错鄂裸鲤年轮与生长特征的探讨

杨军山 陈毅峰 何德奎 陈自明
(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

摘要: 在描述鳞片、背鳍条和矢耳石三种材料轮纹特征的基础上, 比较了这些年龄鉴定材料在判读错鄂裸鲤年龄和反映生长特征上的异同。在个体早期生长阶段, 耳石轮纹阻断、8 龄以上个体鳞片上年轮环纹的缺失和背鳍条出现轮纹的重叠是影响错鄂裸鲤年龄准确判读的主要因素。采用耳石和鳞片的体长退算数据, Von Bertalanffy 方程较好地描述了错鄂裸鲤的生长。由于背鳍条的生长在个体的生长过程中始终呈现为负的异速生长, 因此耳石、鳞片在解释个体生长时优于鳍条。

关键词: 错鄂裸鲤; 年龄; 年轮和生长特征; 耳石; 鳞片; 背鳍条; 西藏
中图分类号: S965.116 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2002)04-0378-10

鱼类年龄的正确判读与生长方程的准确描述在渔业生物学的研究中有着重要的意义。在鱼类年龄的鉴定材料中, 鳞片、鳍条和耳石等都得到广泛应用[1-4]。有关裂腹鱼类的年龄鉴定研究, 曹文宣等曾用臀鳞为材料鉴定了 9 种裂腹鱼类的年龄[5], 赵利华等以臀鳞等材料研究了青海湖裸鲤(*Gymnocypris przewalskii*)的年龄[6], 任慕莲也以臀鳞为材料探讨了纳木错裸鲤(*G. namensis*)的年龄[7]。

错鄂裸鲤(*G. cuoensis*)是藏北羌唐高原错鄂湖中惟一的一种经济鱼类。该湖为淡水型湖泊, 位于北纬 31°41′, 东经 88°41′, 面积 296.0km^2, 海拔 4562.0m。本文以耳石、鳞片和背鳍条为材料, 对错鄂裸鲤的年轮和生长特征等进行了研究, 分析了这三种材料在解释年龄和反映生长特征上的差异及其原因。

1 材料与方法

1.1 材料 80尾错鄂裸鲤标本是1998年6月用三层刺网在错鄂湖中捕获的。所有的个体都以解剖镜下直接观察性腺的方法判断性别。部分标本捕获后即称重(准确到 0.1g), 以

收稿日期: 2000-11-06; 修订日期: 2001-12-16
基金项目: 国家重大基础研究发展规划项目(G1998040800); 国家自然基金(39970096)资助项目; 中国科学院"九五"重点项目(KZ952-31-101); 农业部"九五"重点项目(渔 95-B-96-10-01-05)资助。
作者简介: 杨军山(1976—), 男, 山东省日照市人; 在读硕士; 主要从事鱼类学研究。陈自明现在中国科学院昆明动物研究所工作。承蔡斌、巴珠等同志参加野外工作, 所鱼类学研究室生态组提供环纹图像分析系统等, 在此一并致谢
通讯作者: 陈毅峰

此与用5—10%的福尔马林溶液注射和保存后标本的重量作对比,求得保存后的个体重量乘以系数1.4为其鲜重。

1.2 耳石的处理　取用的耳石为矢耳石(Sagittae)。按常规方法进行双面磨片至厚0.2mm左右,部分磨片用二甲苯透明、树脂封片后观察。沿耳石磨片的背侧测量轮径并计数(图版Ⅰ:1)。

1.3 鳞片的处理　每尾标本均取左侧臀鳞5—10枚,连同其皮下组织一起削下。在胰蛋白酶溶液(70%水饱和四硼酸钠溶液+ 30%蒸馏水缓冲液+ 1g胰蛋白酶)中消化,清水漂洗后,用树脂封片观察。沿鳞焦到后区最长处的连线进行其轮径的测量和计数(图版I:2)。

1.4 鳍条的处理　选择最末一根不分支背鳍条,先用1%的氢氧化钠溶液去除其表皮,清水洗净。置干后,截取其基部长约2mm的一段。用常规方法双面打磨至约0.3mm厚。部分磨片用二甲苯透明,树脂封片观察。年轮的计数与轮径的测量以背侧(相对于背鳍条的前缘)为准(图版Ⅰ:3)。

1.5 数据处理与分析　退算体长采用Lee的方法[8]。用非线性回归拟合Von Bertalanffy生长曲线,体长生长方程为 $L_t = L_\infty \times (1 - e^{-k(t-t_0)})$,体重生长方程为 $W_t = W_\infty \times (1 - e^{-k(t-t_0)})^{b}$[9,10]。轮径的测量与年轮的计数采用环纹图像分析系统,Leicar GZ6解剖镜下观察,Leica DC100数码相机照相。数据分析与制图采用Microsoft excel软件和Basic Statistics and Tables软件。

2 结果

80尾个体的平均体长为240.2±56.1 mm (mean±sd),平均体重262.7±202.2 g (mean±sd)(表1),性比1.00:0.86(♀:♂)。由表1可看出,渔获物中8、9和10龄的个体占优势。在无寄生虫感染的情况下,个体的体长、体重增长呈现一定的规律性,而受寄生虫感染的个体生长明显地偏小。

表1　错鄂裸鲤各龄实测体长(mm)与体重(g)

Tab.1　Observed standard length (mm) and weight (g) of *Gymnocypris cuoensis*

耳石年龄 Ages	体长 Standard length (mm)		体重 Weigth (g)		样本量n
	平均值 Mean	范围 Arrange	平均值 Mean	范围 Arrange	
≤7	195.2	182.0—211.0	124.1	106.8—154.8	5
8	201.8	181.0—133.0	142.3	94.5—241.1	21
9	227.9	189.0—300.0	221.0	104.1—483.6	10
10	246.9	213.0—176.0	254.5	176.7—367.1	10
11	272.0	271.0—273.0	330.8	302.7—358.9	2
12	308.7	290.0—340.0	543.5	428.8—724.7	3
13	309.0	309.0	486.3	486.3	1
19	257.0	257.0	279.5	279.5	1*
20	271.0	271.0	331.5	331.5	1*
21	360.0	360.0	846.5	846.6	1
22	303.5	218.0*—389.0	458.9	137.0*—780 8	2
23	371.0	342.0—400.0	700.0	534.2—865.8	2
≥24	365.3	257.0—460.0	715.5	843.8—1046 6	3

* 有绦虫感染

2.1 年轮特征

耳石 错鄂裸鲤矢耳石磨片为不规则的椭圆形(图版Ⅰ:4, 5)。磨片明显地分为两个区域:中心核暗区与年轮排列区。中心核暗区是在透射光下,磨片中心偏下方一个近似圆形的暗区域。中心核暗区外的区域有规律地排列着暗带与亮带相间的年轮。这两个区域中,后者是年轮排列的区域,但部分耳石磨片的中心核暗区内仍有4—5条相对较亮的环带(图版Ⅰ:4)。在年轮排列区域,年轮间距呈现有规律地递减,靠近中心核的年轮间距较大,而远离中心核的轮纹间距逐渐减小,其间没有突然的跳跃。在靠近中心核暗区的年轮排列区内,两相邻的年轮间大都有4条左右的窄亮带(图版Ⅰ:4)。这些亮环纹与年轮平行,但较年轮的亮带为暗,这种现象几乎出现于每个磨片的第1—4轮之间。随轮径变大,轮间距变小,这种年轮间的亮带趋向于减少甚至消失。

在磨片的不同方向上轮纹的清晰程度也不同,在长径方向上的暗带与亮带不清晰,年轮多不完整。短径方向的腹侧轮纹与长径方向类似。磨片的背侧轮纹清晰,也较为完整(图版Ⅰ:1)。个别磨片上,腹侧与长径方向上的年轮表现为一条带,在背侧又分开为两条(图版Ⅰ:4)。

耳石磨片上的颜色呈现一定的规律性分布,在第5—7个年轮之间,有54.8%的耳石磨片显示出突然的颜色变化(图版Ⅰ:5)。颜色突变轮以外的区域颜色较浅,而其内部的颜色较深,表明耳石组成物质沉淀上有差异。

鳞片 臀鳞的形状不规则,多为不规则的盾形(图版Ⅰ:6, 7)。上侧区与后区生长充分,而前区与下侧区除在低龄个体外,都呈不均衡的皱缩退化状态。约有28%的鳞片在其后区尖端沿辐射沟处有吸收现象(图版Ⅱ:8, 9),吸收现象较严重的鳞片呈"L"形(图版Ⅰ:9)。辐射沟从鳞焦向外辐射,大都分布于后区与侧区,在前区则不存在。

鳞片的前区与下侧区,由于皱缩和生长不充分,轮纹模糊不清;后区与上侧区轮纹排布则较为规整,也较为清晰,年轮的计数以此处为准。鳞片上的年轮也是由暗带与亮带相间排列组成,在错鄂裸鲤中主要有两种类型:(1)少数鳞片上的脊不明显,在透射光下为一完整的轮圈,即年轮(图版Ⅰ:6)。(2)多数鳞片环片疏密排列比较明显,脊在透射光下呈一条黑带。脊的外缘即为年轮(图版Ⅰ:7)。在8龄以下的样品中,鳞片上的年轮较为清晰,易于辨认。在8龄以上的样品中,轮纹渐趋紊乱,且有的年轮不甚完整,多数鳞片有副轮。

背鳍条 同一背鳍条上不同部位的年轮数目并不一致,靠近基部的磨片上轮纹明显多于远离基部的磨片,因而一般采用接近基部的磨片。此处磨片的外形不规则,大致有"C"形和"O"形两种形态(图版Ⅱ:10, 11)。在透射光下,由暗带与亮带组成的年轮与背鳍边缘轮廓相平形,呈不规则的同心环状排列,暗带宽于亮带。

背鳍条磨片上轮纹的排列不均匀,靠近边缘的环带由宽变窄,由疏变密,在13龄以上的个体中环带间隔难以相互区分。约有四分之一的背鳍条磨片靠近外部的轮纹发生重叠或靠得很近,形成大的亮带(图版Ⅱ:11)。这些现象多见于8龄以上的个体中。在已达性成熟个体磨片中,一条较宽的暗带往往包含了4—5条均匀排列的暗带。在部分背鳍条磨片上也有副轮的情况出现,其具体位置没有明显的规律性,且一般都不形成封闭环纹(图版Ⅱ:11)。总体上看,背鳍条磨片上的轮纹有的清晰,有的较为模糊,因而部分轮纹难以辨认。

2.2 年龄解释的差异

在同一个体中, 不同材料所计数的年轮并不一致(图版Ⅱ 12—14) 。它们两两之间存在的差异在个体的不同年龄阶段中有所不同。以耳石计数为准, 相同标本分别在鳞片与背鳍条年轮读数中的分布见表 2。

表 2　错鄂裸鲤鳞片、背鳍条与耳石年轮计数的比较

Tab. 2　Annuli comparison of scales, sectioned dorsal fin spines and otolithes of *Gymnocypris euoensis*

耳石	年龄	≤7	8	9	10	11	12	13	19	20	21	22	23	≥24
材料	尾数	5	21	10	10	2	3	1	1	1	1	2	2	3
鳞片材料	年龄	≤7	8	9	10	11	12	13	19	20	21	22	23	24
	尾数	4	21	10	9	2	3	0	0	0	0	1	0	1
	年龄	?			8			12	14	18	17	17	≤24	≤23
	尾数	1			1			1	1	1	1	1	2	2
背鳍条材料	年龄	≤7	8	9	10	11	12	13	19	20	21	22	23	24
	尾数	4	19	8	9	2	3	0	0	0	0	0	0	0
	年龄	?	?	?	8			?	14	13	18	≤15	≤22	≤17
	尾数	1	2	2	1			1	1	1	1	2	2	3

由表 2 可以看出, 在年轮清晰的三种年龄鉴定材料中, 12 龄(耳石年龄) 以下时, 耳石磨片与鳞片年龄计数有 98.0% 的个体样品相一致, 且 9 龄以下的吻合率达 100% 。12 龄以上的个体, 鳞片读数基本上少于耳石, 且年龄越高, 差异越大。用背鳍条磨片鉴定年龄时, 7 龄以下与耳石磨片和鳞片相符; 但大于 7 龄时, 鳍条磨片读数趋向于少于耳石及鳞片。随年龄的增加, 不同材料鉴定年龄的差异趋大。本研究中的最大个体以耳石与鳞片的年轮计数时最高的年龄分别为 29 与 24 龄, 但在鳍条只有 22 龄。

2.3 耳石、鳞片与鳍条生长特征的比较

耳石的增长速率在个体的生长过程中较为恒定, 其轮径-年龄曲线近似于一条直线(图 1) , 表明耳石在错鄂裸鲤的一生中, 以较为恒定的模式沉淀。因而以耳石计数年轮作为个体的年龄是较为可靠的。随着年龄的增加, 鳞径的增长趋势变缓。至 14 龄时, 鳞径的增长趋向一个渐近值, 表明 14 龄后鳞片的生长趋向于停滞。随着个体年龄的增加, 背鳍条的生长较鳞片更为缓慢; 当个体达到 9 龄时, 背鳍条轮径的增长已不明显(图 1) 。

2.4 生长方程

错鄂裸鲤的体重-体长关系, 雌性为 $W = 0.0000304 \times L^{2.8310}$ ($r^2 = 0.9719$) , 雄性为 $W = 0.0000304 \times L^{2.8405}$ ($r^2 = 0.9414$) 。两性个体方程差异不显著, 雌雄混合统计时的体重方程为 $W = 0.0000304 \times L^{2.8393}$ ($r^2 = 0.9618$) (图 2) 。指数 b= 2.8393, 表明错鄂裸鲤为异速生长。

以耳石磨片年轮计数为准, 各龄退算体长与年龄用 Von Bertalanffy 方程拟合生长曲线(图 3) , 体长方程为

$$L_t = 639.7070 \times [1 - e^{-0.0291 \times (t + 4.6745)}] \quad r^2 = 0.9864,$$

体重方程为

$$W_t = 2750.8718 \times [1 - e^{-0.0291 \times (t + 4.6745)}]^{2.4792}。$$

在鳞片年轮计数数据中, 各龄退算体长与年龄用 Von Bertalanffy 方程拟合生长, 体长方程为

$$L_t = 571.1190 \times [1 - e^{-0.0354 \times (t + 4.6743)}] \quad r^2 = 0.9761,$$

体重方程为

$$W_t = 2076.6268 \times [1 - e^{-0.0354 \times (t + 4.6743)}]^{2.4792};$$

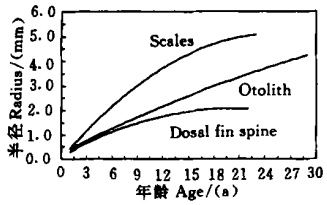


图 1 错鄂裸鲤耳石半径-年龄、鳞径-年龄、鳍条半径-年龄关系, r^2 分别为 0.9999、0.7470 和 0.7448

Fig. 1 Radius-age relation for otolith, scale and dorsal fin spine of *Gymnocypris cuoensis*. The r^2 statistics of the these materials are 0.9999, 0.7470 and 0.7448 respectively.

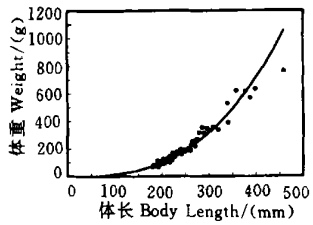


图 2 错鄂裸鲤的体重-体长关系。$W = 0.0000304 \times L^{2.8393}$, $r^2 = 0.9618$。

Fig. 2 Weight-Body length relation of *G. cuoensis*. $W = 0.0000304 \times L^{2.8393}$, $r^2 = 0.9618$

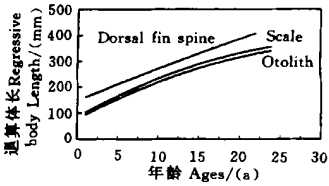


图 3 错鄂裸鲤的退算体长-年龄关系。r^2 分别为 0.9900(耳石)、0.9973(鳞片)和 0.9951(背鳍条)

Fig. 3 Regressive body length-age relations for otoliths, scales and dorsal fin spines of *G. cuoensis*. The r^2 statistics of the these materials are 0.9900, 0.9973 和 0.9951 respectively.

鳍条材料年轮计数在 20 龄以上的高龄个体只有一尾。用 Von Bertalanffy 方程拟合其曲线时, 其渐近体长 L_∞ 为 1759.3990g, $K = 0.0080$, 退算体长-年龄关系接近于一条直线。故鳍条年轮数据未能真实反映个体生长的实际情况。

3 讨论

3.1 年龄鉴定

上述结果表明, 在错鄂裸鲤中不同的年龄鉴定材料对同一个体的年龄识别存在着差异。耳石中心核暗区在 1 龄鱼就已形成。中心核暗区由日轮紧密排列而成, 其内部相对较亮的环纹也与日轮排列疏密有关[11]。这些轮纹大都较为暗淡, 易于与第一年轮区别, 但在个别磨片中它们的明暗程度与第一条年轮相近, 因而可能造成年龄的高估。关于年轮间的亮带, Fagade 曾将其归因于日轮排列的疏密[12]。从轮纹的排列与颜色上判断, 它们有别于年轮。这种环纹易与年轮相区别, 因而对鉴定年龄的影响较小。另外, 两轮合为一轮的情况(图版Ⅰ:4)也是可能造成年轮计数误差原因之一。

鳞片作为年龄材料, 其不准确性可能来自于两个方面。一个方面, 随年龄的增长, 鳞片生长后期与体长生长不一致且鳞片存在磨损现象。两种现象在鳞径-体长曲线图上都表现为鳞片的生长随着个体的生长而趋向停滞。它们对年龄鉴定的影响已有报道[4]。错鄂裸鲤是一种生活在海拔 4000 多米的高原鱼类, 严酷的环境条件对鳞片与体长的相对生长有影响。另外, 栖息于湖泊中的性成熟个体在产卵时要停止摄食, 到河流中产卵。由于裂腹鱼类特有的臀鳞与其繁殖行为密切相关, 因此鳞片的磨损难以避免。由此, 鳞片相对于体长生长的变慢与鳞片的磨损都是造成年龄计数误差的原因。另外, 高龄个体鳞片上副轮的存在是造成鳞片年轮判读不准确的另一原因。这些副轮多呈现为轮纹缺失。赵利

华等指出在青海湖裸鲤中的副轮有三种情况: (1) 有规律的两轮间出现环片密集的轮; (2) 有的轮不连续; (3) 在年轮的前区或上、下侧区与年轮重合, 在前区则又分开。错鄂裸鲤鳞片上也存在类似的情况。在影响鳞片年轮判读的这两个方面的因素中, 前者趋向于低估个体的年龄, 后者则趋向于高估个体的年龄, 而且两种因素都在相对高龄的个体中起作用。本研究中 12 龄以下个体鳞片与体长生长大致一致、鳞片的磨损以及副轮等现象较少, 此时臀鳞作为年龄鉴定材料是可靠的。

个体达 13 龄以上时, 生长缓慢可能导致背鳍条磨片边缘年轮紧密排列。另外, 在背鳍条磨片上也有副轮的情况出现。本研究中, 背鳍条磨片上的年轮生长特征不显著, 轮间距大小不规则, 紧密处不易分辨, 不宜用以记数年龄。

3.2　生长特征与年龄退算

用 Lee 正比公式退算各龄个体体长的前提条件是体长与所用材料的半径增长成正比例相关。在以耳石为退算材料的研究中, 半径与体长的关系已有报道[13],[14]。本研究也比较了多项式和直线两种方程在描述错鄂裸鲤耳石半径、鳞径和背鳍条轮径与体长的关系的优劣(表 3)。

表 3　耳石、鳞片、鳍条半径-体长关系的统计量(r^2)及多项式(抛物线)回归与线性回归方程参数

Tab. 3　The coefficients and r^2 statistics for the paraboloidal regression functions (including arithmetic polynomial relations of radius of calcified structure and body length and the first derivative for the log-log(bases 10) polynomial relations of calcified structure and body length) and linear regression function

		抛物线回归 Paraboloidal regression										
		算术关系 Arithmetic relation				log-log 关系 Log-log relation				线性回归 Linear regression		
半径 Radius	自由度 df	系数 Coefficient			统计量 Statistic	一阶导数关系系数 Coefficient of the first derivative			统计量 Statistic	系数 Coefficient		统计量 Statistic
		a	b(x)	c(x2)	r2	a	b(logx)	c(log2x)	r2	a	b(x)	r2
耳石 Otolith	71	1.5904	-0.0024	2E-05	0.6761	-0.2359	-0.0008	2E-05	0.9988	0.1440	0.0083	0.6558
鳞片 Scale	79	-1.8538	0.0309	-3E-05	0.5472	1.1175	0.0076	2E-05	0.9836	0.4615	0.0136	0.5309
背鳍条 Spine	74	-0.2586	0.0131	-2E-05	0.2100	0.9223	-0.0027	1E-06	0.9992	1.1740	0.0020	0.1547

由表 3 可以看出两种回归方法的结果基本一致, 因而两者都适合于错鄂裸鲤的生长退算。但三种材料所反映的生长方程之间存在着差异, 这与它们的生长特征有关。耳石半径、鳞径和背鳍半径的生长特征互有不同, 其中耳石与鳞片、鳍条存在明显差异(图 4), 耳石的生长随体长增长而加快, 鳞片、鳍条的生长则是一个逐渐减慢的过程。耳石由负的异速生长到正的异速生长, 在体长范围 180.0—260.0mm($k = 0.3—0.9$)之间慢于体长生长, 在 280.0mm 以上($k > 1.1$)则快于体长生长; 在 280.0—330.0mm 之间($k = 0.9—1.1$)接近于等速生长(图 5)。与耳石不同的是, 在体长为 180.0—380.0mm($k = 1.1—1.8$)时鳞片

生长明显快于体长生长, 在 410.0mm 以上时(k< 0.9) 都明显慢于体长生长; 在 330.0—410.0mm 时(k= 0.9—1.1) 则接近于同体长等速生长。可见, 鳞片的生长过程由正的异速生长转变为负的异速生长(图 5) 。鳍条的生长较为特殊, 几乎为一条斜率为 0 的直线, 且在整个生长过程中都表现为负的异速生长(图 5) 。鳍条的这种生长方式表明依其数据推得的生长方程的可靠性值得怀疑。由于这三种材料在个体不同生长阶段存在生长差异, 因此依据它们的退算数据得出的生长方程有所不同, 但耳石与鳞片明显优于鳍条。

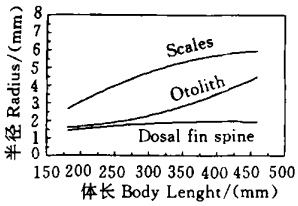


图 4 错鄂裸鲤的耳石半径、鳞径、鳍条半径与体长关系。方程参数见表 1

Fig. 4 Radius-body length relations for otoliths, scales and dorsal fin spine of *Gymnocypris cuoensis*. Curves are second-degree polynomials of these three kinds of materials. Coefficients and statistics for these arithmetic relations are given in tab. 1

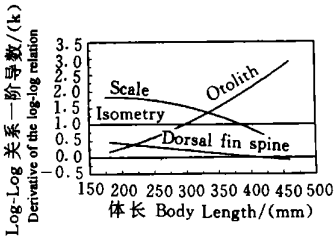


图 5 错鄂裸鲤相对生长率-体长关系。各方程参数与见表 1 当 k= 1.0 时, 年龄材料与体长等速生长; k> 1.0 时, 为正的异速生长; k< 1.0 时, 为负的异速生长。

Fig. 5 The first derivative of the log-log relation (base10)-body length relation of *Gymnocypris cuoensis*. Coefficients of the first derivative and statistics for the log-log relations are given in Tab. 1

上述分析结果表明, 在错鄂裸鲤中, 耳石作为年龄计数材料是可靠的。鳞片计数在 12 龄以下个体中也是可靠的。在高于 7 龄的个体中鳍条计数欠准确。在鉴定年龄时, 应以耳石为准, 鳞片、鳍条为辅。用以退算体长时, 耳石与鳞片年龄计数较好, 用 Von Bertalanffy 方程拟合生长曲线能较好地反映错鄂裸鲤的生长过程。

参考文献:

[1] Bagenal T B. *The Ageing of Fish* [M]. London: Unwin Brothers Press, 1974, 28—29

[2] Beamish R J, Mcfarlane G A. The forgotten requirement for age validation in fisheries biology[J]. *Transactions of the American Fisheries Society*, 1983, **112**: 735—743

[3] Barger L E. Age and growth of Atlantic croakers in the northern Gulf of Mexico, based on otolith sections[J]. *Transactions of the American Fisheries Society*, 1985, **114**: 847—850

[4] Casselman J M. Growth and relative size of calcified structure of fish[J]. *Transaction of the American Fisheries society* 1990, **19**: 673—688

[5] 曹文宣, 伍献文. 四川西部甘孜阿坝地区鱼类生物学及渔业问题[J]. 水生生物学集刊, 1962(**2**) : 79—111

[6] 青海省生物研究所编. 青海湖地区鱼类区系和青海湖裸鲤的生物学[M]. 北京: 科学出版社, 1975, 37—45

[7] 任幕连, 孙 力. 西藏纳木错的鱼类资源调查和开发利用问题[J]. 淡水渔业, 1982, (**3**) : 1—10

[8] Lee R M. A review of the methods of age and growth determination in fishes by means of scales[J]. *Fishery Invest, Lond, ser.* 2, 1920, **4**(2) : 32

[9] Von Bertalanffy L. A quantitative theory of organic growth. II. Inquiries on growth laws[J]. *Human Biology*, 1938, **10**: 181—213

[10] Von Bertalanffy L. Quantitative laws in metabolism and growth[J]. *Quart, Review of Biology*, 1957, **32**: 217—231

[11] Tzeng W N, Tsai C. Otolith microstructure and daily age of Anguilla japonica, Temminck Schlegel elvers from the estuaries of Taiwan with reference to unit stock and larval migration[J]. *Journal of Fish Biology*, 1992, **40**: 845—857

[12] Fagade F O. The morphology of the otoliths of the bagrid catfish, *Chrysichthys nigrodigitatus* (lacepede) and their use in age

determination[J]. *Hydrobiologia*, 1980, **71**: 209—215

[13] Mosegaard H, Svedäng H& Taberman K. Uncoupling of somatic and otolith growth rates in Arctic char(*Salvelinus alpinus*) as an effect of differences in temperature response[J]. *Canadian Journal of Fisheries and* Aquatic *Sciences* 1988, **45**: 1514—1524

[14] Wright P J, Metcalfe N B, Thorpe J E, Otolith and somtic growth rates in Atlantic salmon parr, *Salmo salar* L: evidence against coupling[J]. *Journal of Fish Biology*, 1990, **36**: 241—249

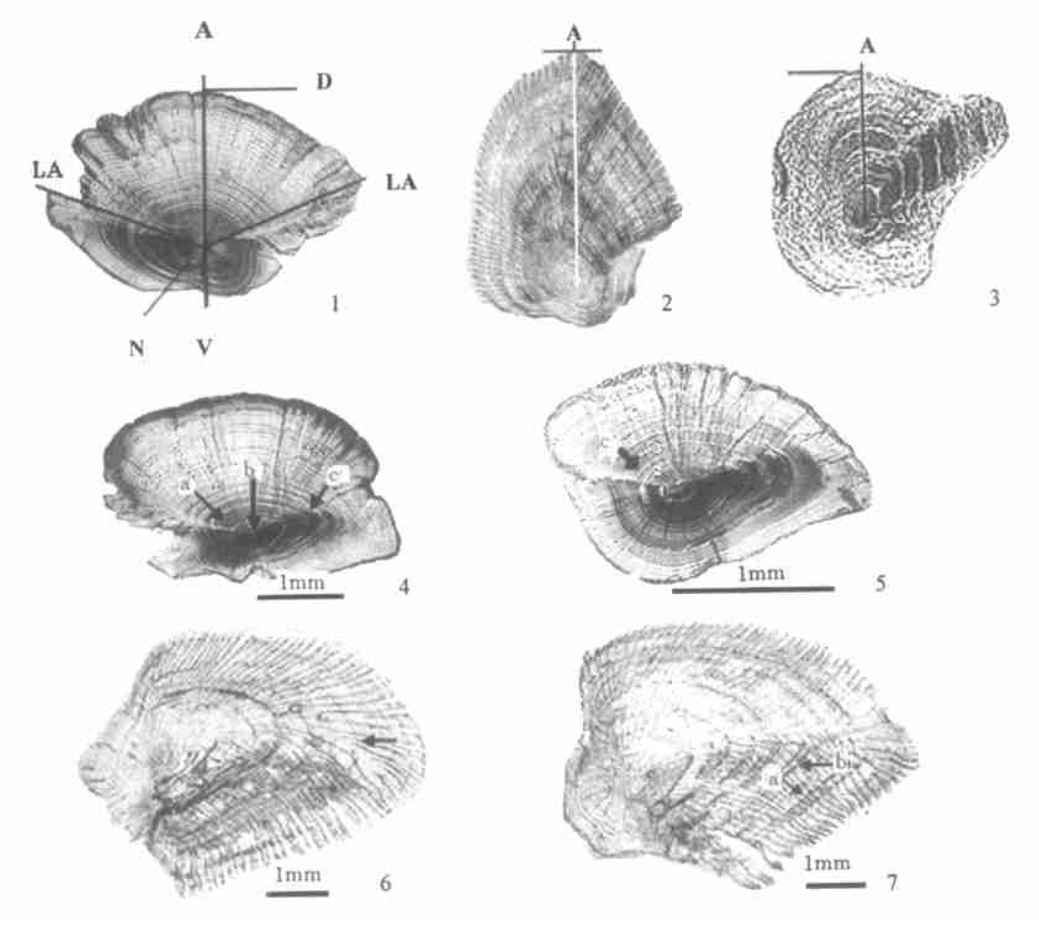
STUDIES ON AGE DETERMINATION AND GROWTH CHARACTERISTICS OF *GYMNOCYPRIS CUOENSIS*

YANG Jun-shan, CHEN Yi-feng, HE De-kui and CHEN Zi-ming

(*Institute of Hydrobiology*, The chinese Academy of sciences Wuhan 430072)

Abstract: The characteristics of three kinds of age determination materials, otoliths scales and dorsal fin spines from *Gymnocypris cuoensis* had been described and compared in their using in age determination. Regressive body length was used to fix the Von Bertalanffy function. Otoliths are good materials in age determination, which have relatively clear annuli and are unlikely to lose annuli because of absorption or erosion. In scales of most fish elder than eight years, the annuli became undistinguishing. It was difficult in most of the cases to distinguish true annuli from pseudoannuli. Dorsal fin spines in fish elder than seven years were not accurate either because of their irregulation in annuli deposit or their lost of annuli. This research shows that scales are as accurate as otolith in determining the age of fish below eight years. Dorsal fin spines showed the same age as otoliths and scales when fish was younger than seven years old. Dorsal fin spines tended to lose annuli at a greater extent in the elder fish than those in otoliths and even scales. The largest fish of 29 years old was identified with otolith while 24 and 22 years old with scale and dorsal fin spine respectively. There were several conditions in the sections of otolith that may cause confusion when counting annuli. First of which, there existed four light bands or so between two adjacent annuli. Second, several light band could be found in the nucleus dark zone. The third one, in the dorsal direction of some section sometimes one could find that two annuli converge into one band. Puzzling conditions also existed in scale and dorsal fin spine sections, mostly because of the pseudoannuli and undistinguishing of annuli. The growth of *G. cuoensis* described by Von Bertalanffy growth models is well fitted with the data from otoliths and scales, but not so good with the data from dorsal fin spines. The growth can be described with the function of $L_t = 639.7070 \times [1 - e^{-0.0291 \times (t + 4.6745)}]$, with statistic $r^2 = 0.9864$ for otolith. Weight function is $W_t = 2750.8718 \times [1 - e^{-0.0291 \times (t + 4.6745)}]^{2.4792}$. For scale, $L_t = 571.1190 \times [1 - e^{-0.0354^* \times (t + 4.6743)}]$, $r^2 = 0.9761$; $W_t = 2076.6268 \times [1 - e^{-0.0354 \times (t + 4.6743)}]^{2.4792}$. Both otolith and scale described the growth of *G. cuoensis* well, dorsal fin spine fills to do so, for $L_\infty = 1759.3990$g, $K = 0.0080$.

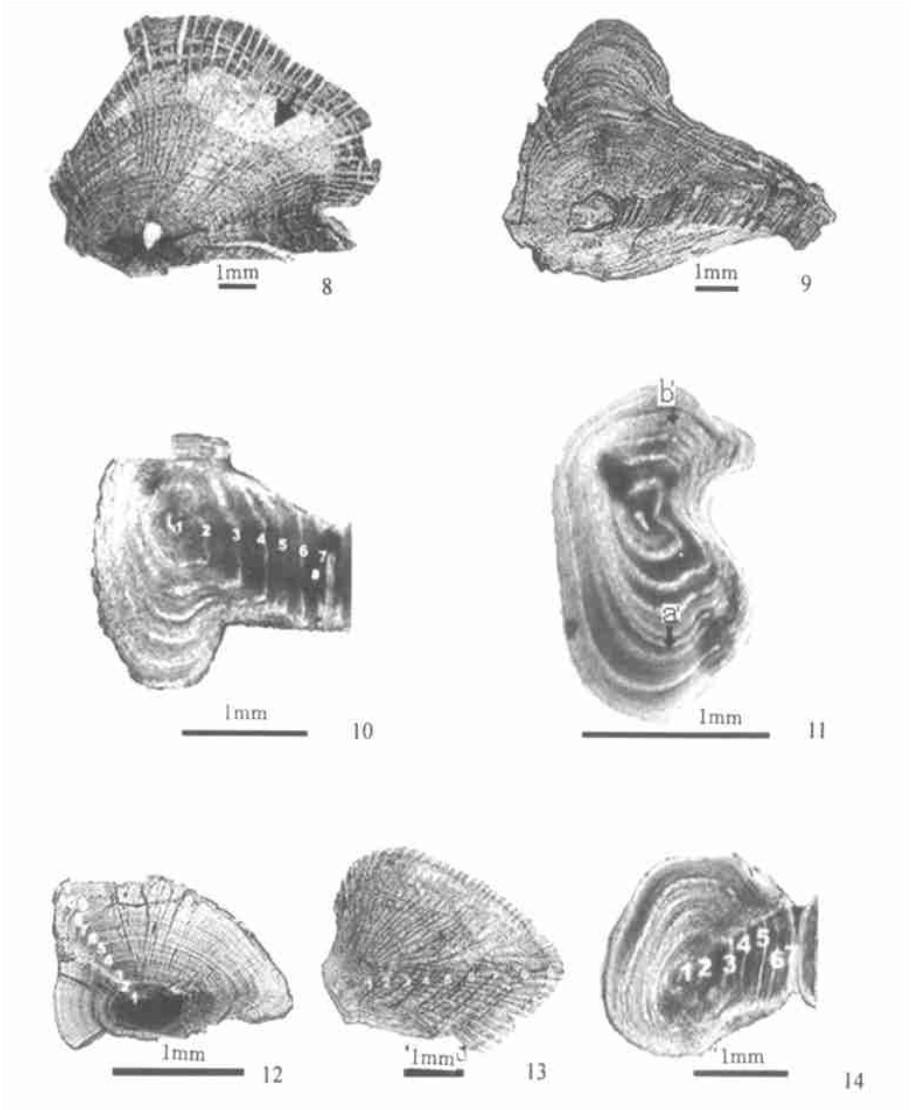
Key words: *Gymnocypris cuoensis*; Age; Annuli and growth character istics; Otolith; Scale; Dorsal fin spine; Tibet



图版Ⅳ

1) 3分别示耳石磨片、鳞片、背鳍条磨片的测量方向。A(axis)为测量轴。D) 背侧,LA2长径,N2中心核,V2腹侧(短径)。4) 5示耳石磨片形态,磨片的轮间亮带(ac-dc)中心核区亮带(hc)和二轮合为一轮的情况(cc)。6) 7示鳞片的形状以及两年轮的两种不同类型

1) 3 show the mearsure axises of otholith section, scale and dorsal fin spine section. A2axis. LA2long radius, D2dorsal, N2nucleus, V2 vertral. 4) 5 show the shape of the otolith section. ac-referes to the light check between two contiguate annulus. hc shows the light mark in the nucleus. cc shows two marks intergrating into one mark. 6) 7 show the shape of scale and two kinds of annuli in it



图版 Ò

8) 9 示鳞片的吸收和磨损, 箭头示生殖轮。10) 11 示背鳍条磨片的形状, 箭头 ac、bc 分别表示副轮及包含了多条轮纹的情况。12) 14 示同一个体三种年龄材料的年轮读数异同

8) 9 show the absorption and erasion in the scales of aged *Gymnocypris cuoensis*. The dash pionts to reproduction mark. 10) 11 show the shape of dorsal fin spine sections. The dashes (ac, bc) refer to pseudoannulus and wide annulus respectively. 12) 14 are three kinds of material of the same fish. They tend to lose annuli in a sequence of otholith section. scale and dorsal fin spine section