

鲫耳石重量与年龄的关系及其在年龄鉴定中的作用

沈建忠^{1,2} 曹文宣¹ 崔奕波¹ 常剑波¹

(1. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072; 2. 华中农业大学水产学院, 武汉 430070)

摘要: 耳石重量在年龄组间重叠较少, 大小相近的个体, 年龄大的, 即生长慢的耳石重量比年龄小的、即生长快的大, 不同龄组之间耳石重量有显著差异 ($P < 0.05$)。按年龄组以耳石重量与相应的体长作图, 可初步判断观测年龄的可靠性, 分析耳石重量频率分布能分离出体长相近、年龄不同的个体, 其结果与耳石年轮观测的基本一致。耳石重量与年龄呈显著线性正相关 ($P < 0.05$), 用耳石重量与年龄关系估算的年龄与从耳石上直接读取的年龄无显著差异 ($P > 0.05$)。文中对耳石重量直接用于确定鱼类年龄的可能性作了分析和探讨。

关键词: 鲫; 耳石重量; 年龄; 年龄鉴定

中图分类号: S965.117 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2002)06-0662-07

已有许多研究者发现, 鱼类耳石重量与年龄之间存在密切关系, 认为耳石重量分析是一种有希望的客观的年龄确定方法^[1-8], 至少可验证耳石或鳞片观测年龄的可靠性^[4]。作者在鉴定鲫 [*Carassius auratus* (Linnaeus)] 年龄时发现, 用耳石鉴定年龄具有易识别、精确度高的优点^[9], 同时, 在观测过程中, 发现鲫一些小个体具有较大的耳石, 年轮数相对较多; 而一些较大个体的耳石却相对较小, 年轮数也相对较少, 似乎耳石生长与年龄的相关性比体长更密切。因此, 本文试图通过对鲫耳石重量与鱼类年龄的关系的分析, 探讨用耳石重量验证从耳石上读取年龄的可靠性, 以及直接确定洪湖鲫年龄的可能性。

1 材料与方法

本研究所用鲫样本来自于 1998 年 1 月至 1999 年 9 月按月或隔月从洪湖所取, 主要来自网簖, 少量来自电捕。所有样本均进行常规生物学测定, 指标包括体长、体重、性别、性腺重等。所有样本均取鳞片, 但只有某些月份的部分样本同时摘取星耳石和微耳石作年龄鉴定辅助材料。主要选取样本量相对较大、代表性较强的 1998 年 4 月和 5 月的样本作分析。选取微耳石为材料, 进行年龄鉴定和耳石重量与年龄关系的分析。将直接从耳石上读取的年龄作为“真实的(True)”看待, 通过观察计数耳石磨片或完整耳石的年轮数来确定, 耳石磨片制作和年轮观测参见沈建忠等的描述^[10]。除去包膜和粘液的耳石在烘箱

收稿日期: 2002-05-13; 修订日期: 2002-06-29

基金项目: 国务院三峡办和三峡工程开发总公司项目[SX(98)-15KHB]; 中国科学院“九五”重大项目[B: KZ951-B1-104]资助

作者简介: 沈建忠(1964—), 男, 江苏宜兴市人; 博士; 从事鱼类生态和养殖方面的研究

中 60℃下经 24h 烘烤, 于干燥器中冷却后, 用电子天平称取重量, 精确到 0.01mg。成对 T 检验显示, 鲫左右耳石之间重量无显著差异 ($P > 0.05$) 或一致性偏差, 称量时统一选用左耳石。

耳石重量与年龄、体长以及体长与年龄的关系, 分别采用直线、幂函数和多项式三种回归公式拟合, 根据决定系数确定最佳拟合公式。将用耳石重量和年龄关系推算出来的年龄作为“估计的 (Estimated)”看待, 推算时取整数。用 Kolmogorov-Smirnov 双样本检验估计年龄与真实年龄的一致性。数据、图表采用 Excel 2000 和 Statistica 5.0 软件进行统计和处理。

2 结果与分析

2.1 耳石重量与体长及年龄的关系

洪湖鲫 1 龄组内耳石重量的月变化显示, 耳石重量随体长生长和经历的时间 (年龄) 而逐渐递增 (图 1a), 但比较 1998 年 5 月与 9 月, 以及 7 月和 10 月所采样本可见, 在体长未增加甚至减小的情况下, 耳石重量却在增加 (图 1b), 由此表明耳石重量与经历时间的关系更密切。

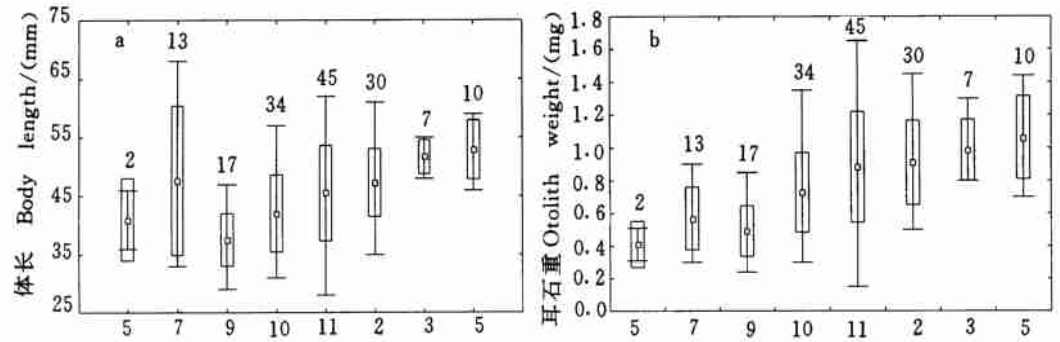


图 1 洪湖鲫 1 龄组体长 (a) 和耳石重量 (b) 随采样月份的变化 (图中数字为样本数)

Fig. 1 Progressive variations in body length (a) and otolith weight (b) with sampling month for *C. auratus* from the Honghu Lake.

从洪湖 1998 年 4 月所取样本来看, 在各年龄组间体长重叠很大 (图 2a), 体长与年龄无显著相关时 ($P > 0.05$, $n = 56$), 各龄组间耳石重量重叠相对较小 (图 2a), 耳石重量与年龄显著正相关 (表 1, $P < 0.05$); 从决定系数来看, 其相关关系比耳石重量与体长的关系密切 (表 1), 由此可说明, 耳石重量是鲫年龄的一个良好指标。从洪湖 1998 年 5 月所取样本来看, 在各年龄组间体长重叠相对较小 (图 2b), 体长与年龄呈显著相关 (表 1, $P < 0.05$), 耳石重量显示出与体长和年龄均高度相关, 其决定系数都达 0.91 以上, 但比较相邻龄组间体长和耳石重量, 则可见, 有些龄组间, 如 2—3 龄组、3—4 龄组和 5—6 龄组之间体长增长缓慢 (图 2b), 无显著差异 ($P > 0.05$), 但耳石重量却有显著差异 ($P < 0.05$)。以体长为协变量作协方差分析表明, 各相邻龄组间耳石重量有显著差异 ($P < 0.05$)。由此可见, 耳石重量虽随体长生长而生长, 但与年龄的关系更为密切。

综合以上分析, 可以认为, 耳石重量生长虽然受体长生长影响, 但经历的时间 (鱼类年

龄)对耳石重量生长的影响更大,表现在体长生长缓慢或停止时,耳石重量依然在增长,因此,耳石重量可作为鱼类年龄的一个良好的客观指标。

表 1 鲫鱼体长(L: mm)与年龄、耳石重量(Wo: mg)与年龄(A)和体长的相关关系
Tab 1 Relationships between body length (L: mm) and age, between otolith weight (Wo: mg) and age (A: year) and body length in *C. auratus*, sampled on April and May from the Honghu Lake

采样月份	最佳拟合公式	R ²	n
Sampling month	The highest correlations		
1998 04	$W_o = 0.7070 + 1.2115A$	0.6335	56
	$W_o = -0.4795 + 0.0579L$	0.4412	
	$W_o/L = 1.8592A^{0.7481}$	0.8518	
	$L = 40.0298 + 13.9378A$	0.8217	
1998 05	$W_o = 0.2964 + 0.7585A + 0.1033A^2$	0.9297	72
	$W_o = 0.0002L^{2.2582}$	0.9167	
	$W_o/L = 0.8947 + 1.241A - 0.0373A^2$	0.9263	

2.2 用耳石重量验证耳石年龄读数的准确性

按年龄组以耳石重量与对应的体长作图,可以直观地看到,体长相近而年龄不同的个体,其耳石重量便不同,年龄大的个体,其耳石重量相应也大;耳石重量相近而年龄不同的个体,其体长必存在差异,体长长的个体年龄反而小(图2),以此可从某一个体在其中所处位置,初步判断耳石年龄读数是否准确。

从7月在洪湖所采体长46—77mm的鲫样本上可以更清楚地反映出耳石重量分析在验证鉴定年龄的可靠性上的作用。该批样本体长非常接近,但根据耳石年轮读数,该批样本年龄差异很大,从不足1龄到5龄,年龄组成频率分布见图3。各龄组间体长很接近,重叠很多,从体长频率分布上是很难判别分离出年龄来的(图4);但各龄组之间耳石重量差异较大,重叠很小,分析耳石重量频率分布,发现其分布形态与年龄组成频率分布形态非常相似(图5)。X²检验表明,耳石重量分布频率与年龄分布频率之间无显著差异(P>0.05)。由此可说明,从耳石上观测年轮确定的年龄是可靠的。

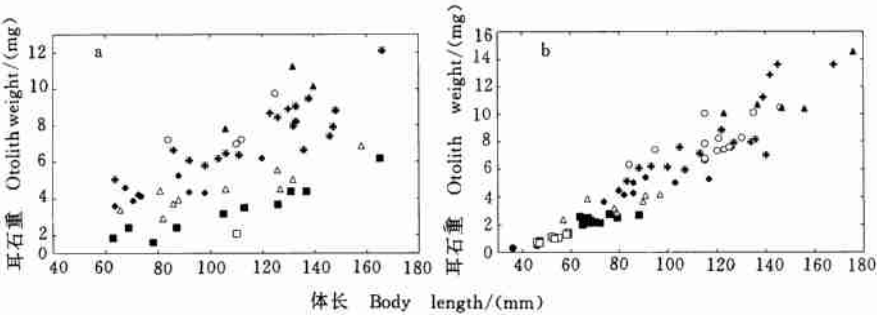


图2 洪湖1998年4月(a)和5月(b)所采鲫样本耳石重量与体长、年龄关系
Fig.2 Lapillus weight and body-length for age classes of *C. auratus*, sampled on April (a) and May (b) 1998, from the Honghu Lake, estimated by the annuli on lapillus. ● 0 龄, age 0; □ 1 龄, age 1; ■ 2 龄, age 2; △ 3 龄, age 3; ◆ 4 龄, age 4; ○ 5 龄, age 5; ○ 6 龄, age 6; ▲ 7 龄, age 7; ◇ 8 龄, age 8

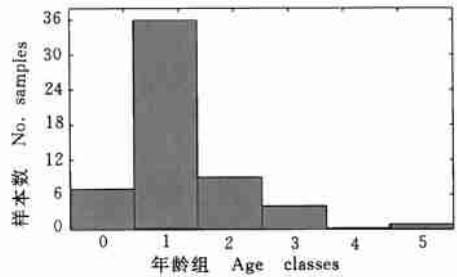


图 3 洪湖 7 月所采体长 46—77mm 鲫年龄频率分布

Fig 3 Age frequency distribution for *C. auratus*, sized 46—77mm, sampled on July, from the Honghu Lake

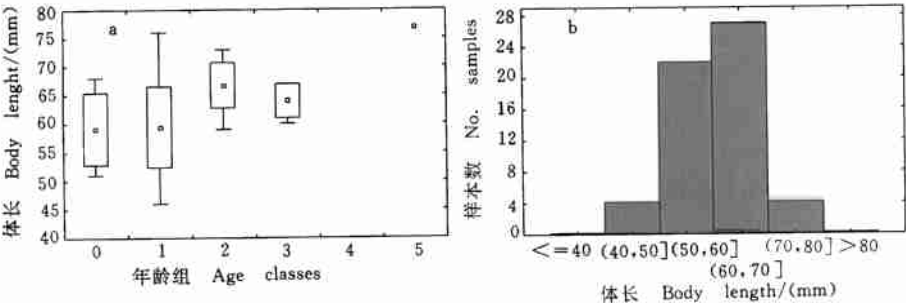


图 4 洪湖 7 月所采体长 46—77mm 鲫各年龄组体长(a)和体长频率分布(b)

Fig. 4 Body length at ages(a) and body length distribution(b) for *C. auratus*, sized 46—77mm, sampled on July, from the Honghu Lake

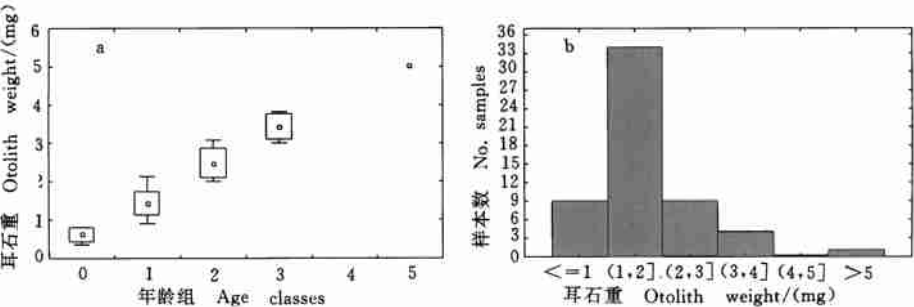


图 5 洪湖 7 月所采体长 46—77mm 鲫各年龄组耳石重量(a)和耳石重量频率分布(b)

Fig. 5 Otolith weight for age classes (a) and otolith weight frequency distribution (b) for *C. auratus*, sized 46—77mm, from the Honghu Lake, sampled during July

2.3 用耳石重量直接估算年龄

以 1998 年 4 月和 5 月所取样本为例,用耳石重量与年龄直线回归关系求得的估算年龄与从观测耳石年轮得来的实际年龄虽然不完全一致(图 6),但 Kolmogrov-Smirnov 双样本检验显示,估算年龄与实际年龄间无显著差异($P>0.05$)。

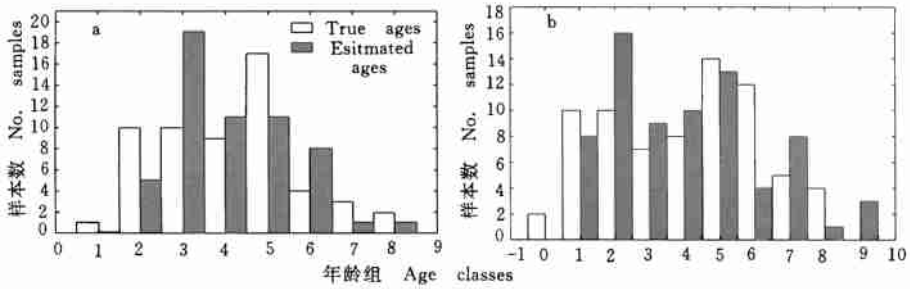


图 6 洪湖 4 月 (a) 和 5 月 (b) 鲫样本估算年龄与实际年龄分布图

Fig 6 “True” and “estimated” age frequency for *C. auratus*, sampled on April (a) and May (b) 1998, from the Honghu Lake

3 讨论

鱼类耳石重量不像体长或其他钙化组织, 它在一个个体的一生中都在增长, 其沉积和生长与时间有关^[8], 因此, 耳石重量成为鱼类年龄以及生长的良好指标, 具备直接用于确定鱼类年龄的潜能。Boehlert 通过建立年龄与耳石重量、长度、宽度和厚度的多元回归模型, 确定两种长寿鱼类裂吻平 (*Sebastes diploproa*) 和翼平 (*S. pinniger*) 的年龄, 取得了较为满意的效果; Fletcher 用耳石重量频率分布法得出了与耳石年龄鉴定相似的结果, 取得了体长频率分布法无法实现的效果。Worthington 等研究认为, 通过经常校正耳石重量和年龄的关系, 耳石重量可以作为确定年龄的一种客观而经济的方法, 并有可能与计数耳石切片年轮一样可靠, 而且, 由于节约了时间和精力, 可加大取样力度, 避免取样造成的误差, 因此可更精确地估算种群年龄结构及其他种群参数 (生长、死亡率等), 更客观地评价种群变动情况, 更科学地管理种群^[7]。Cardinale 等发现用耳石重量估算波罗的海鳕 (*Gadus morhua*) 和鲈 (*Pleuronectes Platessa*) 的年龄结构与用计数耳石年轮的传统方法得出的结果无显著差异, 而且, 对一个新样本, 要建立或校正耳石重量与年龄之间的直线回归关系式时, 只需用 100 尾随机样本即可, 因此认为, 耳石重量相对于被称之为“既是科学又是艺术 (as much an art as science)”的传统方法来说, 是一个对年龄鉴定有用的技术指标, 是客观、经济和易于操作的。

本研究表明, 鲫耳石重量与年龄高度相关, 即使在年龄组内体长生长差异大, 年龄组间体长重叠明显的情况下, 各年龄组间耳石重量交叉重叠却相对较少, 建立鱼类耳石重量与年龄、体长关系图, 可帮助验证通过计数钙化组织上年轮确定年龄的可靠性; 而分析耳石重量频率分布可分离大小相似而年龄不同的个体; 用耳石重量与年龄关系估计的年龄与实际观测年龄无显著差异。因而认为, 耳石重量可作为验证钙化组织上观测年龄的准确性的辅助手段。

但从目前的研究来看, 直接用耳石重量确定鲫年龄, 还存在如何提高其准确性和精确度的问题, 一方面是年龄的鉴定和划分还比较粗糙, 通常将同一年份出生的个体鉴定和划分为同一龄组, 这本身就造成了鱼类年龄鉴定上的差异, 因为对鲫等繁殖期长的鱼类, 前后出生的个体可能相差 5 个月左右的生长期, 因而造成耳石重量与年龄关系的偏差。另

一方面表现在耳石生长在一定程度上还受到体长生长的影响, 因此同一种群中一些生长快或慢的个体在用耳石重量与年龄关系式直接估算年龄时可能被高估或低估(图 6), 从而影响整个种群年龄鉴定的准确性。从本研究来看, 用耳石重量与体长之比作为变量, 可明显提高与年龄关系的相关程度(表 1), 特别是那些生长差异大的样本或种群。

用耳石重量直接估算年龄, 相对于计数观测钙化组织上年轮的传统方法来说, 是一个简便、经济和客观的方法, 因而是大有希望的。但今后还需在以下方面作进一步的工作: (1) 在扩大样本量的基础上, 进一步分析其实用性和可靠性; (2) 在更多种鱼类上进行研究, 分析是否具有普遍性, 以拓展其应用范围; (3) 摸清耳石生长的规律, 以期建立一个更合理的数理模型, 来提高年龄估算的精确度。

参考文献:

- [1] Boehlert G W. Using objective criteria and multiple regression methods for age determination in fish[J]. *Fish. Bull. U. S.*, 1985, **83**: 103—117
- [2] Araya M, Guzman M, Páñailillo J, et al. Evidence of relationship between age and otolith weight in the Chilean jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) [J]. *Fish. Res.*, 2001, **51**: 17—26
- [3] Cardinale M, Arrhenius F, Johnsson B. Potential use of otolith weight for the determination of age structure of Baltic cod (*Gadus morhua*) and plaice (*Pleuronectes platessa*). *Fish. Res.*, 2000, **45**: 239—252
- [4] Fletcher W J. A test of the relationship between otolith weight and age for the pilchardus [J]. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1991, **48**: 35—38
- [5] Labropoulou M, Papaconstantinou C. Comparison of otolith growth and somatic growth in two macrourid fishes [J]. *Fish Res.*, 2000, **46**: 177—188
- [6] Pawson M G. Using otolith weight to age fish [J]. *J. Fish Biol.*, 1990, **36**: 521—531
- [7] Worthington D G, Doherty P J, Fowler A J. Variation in the relationship between otolith weight and age: implications for the estimation of age of two tropical damselfish (*Pomacentrus moluccensis* and *P. wardi*) [J]. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1995, **52**: 233—242
- [8] Fowler A J, Doherty P J. Validation of annual growth increments in the otoliths of two species of damelfish from the southern Great Barrier [J]. *Ref. Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 1992, **43**: 1057—1068
- [9] 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—466
- [10] 沈建忠, 曹文宣, 崔奕波. 鲫耳石年轮的观察与确证[J]. *华中农业大学学报*, 2002, **21**: 64—68

THE RELATIONSHIP BETWEEN OTOLITH WEIGHT AND AGE WITH REFERENCE TO ITS USE IN AGE DETERMINATION FOR *CARASSIUS AURATUS*

SHEN Jiar-zhong^{1,2}, CAO Wei-xuan¹, CUI Yi-bo¹ and CHANG Jiar-bo¹

(1. Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Science, Wuhan 430072;

2. College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070)

Abstract: The relationship between otolith weight and age in *Carassius auratus* and the use of otolith weight for validating annulus counts on otolith were being investigated. It was exhibited that otolith weight had little overlaps among age classes, and for individuals with similar body length, the older (slower-growing) had bigger otolith weight than the younger (faster-growing) . There were significant differences in otolith weight among different age classes (ANCOVA, body length as covariate) and the otolith weight had significantly positive linear relationship with age ($P < 0.05$). The age readings could be verified by plotting the otolith weight vs body length for age classes, and the individuals with similar body length but different ages could be separated by otolith weight frequency analysis. It was demonstrated that the “estimated” ages from regression between otolith weight and ages had no significant differences with the “true” ages from annulus counts on otolith. It was suggested that the otolith weight was a useful technique for validating the accuracy of age determination from annuli counting, especially for the individuals with similar size. Meanwhile, the potential of otolith weight for direct estimation of ages of *C. auratus* were explored by the authors in this paper.

Key words: *Carassius auratus*; Otolith weight; Age; Age determination