

长江江津江段中华沙鳅耳石及年龄生长的初步研究

赵 天^{1, 2, 3}, 刘建虎^{1, 2}

(1. 西南大学动物科技学院水产系 / 水产科学重庆市重点实验室, 重庆 400715;

2. 农业部三峡库区野外生态实验站, 湖北荆州 434000;

3. 暨南大学水生生物研究所, 广州 510632)

摘要: 对长江江津段中华沙鳅 (*Botia superciliosa* Günther) 的耳石, 年龄和生长进行了初步研究。结果显示: 几种年龄鉴定材料中, 适宜中华沙鳅的年龄鉴定材料为耳石, 能准确反映其年龄状况。体重与体长的回归方程为: $W = 0.021L^{2.8409}$ ($r = 0.9404$); 该江段中华沙鳅的生长方程为: 体长: $L_t = 12.5000 [1 - e^{-0.3851(t+1.1062)}]$; 体重: $W_t = 29.0944 [1 - e^{-0.3851(t+1.1062)}]^{2.8409}$ 。

关键词: 中华沙鳅 (*Botia superciliosa* Günther); 耳石; 年龄; 生长

中图分类号: S917; Q781

文献标识码: A

文章编号: 1000-6907-(2008)05-0046-05

The Initial Study of the Otolith, Age and Growth of *Botia superciliosa* Günther in the Jiangjin Segment of Yangtze River

Zhao Tian^{1, 2, 3}, Liu Jianhu^{1, 2}

(1. College of Animal Science and Technology, Southwest University / Key Laboratory of Aquatic Science of Chongqing Chongqing 400715; 2. Three Gorges Reservoir Region open country ecology experimental station of Ministry of Agriculture Hubeijiangzhou 434000; 3. Hydrobiology Institute of Jinan University, Guangzhou 510632)

Abstract: This paper carries out a first step research into the otolith, age and growth of *Botia superciliosa* Günther in Jiangjin segment of Yangtze River. The material which is suitable to authenticate the age is otolith, because it can accurately reflect the age of *Botia superciliosa* Günther. The regressive equation of weigh and length is $W = 0.021L^{2.8409}$ ($r = 0.9404$) and the growth equations are Length: $L_t = 12.5000 [1 - e^{-0.3851(t+1.1062)}]$; Weight: $W_t = 29.0944 [1 - e^{-0.3851(t+1.1062)}]^{2.8409}$.

Key words: *Botia superciliosa* Günther; otolith; age; growth

中华沙鳅 (*Botia superciliosa* Günther) 属鲤形目鳅科沙鳅亚科沙鳅属中华沙鳅亚属^[1], 颊部被细鳞, 其吻长大于眼后头长, 约等于眼径与眼后头长之和, 颌顶颌门封闭, 须 3 对, 颌下具纽扣状突起 1 对, 鳃前室部分为骨质或全为骨质, 后室缩小, 是我国的特有种, 广泛分布于长江中上游^[2]。其喜流水, 主要在水体的中下层活动, 以底栖动植物为食, 是长江上游的重要经济鱼类, 在长江上游渔获物中占有较大的比例。目前, 国内对中华沙鳅的研

究资料非常有限, 仅限于其形态学和分类学方面的研究, 而其他方面的资料则一直比较匮乏^[2-3]。近年来, 随着中华沙鳅捕捞量的增大和其经济价值的日益提高, 其资源量有衰竭的趋势, 保护措施刻不容缓。因此, 迫切需要中华沙鳅年龄与生长方面的研究资料。鉴定和分析鱼类年龄的材料有鳞片、耳石、鳍条、鳍棘和支鳍骨, 一般以鳞片和耳石最为常用。Prather^[4]进行了鳞片鉴定年龄准确性的研究, 在 272 尾 0~2 龄的大口黑鲈 (*Micropterus sal-*

收稿日期: 2008-01-25

资助项目: 水产科学重庆市重点实验室开放基金 (2006-2); 中国水产科学研究院淡水生态与健康养殖重点开放实验室开放课题 (2006-1); 农业部三峡野外生态试验站开放课题 (2007-2)

第一作者简介: 赵 天 (1986-), 男, 四川绵竹人, 硕士研究生, 专业方向为鱼类生态学研究。E-mail: zhaotian@163.com

通讯作者: 刘建虎。E-mail: liujianhu@swu.edu.cn

moiles)中, 80%的年龄鉴定结果是正确的, 在 264 尾 3 龄的蓝鳃太阳鱼 (*Lepomis macrochirus*)中, 仅 76%的年龄鉴定是正确的。Heidinger等^[5]用已知年龄的三种鱼进行了耳石和鳞片年龄鉴定及体长推算结果的比较, 三种鱼由耳石鉴定的年龄与已知年龄的符合率为 100%, 而由鳞片鉴定的年龄与已知年龄的符合率分别为 71%、80%和 75%。这说明耳石鉴定的年龄比鳞片鉴定的年龄更可靠。同时, 江津江段位于三峡工程三期水位库尾江段, 三峡工程蓄水后, 原栖息于三峡江段的许多喜流水性鱼类逐渐上移, 聚集在江津江段。江津江段也是“长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区”的缓冲区。该江段小型鱼类的种群数量和生长特性对以捕食这些小型鱼类的珍稀或特有鱼类具有重要的意义。本研究通过对江津江段中华沙鳅的耳石及年龄生长进行了初步研究, 旨在为中华沙鳅种群保护和合理利用提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 试验材料

测量用中华沙鳅标本共计 91 尾, 体长 6.3~10.5 cm; 体重 3.6~15.6 g 年龄 0~3 龄; 于 2006 年 10 月~2007 年 6 月分四次采自长江江津朱羊溪江段, 每次采集 20~25 尾。

1.2 试验方法

以内耳球囊内的微耳石作为年龄鉴定材料, 将其以细砂石磨片, 水洗, 二甲苯透明, 加拿大树胶封藏于载玻片中, 显微镜下观察^[6], 用测微尺测量耳石上的轮纹半径。

数据处理主要利用 Microsoft Excel 软件进行数据处理。

2 结果

2.1 年龄鉴定材料和年轮特征

在鱼类的内耳中总共有 3 对耳石, 椭圆囊 (utriculus)、球囊 (Sacculus)和听壶 (lagena)中分别具有微耳石 (lapillus)、矢耳石 (sagittae)和星耳石 (asteriscus)各一对^[7]。中华沙鳅的星耳石略成五角星状 (图 1), 耳石表面凹凸不平, 磨片时易磨碎; 矢耳石呈一条形状 (图 2), 极薄, 摘取时极易碎; 而微耳石呈不规则形 (图 3), 厚度适中, 易于磨片, 并且在磨片后易于观测到轮纹 (图 4)。因此, 微耳石适用于中华沙鳅年龄鉴定。

构较为清晰的呈同心圆排列, 并呈现明暗相间的条纹带, 其中暗带较宽, 明带较细, 每一条明带表示

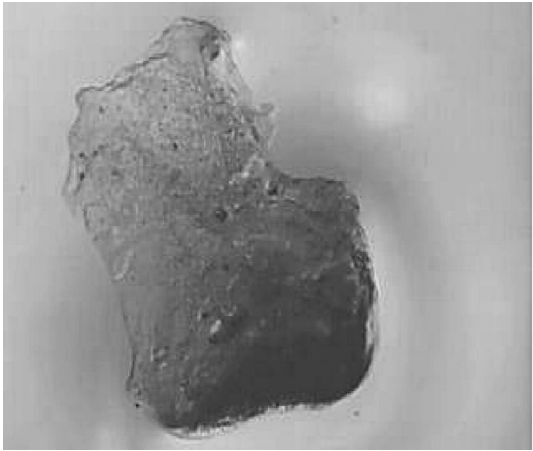


图 1 未磨片的星耳石
Fig.1 Ungrinded asteriscus

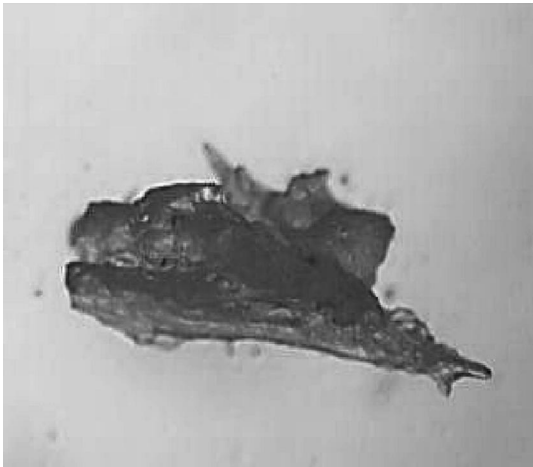


图 2 未磨片的矢耳石
Fig.2 Ungrinded sagittae

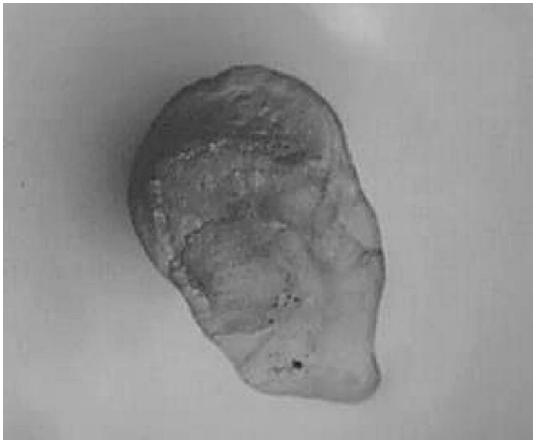


图 3 未磨片的微耳石
Fig.3 Ungrinded lapillus

耳石磨片上的特征主要表现为年轮轮纹疏密结

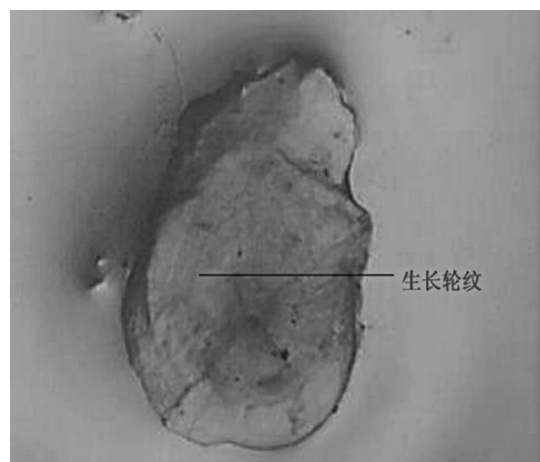


图 4 磨片后的微耳石
Fig.4 lapillus microsection

鱼体经过一个快速生长季节，因此该轮纹属于季节轮纹(图 4)。越靠近轮纹中心，暗带越宽；越远离轮纹中心，暗带越窄。且在第六轮左右暗带宽度达到平衡，值约为 30~40 μm。

2.2 渔获物结构

体长结构：2006年 10月的标本体长主要集中在 7.0~10.9 cm 且分布比较均匀，其中 7.0~7.9 cm 的个体占 33.3%，8.0~8.9 cm 的个体占 28.6%，9.0~9.9 cm 的个体占 28.6%，10.0~10.9 cm 的个体占 9.5%；2006年 12月的标本体长主要集中在 7.0~10.9 cm，其中以 8.0~8.9 cm 的个体为主，占标本总数的 66.7%；2007年 4月的标本体长主要集中在 6.0~9.9 cm，其中以 8.0~8.9 cm 的个体为主，占标本总数的 41.7%；2007年 6月的标本体长主要集中在 7.0~10.9 cm，其中以 8.0~8.9 cm 的个体为主，占标本总数的 43.5%，另外，9.0~9.9 cm 的个体也占到了 34.8%。

体重结构：2006年 10月的标本体重主要集中在 3.0~14.9 g 且分布比较均匀，其中 3.0~4.9 g 的个体占 15.0%，5.0~6.9 g 的个体占 20.0%，7.0~8.9 g 的个体占 15.0%，9.0~10.9 g 的个体占 25.0%，11.0~12.9 g 的个体占 20.0%，13.0~14.9 g 的个体占 5.0%；2006年 12月的标本体重主要集中在 5.0~16.9 g 其中以 7.0~8.9 g 的个体为主，占标本总数的 45.5%；2007年 4月的标本体重主要集中在 3.0~12.9 g 其中以 7.0~8.9 g 的个体为主，占标本总数的 37.5%；2007年 6月的标本体重主要集中在 5.0~16.9 cm，其中以 11.0~12.9 g 的个体为主，占标本总数的 29.2%，

另外，9.0~10.9 g 的个体也占到了 25.0%。
年龄结构：2006年 10月的标本年龄主要集中在 1⁺~2龄，占总数的 57.1%；2006年 12月的标本体重主要集中在 1⁺~2龄，占总数的 73.9%；2007年 4月的标本年龄主要集中在 1⁺~2龄，占总数的 79.2%；2007年 6月的标本年龄主要集中在 1⁺~2龄，占总数的 82.6%。由此可以看出，目前江津江段中华沙鳅渔获物年龄结构以 1⁺~2龄为主。

2.3 生长特征

2.3.1 生长退算

2.3.1.1 耳石上轮纹半径与体长的关系

利用测微尺测出每一块耳石上的轮纹半径，即核心至圆区的最远点，求得耳石上轮纹半径与体长的直线回归方程为：

$BL=24.113R+5.2725(R^2=0.91)$ (图 5)；

式中 BL 为体长 (cm)，R 为轮纹半径 (μm)。

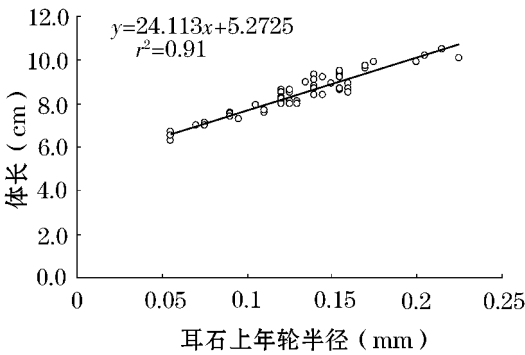


图 5 中华沙鳅耳石上年轮半径与体长的关系
Fig.5 Relations of otolith annual ring radius and body length of *B. superciliaris* Günther

2.3.1.2 生长退算

为求出退算体长，引入校正系数 K(理论体长除以实测体长所得的商)，用公式 $BL=(a+Rb)k$ 对年龄鉴定结果进行体长退算^[8]，式中 BL 为退算体长，R 为年轮半径，a、b 为关系系数。以年轮半径退算的各龄体长与实测体长没有显著差异(表 1)。

表 1 年轮半径退算的中华沙鳅各龄体长
Tab.1 Body length back-calculated from annual ring radius of *B. superciliaris* Günther

年龄	样本 (个)	实测体长 (cm)		实测平均 年轮半径 (μm)	退算体长 (cm)		
		范围	均值		L1	L2	L3
1	15	6.3~7.6	7.1	800	7.2	—	—
2	37	7.7~9.5	8.5	1300	7.1	8.4	—
3	7	9.6~10.5	10.0	2000	7.0	9.0	10.1
平均值	—	—	—	—	7.1	8.7	10.1

2.3.2 体长与体重的关系

通常用 Taylor公式来表示鱼类体长与体重的关系，其表达式为 $W=aL^b$ ，式中 W 为体重 (g)， L 为体长 (cm)， a 为关系系数^[9]。将渔获物中的体长、体重资料进行回归分析，求得中华沙鳅的体长体重关系 (图 6)：

$W=0.021L^{2.8409} \quad (r=0.9404, \quad n=91, \quad p<0.05)$

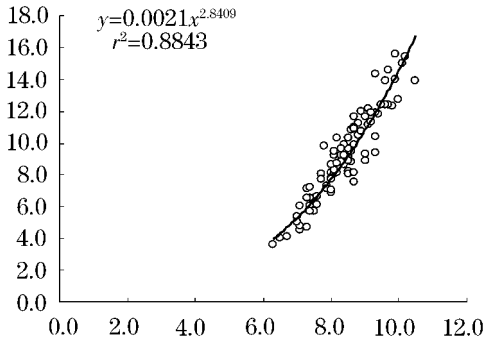


图 6 体重与体长的关系
Fig.6 body weight and body length relations

2.3.3 生长方程及生长参数

中华沙鳅体长与体重关系式中指数 $b=2.8409$ ，接近 3，表明鱼体体型呈均匀生长即等速生长^[10]，其各年龄组平均推算体长经拟合，符合 Von Bertalanffy 生长方程。根据殷名称^[11]提供的方法，由推算体长求出其渐近体长 $L_{\infty}=12.5000$ cm；生长曲线曲率 $K=0.3851$ ；理论体长及理论体重等于 0 时的年龄 $t_0=-1.1062$ ；渐近体重 $W_{\infty}=29.0944$ g 则推导出生长方程为：

$L_t=12.5000 \left[1-e^{-0.3851(t+1.1062)} \right]$ (图 7)

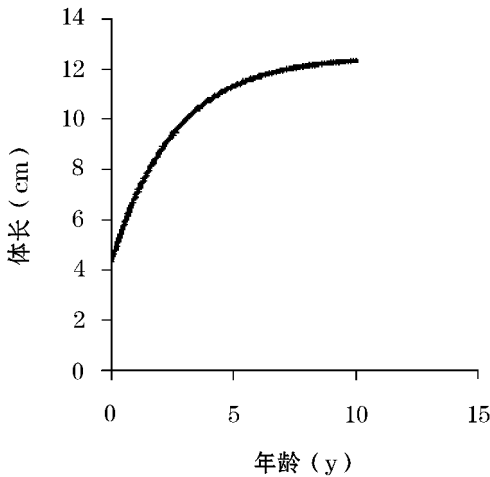


图 7 体长生长曲线
Fig.7 Body length curve of the B. superciliaris Günther

$W_t=29.0944 \left[1-e^{-0.3851(t+1.1062)} \right]^{2.8409}$ (图 8)

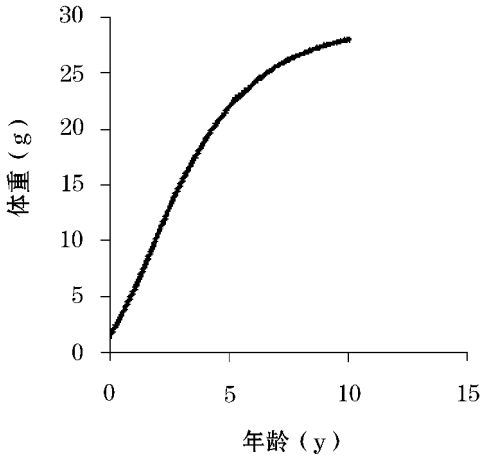


图 8 体重生长曲线
Fig.8 Body weight curve of the B. superciliaris Günther

由表 1 可以看出该方程式计算出的理论体长与推算体长无显著差异，说明中华沙鳅的一般生长特征可用 Von Bertalanffy 生长方程来描述。

2.3.4 生长速度和生长加速度

生长曲线只反映了生长过程的总和，为了研究生长随时间变化的特征，分别对生长方程求一阶、二阶导数，得生长速度和加速度方程 (体长 L cm)：

体长生长速度方程：
 $dL/dt=4.81375e^{-0.3851(t+1.1062)}$

体重生长速度方程：
 $dW/dt=31.8302 \left[1-e^{-0.3851(t+1.1062)} \right]^{1.8409} \times e^{-0.3851(t+1.1062)}$

体长生长加速度方程：
 $d^2L/dt^2=-1.8538e^{-0.3851(t+1.1062)}$

体重生长加速度方程：
 $d^2W/dt^2=12.2578 \left\{ 1.8409 \left[1-e^{-0.3851(t+1.1062)} \right]^{0.8409} \times e^{-0.7702(t+1.1062)} - \left[1-e^{-0.3851(t+1.1062)} \right]^{1.8409} \times e^{-0.3851(t+1.1062)} \right\}$

生长拐点： $t=1.6033$ 年。

3 讨论

3.1 中华沙鳅微耳石的年轮特征

中华沙鳅的年轮特征主要表现为年轮轮纹疏密结构较为清晰的呈同心圆排列，并呈现明暗相间的条纹带，其中暗带较宽，明带较细，每一条明带表示鱼体经过一个快速生长季节，因此该轮纹属于季节轮纹。从不同季节的渔获物看出，明带出现时间

多为春夏季，暗带出现时间多在秋冬季。越靠近轮纹中心，暗带越宽；越远离轮纹中心，暗带越窄。且在第六轮左右暗带宽度达到平衡值，约为 30~40 μm 。

3.2 微耳石及中华沙鳅的生长

很多研究都表明，耳石大小与鱼体大小有着显著的线性相关、指数相关或对数相关^[12~13]。但也有些研究报道，耳石大小与鱼体大小不一定成比例增长，生长快的鱼耳石相对较小^[14~15]。一些学者认为耳石生长主要受体内新陈代谢率的影响，而非依赖于鱼体生长^[16~17]。本研究发现，中华沙鳅的微耳石轮纹半径与体长呈显著的线性相关关系，与体重呈显著的幂函数相关关系，这些结果可为中华沙鳅生长研究提供参考。

3.3 生长特性

中华沙鳅是一种小型底栖鱼类。从渔获物来看，主要是 2 龄及以下的个体，最大个体的体重 15.6 g 体长 10.5 cm。通过计算得出中华沙鳅的生长拐点是 $t=1.6033$ 龄，拐点年龄时的体重 8.4818 g 体长 8.0998 cm。这表明江津江段目前对中华沙鳅渔业资源的利用是及其不合理的，严重的破坏着该种群的结构和资源量，长此以往，该种群将会有明显的小型化趋势，不利于资源的可持续利用。因此，为了科学的利用中华沙鳅这一资源，可将目前中华沙鳅的捕捞规格限制在 8.0998 cm 以上，严格禁止捕捞 2 龄以下的补充群体，使中华沙鳅能够充分生长和繁殖，以保证种群的延续。

参考文献:

[1] 丁瑞华. 四川鱼类志 [M]. 成都: 四川人民出版社, 1994.
[2] 陈景星. 中国沙鳅亚科鱼类系统分类的研究 [J]. 动物学研究, 1980, 1(1): 2.
[3] 唐琼英. 斑纹薄鳅应该为斑纹沙鳅 [J]. 动物学研究, 2008, 29(1): 1~9.
[4] Prather E E. The accuracy of the scale method in determining the ages of largemouth bass and bluegills [A]. Southeastern association of game and fish commissioners. Proceedings of the annual con-

ference southeastern association of game and fish commissioners [C]. New orleans: Southeastern Association of Game and Fish Commissioners 1967, 20: 483~486.
[5] Heidinger R C. Clodfelter K. Validity of the otolith for determining age and growth of walleye striped bass and smallmouth bass in power plant cooling ponds [A]. Summerfelt R C. Hall G E. Age and growth of fish [M]. American: Iowa state university press 1987. 544.
[6] 杨帆. 南方鲇仔幼鱼耳石日轮的研究 [J]. 西南农业大学学报, 23(4), 2001. 8.
[7] 张治国, 王卫民. 鱼类耳石研究综述 [A]. 湛江海洋大学学报, 21(4), 2001. 12.
[8] 邓中舜, 余志堂, 许蕴珩等. 汉江主要经济鱼类的年龄与生长 [A]. 中国鱼类学会. 鱼类学论文集 (第一辑) [C]. 北京: 科学出版社, 1981. 97~116.
[9] 马惠钦, 何学福. 长江干流圆通吻鲈的年龄与生长 [J]. 动物学杂志, 2004, 39(3): 55~59.
[10] 申严杰, 蒲德永, 高梅, 等. 福建纹胸鮡年龄与生长的初步研究 [J]. 西南农业大学学报 (自然科学版), 27(1), 2005. 2.
[11] 殷名称. 鱼类生态学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995. 11~170.
[12] Campana S E. Otolith microstructure of three larval gadids in the Gulf of Maine with inferences on early life history [J]. Can J Zool 1989, 67(6): 1401~1410.
[13] Dickey C L. Isely J J. Tamaso J R. Slow growth did not decouple the otolith size-fish size relationship in striped bass [J]. Trans Am Fish Soc 1997, 126(6): 1027~1029.
[14] Mugiya Y. Tanaka S. Otolith development increment formation and an uncoupling of otolith to somatic growth rates in larval and juvenile goldfish [J]. Nippon Suisan Gakkaishi 1992, 58(5): 845~851.
[15] Bestgen K R. Bundy J M. Environmental factors affect daily increment deposition and otolith growth in young Colorado squaw fish [J]. Trans Am Fish Soc 1998, 127(1): 105~110.
[16] Barkman R C. Bengtson D A. The record of daily growth in otoliths of Atlantic silversides Menidia menidia from field and laboratory [J]. J Fish Biol 1987, 31: 683~695.
[17] Wright P J. The influence of metabolic rate on otolith increment width in Atlantic salmon parr. Salmo salar L [J]. J Fish Biol 1991, 38(6): 929~933.