

两种无鳞高原鳅年龄鉴定方法探讨

曾霖 唐文乔*

(上海海洋大学鱼类研究室 种质资源发掘与利用教育部重点实验室 上海 201306)

摘要: 分析了采自新疆克孜河 174 尾长身高原鳅 (*Triplophysa teunis*) 和 258 尾叶尔羌高原鳅 (*T. yarkandensis*) 的矢耳石及部分个体的背鳍条 ($n = 11$ 和 12)、主鳃盖骨 ($n = 20$ 和 25) 和脊椎骨 ($n = 38$ 和 45) 的轮纹标志, 探讨了用其鉴定年龄的可行性。结果显示, 背鳍条磨片和主鳃盖骨均无明显可辨的年轮标志。小个体长身高原鳅的脊椎骨磨片年轮比较模糊, 总的判别能力及鉴定吻合率分别为 52.63% 和 70.00%。叶尔羌高原鳅脊椎骨磨片的年龄判别能力为 93.33%, 但 5 龄以下个体存在轮纹的断裂、分支和聚合现象, 鉴定吻合率为 78.57%。所有矢耳石磨片均有日生长增长、生长阻断和年轮等生长标记, 年轮由宽而不透明的暗带和窄而透明的亮带组成。174 尾长身高原鳅中有 171 尾矢耳石磨片能观察到年轮特征, 判别能力及鉴定吻合率高达 98.28% 和 94.74%。258 尾叶尔羌高原鳅有 244 尾矢耳石磨片能观察到年轮特征, 判别能力及鉴定吻合率也高达 94.57% 和 93.44%。两位鉴定者对同一尾鱼的脊椎骨磨片和矢耳石磨片进行年龄计数, 长身高原鳅的总吻合率分别为 75.00% 和 80.00%, 叶尔羌高原鳅的总吻合率分别为 73.81% 和 83.33%, 两鉴定者间无显著性差异 ($P > 0.05$)。研究表明, 矢耳石是两种无鳞高原鳅类最好的年龄鉴定材料, 脊椎骨可作为高龄个体的辅助鉴定材料。

关键词: 矢耳石; 脊椎骨; 年轮特征; 年龄鉴定; 长身高原鳅; 叶尔羌高原鳅

中图分类号: S917.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2010) 01-94-10

Discussion on Age Determination Methods for Two Esquamate Triplophysa Fishes

ZENG Lin TANG Wen-Qiao*

(Laboratory of Fishes, Shanghai Ocean University; Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Ministry of Education, Shanghai 201306, China)

Abstract: This paper analyzed the annuli characteristics of sagitta, part of dorsal fin ray ($n = 11$ and 12), opercular ($n = 20$ and 25) and vertebra ($n = 38$ and 45) of 174 *Triplophysa teunis* samples and 258 *T. yarkandensis* samples collected from Kezi River in southern Xinjiang in May 2008, and assessed their usage in age determination. The results showed that dorsal fin ray and opercular were unsuitable for ageing, mostly because of the pseudoannuli and ambiguous annuli. The annuli characteristics on vertebra of *T. teunis* with body length less than 6.0 cm could not be seen easily, their interpretability and age agreement were 52.63% and 70.00% respectively. The sectioned vertebra interpretability and age agreement of *T. yarkandensis* were 93.33% and 78.57% respectively, but there were pseudoannuli disturbances on the sectioned vertebra of the specimen under 5 years, which will decrease the accuracy of aging. Growth markers such as daily growth

基金项目 上海市教育委员会 E 研究院项目 (No. E03009), 上海市重点学科建设项目 (No. S30701);

* 通讯作者, E-mail: wqtang@shou.edu.cn;

第一作者介绍 曾霖, 男, 硕士研究生; 研究方向: 鱼类学; E-mail: zenglin615@126.com.

收稿日期: 2009-06-22, **修回日期:** 2009-10-27

increments, checks and annuli can be seen on the sectioned sagitta. The annuli characteristics of the sectioned sagitta displayed a pattern of alternating zones of widely- and closely-spaced circular, and the outer edges of the circular were annuli. The ages of 171 samples can be identified from 174 *T. teunisi* samples, the interpretability and age agreement were 98.28% and 94.74% respectively. The ages of 244 samples can be identified from 258 *T. yarkandensis* samples, the interpretability and age agreement were 94.57% and 93.44% respectively. As for ages assigned based on sectioned vertebra and sagitta from the same specimen by two independent identifiers, age agreement of *T. teunisi* were 75.00% and 80.00% respectively, those of *T. yarkandensis* were 73.81% and 83.33% respectively, no significant difference between identifier 1 and 2 ($P > 0.05$). The results indicated that sectioned sagittae were more suitable to age determination for two esquamate *Triplophysa*, sectioned vertebrae can be used as accessory ageing materials for older individuals.

Key words: Sagitta; Vertebra; Annuli characteristics; Age determination; *Triplophysa teunisi*; *Triplophysa yarkandensis*

高原鳅属 (*Triplophysa*) 是条鳅亚科 (Nemacheilinae) 中最大的一个类群, 共有 119 种和亚种, 我国约有 70 种和亚种^[1-3], 主要分布于青藏高原及其邻近地区^[4]。高原鳅属是适应青藏高原及其周边高寒环境的一群小型鱼类, 大部分种类的最大个体不足 10 cm, 没有很高的经济价值, 但在分布地往往是鱼类的优势类群或优势种群, 生态功能很重要。大多数高原鳅属鱼类的体表裸露无鳞, 年龄鉴定困难, 导致这一类群的许多基础生物学资料, 如年龄、生长与生活史等资料难于获得。目前, 仅有个别种类依据脊椎骨或体长等作为分析材料对其进行过年龄鉴定^[5-8]。本文以长身高原鳅 (*T. teunisi*)、叶尔羌高原鳅 (*T. yarkandensis*) 为例, 分析了背鳍条、鳃盖骨、脊椎骨和矢耳石等多种骨化组织, 旨在筛选出最佳的年龄分析材料, 为无鳞高原鳅类的年龄鉴定提供实用的方法。

1 材料与方 法

1.1 标本采集 2007 年 8 月 ~ 2008 年 8 月间, 用网目为 10 mm 左右的撒网、小型围网、手抄网等在新疆克孜河进行了 5 次采样, 共采集到长身高原鳅 1 375 尾, 叶尔羌高原鳅 932 尾。本研究分析的材料为 2008 年 5 月中旬采集的 174 尾长身高原鳅和 258 尾叶尔羌高原鳅。标本用 10% 的福尔马林固定后, 用 70% 酒精保存。样本经常规的生物学测定后, 取出背鳍条、主鳃盖骨、脊椎骨和矢耳石, 作为年龄分析材

料。

1.2 材料处理

1.2.1 背鳍条 用解剖刀从基部切下最后 1 根不分支背鳍条, 在 4% NaOH 溶液中浸泡 5 ~ 10 min, 用清水漂洗后晾干, 截取中下部 2 ~ 3 mm 鳍条多段, 用 1 500 目的金砂纸沿横切面打磨成 0.5 ~ 1.0 mm 薄片, 用清水在微波清洗仪中洗净后晾干, 二甲苯透明, 中性树胶封片观察。

1.2.2 主鳃盖骨 微波清洗仪洗净后, 用 1% 双氧水漂白, 微波清洗仪洗净, 晾干后直接在解剖镜下观察。

1.2.3 脊椎骨 取脊柱前 2 ~ 7 节脊椎骨, 放入沸水中煮 5 ~ 10 min 后漂洗。截取多段长约 0.5 cm 的椎体, 用 1 500 目的金砂纸沿横切面稍微打磨至年轮出现, 用无水乙醇脱脂, 微波清洗仪洗净后晾干, 解剖镜下观察。

1.2.4 耳石 选取一对矢耳石 (sagitta), 去除包膜和黏液, 微波清洗仪洗净后, 用 2 000 目的金砂纸沿平行于长轴, 即垂直于短轴的方向打磨, 并随时在解剖镜下观察, 磨至接近于中心点时, 换另一面打磨, 最后磨至 0.1 ~ 0.2 mm 的薄片, 用二甲苯透明, 中性树胶封片后观察^[9]。

1.3 观察和分析方法 所有材料均在 Olympus SZX7 解剖镜或 Olympus BX41 显微镜下观察, 并拍照存档。由 2 位具有鱼类年龄鉴定经验的鉴定者分别用 Photoshop 7.0 软件对存档照片进行年轮标记、年龄计数等处理, 记录

年龄。用判别能力 (interpretability), 即具有年轮特征的标本数占所观察的总标本数的比值^[10], 判定年龄分析材料的可利用性。用吻合率 (age agreement), 即两名鉴定者对同一种材料或同一尾鱼的多种材料进行年龄识别, 两者一致即为吻合, 用百分率表示, 来判定年龄分析材料鉴定的精确性。用成对 χ^2 检验对鉴定结果作统计分析。年龄组的划分标准为: 1 龄组指年轮未形成至刚形成; 2 龄组指第 1 个年轮外已长出新轮纹至第 2 个年轮刚形成; 其余年龄组的划分依次类推。所有数据、图表均采用 Excel 2007 和 SPSS 12.0 软件进行统计和处理。

2 结果

2.1 年龄分析材料的年轮特征和判别能力

2.1.1 背鳍条 对 11 尾长身高原鳅的背鳍条磨片进行了显微观察, 均没有发现年轮标志, 判别能力为 0 (图版 : 1)。12 尾叶尔羌高原鳅的背鳍条磨片仅有 3 尾 4 龄以上的高龄鱼有年轮标志, 判别能力为 25.00%。显微镜下其年轮标志为亮色宽带与暗色窄带相间排列, 带纹与鳍条的外缘基本平行, 呈半圆状, 相邻的一个宽带和一个窄带构成一个完整的生长年带 (图版 : 1)。

2.1.2 主鳃盖骨 两种高原鳅主鳃盖骨的形态特征和微结构很相似。其形态均表现为前端窄小, 后部宽大, 略呈三角形。自然光下肉眼可见部分个体的主鳃盖骨边缘有 1~5 条呈明暗 (宽窄) 相间排列的轮纹, 呈“L”型, 但这些轮纹在解剖镜下变得模糊或无法识别。对 20 尾长身高原鳅、25 尾叶尔羌高原鳅的显微观察表明, 主鳃盖骨各区域均无明显可辨的轮纹 (图版 : 2, 3), 不具有年轮特征。

2.1.3 脊椎骨 两种高原鳅的脊椎骨均为两凹椎型 (amphicoelus centrum), 在解剖镜反射光下可观察到呈同心圆排列的明暗环纹。相邻白色狭纹与暗色宽纹组成一个生长年带, 狭纹向宽纹的过渡处即为年轮。长身高原鳅的年轮比较模糊, 有些个体难于识别, 特别是体长 6.0 cm 以下的小个体。在所分析的 38 尾个体中,

只有 20 尾能识别年轮标志, 判别能力为 52.63% (图版 : 4)。在所分析的 45 尾叶尔羌高原鳅中, 有 42 尾具能识别的年轮标志, 判别能力为 93.33%。

长身高原鳅不同椎体上的轮纹清晰度和数目基本一致, 但叶尔羌高原鳅不同椎体上的轮纹清晰度和数目具有明显的差别。在 42 尾具有年轮标志的叶尔羌高原鳅中, 14 尾出现了轮纹数目的差异。特别是 5 龄以下的个体, 有 13 尾存在轮纹数目的差异, 占 5 龄以下总个体的 46.43%。这可能是低龄鱼的脊椎骨钙质沉积量较低, 导致轮纹出现断裂、分支和聚合等现象造成的 (图版 : 5)。

2.1.4 矢耳石 未经磨制的长身高原鳅矢耳石近椭圆形, 朝鱼体外侧面有半圆形的突出部分, 内侧面平坦。用显微镜观察经二甲苯透明后的矢耳石, 能从两面观察到清晰的呈同心排列、明暗相间的轮纹, 但内侧面比外侧面的轮纹更清晰 (图版 : 6, 7)。比较 32 尾磨制前后的矢耳石年轮读数, 吻合率高达 87.50%。特别是 5 龄以下的个体, 磨制前后的耳石年轮读数基本一致。未经磨制的叶尔羌高原鳅矢耳石也近椭圆形, 内外侧面的中间部位都有半圆形的突出部分, 但周边比较平滑。虽经二甲苯透明, 但在显微镜下并没有观察到年轮标志 (图版 : 8, 9)。

在显微镜下, 两种高原鳅的矢耳石磨片从核心向外缘有多条暗色的辐射状条纹, 将环纹割开 (图版 : 2, 8)。耳石磨片的中心为圆形的核 (core), 核中心的暗黑色圆点为耳石原基 (primordium) (图版 : 3)。生长标记 (环纹) 存在于所有耳石磨片中, 可分为 3 种形式, 即日生长增长 (daily growth increments)、生长阻断 (checks or discontinuities) 和年轮 (annuli)^[10-11]。一个日生长增长由增长带 (incremental zone) 和不连续带 (discontinuous zone) 两部分组成。增长带宽而透明, 不连续带窄而不透明。日生长增长在磨片的中央区域较清晰, 边缘区域则不明显 (图版 : 4)。在长身高原鳅 5~10 个日生长增长、叶尔羌高原鳅 9~

15个日生长增长之后,出现周期性的生长阻断现象。表现为不连续、暗色的宽阔环,与其周围的日生长增长明显可辨(图版:5)。年轮由宽而不透明的暗带和窄而透明的亮带组成,亮带与外接暗带的分界处即为年轮标志。长身高原鳅、叶尔羌高原鳅的年轮宽带中分别包含了4~6、3~5条生长阻断带(图版:6),而窄带中的生长阻断带较少甚至消失(图版:7)。在174尾长身高原鳅中,有171尾观察到年轮特征,矢耳石磨片的判别能力高达98.28%。258尾叶尔羌高原鳅中有244尾观察到年轮特征,判别能力为94.57%(图版:8)。

值得注意的是,叶尔羌高原鳅的矢耳石外

缘还存在一条透明带,高倍镜下可看到清晰的轮纹,是耳石的边缘,易被误认为是耳石的包膜(图版:10)。对4月(28尾)、5月(244尾)和8月(19尾)采集个体的耳石磨片或完整耳石进行观察,发现边缘透明带的宽度随时间呈明显减少的趋势。几乎所有在4、5月采集的样本都有透明带,8月份的标本只有68.42%具有透明带(图版:10~12)。

综上所述,鳃盖骨和背鳍条基本上没有年轮标志,不能用于年龄鉴定;脊椎骨和矢耳石具有较高的判别能力,是年龄鉴定的候选材料(表1)。

表1 不同年龄鉴定材料的年龄判别能力

Table 1 The interpretability of different calcified structures used to identify age

种类 Species	材料 Material	标本数 Samples (n)	判别能力 (%) Interpretability	能否作为年龄鉴定材料 Whether as ageing material
长身高原鳅 <i>T. teunisi</i>	背鳍条 Dorsal fin ray	11	0	否 Nay
	主鳃盖骨 Opercular	20	0	否 Nay
	脊椎骨 Vertebra	38	52.63	辅助材料 Accessory
	矢耳石 Sagitta	174	98.28	最合适 Best
叶尔羌高原鳅 <i>T. yakandensis</i>	背鳍条 Dorsal fin ray	12	25.00	高龄鱼的辅助材料 Accessory for older individual
	主鳃盖骨 Opercular	25	0	否 Nay
	脊椎骨 Vertebra	45	93.33	能 Good
	矢耳石 Sagitta	258	94.57	最合适 Best

2.2 年龄解释的一致性

2.2.1 同一种年龄分析材料的鉴定吻合率

经过2位具有鱼类年龄鉴定经验的鉴定者分别对长身高原鳅矢耳石磨片(171尾)及其脊椎骨(20尾)、叶尔羌高原鳅矢耳石磨片(244尾)及其脊椎骨(42尾)的年龄计数,同一种材料的鉴定吻合率见表2、3。

结果显示,用耳石磨片鉴定年龄的吻合率相对较高,两观测者对长身高原鳅、叶尔羌高原

鳅的总体吻合率分别为94.74%和93.44%,成对t检验结果显示两者的鉴定结果无显著性差异($P > 0.05$)。但长身高原鳅(6龄以上)、叶尔羌高原鳅(5龄以上)高龄鱼的吻合率均相对较低(表2、3),这是由于高龄鱼的耳石年轮特征中出现了一些干扰轮纹,导致两者计数出现差异。用脊椎骨鉴定长身高原鳅、叶尔羌高原鳅年龄的总吻合率相对较低,分别为70.00%、78.57%,但高龄鱼(长身高原鳅6龄以上、叶尔

表 2 长身高原鳅矢耳石磨片、脊椎骨磨片年龄读数的吻合率

Table 2 The age agreement for annuli readings assigned independently by two identifiers to sectioned sagitta and vertebra of *Triplophysa teunisi*

年龄组 Age*	矢耳石 Sectioned sagitta		脊椎骨 Sectioned vertebra	
	标本数 Samples(n)	吻合率 Agreement(%)	标本数 Samples(n)	吻合率 Agreement(%)
1	8	100.00		
2	39	100.00		
3	35	97.14	1	0
4	39	97.44	3	33.33
5	24	95.83	5	80.00
6	18	88.89	7	71.43
7	4	50.00	2	100.00
8	3	66.67	1	100.00
9			1	100.00
10	1	0		
总计 In total	171	94.74	20	70.00

* 由 2 位鉴定者根据矢耳石磨片和脊椎骨磨片特征共同商定的年龄组。

* Ages assigned to sectioned sagitta and vertebra from the same fish by the two independent identifiers

表 3 叶尔羌高原鳅矢耳石磨片、脊椎骨磨片年龄读数的吻合率

Table 3 The age agreement for annuli readings assigned independently by two identifiers to sectioned sagitta and vertebra of *Triplophysa yarkandensis*

年龄组 Age*	矢耳石 Sectioned sagitta		脊椎骨 Sectioned vertebra	
	标本数 Samples(n)	吻合率 Agreement(%)	标本数 Samples(n)	吻合率 Agreement(%)
1	9	100.00	2	100.00
2	119	98.32	8	50.00
3	78	96.15	9	77.78
4	25	84.00	9	77.78
5	5	100.00	6	83.33
6	3	0	3	100.00
7	3	33.33	2	100.00
9			3	100.00
10	1	0		
11	1	0		
总计 In total	244	93.44	42	78.57

* 由 2 位鉴定者根据矢耳石磨片和脊椎骨磨片特征共同商定的年龄组。

* Ages assigned to sectioned sagitta and vertebra from the same fish by the two independent identifiers

羌高原鳅 5 龄以上) 的吻合率相对较高。成对 t 检验表明, 两者的鉴定结果也无显著性差异 ($P > 0.05$)。

2.2.2 不同年龄分析材料间的鉴定吻合率

同一鉴定者对同一尾鱼的脊椎骨和矢耳石磨片进行年龄计数, 获得的吻合率见表 4、表 5。可见, 鉴定者 1 对长身高原鳅、叶尔羌高原鳅鉴定的总吻合率分别为 80.00% 和 83.33%; 鉴定者 2 鉴定的总吻合率为 75.00% 和 73.81%, 两者

存在一定的差异。但成对 t 检验表明, 同一鉴定者用脊椎骨与矢耳石鉴定的年龄数据均无显著性差异 ($P > 0.05$)。

3 讨论

3.1 年龄分析材料的筛选

野生鱼类的年龄主要依据鳞片、鳍条、鳃盖骨、脊椎骨、耳石等骨质材料中所包含的轮纹标志来鉴定。由于大部分高原鳅属鱼类的鳞片已退化或消失, 只能从

表 4 长身高原鳅矢耳石磨片与脊椎骨磨片年龄读数的吻合率

Table 4 The age agreement for annuli readings between sectioned sagitta and vertebra of *Triplophysa teunis*

年龄组 Age*	鉴定者 1 Identifier 1		鉴定者 2 Identifier 2	
	标本数 Samples(n)	吻合率 Agreement(%)	标本数 Samples(n)	吻合率 Agreement(%)
3	1	100.00	2	50.00
4	3	100.00	2	50.00
5	5	100.00	5	80.00
6	5	83.33	7	85.71
7	2	50.00	1	100.00
8	2	50.00	2	50.00
9			1	100.00
10	1	0		
总计 In total	20	80.00	20	75.00

* 由 2 位鉴定者根据矢耳石磨片和脊椎骨磨片特征共同商定的年龄组。

* Ages assigned to sectioned sagitta and vertebra from the same fish by the two independent identifiers

表 5 叶尔羌高原鳅耳石磨片与脊椎骨磨片年龄读数的吻合率

Table 5 The age agreement for annuli readings between sectioned sagitta and vertebra of *Triplophysa yarkandensis*

年龄组 Age*	鉴定者 1 Identifier 1		鉴定者 2 Identifier 2	
	标本数 Samples(n)	吻合率 Agreement(%)	标本数 Samples(n)	吻合率 Agreement(%)
1	2	100.00	2	100.00
2	8	87.50	8	62.50
3	10	80.00	11	72.73
4	9	88.89	9	66.67
5	5	100.00	4	100.00
6	3	100.00	4	75.00
7	3	66.67	2	50.00
9			1	100.00
10	1	0		
11	1	0	1	0
总计 In total	42	83.33	42	73.81

* 由 2 位鉴定者根据矢耳石磨片和脊椎骨磨片特征共同商定的年龄组。

* Ages assigned to sectioned sagitta and vertebra from the same fish by the two independent identifiers

其他骨质材料中选择。目前,我国学者都是用脊椎骨作为年龄分析材料对新疆高原鳅(*T. strauchii*)、西溪高原鳅(*T. xiqiensi*)、黑体高原鳅(*T. obscura*)等种类作年龄鉴定^[5-6]。宋昭彬等^[7]对西溪高原鳅微耳石进行磨制后,没有观察到耳石上有明显的年轮标志,认为不能用于年龄分析。

本研究结果表明,总体上脊椎骨磨片的判别能力较高,但低龄鱼脊椎骨由于钙质含量较低,年轮特征不显著;高龄鱼脊椎骨的年轮特征较清晰,但有些个体的椎体上出现轮纹的断裂、

分支和聚合现象,分辨困难;另外,高原鳅类的脊椎骨小而柔软,样本不易处理,损耗较大,取脊椎骨也要破坏整个标本。

耳石在鱼的一生中都在不断地增长,其增长与机体的生长具有相对的独立性^[9-11]。已有多项研究证实,耳石重量与鱼类年龄存在着确定的相关性,仅用耳石重量也能在一定程度上判别年龄^[12-16]。用耳石磨片进行年龄鉴定,得到了更广泛的应用,被称为“既是科学又是艺术(as much an art as science)”的方法^[14]。本研究表明,高原鳅类的矢耳石制备较容易,年

轮标志较清晰,判别能力也最高,是良好的年龄鉴定材料。因此,我们认为,矢耳石是高原鳅类最好的年龄鉴定材料,脊椎骨可作为高龄个体的辅助年龄鉴定材料。

3.2 初轮、幼龄和年轮形成时间 初轮 (first annuli)和幼轮 (fry check)的确认对于准确鉴定年龄具有重要意义^[17]。本文所研究的两种高原鳅生活于高原贫养环境,生长季节短,食物贫乏,繁殖期长。晚出生的个体,在当年的生长时间更短,在耳石中心形成的初轮更小于正常轮纹,在脊椎骨上更难于辨认,很容易被忽略。因此,要特别注意初轮的辨别和确认。幼轮的存在通常与食性的转换或者外界环境的变化有关,我们在这两种鱼的年龄分析材料中没有观察到幼轮的存在,这与陈毅峰等用耳石鉴定裂腹鱼类的情况相似^[17]。

年轮形成时间的确定通常需要一个周年的观察。由于采样季节的限制,我们仅对4月、5月和8月的矢耳石磨片进行了观察。在叶尔羌高原鳅年轮边缘生长的变化上,4、5月份采集的样本都发现有透明带,8月份的标本只有68.42%具有边缘透明带。这可能预示着这种高原鳅的矢耳石年轮形成开始于4月前,结束于8月后。也可能由于这批标本采自上游江段的牙师(海拔2770m),水温较低,营养普遍贫乏。而4、5月份的标本采自下游的夏合曼渠首(海拔1220m),水温较高,水质肥沃。由于不同采样地点的水温或营养条件等差异,导致了不同个体矢耳石边缘透明带沉积的差别。因没有观察到矢耳石磨片边缘形态的明显变化,长身高原鳅的年轮形成时间还难于确定。

参 考 文 献

- [1] 朱松泉. 中国条鳅志. 南京:江苏科学技术出版社, 1989.
- [2] 武云飞,吴翠珍. 青藏高原鱼类. 成都:四川科学技术出版社, 1992.
- [3] Froese R, Pauly D. FishBase. ICARM and FAO: World Wide Web electronic publication www. fishbase.org, version (01/2005).
- [4] 陈宜瑜,陈毅峰,刘焕章. 青藏高原动物地理区的地位和东部界线问题. 水生生物学报, 1996, 20(2): 97 - 103.
- [5] 郭焱,蔡林钢,吐尔逊,等. 赛里木湖新疆高原鳅生物学研究. 水产学杂志, 2002, 15(2): 6 - 11.
- [6] 王华,郭延蜀,戚文华,等. 白龙江上游黑体高原鳅生物学研究. 水产学杂志, 2008, 21(1): 42 - 48.
- [7] 宋昭彬,杨晔,岳碧松. 西溪高原鳅生物学研究. 水利渔业, 2005, 25(1): 27 - 29.
- [8] 赵肯堂. 索果诺尔渔场叶尔羌条鳅的生态调查. 动物学杂志, 1989, 24(4): 41 - 43.
- [9] 郭弘艺,唐文乔,魏凯,等. 中国鲚属鱼类的矢耳石形态特征. 动物学杂志, 2007, 42(1): 39 - 47.
- [10] 陈毅峰,何德奎,陈宜瑜. 色林错裸鲤的年龄鉴定. 动物学报, 2002, 48(4): 527 - 533.
- [11] 熊飞,陈大庆,刘绍平,等. 青海湖裸鲤不同年龄鉴定材料的年轮特征. 水生生物学报, 2006, 30(2): 185 - 191.
- [12] 郭弘艺,唐文乔. 长江口刀鲚矢耳石重量与年龄的关系及其在年龄鉴定中的作用. 水产学报, 2006, 30(3): 347 - 352.
- [13] 沈建忠,曹文宣,崔奕波. 鲫耳石重量与年龄的关系及其在年龄鉴定中的作用. 水生生物学报, 2002, 26: 662 - 668.
- [14] Cardinale M, Arthenius F, Johnsson B. Potential use of otolith weight for determination of age-structure of Baltic cod (*Gadus morhua*) and plaice (*Pleuronectes platessa*). Fish Res, 2000, 45: 239 - 252.
- [15] Labropoulou M, Papaconstantinou C. Comparison of otolith growth and somatic growth in two macrourid fishes Fish Res, 2000, 46: 177 - 188.
- [16] Araya M, Guzman M, Penailillo J, et al Evidence of relationship between age and otolith weight in the Chilean jack mackerel *Trachurus symmetricus murphyi* Fish Res, 2001, 51: 17 - 26.
- [17] 陈毅峰,何德奎,段中华. 色林错裸鲤的年轮特征. 动物学报, 2002, 48(3): 384 - 392.

图版 说明

1. 显微镜下长身高原鳅背鳍条磨片, 200 ×; 2. 解剖镜反射光下长身高原鳅鳃盖骨, 示无法判断年轮, 12.5 ×; 3. 解剖镜反射光下叶尔羌高原鳅鳃盖骨, 示无法判断年轮, 8 ×; 4. 解剖镜反射光下长身高原鳅脊椎骨磨片, 示年轮, 25 ×; 5. 解剖镜反射光下叶尔羌高原鳅脊椎骨磨片, 示年轮, 12.5 ×; 6, 7. 未经磨制的长身高原鳅矢耳石内、外侧面轮纹, 示年轮, 40 ×; 8, 9. 未经磨制的叶尔羌高原鳅矢耳石内、外侧面轮纹, 40 ×; 10 - 12. 为 4月、5月和 8月叶尔羌高原鳅矢耳石磨片, 示透明条带上的轮纹, 200 ×。

Explanation of Plate

1. The annuli of sectioned dorsal fin ray of *T. teunisi* under the microscope, 200 ×; 2. Opercular of *T. teunisi* under the reflected light, showing annuli uninterpretable, 12.5 ×; 3. Opercular of *T. yakandensis* under the reflected light, showing annuli uninterpretable, 8 ×; 4. The annuli of sectioned vertebra of *T. teunisi* under the reflected light, showing annuli, 25 ×; 5. The annuli of sectioned vertebra of *T. yakandensis* under the reflected light, showing annuli, 12.5 ×; 6, 7. The annuli on inside and outside profile of whole sagitta of *T. teunisi*, showing annuli, 40 ×; 8, 9. The annuli on inside and outside profile of whole sagitta of *T. yakandensis*, 40 ×; 10 - 12. Sectioned sagitta of *T. yakandensis* in April, May and August respectively, showing the rings of translucent zones, 200 ×

图版 说明

1. 显微镜下叶尔羌高原鳅背鳍条磨片, 示年轮, 200 ×; 2. 长身高原鳅矢耳石磨片, 示年轮, 100 ×; 3. 长身高原鳅矢耳石磨片, 示中心生长原基 (CP) 和核 (N), 1 000 ×; 4. 长身高原鳅矢耳石磨片, 示日生长增长 (D) 和无法判断日轮, 200 ×; 5. 长身高原鳅矢耳石磨片, 示日生长增长 (D) 和生长阻断 (C), 400 ×; 6. 长身高原鳅矢耳石磨片, 示透明带 (T) 和生长阻断 (C), 200 ×; 7. 长身高原鳅矢耳石磨片, 示透明带 (T), 400 ×; 8. 叶尔羌高原鳅矢耳石磨片, 示年轮, 40 ×。

Explanation of Plate

1. The annuli of sectioned dorsal fin ray of *T. yakandensis* under the microscope, showing annuli, 200 ×; 2. The annuli of sectioned sagitta of *T. teunisi*, showing annuli, 100 ×; 3. Sectioned sagitta of *T. teunisi*, showing central primordium (CP) and nucleus (N), 1 000 ×; 4. Sectioned sagitta of *T. teunisi*, showing daily growth increments (D) and daily rings uninterpretable, 200 ×; 5. Sectioned sagitta of *T. teunisi*, showing nucleus (N) and daily growth increments (D), check (C), 400 ×; 6. Sectioned sagitta of *T. teunisi*, showing translucent zones (T) and check (C), 200 ×; 7. Sectioned sagitta of *T. teunisi*, showing translucent zones, 400 ×; 8. The annuli of sectioned sagitta of *T. yakandensis*, showing annuli, 40 ×

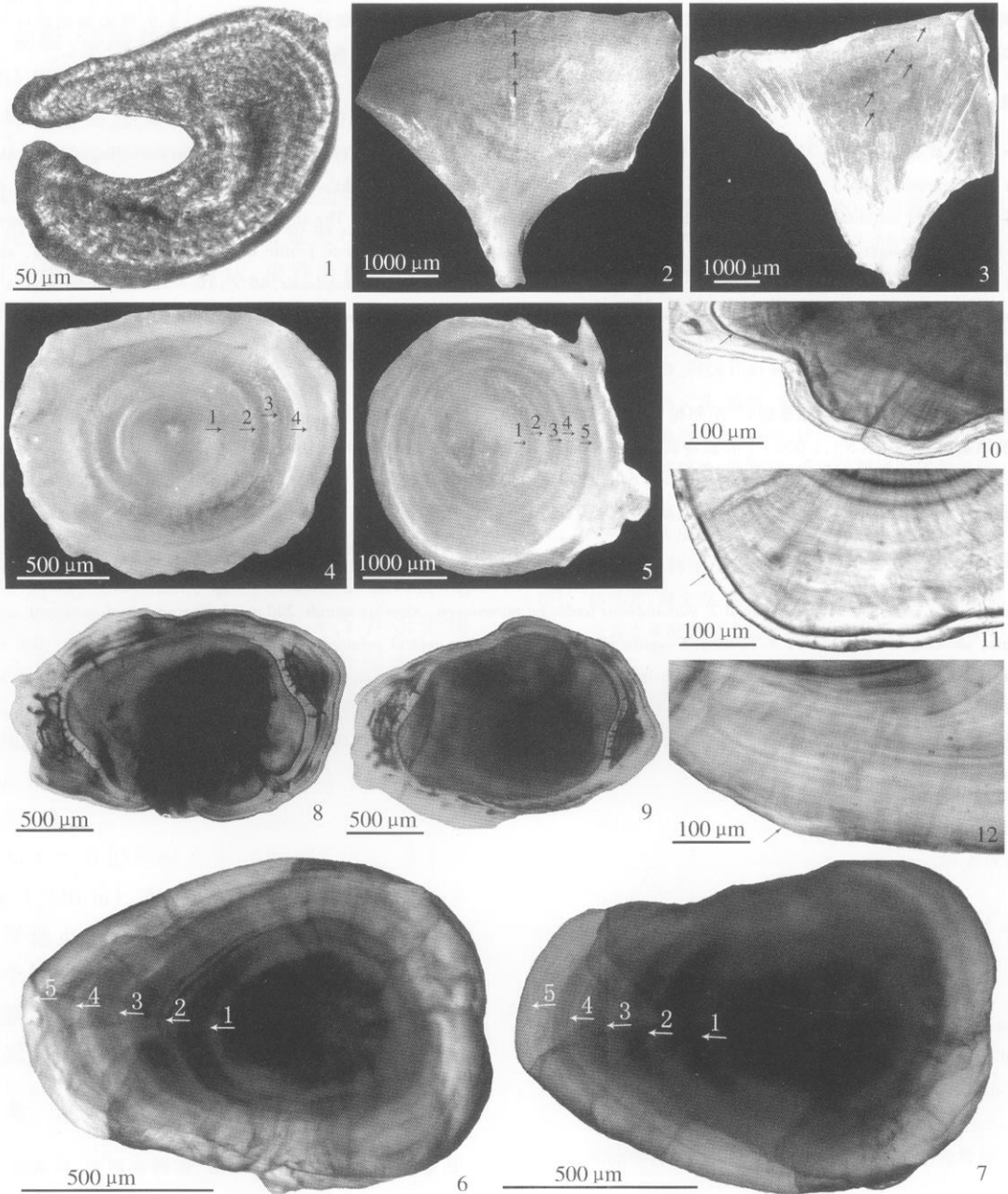
曾霖等:两种无鳞高原鳅类的年龄鉴定方法探讨

图版

ZENG Lin *et al* : Discussion on Age Detemination Methods for Two Esquamate

Triplophysa Fishes

Plate



图版说明见文后

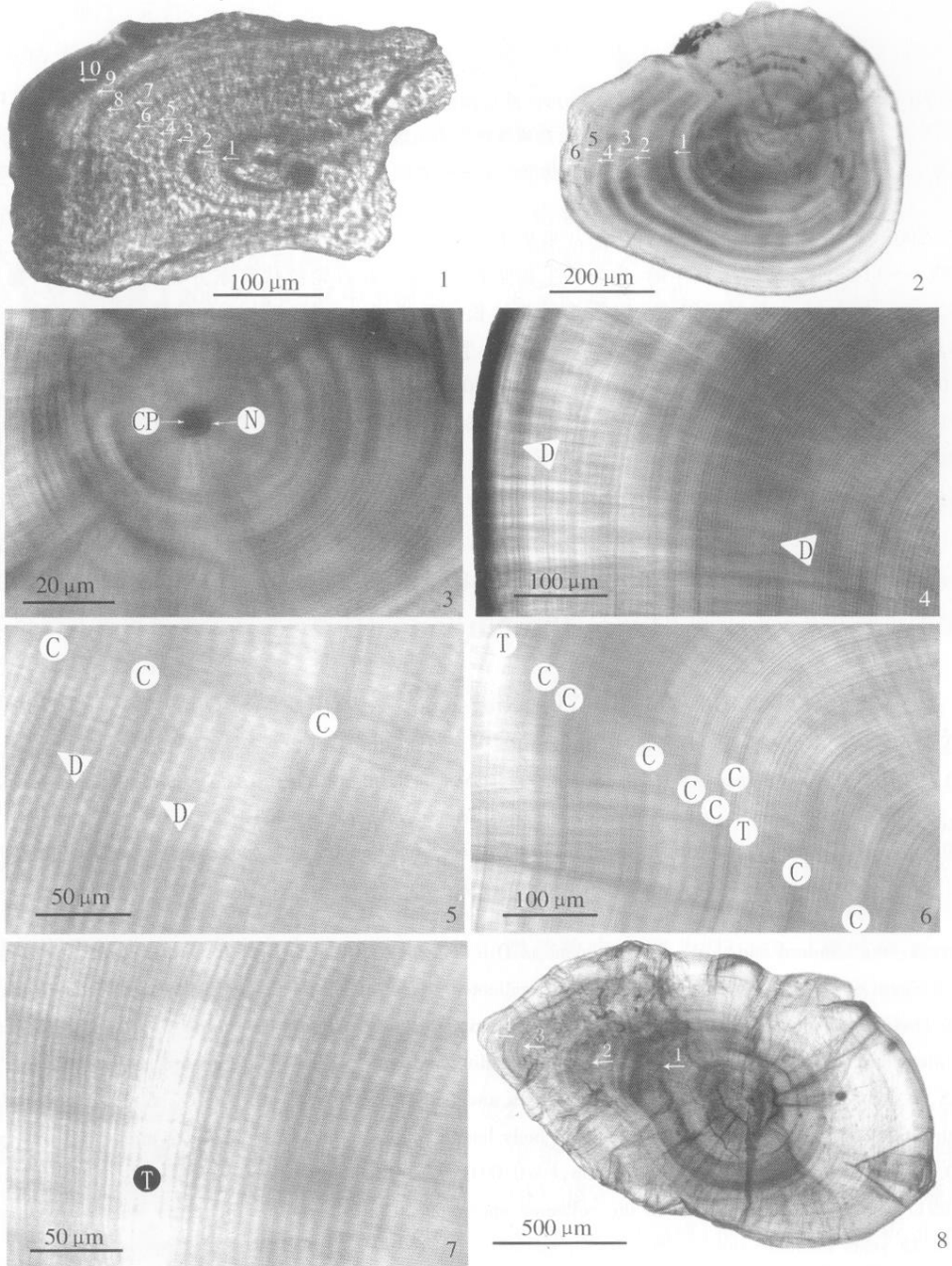
曾 霖等:两种无鳞高原鳅类的年龄鉴定方法探讨

图版

ZENG Lin *et al* : Discussion on Age Detemination Methods for Two Esquamate

Triplophysa Fishes

Plate



图版说明见文后