过渡。但就整体而言,5月份的性腺成熟系数(雌性)是最高的,月平均值达8.26%;最低为10月份,月平均值为0.55%(图8)。在一周年内,雌性成熟个体卵巢成熟系数波动于0.4—30.4%间。精巢的成熟系数波动于0.018—0.59%间,最低值为9月份,平均仅为0.036%。由图8中又可看出,精巢成熟系数在整个繁殖期间较为稳定,5月份部份成熟个体已参加繁殖活动,成熟

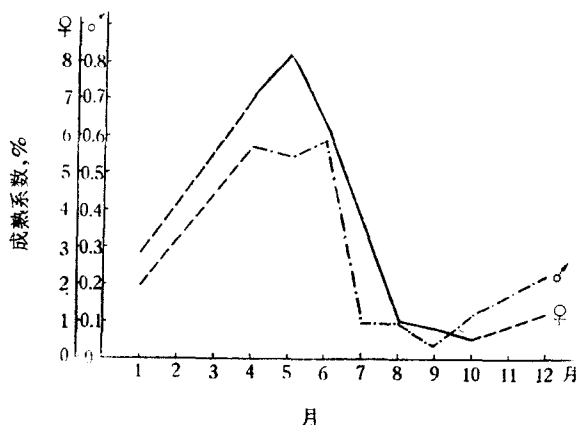


图8 铜鱼性腺成熟系数的周年变化

系数略低于4月份。至6月份繁殖盛期,成熟系数由于部份个体重复参加繁殖活动而达到最高值。成熟系数的高低,取决于性腺发育程度。分析铜鱼在汉江中成熟系数的周年变化情况是与其繁殖期及繁殖最盛期相当一致的。由此可以推断,由于繁殖期的差别,长江上游铜鱼成熟系数的周年变化也有别于汉江,最高值与最低值两地均可能相差一个月左右。

繁殖力 共收集了铜鱼繁殖力样品146号,年龄为4—13龄,产卵群体的平均年龄为4.4。体长自28至52.9厘米,体重(空壳重)为300—1800克。铜鱼个体绝对繁殖力为7—204千粒,平均为115千粒。个体相对繁殖力为13.5—150粒/克,平均96.5粒/克。

个体绝对繁殖力随年龄、体长、体重(空壳重)的增长而呈密切的直线函数相关。这就是说,个体绝对繁殖力随着年龄、体长或体重的增加而持续地增长,不会出现高龄组的个体绝对繁殖力下降的趋势。

个体绝对繁殖力与年龄的关系式为: $R = 18.766t - 37.878$ 。式中 R 为个体绝对繁殖力(千粒), t 为年龄,相关系数 $r = 0.97$ 。

个体绝对繁殖力与体长的关系式为: $R = 6.855L - 193.206$ 。式中 L 为体长(厘米),相关系数 $r = 0.74$ 。

个体绝对繁殖力与体重(空壳重)的关系式为: $R = 0.1275W - 28.874$ 。式中 W 为体重(空壳重,克),相关系数 $r = 0.97$ (图9)。

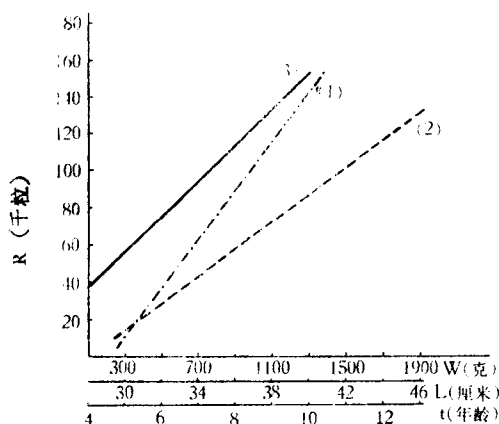


图9 铜鱼繁殖力(R)与体重(1)、体长(2)和年龄(3)的关系

— · — · — $R = 0.1275W - 28.874$;
 - - - $R = 6.855L - 193.206$;
 $R = 18.766t - 37.878$ 。

体长45厘米以下的个体相对繁殖力随体长的增长而增长,但其增长速度逐渐缓慢。45厘米以上的个体相对繁殖力随体长的增长缓慢下降。因此相对繁殖力最高值位于体长42—45厘米的范围内,为101粒/克。体长最大或最小的个体,其个体相对繁殖力均较低,分别为89粒/克和35.4粒/克。

种群的增殖能力不仅仅依赖于绝对繁殖力的大小,而且还有赖于产卵鱼群中的性比、产卵类型、产卵周期及性成熟开始的年龄等因素。根据 Ивлев (1953)^[9]判断种群繁殖力大小的公式:

$$\text{种群繁殖力} = \frac{\text{平均绝对繁殖力} \times \text{种群中雌鱼的\%}}{\text{种群的平均年龄} \times \text{两次产卵的平均间隔}}$$

铜鱼的平均绝对繁殖力为115千粒,种群中雌鱼的数量为28.5%,种群中繁殖群体的平均年龄为4.4,两次产卵的间隔时间为1年,根据上述公式,铜鱼的种群繁殖力为7.45千粒。

繁殖群体年龄与体长组成和各龄组之比较产卵力 统计了汉江铜鱼繁殖群体的年龄组成(表6)。按621尾样品分析,繁殖群体中雌鱼主要是初次性成熟的4龄个体,占总数的54.67%,5—6龄合占25.78%,4—6龄共占80.45%;初次性成熟的3龄雄鱼占总数的

表 6 铜鱼繁殖群体的年龄组成

性 别	年 龄	3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		合计	
		尾数	%	尾数	%	尾数	%	尾数	%	尾数	%	尾数	%	尾数	%	尾数	%	尾数	%	尾数	%	尾数	%	尾数	%
♀		—	—	123	54.67	31	13.78	27	12.00	17	7.56	17	7.56	4	1.78	3	1.33	1	0.44	1	0.44	1	0.44	225	100
♂		60	15.15	305	77.02	22	5.55	7	1.76	1	0.26	1	0.26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	396	100

表 7 铜鱼繁殖群体的体长组成百分比

性 别	% 体 长 (厘米)	—25—28—31—34—37—40—43—46—49—52—55—											标本数 (尾)
		25	28	31	34	37	40	43	46	49	52	55	
♀		—	0.8	5.7	20.1	25.0	18.9	14.4	8.3	4.5	1.9	0.4	264
♂		0.8	8.2	23.3	39.7	21.2	6.2	0.6	—	—	—	—	501

表 8 铜鱼不同年龄及体长成熟个体的百分比

年 龄	体 长 (厘米)												标本数(尾)
	23	25	28	31	34	37	40	43	46	49	52	53	
3	<u>66.7</u>	<u>94.9</u>	<u>91.5</u>	<u>100</u>									<u>107</u>
4	<u>100</u>	<u>100*</u> <u>50</u>	<u>100</u> <u>80</u>	<u>100</u> <u>92.3</u>	<u>100</u> <u>94.9</u>	<u>100</u>							<u>333</u> <u>135</u>
5			<u>100</u>	<u>100</u> <u>100</u>	<u>100</u> <u>100</u>	<u>100</u> <u>100</u>	<u>100</u>						<u>37</u> <u>39</u>
6					<u>100</u> <u>100</u>	<u>100</u> <u>100</u>	<u>100</u> <u>100</u>	<u>100</u>					<u>18</u> <u>33</u>
7					<u>100</u> <u>100</u>	<u>100</u> <u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>				<u>4</u> <u>21</u>
8						<u>100</u>	<u>100</u> <u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>			<u>1</u> <u>22</u>
9								<u>100</u>	<u>100</u>				<u>6</u>
10							<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>			<u>5</u>
11											<u>100</u>		<u>1</u>
12										<u>100</u>			<u>1</u>
13										<u>100</u>			<u>1</u>
标本数	<u>4</u>	<u>41</u> <u>2</u>	<u>117</u> <u>15</u>	<u>199</u> <u>53</u>	<u>106</u> <u>66</u>	<u>30</u> <u>50</u>	<u>3</u> <u>38</u>	<u>22</u>	<u>12</u>	<u>5</u>	<u>1</u>		<u>501</u> <u>264</u>

* 横线上面为雌性,下面为雄性;余均同。