

文章编号: 1674-5566(2009)03-0295-07

## 新疆乌伦古湖湖拟鲤 4 种钙化组织鉴定年龄的比较

李 鸿<sup>1</sup>, 沈建忠<sup>1</sup>, 刘其根<sup>2</sup>, 刘 宇<sup>1</sup>, 赵永晶<sup>1</sup>,

马徐发<sup>1</sup>, 王钰博<sup>2</sup>, 刘 军<sup>3</sup>, 朱湘强<sup>4</sup>

(1. 华中农业大学水产学院, 湖北 武汉 430070

2. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306

3. 新疆福海水产局, 新疆 福海 836400

4. 新疆福海渔业科技推广站, 新疆 福海 836400)

**摘 要:** 对新疆乌伦古湖湖拟鲤 4 种钙化组织(鳞片、鳃盖骨、匙骨和耳石)的形态和年轮标志进行了描述, 并对这 4 种钙化组织鉴定湖拟鲤年龄的一致性进行了探讨。在各钙化组织中, 鳞片、鳃盖骨和微耳石磨片上检出的最大年龄均为 6<sup>+</sup>龄, 而星耳石、完整微耳石和匙骨上检出的最大年龄为 5<sup>+</sup>龄。微耳石磨片上的年轮特征最为清晰, 判别能力最高(94.0%), 同一鉴定者两次年龄读数之间的吻合率也最高(95.1%), 是湖拟鲤年龄鉴定的最佳材料。鳞片和鳃盖骨的判别能力和同一鉴定者两次年龄读数间的吻合率次之, 分别为 92.0%、90.8% 和 87.5%、86.1%; 4<sup>+</sup>龄及以下个体鳞片上的年龄读数与微耳石磨片吻合较好, 而 4<sup>+</sup>龄以上个体鳃盖骨上的年龄读数与微耳石磨片吻合较好, 两者配合使用可取得较好的鉴定效果。匙骨除个别年龄标志非常清楚外, 其他大多因干扰轮纹过多或没有明显的年龄标志, 判别能力最差, 只有 78.2%, 同一鉴定者两次年龄读数之间, 以及与微耳石磨片年龄读数之间的吻合率也较差, 仅为 55.7% 和 43.5%, 不适于湖拟鲤的年龄鉴定。3<sup>+</sup>龄及以下个体完整微耳石和星耳石的年龄读数与微耳石磨片吻合较好, 但 4<sup>+</sup>龄及以上个体用完整微耳石难以准确确定其年龄, 星耳石则效果更差。

**关键词:** 湖拟鲤; 年龄鉴定; 鳞片; 耳石; 鳃盖骨; 匙骨; 乌伦古湖

**中图分类号:** S917      **文献标识码:** A

## Comparative studies on four calcified structures for age determination of roach *Rutilus rutilus* in Ulungur Lake, Xinjiang Uigur Autonomous Region, China

LI Hong, SHEN Jian-zhong, LIU Qi-gen, LIU Yu, ZHAO Yong-jing,

MA Xu-fa, WANG Yu-bo, LIU Jun, ZHU Xiang-qiang

(1. College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

2. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

3. Fisheries Bureau of Fuhai County, Xinjiang Uigur Autonomous Region, Fuhai 836400, China

4. Fisheries Science and Technology Extension Station of Fuhai County,

Xinjiang Uigur Autonomous Region, Fuhai 836400, China)

收稿日期: 2008-11-08

基金项目: 国家科技支撑计划(2006BAD03B02); 新疆福海县资助课题“乌伦古湖渔业资源调查与规划”

作者简介: 李 鸿(1982-), 男, 湖南新邵人, 硕士研究生, 专业方向为鱼类生态学。E-mail: cu5920@163.com

通讯作者: 沈建忠, E-mail: jhsst@mail.hzau.edu.cn

**Abstract** This paper deals with the interpretability and agreement of age readings from a suite of calcified structures (scales, lapilli, opercula and cleithra), and the consistency of age interpretations for roach *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) from Ulungur Lake in North Xinjiang Uygur Autonomous Region, China. Among these calcified structures, the largest ages observed on scales, opercula and the sectioned lapilli were 6<sup>+</sup> years old while 5<sup>+</sup> years on the asteriscus, whole lapilli and cleithra. The sectioned lapillus was demonstrated as the best structure for ageing roach with the clearest annuli, the highest interpretability (94.0%, n=306) and the highest agreement (95.1%, n=288) between two times age readings by the same reader. The interpretability of scales and opercula reaches 92.0% (n=287) and 90.8% (n=87), respectively and the agreement between two times age readings using the scales and opercula by the same reader reaches 87.5% (n=264) and 86.1% (n=79), respectively. There would be achieved a better result if the scales and the opercula were used together in age determination for that the scales are fit for ageing those individuals less than 4 years old and the opercula are suitable for ageing those individuals 4 years old and above. The cleithrum had the lowest interpretability (78.2%, n=87) and agreement between two times age readings (55.7%, n=68) because in most cases, it was uninterpretable as there were no annuli or did not display a clear pattern of annuli on it. The interpretability of the whole lapilli and the asteriscus are 90.0% (n=330) and 80.1% (n=330), respectively. However, they are only suitable for age estimation of those individuals less than 4 years old because the annuli on those of the older individuals will become less distinct with age increase.

**Key words:** *Rutilus rutilus*; age determination; scale; otolith; operculum; cleithrum; Ulungur Lake

鱼类年龄的鉴定是渔业资源评估的一项基础性工作,其鉴定和估测的准确性和精确度对评估结果和管理对策的制定影响较大。鉴定鱼类年龄主要采用观察钙化组织上随鱼类季节周期性生长而形成的年轮标志。但由于不同钙化组织上轮纹的生长规律和清晰度会有所不同,因此,对各年龄鉴定材料进行比较分析,确定合适的年龄鉴定材料是提高鱼类年龄鉴定准确度和精确度的有效手段之一<sup>[1]</sup>。湖拟鲤 [*Rutilus rutilus* (Linnaeus 1758)] 是乌伦古湖主要鱼类之一,其年产量曾占该湖总产量的 30%~40%<sup>[2]</sup>。国外对湖拟鲤的年龄生长研究较多,年龄鉴定材料多采用鳞片<sup>[3-4]</sup>,或同时使用鳞片和鳃盖骨<sup>[5-9]</sup>,也有同时使用鳞片和匙骨的<sup>[10]</sup>,但未对其钙化组织鉴定年龄的准确性和精确度进行比较分析。国内有关湖拟鲤年龄生长的研究报道较少,仅采用鳞片<sup>[11]</sup>或辅以鳃盖骨作为年龄鉴定材料<sup>[12]</sup>,缺乏对其准确性和精确度的说明。大量研究表明耳石是鱼类最可靠的年龄鉴定材料<sup>[13-16]</sup>,在鱼类年龄鉴定中的应用越来越多,但采用耳石鉴定湖拟鲤年龄的研究尚未见报道。本文对乌伦古湖湖拟鲤 4 种主要钙化组织(鳞片、鳃盖骨、匙骨和耳石)鉴定年龄的可利用性、可重复性和精确度进行了比较研究,旨在确定湖拟鲤年龄鉴定的最佳材料。

## 1 材料与方 法

### 1.1 样本采集和处理

2007年 1月—2008年 5月在新疆乌伦古湖采集湖拟鲤样本 1 033尾,按全长分组取年龄生长研究样本 473尾,所有样本均取鳞片和耳石作为年龄鉴定材料,其中 87尾标本同时取鳃盖骨和匙骨。

#### 1.1.1 鳞片

鳞片取自背鳍基部起点下方,侧线鳞上方第 2~3行,保证每尾鱼有 5~10片鳞片作对照分析。实际观测鳞片的样本数为 287尾,同一鉴定者进行两次观察鉴定的鳞片样本数为 264尾,两次年龄鉴定结果都是独立的,即并不参照前一次和其它钙化组织的鉴定结果<sup>[1]</sup>。

### 1.1.2 耳石

耳石取星耳石和微耳石。星耳石难以掌握磨片角度,效果不佳,所以直接用二甲苯透明,外凸面朝上进行观察。微耳石磨片参照文献[14]的方法。实际观察的星耳石、完整微耳石 330尾,微耳石磨片样本数为 306尾,进行两次观察比较的微耳石磨片样本数为 288尾。

### 1.1.3 鳃盖骨或匙骨

取下鳃盖骨和匙骨,于沸水中煮约 1 min,剔除表面肌肉和结缔组织,清洗干净后晾干,用 1%的双氧水处理。所有能判别的鳃盖骨和匙骨都进行了两次观察比较。

## 1.2 数据与照片处理

年龄鉴定在 Leica MZ75 体视解剖镜下进行,用 Leica DFC300 FX 数码拍照系统进行拍照,采用 Photoshop CS 软件对图片进行添加文字说明和标尺等处理。年龄偏差图的制作采用 Microsoft Excel 2003 年龄读数的成对  $t$ -检验采用 SPSS 13.0 采用吻合率和平均变异系数对不同年龄鉴定材料的年龄读数进行比较<sup>[1]</sup>。

## 2 结果

### 2.1 年轮鉴定材料的形态与年轮特征

#### 2.1.1 鳞片

湖拟鲤的鳞片为圆鳞,中等大,形状较规则。鳞片上明显的年轮特征是疏密和碎裂,大多数在其前区和侧区可同时见到疏密和碎裂两种结构,在后区则可见到碎裂型结构,大多数个体鳞片以侧区的轮纹最为清晰,各年轮均呈同心圆排列(图 1-A)。

无论在高龄个体还是在低龄个体中,都存在一些个体其鳞片上最后一个年轮与鳞片边缘间距很宽,远宽于正常的生长年带,其间无明显的年轮标志,年龄读数较同尾鱼其他年龄鉴定材料低,与相同全长的其他个体年龄读数相比也要低 1~3 龄,表现出低估年龄的现象。如图 1-B 鳞片读数为 1<sup>+</sup>龄,而微耳石磨片上年龄读数为 3<sup>+</sup>龄,相同全长大小的其它个体大多为 3<sup>+</sup>~4<sup>+</sup>龄。

鳞片上也观察到了副轮(如图 1-A 中 F 所示),副轮只在同尾鱼的个别鳞片上存在,并且不能形成完整的闭合圈,轮纹间距也远较正常年轮窄。

#### 2.1.2 耳石

湖拟鲤微耳石可按鱼体的方向来定义其前后(图 1-C)。微耳石近似椭圆形,前区钝而厚,内侧呈椎体状突起,后区则尖而薄,内侧较平整;微耳石外侧隆起呈弧线状,越往后区则弧线越平。星耳石近圆形,其内侧凹入,外侧隆起,前端有 3 个叶状突起,背侧的称翼叶,腹侧的称基叶,中间的称中央突(图 1-D)。

完整微耳石前区由于较短而厚,不易看清轮纹;而在相对较薄而长的后区轮纹明显,轮纹间距也较宽,易于区分。高龄个体由于耳石中心部分较厚,中心部分年轮难以判别,直接观察往往容易造成误差,磨片后则前后区轮纹均较为清晰,容易辨别(图 1-C)。耳石上正常生长年带由透光带和遮光带组成。在透射光下透光带为亮色,遮光带为暗色(图 1-C)。

完整星耳石凹面朝下用二甲苯透明后直接观察,透射光下可见窄的暗带呈波浪形环状排列在宽的亮带外缘(图 1-D),暗带可视为年轮。

#### 2.1.3 鳃盖骨和匙骨

湖拟鲤主鳃盖骨近似三角形,表面平整。轮纹在鳃盖骨外侧较为清楚,暗背景反射光下,宽的白色生长带外缘被暗色细线阻断,细线即为生长由快转慢的过渡线,可视为年轮标志,各年轮平行排列(图 1-E)。

湖拟鲤匙骨呈直而长的铲状,其外侧轮纹较清晰,暗背景反射光下,轮纹呈粗线状平行排列(图 1-F),内侧由于较薄而透明,往往第 1 个年轮的位置难以确定。

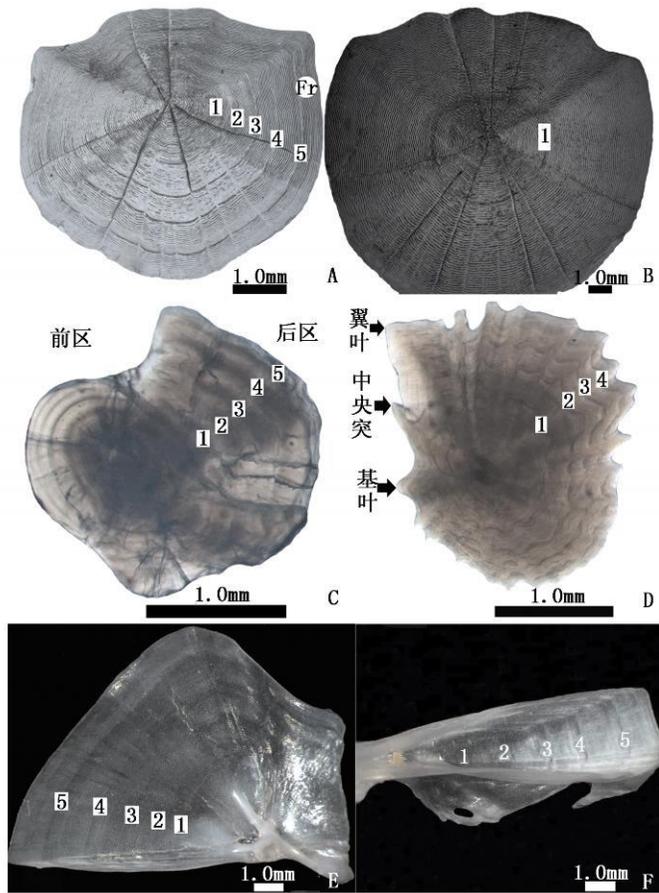


图 1 乌伦古湖湖拟鲤 4 种钙化组织上的年轮特征

FIG 1 Characteristics of the four calcified structures for aging of roach in Ulungur Lake

A 鳞片年轮和副轮 (数字示年轮, 下同; Fr 为副轮); B 鳞片上的低龄现象; C 微耳石磨片; D 星耳石; E 鳃盖骨; F 匙骨。A C D E 和 F 来自同尾鱼, 采于 2008-05-07, 雄, 全长 168 mm; B 采于 2007-05-01, 雌, 全长 177 mm

## 2.2 年龄解释的一致性

### 2.2.1 判别能力

判别能力 (interpretability) 是判定年龄鉴定材料可利用性的指标, 主要根据是否具有可辨识的年轮特征来评定。鳞片、耳石、鳃盖骨和匙骨对湖拟鲤年龄的判别能力存在着一定的差异。微耳石磨片上年轮清晰可见, 判别能力最高, 达到了 94.0%; 其次为鳞片和鳃盖骨, 判别能力分别为 92.0% 和 90.8%; 匙骨判别能力较差, 只有 78.2%, 因为有些个体匙骨上无明显的年轮标志, 而有些则干扰轮纹太多, 所以难以判别个体年龄。星耳石的判别能力也不高, 只有 80.0%, 主要是有些个体星耳石上无明显的年龄标志。完整微耳石的判别能力为 90.0%, 在老龄 ( $4^+$  龄以上) 个体中, 有近 20% 的个体由于耳石中心部分变厚, 不能确定其中心部分年轮, 而在低龄个体中, 轮纹清晰, 容易确定。

### 2.2.2 年龄解释的差异

分别采用鳞片、微耳石磨片、鳃盖骨和匙骨鉴定湖拟鲤年龄, 同一观察者两次年龄读数的吻合率 (两次年龄读数之间相同的样本数除以总样本数的百分比) 见表 1。从表 1 可知, 两次微耳石磨片年龄读数的吻合率在各年龄组间均保持在 92% 以上, 总吻合率达到了 95.1%, 成对  $t$ -检验显示两次年龄读数间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。鳞片在  $3^+$  龄及以下个体吻合率较高, 均保持在 90% 以上, 但  $4^+$  龄以上个体吻合率下降,  $5^+$  和  $6^+$  龄仅为 60.0% 和 33.3%, 成对  $t$ -检验显示, 在  $4^+$  龄及以下个体两次年龄读数间差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 但  $4^+$  龄以上个体间差异极显著 ( $P < 0.01$ )。鳃盖骨在  $4^+$  龄及以上个体中

的吻合率要高于 3<sup>+</sup> 龄及以下个体的吻合率, 但成对 t-检验显示鳃盖骨两次年龄读数间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。匙骨两次读数间差异较大, 各年龄组间吻合率均较低, 不超过 65.0%, 检出的年龄组也较鳞片、微耳石磨片和鳃盖骨少一个, 成对 t-检验显示匙骨两次年龄读数差异极显著 ( $P < 0.001$ )。

表 1 同一观测者两次年龄读数之间的吻合率比较

Tab 1 Within-structure rate of agreement between two independent readings in ages assigned by one reader to scale, sectioned otolith, operculum and cleithrum of roach in Uluungur Lake

年龄	鳞片		微耳石磨片		鳃盖骨		匙骨	
	吻合率	n	吻合率	n	吻合率	n	吻合率	n
1 <sup>+</sup>	91.3	46	93.3	30	83.3	12	60.0	10
2 <sup>+</sup>	90.2	61	92.5	67	79.2	24	65.0	20
3 <sup>+</sup>	91.7	109	97.8	91	87.5	8	44.5	11
4 <sup>+</sup>	77.1	35	95.2	84	91.7	24	50.0	2
5 <sup>+</sup>	60.0	10	92.3	13	88.9	9	60.0	5
6 <sup>+</sup>	33.3	3	100	2	100	2		
总计	87.5	264	95.1	288	86.1	79	55.7	68

鉴于微耳石磨片上轮纹清晰, 容易辨别, 以微耳石磨片上的年龄读数为基准, 将鳞片、鳃盖骨、完整微耳石、星耳石和匙骨上的年龄读数与其进行比较, 制成年龄偏差图 (图 2-A~E)。从图中可知, 鳞片、鳃盖骨上的年龄读数与微耳石磨片的吻合率较高, 分别达到了 87.1% 和 80.3%, 平均变异系数较低, 分别为 5.0% 和 6.8% (图 2-A, B); 而星耳石、完整微耳石和匙骨上的年龄读数与微耳石磨片的吻合率较低, 只有 62.5%、67.0% 和 43.5%, 平均变异系数也较高, 分别达到了 10.1%、11.0% 和 28.5% (图 2-C, D, E)。

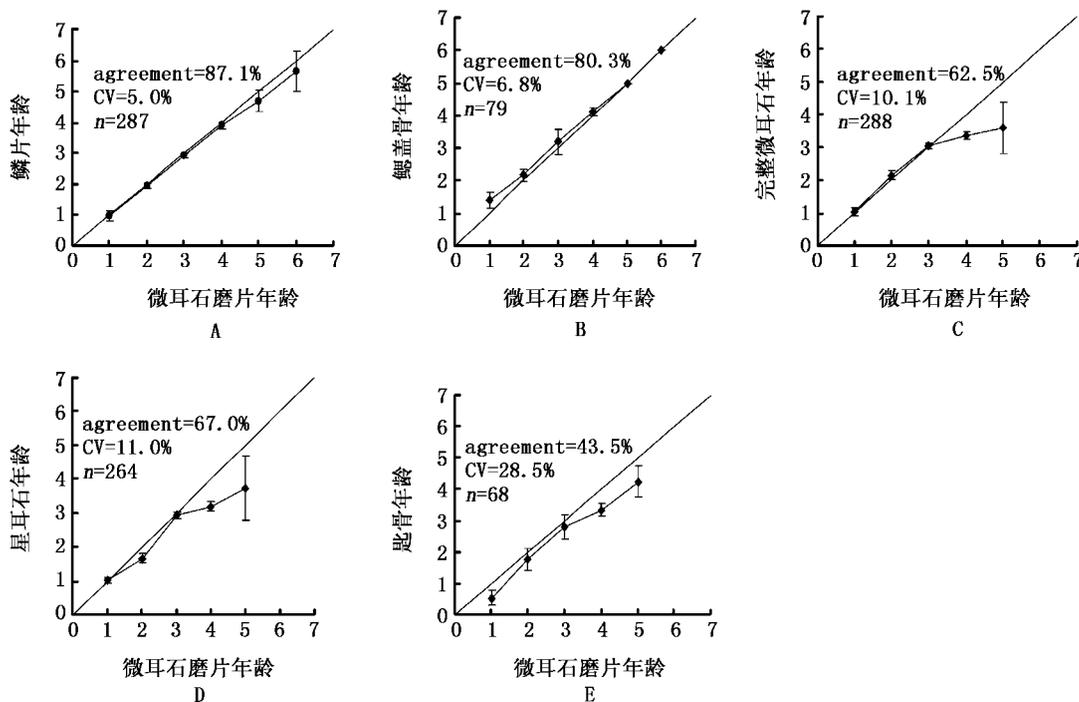


图 2 四种钙化组织对乌伦古湖湖拟鲤年龄解释的一致性比较

Fig 2 Age bias plot for pairwise comparisons based on the four calcified structures of roach in Uluungur Lake

A 鳞片与微耳石磨片; B 鳃盖骨与微耳石磨片; C 完整微耳石与微耳石磨片; D 星耳石与微耳石磨片; E 匙骨与微耳石磨片。图中同时给出了总吻合率、平均变异系数、样本量以及 1:1 的等比直线

4<sup>+</sup>龄及以下个体中,鳞片上的年龄读数与微耳石磨片上的年龄读数吻合较好,而在5<sup>+</sup>龄及以上个体中吻合率下降,年龄读数要低于微耳石磨片年龄读数;鳃盖骨在4<sup>+</sup>龄及以上个体中与微耳石磨片的年龄读数吻合较好,而在3<sup>+</sup>龄及以下个体中吻合率下降,年龄读数要高于微耳石磨片年龄读数。主要原因在于低龄个体鳃盖骨薄而透明,干扰轮纹较多而导致年龄读数偏高,高龄个体鳞片上年轮间距变窄,年轮标志变模糊,有些年轮在鉴定过程中易被忽略而导致年龄读数偏低。

完整微耳石和星耳石上的年龄读数与微耳石磨片上的年龄读数总吻合率不高,检出的最大年龄(5<sup>+</sup>龄)也比微耳石磨片上检出的最大年龄(6<sup>+</sup>龄)小1龄,原因在于随着年龄的增加,微耳石和星耳石厚度增加。微耳石厚度增加导致中心部分的轮纹不易看清楚,鉴定时容易被忽略,因此年龄读数较微耳石磨片上的年龄读数低,两者吻合率也下降;星耳石厚度增加则使得边缘部分年轮间距变窄,年轮标志变模糊,年龄读数也较其它年龄鉴定材料(鳞片、鳃盖骨和微耳石磨片)上的年龄读数低,如图1D,星耳石读数为4<sup>+</sup>龄,而同尾鱼的鳞片、鳃盖骨和微耳石磨片上的年龄读数均为5<sup>+</sup>龄(图1-A、C、E)。但3<sup>+</sup>龄及以下个体完整微耳石和星耳石上年龄标志较为清晰,两者的年龄读数与微耳石磨片上年龄读数吻合较好,直接用于年龄鉴定可取得较好效果。

### 3 讨论

用于鱼类年龄鉴定的钙化组织主要有鳞片、耳石、鳍条、鳃盖骨、匙骨和脊椎骨等。鳞片因其取材、制作和观察都比较方便,且取材时不用处死鱼等特点,通常作为鱼类年龄鉴定的首选材料。在湖拟鲤的年龄鉴定当中,鳞片也是使用最广的年龄鉴定材料<sup>[1,3-9]</sup>。但有许多研究<sup>[13-16]</sup>表明,鳞片只适合于低龄或者生长较快个体的年龄鉴定,而在高龄和生长缓慢个体年龄鉴定当中,鳞片的准确度和精确度要低于其它年龄鉴定材料。Burrough<sup>[5]</sup>的研究发现,采用鳞片鉴定拟鲤年龄的最大问题在于在一些高龄个体当中,由于生长不良和侵蚀(erosion)等原因导致鳞片侧区和前区边缘年轮间距很窄或模糊,难以区分开来,导致一些新近形成的年轮在鉴定过程中被忽略,结果表现出低估年龄的现象。本研究表明,在4<sup>+</sup>龄及以下湖拟鲤个体的年龄鉴定当中,采用鳞片是可行的,其与微耳石磨片的年龄读数吻合率也较高,但在4<sup>+</sup>龄以上个体中,有些个体鳞片年轮间距变窄,年轮标志清晰度下降,年龄读数的吻合率也下降,容易造成对个体年龄的低估现象,与Burrough<sup>[5]</sup>的研究结果一致。值得注意的是,有些个体鳞片上年龄读数较同尾鱼其他年龄鉴定材料明显偏低,存在低估年龄的现象。

为提高湖拟鲤年龄鉴定的精确度,一些国外研究者经常同时利用鳃盖骨和鳞片<sup>[5-9]</sup>。Manrí<sup>[8]</sup>发现在9<sup>+</sup>龄以上个体中,鳞片上表现出中心部分年轮较为清晰,而鳃盖骨表现出外缘部分年轮较为清晰。本研究发现,4<sup>+</sup>龄及以下个体鳞片轮纹清晰,年龄读数吻合率较高,而4<sup>+</sup>龄以上个体的鳃盖骨上年轮标志清晰可见,容易辨别,年龄鉴定效果好于鳞片。所以,在鉴定乌伦古湖湖拟鲤年龄时,同时采用鳞片和鳃盖骨,可提高年龄鉴定的精确度。对4<sup>+</sup>龄及以下个体的年龄鉴定宜采用鳞片,而4<sup>+</sup>龄(全长大约为160~175 mm)以上个体则宜采用鳃盖骨。从本研究结果来看,匙骨在乌伦古湖湖拟鲤年龄鉴定中效果不佳。

耳石位于鱼体内部,受外界环境因子的干扰小,且具有不易被重吸收和持续生长的特点,通常被认为是比其它钙化结构更可靠、更精确的年龄鉴定材料<sup>[13-16]</sup>,在鱼类年龄鉴定中的应用也越来越广。本研究显示,相对于鳞片、鳃盖骨和匙骨而言,湖拟鲤微耳石磨片上的轮纹特征直观明了,清楚易辨,少有异议,判别能力和可重复性均较好。

综上所述,微耳石磨片是乌伦古湖湖拟鲤年龄鉴定的最理想材料,鳞片在拟鲤种群年龄结构简单、高龄大个体较少的情况下使用,也可取得较好的年龄鉴定效果,但若和鳃盖骨或耳石磨片配合使用,可取得更为精确的年龄鉴定结果。完整微耳石在低龄个体(3<sup>+</sup>龄及以下)当中可直接用于年龄鉴定,高龄个体则需磨片。完整星耳石只适合用作低龄个体的年龄鉴定。匙骨则不宜用于湖拟鲤的年龄鉴定。

## 参考文献:

- [1] Campana S E Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods [ J. J Fish Biol 2001, 59: 197—242.
- [2] 黄振纲,朱积勤,施培询.布伦托海渔业资源及增殖意见 [ J.淡水渔业, 1986 (3): 31—34
- [3] Goldspink C R The population density, growth rate and production of roach *Rutilus rutilus* L. in Tjeukemeer, the Netherlands [ J. J Fish Biol 1979, 15: 473—498.
- [4] Hellawell J M The growth, reproduction and food of the roach *Rutilus rutilus* L. of the River Ugg, Herefordshire [ J. J Fish Biol 1972, 4: 469—486.
- [5] Burrough R J Kennedy C R The occurrence and natural alleviation of stunting in a population of roach *Rutilus rutilus* L. [ J. J Fish Biol 1979, 15: 93—109.
- [6] Hansen L P Age determination of roach *Rutilus rutilus* L. from scales and opercular bones [ J. Arch Fischereiwiss 1978, 29: 93—98.
- [7] Linfield R S J The errors likely in ageing roach *Rutilus rutilus* L. with special reference to stunted populations [ M] // Bagena T B editors. The Ageing of Fish. Farnham: Unwin Brothers, 1974: 167—172.
- [8] Mann R H K Observations on the age, growth, reproduction and food of the roach *Rutilus rutilus* L. in two rivers in southern England [ J. J Fish Biol 1973, 5: 707—736.
- [9] Naddafi R, Abdoli A, Kabi B H et al. Age, growth and reproduction of the Caspian roach (*Rutilus rutilus caspicus*) in the Anzali and Gonishan wetlands, North Iran [ J. J Appl Ichthyol 2005, 21: 492—497.
- [10] Horppila J, Hyberg K The validity of different methods in the back-calculation of the lengths of roach—a comparison between scales and cleithra [ J. J Fish Biol 1999, 54: 489—498.
- [11] 左昌培,姜正炎,李胜忠.布伦托海湖拟鲤的生物学研究 [ J.淡水渔业, 2001, 31(2): 53—57.
- [12] 廖文林,范喜顺,迟文康,等.湖拟鲤年龄和生长研究 [ J.石河子农学院学报, 1992 (4): 57—65
- [13] Nowinski B, Ç Ferre J C P A comparison of three structures for estimating the age of yellow perch [ J. N Am J Fish Manage 1999, 19: 872—877.
- [14] 沈建忠,曹文宣,崔奕波.鲫耳石年轮的观察及其确证 [ J.华中农业大学学报, 2002, 21(1): 64—68
- [15] 沈建忠,曹文宣,崔奕波.用鳞片和耳石鉴定鲫年龄的比较研究 [ J.水生生物学报, 2001, 25: 462—465.
- [16] Beanish R J, McFarlane G A The forgotten requirement for age validation in fisheries biology [ J. Trans Am Fish Soc 1983, 112: 735—743.