青海湖裸鲤生长特征的研究

陈大庆[1,2,4]　张　信[3]　熊　飞[3]　刘绍平[2]　唐红玉[5]

(1. 中国科学院水生生物研究所,中国科学院研究生院,武汉　430072;
2. 农业部淡水鱼类种质资源与生物技术重点开放实验室,中国水产科学研究院长江水产研究所,荆州　434000;
3. 华中农业大学水产学院,武汉　430070;
4. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心,无锡　214081;
5. 西南农业大学水产学院,重庆　400716)

摘要:对 2002 年 5 月—2003 年 7 月采自青海湖的 1174 尾青海湖裸鲤样本年龄进行了耳石鉴定,并依据年龄推算了生长率。青海湖裸鲤体长与体重的关系为: $W = 0.000174 \times L^{2.4990}$ (♀)、$W = 0.0000402 \times L^{2.7538}$ (♂),雌、雄个体生长差异显著。其体长 Von Bertalanffy 生长方程为: $L_t = 551.9301 (1 - e^{-0.0711(t+0.3044)})$ (♀), $L_t = 682.8688 (1 - e^{-0.0530(t+0.4240)})$ (♂);体重 Von Bertalanffy 生长方程为: $W_t = 1237.3431 (1 - e^{-0.0711(t+0.3044)})^{2.4990}$ (♀), $W_t = 2567.3242 \times (1 - e^{-0.0530(t+0.4240)})^{2.7538}$ (♂)。其雌、雄生长拐点分别为 12.57 龄和 18.67 龄。

关键词: 青海湖裸鲤;生长特征;耳石;鳞片;背鳍条
中图分类号:S931.1　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-3207(2006)02-0173-07

鱼类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。在年龄和生长方程的描述中,鳞片、耳石和鳍条都得到广泛应用[1—3]。年龄生长标志实际上是个体生长发育与环境条件综合作用的结果,与青藏高原的自然环境相适应,青海湖裸鲤在生长上必然会表现出许多与其他地区鱼类生长显著不同的特点;同时,鱼类生长的研究也是科学利用和有效保护渔业自然资源的重要基础。

青海湖为我国最大的内陆咸水湖泊,自然生态环境的独特性构成了其独特的高寒生态系统。青海湖裸鲤[*Gymnocypris przewalskii przewalskii* (Kessler)]是湖中唯一的经济鱼类,在生态系统中占有极其重要的地位,因而备受人们关注[4—5]。随着时间的推移,其资源急剧衰竭,据推测,现有资源量不及最高蕴藏量的 1/10[6],对原本脆弱的青海湖生态系统造成了极大的威胁。本文对青海湖裸鲤的生长特征进行了研究。

1　材料和方法

1.1　材料　2002 年 5 月—2003 年 7 在青海湖及湖周的沙柳河、布哈河和黑马河等河流用单层刺网和拖网采集标本 1174 尾。全部测量全长、体长、体重等生物学指标。体长从头部最前端测至最后一个脊椎骨末端褶痕处,体长精确到 1mm,体重精确到 1g。同时选取 200 尾不同个体大小的标本获取鳞片、耳石、背鳍条第一枚不分支鳍条、脊椎骨等材料用于建立与体长的关系。由于青海湖裸鲤这几种材料中,耳石是最为理想的年龄鉴定材料[7],故采用耳石作为年龄鉴定的材料。

1.2　鳞片的处理　每尾标本取体左侧 4—6 枚臀鳞。将臀鳞连同肌肉一起剪下,于 60—70 ℃水中烫数秒,在臀鳞尚未卷曲时,用镊子小心地将其从肌肉中取出,再放入 4 %KOH 溶液中浸泡 5—10min,洗去表皮和黏液,用清水漂洗后晾干,夹于载玻片中备用。部分材料用 0.5 % KOH + 茜素红染色 24h,漂洗、晾干后封片观察。

1.3　耳石的处理　采用的耳石是星耳石。直接在 1000 # 水砂纸上轻微打磨,先磨凸面再磨凹面,注意把握好打磨的角度。打磨好后,将磨片放入二甲苯中溶解掉热熔胶并透明,用中性树胶封片后观察。

收稿日期:2005-05-20;**修订日期**:2005-09-20
基金项目:青海省科技厅"十五"攻关项目(2001-N-122);淡水生态与生物技术国家重点实验室项目(2003FB02)资助
作者简介:陈大庆(1964—),男,湖北江陵人;研究员;主要从事鱼类生态学研究。Tel:0716-8212277-3046, E-mail:chdq@yfi.ac.cn
通讯作者:唐红玉, E-mail:thy1970@163.com

1.4 背鳍条的处理 取背鳍条第一枚不分支鳍条,用 4 %NaOH 溶液浸泡 5 —10min,除去表皮,清水冲洗干净后晾干;用细齿钢锯在其基部截取 2 —3mm 段,再用 1000 # 砂纸磨成 0.5 —1.0mm 薄片。用二甲苯透明,中性树胶封片观察。

1.5 脊椎骨的处理 取颅腔后一段脊椎骨(5 —7 节),放入 4 %NaOH 溶液中浸泡 1 —2d(或在沸水中煮 5 —10min)后,将其刷洗干净,同时注明第几脊椎骨,再用无水乙醇脱脂一段时间,取出晾干后在解剖镜下观察,滴加二甲苯后轮纹更清晰。

1.6 数据处理与分析 耳石半径-体长关系采用 Frase-Lee 回归方法,体长退算采用修正后的 Frase-Lee 方程[8]:

$$\ln L_i = a + (\ln L_c - a)(\ln O_i / \ln O_c) \qquad (1)$$

式中 L_c 为鱼体体长,O_c 为耳石半径,L_i 为年龄 i 时的体长,O_i 为年龄 i 时的耳石半径。

体长和体重的关系用幂函数 $W = aL^b$ 来描述;相对生长率为 $g = (l_2 - l_1)/l_1(t_2 - t_1)$、生长指标为 $C_{vl} = [\ln(l_{t2}) - \ln(l_{t1})] \times l_1/(t_2 - t_1)$;用非线性回归拟合 Von Bertalanffy 的生长曲线,体长生长方程为 $L_t = L_\infty(1 - e^{-k(t-t_0)})$,体重生长方程为 $W_t = W_\infty \cdot (1 - e^{-k(t-t_0)})^b$,体长、体重的生长速度(一次微分)和加速度(二次微分)方程为 $dL/dt = L_\infty k e^{-k(t-t_0)}$、$d^2L/dt^2 = -L_\infty k^2 e^{-k(t-t_0)}$、$dW/dt = bW_\infty k e^{-k(t-t_0)} \cdot (1 - e^{-k(t-t_0)})^{b-1}$ 和 $d^2W/dt^2 = bW_\infty k^2 e^{-k(t-t_0)}(1 - e^{-k(t-t_0)})^{b-2}(be^{-k(t-t_0)} - 1)$,参数 L_∞、K 和 t_0 的值通过 Ford 方程和 Beverton 法获得。采用 Leic GZ6 解剖镜和 Olympus GH2 显微镜拍照,数据的分析与处理采用 Microsoft Visual Foxpro 6.0、Microsoft Excel 2000 和 Statistica 6.0 软件,照片的处理借助于 Photoshop 6.0 软件。

2 结果

2.1 体长、体重及年龄组成

对调查数据进行统计,其体长、体重组成如图 1、2。其中雄性个体 688 尾,雌性个体 486 尾,群体的性比为 ♂:♀ = 1.66 :1。渔获个体的最小体长为 100.0mm,最大体长为 300.0mm,平均体长为 202.9 ±34.2(mean ±sd) mm;最小体重为 23.0g,最大体重为 330.0g,平均体重为 100.6 ±45.8g。从图 1 可以看出,体长主要集中在 120.0 —290.0mm 之间,这些个体占所有渔获物的 99.0 %,相对应的体重范围为 23.0 —230.0g。

耳石鉴定年龄的结果表明,渔获物年龄组成为 4 —11 龄,其中 4 —8 龄个体占渔获物的 95.3 %;雌性个体年龄集中在 6 —10 龄(98.1 %),而雄性个体年龄主要为 4 —8 龄(98.0 %)。雌性个体体长范围为 120.0 —300.0mm,平均体长 224.5 ±25.4mm;体重范围为 23.0 —330.0g,平均体重 133.6 ±41.1g。雄性个体体长范围为 100.0 —298.0mm,平均体长 187.7 ±25.8mm;体重范围为 27.0 —260.0g,平均体重 77.4 ±33.3g。总繁殖群体中,雄性个体最小体长 130.0mm,体重 28.0g,年龄 4 龄;雌性个体最小体长 170.0mm,体重 51.0g,年龄 5 龄。可以看出,渔获物中雌性个体明显大于雄性。

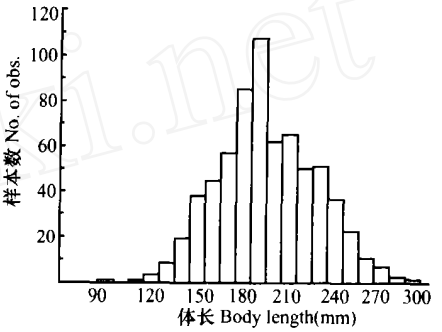


图 1 青海湖裸鲤繁殖群体体长组成

Fig. 1 Distribution of body length of the spawning group of *Gymnocypris przewalskii*

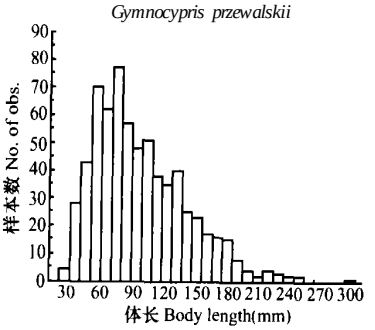


图 2 青海湖裸鲤繁殖群体体重组成

Fig. 2 Distribution of body weight of the spawning group of *G. przewalskii*

2.2 鳞径、耳石半径、背鳍条半径与体长的关系及生长退算

采用多项式方程和直线方程对青海湖裸鲤的鳞径、耳石半径、背鳍条半径与体长的关系(雌雄混合)进行拟合,结果表明,上述三者与体长的相关程度依次为:耳石半径 > 背鳍条半径 > 鳞径(表 1,各样本量均为 124)。由于青海湖裸鲤的臀鳞生长变异较大,形状不规则,同一鱼体的臀鳞大小和形状存在差别,因而鳞径与体长的相关程度较差。背鳍条和耳石的形状比较规则,与体长的相关程度要高于臀鳞,但背鳍条存在负增长,不能较好反映高龄个体的生

长情况[9],因此选用耳石半径作为生长退算的依据。在选用的线性、二次方程以及对数回归三种模型中,对数变换的相关系数最大,因此选用对数关系来拟合耳石半径和体长的关系。把雌雄分开后,将对数变换后的各参数值代入(1),得出青海湖裸鲤的退算体长方程为:

表 1　鳞径、耳石半径和背鳍条半径与体长关系的回归方程参数及统计量(r)

Tab. 1　The coefficients and r statistics for the regression functions on the relationship between radius of calcified structure and body length

半径 Radius	线性回归 Linear regression			算术关系 Arithmetic relation				对数关系 Ln-ln relation		
	系数 Coefficient		统计量 Statistic	系数 Coefficient			统计量 Statistic	系数 Coefficient		统计量 Statistic
	a	b(x)	r	a	b(x)	c(x^2)	r	a	b(lnx)	r
臂鳞 Scale	191.1638	6.2510	0.6347	182.5400	9.0488	0.19825	0.6382	5.1509	0.1574	0.6364
耳石 Otolith	93.3000	78.2220	0.8217	30.2582	78.2224	7.9399	0.8217	5.0657	0.6552	0.8266
背鳍条 Spine	111.5100	116.9500	0.7296	78.2041	183.2210	-32.0620	0.7307	5.4283	0.5134	0.7201

♀: $\ln L_i = 5.0718 + (\ln L_c - 5.0718)(\ln O_i / \ln O_c)$

$(r = 0.8398)$　　(2)

♂: $\ln L_i = 5.1004 + (\ln L_c - 5.1004)(\ln O_i / \ln O_c)$

$(r = 0.7175)$　　(3)

根据耳石与体长的关系(2)和(3),退算出青海湖裸鲤各龄的体长和生长指标(表 2、3)。χ^2 检验表明,体长的退算值和实测值之间无显著性差异(♀: $\chi^2 = 2.2308$, df = 6, $p < 0.8973$; ♂: $\chi^2 = 0.6861$, df = 5, $p < 0.9837$)。由于实测年龄是按虚数年龄计数的,退算值略大于实测值。

表 2　青海湖裸鲤各龄退算体长和平均实测体长

Tab. 2　Back-calculated body length (BL) and mean observed BL of *G. przewalskii przewalskii*

			退算体长 Back-calculated body length (mm) at age										实测值 Observed		
		♂	—	9	8	7	6	5	4	3	2	1			
加权平均体长 Weighted mean BL			—	—	269.2	245.0	225.2	196.2	175.4	144.4	112.5	80.4	50.5	N	Mean	Age
实测值 Observed			—	—	269.2	245.4	224.1	196.4	177.3	143.8	109.6	79.0	48.5	5	268.4	10
Age	Mean	N	—	—	—	243.2	227.1	195.0	176.5	139.1	110.5	81.5	47.6	1	261.0	9
4	132.5	2	50.0	82.5	105.3	—	225.7	198.3	169.1	141.2	113.3	80.4	51.5	7	242.1	8
5	178.0	2	50.6	86.2	113.5	146.1	—	195.9	174.3	145.5	116.4	82.1	51.2	53	220.0	7
6	201.1	66	51.0	80.4	116.0	149.4	180.6	—	176.1	143.2	110.9	80.2	50.7	140	192.1	6
7	223.6	100	55.0	85.3	108.6	145.2	185.5	205.3	—	146.5	112.8	79.5	48.5	66	169.6	5
8	244.8	70	49.8	80.1	110.8	146.5	180.5	201.4	228.4	—	112.5	80.6	52.6	26	143.6	4
9	263.3	14	50.0	84.2	115.5	145.4	178.5	204.1	230.7	250.9	—		—	—	—	—
10	279.6	5	53.6	85.7	113.4	145.8	184.4	201.2	231.2	252.6	269.7	—	—	—	—	—
11	300.0	1	55.1	83.8	114.0	149.5	186.4	200.5	229.0	252.4	272.8	288.2	—	—	—	—
加权平均体长 Weighted mean BL			52.2	82.6	111.6	146.7	182.5	203.6	228.9	251.4	270.2	288.2				
		♀	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				

2.3　生长方程

根据体长和体重的实测数据,用幂函数模型模拟出青海湖裸鲤繁殖群体的体长-体重关系(LWR)为:

♀: $W = 0.000174 \times L^{2.4990}$ $(r = 0.9061)$　　(4)

♂: $W = 0.0000402 \times L^{2.7538}$ $(r = 0.9457)$　　(5)

上述两性个体方程差异显著,但若将雌雄混合统计,LWR 为:

$W = 0.0000382 \times L^{2.7714}$ $(r = 0.9484)$　　(6)

$b = 2.7714$,表明青海湖裸鲤的生长接近等速生长,可用 Von Bertalanffy 生长方程(VBGF)来描述其生长特性。

根据 Ford 方程求得渐进体长 $L_\infty = 551.9301$mm(♀)、$L_\infty = 682.8688$mm(♂),生长系数 $k = 0.0711$(♀)、

k = 0.0530 (♂) ;根据 Beverton 法从 $\ln(L_\infty - L_t) = \ln L_\infty + kt_0 - kt$ 求得理论体长或体重等于零时的年龄 t_0 = - 0.3044(♀) 、t_0 = - 0.4240(♂) 。

青海湖裸鲤体长、体重的 VBGF 分别为:

♀: $L_t = 551.9301(1 - e^{-0.0711(t+0.3044)})$ (7)

$W_t = 1237.3431(1 - e^{-0.0711(t+0.3044)})^{2.4990}$ (8)

♂: $L_t = 682.8688(1 - e^{-0.0530(t+0.4240)})$ (9)

$W_t = 2567.3242(1 - e^{-0.0530(t+0.4240)})^{2.7538}$ (10)

上述雌雄体长、体重生长方程存在显著差异,其生长曲线见图 3。体长生长曲线不具拐点,开始上升很快,随年龄的增加逐渐趋向渐近值;体重生长曲线为不对称的 S 型曲线。从图 3 可以看出,大约在 9 龄以前,雌雄体长、体重生长速度相近,9 龄以后,雄性体长、体重的生长速度快于雌性。

表 3 青海湖裸鲤的生长指标

Tab. 3 Growth index of *G. przewalskii przewalskii*

年龄 Age	♀ 实测体长 Mean observed BL (mm)	♀ 退算体长 Back-calculated BL (mm)	♀ 相对增长率 Relative growth rate	♀ 生长指标 Growth index	♀ 实测体重 Mean observed BW(g)	♀ 退算体重 Back calculated BW(g)	♂ 实测体长 Mean observed BL (mm)	♂ 退算体长 Back-calculated BL (mm)	♂ 相对增长率 Relative growth rate	♂ 生长指标 Growth index	♂ 实测体重 Mean observed BW(g)	♂ 退算体重 Back calculated BW(g)
1	—	52.2	—	—	—	3.41	—	50.5	—	—	—	1.97
2	—	82.6	0.5824	23.49	—	10.74	—	80.4	0.5921	23.74	—	7.10
3	—	111.6	0.3511	24.78	—	22.78	—	112.5	0.2853	26.53	—	17.89
4	132.5	146.7	0.3145	31.25	31.5	45.13	143.6	144.4	0.2836	28.13	36.3	35.59
5	178.0	182.5	0.2440	32.27	87.0	77.88	169.6	175.4	0.2147	28.88	56.5	60.80
6	201.1	203.6	0.1156	20.08	99.1	102.37	192.1	196.2	0.1186	19.29	78.6	82.78
7	223.6	228.9	0.1243	22.40	129.1	137.18	220.0	225.2	0.1478	27.47	111.9	121.00
8	244.8	251.4	0.0983	22.89	165.7	173.40	242.1	245.0	0.0879	18.02	157.9	152.60
9	263.3	270.2	0.0748	17.60	196.8	207.64	261.0	269.2	0.0988	24.50	190.0	197.80
10	279.6	288.2	0.0666	16.21	228.0	243.95	268.4	—	—	—	—	—

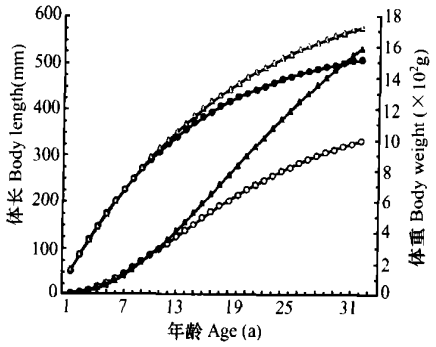


图 3 青海湖裸鲤的体长和体重生长方程

Fig. 3 Growth formula of *G. przewalskii* (Estimated ages based on annulus counted from sectioned otoliths)

对青海湖裸鲤的体长、体重生长方程求一阶和二阶导数,得到体长、体重的生长速度(一次微分)和加速度(二次微分)方程:

♀: $dL/dt = L_\infty k e^{-k(t-t_0)} = 39.2533e^{-0.0711(t+0.3044)}$

(11)

$$d^2L/dt^2 = -L_\infty k^2 e^{-k(t-t_0)}$$

$$= -2.7917e^{-0.0711(t+0.3044)} \quad (12)$$

$$dW/dt = bW_\infty k e^{-k(t-t_0)}(1 - e^{-k(t-t_0)})^{b-1}$$

$$= 219.9107e^{-0.0711(t+0.3044)}$$

$$\cdot(1 - e^{-0.0711(t+0.3044)})^{1.4990} \quad (13)$$

$$d^2W/dt^2 = bW_\infty k^2 e^{-k(t-t_0)}(1 - e^{-k(t-t_0)})^{b-2}$$

$$\cdot(be^{-k(t-t_0)} - 1) = 15.6401e^{-0.0711(t+0.3044)}$$

$$\cdot(1 - e^{-0.0711(t+0.3044)})^{0.4990}$$

$$\cdot(2.4990e^{-0.0711(t+0.3044)} - 1) \quad (14)$$

♂: $dL/dt = L_\infty k e^{-k(t-t_0)}$

$$= 36.2194e^{-0.0530(t+0.4240)} \quad (15)$$

$$d^2L/dt^2 = -L_\infty k^2 e^{-k(t-t_0)}$$

$$= -1.9211e^{-0.0530(t+0.4240)} \quad (16)$$

$$dW/dt = 374.9901e^{-0.0530(t+0.4240)}$$

$$\cdot(1 - e^{-0.05304(t+0.4240)})^{1.75382} \quad (17)$$

$$d^2W/dt^2 = 19.8895e^{-0.0530(t+0.4240)}$$

$$\cdot(1 - e^{-0.0530(t+0.4240)})^{0.7538}$$

$$\cdot(2.7538e^{-0.0530(t+0.4240)} - 1) \quad (18)$$

图 4、5 分别是青海湖裸鲤雌性个体的体长、体

重生长曲线。随着年龄的增大,体长生长速度逐渐下降,为正值;体长加速度生长曲线逐渐上升,但为负值,表明随着体长生长速度下降,其递减速度逐渐变缓。体重生长速度和加速度曲线均具有明显的拐点(inflexion),前者的拐点位于 11—15 龄之间,后者具有 2 个拐点,第一个位于 1—3 龄之间,第二个拐点位于 21—25 龄之间。

在生长拐点处,$d^2W/dt^2 = 0$,即:

$$be^{-k(t_i - t_o)} - 1 = 0,\ t_i = \ln b/k + t_o \qquad (19)$$

将雌雄 VBGF 体重生长方程中的 b、k 和 t_o 分别代入(19),得出青海湖裸鲤雌雄生长的拐点年龄分别为 12.57 龄(♀)和 18.67 龄(♂)。体重生长在拐点年龄以前,生长速度逐渐上升,加速度先上升后下降,二者均为正值;在拐点后,生长速度逐渐下降,为正值,说明其体重的增长减缓,加速度先下降后缓慢上升,为负值。

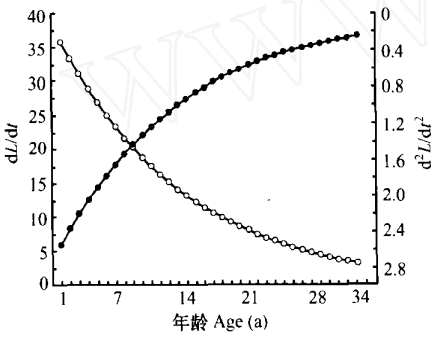


图 4　青海湖裸鲤雌性个体体长生长速度和加速度曲线

Fig. 4　Growth in body length as dL/dt and dL^2/dt^2 curves of female *G. przewalskii przewalskii*

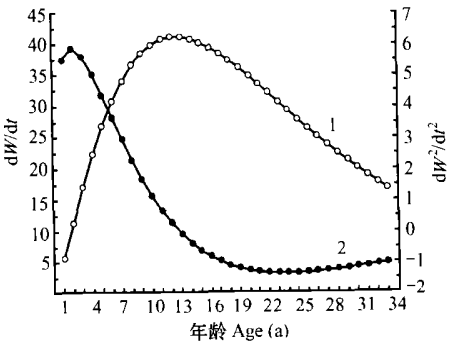


图 5　青海湖裸鲤雌性个体体重生长速度和加速度曲线

Fig. 5　Growth in body weight as dW/dt and dW^2/dt^2 curves of female *G. przewalskii przewalskii*

3　讨论

鱼类的鳞片、耳石和其他骨片的生长与体长的生长之间通常存在一定的相关关系,因此可采用鳞径和轮径来退算鱼类在以往生命过程中任意一年的生长。但不同的材料或不同的回归模型拟合出来的函数关系的相关程度不同[10]。Dahl Lea(1910)提出挪威近海鲱的体长和鳞长的增长呈正比例关系;Fraser Lee(1912)认为 Lea 公式没有引入鱼体刚形成鳞片时的体长,体长应该是鳞长的一次函数。ГНМонастырский(1930)提出,有些鱼类的体长与鳞长呈曲线关系,体长的对数值与鳞长的对数值才呈直线关系。Johnson 和 Noltie(1997)提出了修正的 Frase-Lee 方程,并应用于耳石—体长关系来进行体长退算。

用 Lee 公式正比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研究[11—12]。本研究也用不同的回归方法拟合青海湖裸鲤的鳞径、耳石半径和背鳍条半径与体长关系的优劣(表 1),结果表明,耳石半径与体长的相关系数在 3 种材料中最大,而且耳石是青海湖裸鲤很好的年龄鉴定材料,因此选用耳石作为青海湖裸鲤体长退算材料。但三种材料所反映的生长方程之间存在着差异,与它们的生长特征有关。青海湖裸鲤生长缓慢,体长生长无明显的阶段性。其生长显著慢于花斑裸鲤和依赛克湖裂腹鱼[4],但要快于海拔位置更高的西藏地区的色林错裸鲤和错鄂裸鲤[8—9]。青海湖裸鲤雌性个体明显多于雄性,和色林错裸鲤和错鄂裸鲤相似,但比例较后者高,体长-体重两性个体方程差异显著,和色林错裸鲤一样,但错鄂裸鲤两性个体方程差异不显著[8—9]。用以退算体长时,耳石年龄记数较好,用 Von Bertalanffy 方程拟合生长曲线能较好的反映青海湖裸鲤的生长过程。

从生物学特性来看,青海湖裸鲤是一种较大型的鱼类,20 世纪 60 年代见到的最大个体达 10—20kg[4],而在 2002 年的调查中,在青海湖裸鲤增殖放流站见到的最大一尾体重为 2.2kg,相差近 10 倍。1964 年的繁殖群体平均体长 344.5mm,平均体重 531.9g;1971 年的繁殖群体平均体长 223.6mm,平均体重 140.8g[4];2002 年所采集的繁殖群体样本的平均体长 202.9mm,平均体重 100.6g,可见青海湖裸鲤繁殖群体的个体已小型化。与 20 世纪 60 年代青海湖裸鲤的退算体长相比,现在青海湖裸鲤体长生长加快,约高一个龄级,尤其是低龄鱼表现明显。可能是由于过度捕捞等原因造成的青海湖裸鲤群体数量的减少,饵料资源则相对的显得充足,种内竞争下

降,从而促进了鱼体生长速度的加快。

中国科学院水生生物研究所乔晔、谭细畅、青海省鱼类原种良种场杨建新、祁洪芳、李苏霞等同志参加部分采样工作,谨表谢意。

参考文献:

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

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

[3] Casselman J M. Growth and relative size of calcified structure of fish [J]. *Transactions of the American Fishery Society*, 1990, **19**: 673—688

[4] Qinghai Institute of biology. Ichthyo-fauna in Qinghai lake area and biology of *Gymnocypris przewalskii*[C]. Beijing: Science Press, 1975, 37—45[青海省生物研究所. 青海湖地区的鱼类区系和青海湖裸鲤的生物学. 北京:科学出版社, 1975, 37—45]

[5] Shi J Q, Qi H F, Yang J X, *et al*. Study on breeding biology of *Gymnocypris przewalskii*[J]. *Qinghai Science and Technology*, 2000, **7**(2): 12—15[史建全, 祁洪芳, 杨建新, 等. 青海湖裸鲤繁殖生物学的研究. 青海科技, 2000, **7**(2): 12—15]

[6] Zhang Y S, Chen Y. Preliminary analysis of population density fluctuation of *Gymnocypris przewalskii*[J]. *Jounal of Fisheries of China*, 1980, **4**(2): 157—177[张玉书, 陈瑗. 青海湖裸鲤种群数量变动的初步分析. 水产学报, 1980, **4**(2): 157—177]

[7] Chen D Q. Resources assessment of Gymnocyprisprzewalskii przewalskii and genetic diversity of its brood stocks[D]Doctoral Dissertation, Chinese A cademy of Sciences, 2004[陈大庆. 青海湖裸鲤资源评估与繁殖群体遗传多样性. 中国科学院博士学位论文, 2004]

[8] Chen Y F. Systematics and resource biology of the schizothoracine fishes[D] Doctoral Dissertation, Chinese A cademy of Sciences, 2000 [陈毅峰. 裂腹鱼类的系统进化及资源生物学. 中国科学院博士学位论文, 2000]

[9] Yang J S, Chen Y F, He D K, *et al*. Studies on age determination and growth characteristics of *Gymnocypris cuoensis*[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2002, **26**(4): 378—387[杨军山, 陈毅峰, 何德奎, 等. 错鄂裸鲤年轮与生长特性的探讨. 水生生物学报, 2002, **26**(4): 378—387]

[10] Yin M Ch. Fish ecology[M]. The press of agriculture of China. Beijing: Chinese Agricultune press. 1995[殷名称. 鱼类生态学. 北京:农业出版社. 1995]

[11] Mosegaard H, Svedang 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 Tournal of Fisheries and Aquatic Science*, 1998, **45**: 1514—1524

[12] 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 GROWTH CHARACTERISTICS OF GYMNOCYPRIS PRZEWALSKII PRZEWALSKII

CHEN Da-Qing[1,2,4], ZHANG Xin[3], XIONG Fei[3], LIU Shao-Ping[2] and TANG Hong-Yu[5]

(1. *Institute of Hydrobiology, Graduate Student College, the Chinese Academy of Science, Wuhan* 430072;
2. *Key Laboratory of Freshwater Fish Germplasm Resources & Biotechnology, Ministry of Agriculture, Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Jingzhou* 434000;
3. *Fisheries College, Huazhong Agricultural University, Wuhan* 430070;
4. *Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi* 214081;
5. *Fisheries College. Southwest Agricultural University, Chongqing* 400716)

Abstract: In this study, 1175 samples of *Gymnocypris przewalskii przewalskii*, which were collected from the Qinghai Lake from May, 2002 to July, 2003, were aged by determining the annuli of otoliths. 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. Besides, the growth rates were calculated from the ages of these fish samples. The survey during the period from May to August showed that the sex ratio of males to females in the brood stock was 1.66 to 1. This is consistent with the results of the statistics in the 60s and 90s of the 20th century. In all the brood stocks, the body length and body weight of the smallest male individual at the age of 4 was 130.0mm and 28.0g, respectively, while the body length and body weight of the smallest female individual at the age of 5was 170.0mm and 51.0g, respectively. The age composition was from 4 to 11. The mean body length and body weight of female were bigger than those of male. The body length and body weight was in the relation of power function. The relationship of body length to body weight for the female was $W = 0.000174 \times L^{2.49899}$, and that for the male $W = 0.0000402 \times L^{2.75382}$. There was a significant difference in growth between the female and male. Their growth could be described by Von Bertalanffy equations $L_t = 551.9301[1 - e^{-0.07112(t+0.3044)}]$ (female), $L_t = 682.8688[1 - e^{-0.05304(t+0.4240)}]$ (male), $W_t = 1237.3431(1 - e^{-0.0711(t+0.3044)})^{2.4990}$ (female), $W_t = 2567.3242(1 - e^{-0.0530(t+0.4240)})^{2.7538}$ (male). The inflection points for the growth of female and male were 12.57 and 18.67, respectively. Otolith described the growth of *Gymnocypris przewalskii przewalskii* well, scale and dorsal fin spine could not do better.

Key words: *Gymnocypris przewalskii przewalskii*; Growth characteristics; Otolith; Scale; Dorsal fin spine