

doi: 10.7541/2018.093

淀山湖翘嘴鲈的年龄结构与生长特性

吕大伟¹ 周彦锋² 葛 优² 王晨赫² 尤 洋^{1,2}

(1. 南京农业大学无锡渔业学院, 无锡 214081; 2. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 农业部淡水渔业和种质资源利用重点实验室, 无锡 214081)

摘要: 研究翘嘴鲈的年龄结构与生长特征可为探其繁殖、性成熟年龄、存活率等习性积累有效数据, 并可为优化鱼类种群结构、科学利用其种质资源提供参考依据。以2016年5月至2017年4月逐月于淀山湖采集到的452尾翘嘴鲈(*Culter alburnus*)为研究材料, 研究其年龄结构与生长特征间的紧密联系。结果表明: 翘嘴鲈体长15.32—77.91 cm; 体重范围43—5567 g。雌雄群体间的体长和体重的差异不显著($P>0.05$), 体长和体重拟合关系式为 $W=0.00002L^{2.9211}$ ($R^2=0.9143$, $n=452$), 符合匀速生长特性; 选用鳞片鉴定年龄、测量鳞径, 并建立von Bertalanffy生长方程, $L_t=99.65[1-e^{-0.1357(t+0.6287)}]$; $W_t=11874.27[1-e^{-0.1357(t+0.6287)}]^{2.9211}$ 。采集的翘嘴鲈样本由1—6龄组成, 优势年龄组3龄, 占样本总数的55.71%, 表明生长趋于低龄化、小型化; 生长拐点年龄为7.2711龄时对应的体长和体重分别为65.54 cm和3471.79 g。

关键词: 淀山湖; 翘嘴鲈; 年龄结构; 生长特性

中图分类号: S931.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-3207(2018)04-0762-08

鱼类的年龄生长特性及相关数据是渔业资源研究的重要内容之一。鱼类个体的生长、种群补充甚至是死亡的计算乃至判定捕捞的强度和渔具的合理性, 都需要具有精确的年龄数据资料^[1]。研究鱼类的年龄结构与生长特征可为其繁殖、性成熟年龄、存活率等习性的掌握积累有效数据, 并可为优化鱼类种群结构、科学利用其种质资源提供参考依据, 同时还有助于分析和了解环境对鱼类的影响以及鱼类在环境中的适应性^[2]。

翘嘴鲈(*Culter alburnus*)隶属鲤形目(Cypriniformes)、鲤科(Cyprinidae)、鲈亚科(Culterinae)、鲈属(*Culter* Basilewsky); 以水中小型野杂鱼类为食, 自然个体大、肉质细嫩、味道鲜美, 具有重要的物种价值、经济价值和生态价值, 享有中国古代四大名鱼之一和“太湖三白”的美誉, 但人工养殖成本高、且性情急躁、不易捕捞、不耐活鱼运输^[3-6]。已有翘嘴鲈相关资料主要集中于不同群体的形态、胚胎发育、遗传特征等^[7-10], 有关其年龄

与生长的记录可见覃亮^[11]与李忠利等^[12]。2012年国家在淀山湖设立河蚬翘嘴红鲌国家级水产种质资源保护区, 翘嘴鲈作为淀山湖地理标志产品备受关注, 而目前针对淀山湖翘嘴鲈的研究尚未开展。因而加大对淀山湖翘嘴鲈研究力度极为必要, 本文以采自淀山湖的翘嘴鲈个体为样品, 并以其鳞片为鉴定年龄的材料, 研究了淀山湖翘嘴鲈的年龄和生长特性, 为开展其资源的利用与保护提供理论数据和基础资料。

1 材料与方法

1.1 样本采集与处理

2016年5月至2017年4月在淀山湖采用网目为2、4、6、8 cm四种规格的刺网逐月收集样品。样本在新鲜状态下测量体长、体重等常规生物学数据。解剖翘嘴鲈个体并用波恩氏液固定保存性腺, 采用形态学和组织切片方法结合以鉴定雌雄和判别性腺发育时期。

收稿日期: 2017-07-21; 修订日期: 2018-01-07

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201303056-02); 国家现代农业产业技术体系(CARS-46); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(2015JBFM03)资助 [Supported by the Public Sector (Agriculture) Research Projects (201303056-2); China Agriculture Research System (CARS-46); Central Public Research Institutes Fundamental Research Projects (2015JBFM03)]

作者简介: 吕大伟(1991—), 男, 四川眉山人; 硕士研究生; 主要从事鱼类增殖研究。E-mail: 1005804333@qq.com

通信作者: 尤洋(1967—), 男, 研究员; E-mail: youy@ffrc.cn

鳞片: 取鱼体中段近测线上方到背鳍前半部下方较规则的鳞片15—20枚作为年龄鉴定材料, 用4% NaOH溶液浸泡24h后洗净擦干, 剔除模糊不清的鳞片及再生鳞, 选用7—8枚有效鳞片用载玻片夹住装片, 在Nikon Zoom 645s生物解剖镜下鉴定。

针对鳞片进行年龄鉴定, 由2个观察者分别进行读龄鉴定。如果鉴定结果相同则采用此结果, 如有差异再由第3个观察者鉴定, 若第3次鉴定结果与前2次鉴定结果都不同则舍弃这一样本, 否则采用第3次年龄鉴定结果。以鳞片鳞焦到边缘的最长距离(R)作为材料半径的长度。将轮纹形成初期的鳞片对应的体长判定为标准体长。

1.2 数据统计与分析

数据用Excel进行初步整理, 通过SPSS进行统计分析。

体长与体重关系式: $W=aL^b$; 式中: L 为实测体长(cm), W 为实测体重(g), a 为生长条件因子, b 为幂函数指数。

体长与鳞径关系式: $L=aR+b$; 式中: L 为实测体长, R 为实测年龄材料轮径, a 、 b 为常数。

von Bertalanffy生长方程:

$$L_t=L_{\infty}[1-e^{-k(t-t_0)}]$$

$$W_t=W_{\infty}[1-e^{-k(t-t_0)}]^b$$

$$\text{生长速度方程: } dL/dt=L_{\infty}ke^{-k(t-t_0)}$$

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

生长加速度方程:

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

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

式中: t 为年龄, L_t 和 W_t 分别为 t 龄时的体长(cm)和体重(g), L_{∞} 和 W_{∞} 分别为渐近体长(cm)和渐近体重(g), k 为生长系数, b 为体长-体重关系式指数,

t_0 为假设理论生长起点年龄。

生长指标方程: $C_{L_t}=(\ln L_{t+1}-\ln L_t)L_t$; 式中: L_t 和 L_{t+1} 分别代表 t 龄和 $(t+1)$ 龄的体长(cm)。

2 结果

2.1 年龄材料的特征

鳞片为圆鳞, 形状不规则, 大小不一。在相邻两个生长年带之间, 环片大多数都呈疏密相间排列, 疏带区相对较宽, 少数形成切割型。每个密带向疏带的转换处定为1个年轮。此外也有极少数环片断裂、破碎等紊乱特征。

2.2 样本组成

体长和体重组成 本研究共采集452尾翘嘴鲈样本, 体长范围15.32—77.91 cm, 平均体长 (33.84 ± 8.292) cm; 体重范围43—5567 g, 平均体重 (504.65 ± 499.68) g。图1、图2分别为体长、体重的分布。

年龄结构 采集的翘嘴鲈样本由1—6龄组成, 年龄结构趋于低龄化。其中优势年龄组为3龄, 占标本总数的55.71%; 其次为2龄, 占34.76%。雌鱼性成熟初始年龄为3龄; 雄鱼性成熟初始年龄为2龄。

2.3 生长特性

体长与体重的关系 协方差分析(ANCOVA)结果显示, 体长与体重的关系在雌雄间差异不显著($F=1.214$, $P=0.32>0.05$), 因此未分离处理雌雄群体数据。

翘嘴鲈的体长与体重拟合关系式中, 乘幂为拟合度极显著的最佳函数方程, 方程为: $W=0.00002L^{2.9211}$ ($R^2=0.9143$, $n=452$); b 值接近3, 表明翘嘴鲈体长和体重的生长符合匀速生长特性(图3)。

体长与鳞径的关系及体长逆算 体长与鳞

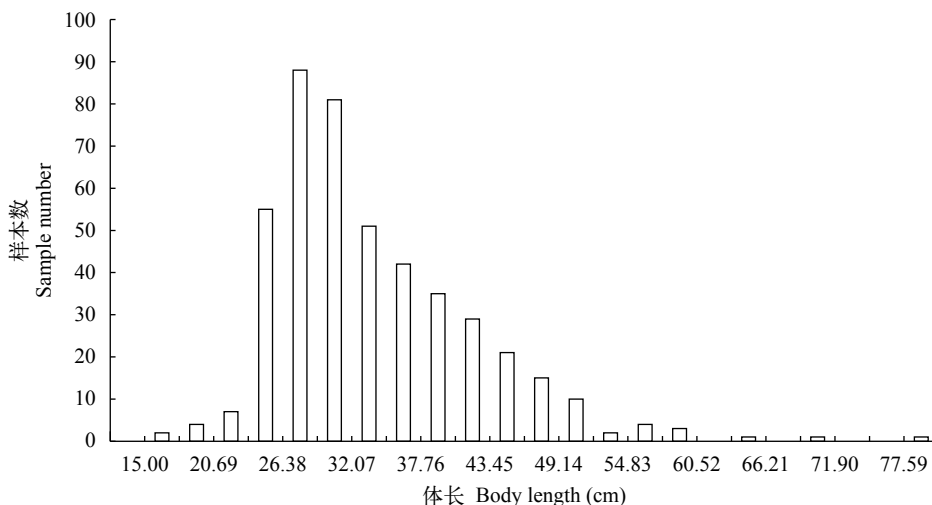


图1 翘嘴鲈体长的分布

Fig. 1 Distribution of body length in *Culter alburnus*

径所有拟合关系中, 直线方程相关系数最高, 其关系式为: $L=67.5R+14.613(R^2=0.9331, n=452)$ (图 4); 协方差分析结果显示, 体长与鳞径的关系在雌雄间差异不显著($F=0.009, P>0.05$), 因此在进行数据分析时未区分雌雄个体。根据鳞径逆算各年份体长(表 1)。配对样本的 t 检验结果显示, 各龄实测体长与对应逆算体长差异不显著($t=-0.174, P>0.05$)。

生长方程与生长参数 实测体长和体重方程的回归系数 b 值与 3 无显著差异, 表明淀山湖翘嘴鲈体长和体重的生长符合匀速生长的先决条件, 选用 von Bertalanffy 生长方程来拟合。通过 Beverton 法和 Ford 方程求得: $L_{\infty}=99.65 \text{ cm}$, $k=0.1357$, $t_0=$

-0.6287 ; 由体长和体重关系式求得 $W_{\infty}=11874.27 \text{ g}$ 。将上述参数代入 von Bertalanffy 生长方程, 得到翘嘴鲈体长和体重增长方程(图 5、图 6): $L_t=99.65[1-e^{-0.1357(t+0.6287)}]$; $W_t=11874.27[1-e^{-0.1357(t+0.6287)}]^{2.9211}$ 。

由图 5 可知, 体长生长曲线为一条不具拐点的渐进曲线, 先快后慢, 随年龄的增长逐渐平缓, 并趋于极限体长 99.65 cm。

由图 6 可知, 体重增长曲线为一条具拐点的近似 S 型的渐进曲线, 随年龄增加先慢再快后慢, 并趋于极限体重 11874.27 g。

生长速度与生长加速度 体长和体重增长方程都是积分曲线, 它们只能反映生长过程的总和,

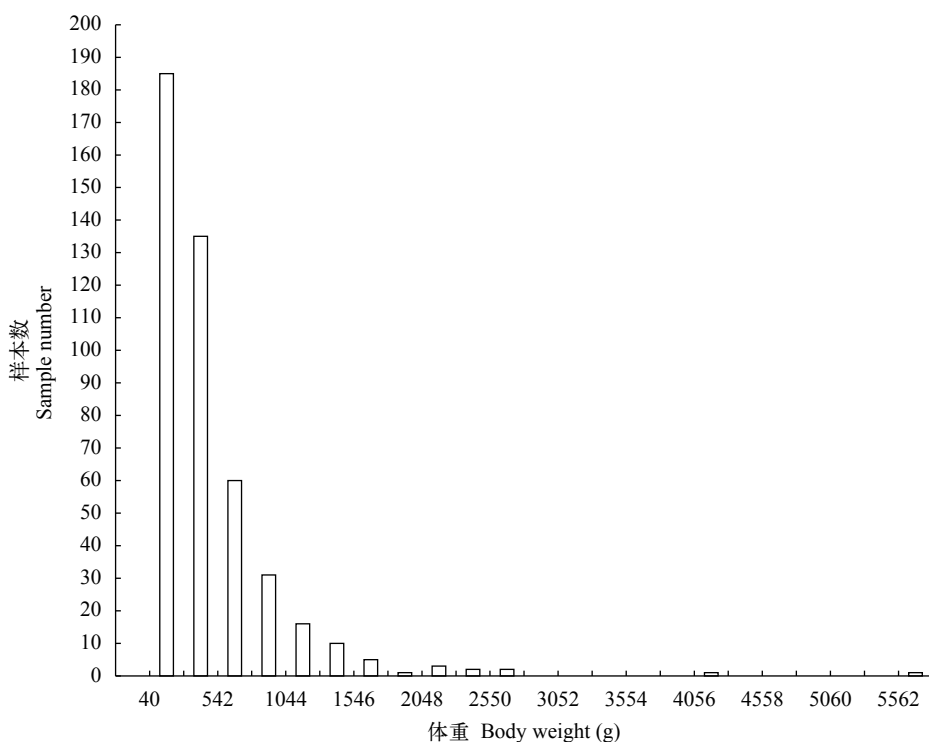


图 2 翘嘴鲈体重的分布

Fig. 2 Distribution of body weight in *Culter alburnus*

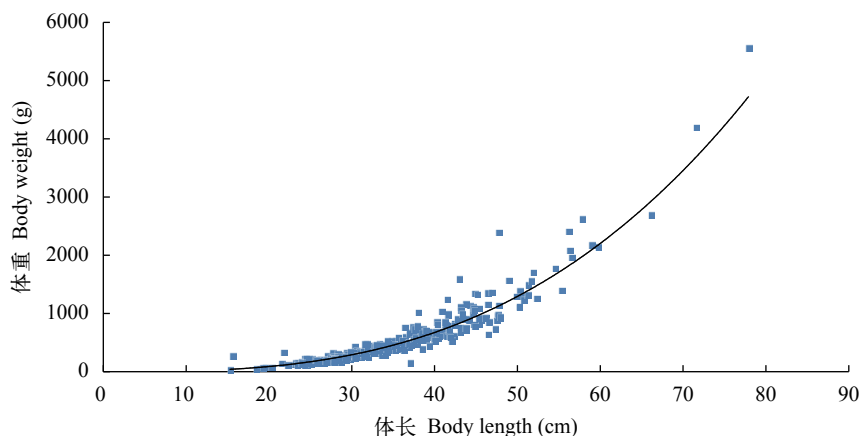


图 3 翘嘴鲈体长与体重的关系

Fig. 3 The relation between body length and body weight of *Culter alburnus*

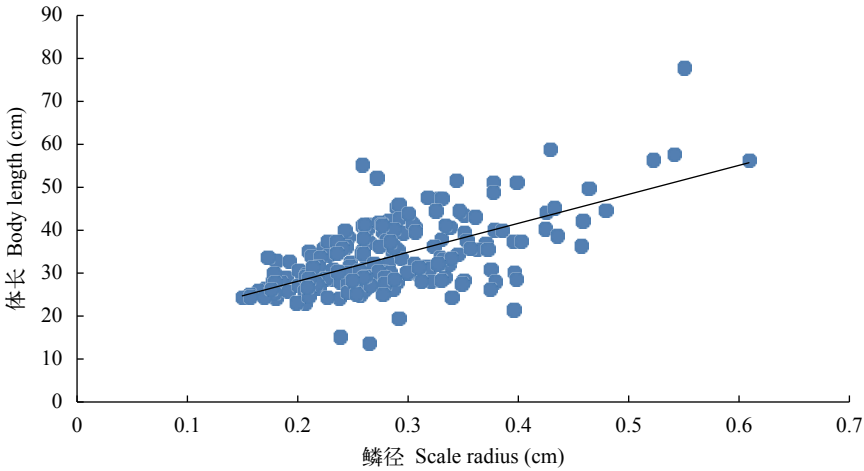


图 4 翘嘴鲈体长与鳞径的关系
Fig. 4 Regression linear for body length and scale radius of *Culter alburnus*

表 1 翘嘴鲈样本的逆算体长

Tab. 1 Back calculated body length of *Culter alburnus*

年龄Age	实测体长Body length (cm)	逆算体长Back calculated body length (cm)					
		L1	L2	L3	L4	L5	L6
1	21.62	22.5					
2	29.172	19.282	29.652				
3	35.98	16.37	25.96	34.32			
4	46.738	21.118	30.458	38.538	45.958		
5	55.91	25.17	34.76	42.55	49.67	56.6	
6	57.8	29.62	30.98	39.44	47.1	53.69	59.68
逆算体长加权平均值Weighed		22.302	30.362	38.712	47.576	55.145	
逆算体长年增长率Annual growth rate (%)			36.14	27.5	22.9	15.91	8.22

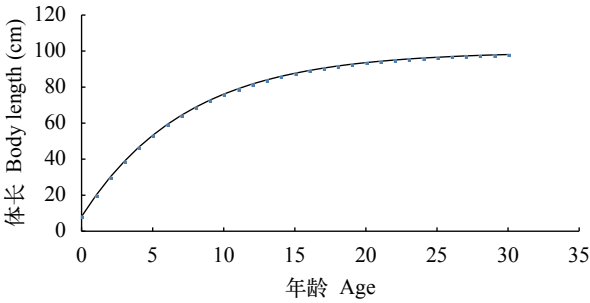


图 5 翘嘴鲈体长生长曲线
Fig. 5 The growth curve of body length of *Culter alburnus*

为了进一步研究鱼类整个生长过程变化特征, 分别对翘嘴鲈体长、体重增长方程一次微分、二次微分, 得生长速度和生长加速度方程:

体长生长速度: $dL/dt=13.52e^{-0.1357(t+0.6287)}$
体长生长加速度: $d^2L/dt^2=-1.83e^{-0.1357(t+0.6287)}$
体重增长速度: $dW/dt=4706.88e^{-0.1357(t+0.6287)}$
[$1-e^{-0.1357(t+0.6287)}$]^{1.9211}
体重增长加速度: $d^2W/dt^2=638.72e^{-0.1357(t+0.6287)}$
[$1-e^{-0.1357(t+0.6287)}$]^{0.9211} [$2.9211e^{-0.1357(t+0.6287)}-1$]

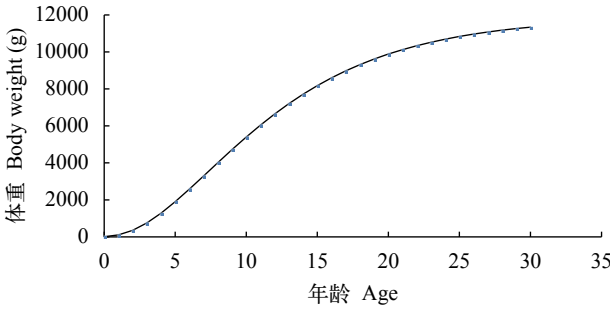


图 6 翘嘴鲈体重增长曲线
Fig. 6 The growth curve of body weight of *Culter alburnus*

淀山湖翘嘴鲈拐点年龄为: $t_i=t_0+\ln b/k=7.2711$, 对应体长 $L_i=65.54\text{cm}$ 、体重 $W_i=3491.79\text{g}$ 。体长的生长曲线见图 7 和图 8, 淀山湖翘嘴鲈的体长生长速度和加速度曲线不具拐点, 生长速度均为正值, 随年龄增加而递减, 递减趋势先快后慢逐渐趋于平缓, 最后趋近于零; 生长加速度均为负值, 表明翘嘴鲈体长生长速度为减速, 递减趋势先快后慢逐渐趋于平缓, 最后趋近于零。

由图 9 和图 10 可知, 翘嘴鲈的体重增长速度均

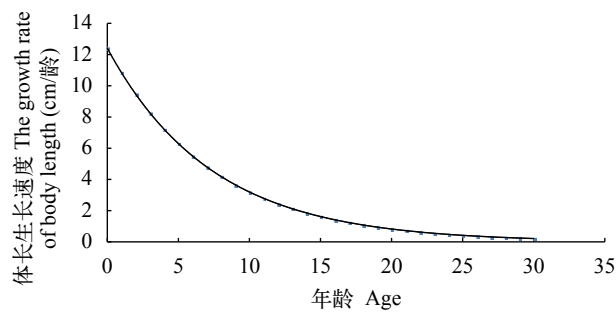


图 7 翘嘴鲈体长生长速度曲线
Fig. 7 The growth rate curve of body length of *Culter alburnus*

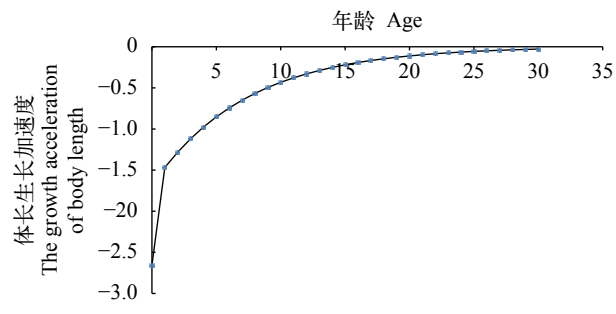


图 8 翘嘴鲈体长生长加速度曲线
Fig. 8 The growth acceleration curve of body length of *Culter alburnus*

为正值,具有1个拐点,体重加速度具有2个拐点。体重增长有一个变化过程。 $t < 7.2711$ 龄时,生长速度加快,但加快的速度逐渐下降;至 $t = 7.2711$ 拐点年龄时达到最大值,此时生长加速度为零;待 $t > 7.2711$ 体重增长速度和加速度随年龄增加逐渐下降,体重增长进入缓慢期,体重增长速度趋近于0。约13龄时体重增长加速度降至最低点,而后又逐渐上升,不过均为负值,表明随着体重增长速度进一步下降,其递减速度亦渐趋缓慢逐步接近渐进值。

生长指标 通过生长方程求出逆算体长,翘嘴鲈的年增长量及对应的生长指标见表2。

3 讨论

3.1 年龄鉴定材料的选取

在鲤形目鱼类中,常以微耳石、鳞片、胸鳍棘、脊椎骨等作为年龄鉴定的材料^[13-15]。在生长过程中,鱼类会在耳石、鳞片、鳃盖骨和脊椎骨等组织上形成规律较为明显的周期性轮纹,通常以此来鉴定其年龄^[16, 17]。不同钙化组织所显示的年轮轮纹清晰度及规律特征互有差异,对于鱼类年龄的解读能力也有所不同,因此选用合适的材料是提高鱼类年龄鉴定准确度的有效手段^[18]。与生物有机体生长方式相比,由于耳石沉积的持续性,加之存在于鱼的内耳,受到头部外骨骼的保护,其形态的

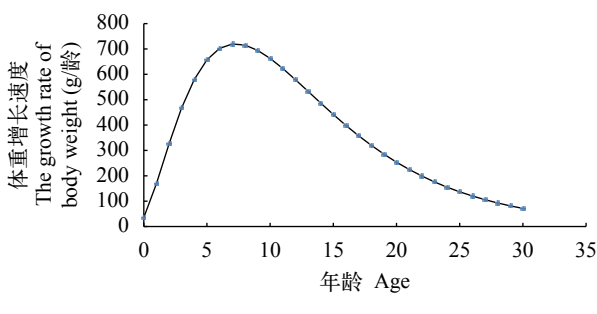


图 9 翘嘴鲈体重增长速度曲线
Fig. 9 The growth rate curve of body weight of *Culter alburnus*

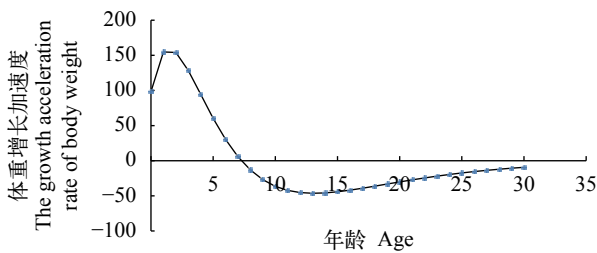


图 10 翘嘴鲈体重增长加速度曲线
Fig. 10 The growth acceleration curve of body weight of *Culter alburnus*

表 2 翘嘴鲈体长的生长指标

Tab. 2 Growth indexes of body length of *Culter alburnus*

年龄 Age	逆算体长 Back calculated body length (cm)	年增长 Annual growth (cm)	生长指标 Growth index
1	22.25		
2	29.652	7.402	6.39
3	34.32	4.668	4.335
4	45.958	11.638	10.021
5	56.6	10.642	9.587
6	59.68	3.08	2.976

完整性与生长的一致性能得到很好的保护而较优于其他的骨质材料,但材料在处理过程中存在较大磨损,给测量带来很大困难^[19, 20]。鳃盖骨轮纹比较密集难以区分,且对于高龄鱼而言,干扰纹偏多,容易造成误判,这一点贵州锦江翘嘴鲈^[12]的研究中有阐述。脊椎骨边缘轮纹的排列欠缺规律性,且首轮难以确认^[21]。国外研究认为选用鳞片鉴定低龄鱼类年龄可以有效避免因高龄个体导致的年轮忽略或误认为副轮而造成年龄鉴定的误差^[22]。鳞片鉴定鱼类年龄的准确性在高龄鱼上欠佳,原因在于高龄鱼受营养不足和水环境因素的影响,年轮被机体重吸收、鳞片生长明显慢于机体生长^[20]。而在低龄鱼上,鳞片是可靠的年龄鉴定材料,Horká等^[23]通过标记回捕方法分析已知年龄的鱼类,其鳞片鉴定低龄鱼年龄的结果与实际年龄吻合率很高。对于淀

山湖翘嘴鲈而言, 其年龄结构较为简单, 最高年龄个体为6龄, 适用于鳞片来检视淀山湖翘嘴鲈年龄。

3.2 翘嘴鲈的生长特性

鱼类的年龄结构与生长特性是开展鱼类种群动力学研究的基础, 是分析和评价种群变动趋势的重要依据之一^[24]。而鱼类的生长是同化和异化两种机制共同作用的过程, 研究鱼类的种群动力学, 需要具体量化即运用数学方程来描述鱼体的生长特性^[25], 常用模型包括von Bertalanffy、Gompertz、Logistic等, 如何选择最佳生长模型来描述鱼类的生长受到许多学者的重视。田志福等^[26]研究发现, von Bertalanffy揭示了鱼类的生长特性, 阐明了鱼类体长与体重随年龄变化而变化的内在规律, 较其他生长方程更适合描述鱼类生长。本研究在描述淀山湖翘嘴鲈的生长时发现, 淀山湖翘嘴鲈雌鱼和雄鱼体长、体重方程的指数 b 为2.9211, 与“3”无显著差异, 且雌、雄鱼的体长-体重回归方程及雌、雄鱼各龄体长和体重无显著差异, 体长-体重方程中指数值能反映鱼类在不同发育阶段和不同生境中的生长发育情况, 当值 b 等于3或接近3时, 体长与体重为匀速生长类型^[27]。满足von Bertalanffy生长方程的前提条件^[25]。因此, 使用von Bertalanffy生长方程预测分析了翘嘴鲈的生长变化趋势。

生长系数 k 能反映不同种群鱼类间生命周期的长短和生长速度, 是决定鱼类达到其渐近体长 L_{∞} 的速度曲率参数值, k 值为0.20—0.50的鱼类是快速生长种, 0.10—0.20是均匀生长种, 0.05—0.10是缓慢生长种^[28]。淀山湖翘嘴鲈 $k=0.1357$, 表明淀山湖翘嘴鲈属于均匀生长种, 与缓慢生长的黄石爬鮠^[27]和快速生长的拟尖头鲈^[22]形成鲜明的对比。分析原因, 可能是种质资源差异所致, 同时也受到饵料丰度、水质优劣等综合生境的影响。

淀山湖翘嘴鲈的生长拐点年龄 t_i (7.2711)远落后于性成熟初始年龄(雌鱼3龄, 雄鱼2龄), 这一点与徐家河水库翘嘴鲈^[11]一致, 属于性成熟后仍保持较快生长形势的类型, 具有较好的生长潜能。虽然个体的能量蓄积会占据较大比例的资源, 但在性成熟后继续保持快速生长对提高其绝对繁殖力, 在应对复杂的环境中维持物种延续是相当有利的^[29]。

3.3 淀山湖翘嘴鲈的资源保护及其利用

翘嘴鲈是淀山湖地理标志产品, 包括翘嘴鲈在内的鲈类是在湖区能够自然增殖的肉食性鱼类, 保持合理的翘嘴鲈数量, 可以将水体中消耗天然饵料而利用价值低的小杂鱼转化成经济价值高口感好的鱼蛋白, 这对于增加经济效益, 维持湖泊种间平衡具有十分重要的意义^[30]。但近年来, 伴随环境

的污染和捕捞强度的加大, 淀山湖翘嘴鲈资源呈现小型化低龄化状态。主要表现为:(1)翘嘴鲈渔获物主要以2—3龄个体为主, 而淀山湖翘嘴鲈雌性个体最小性成熟年龄为3龄, 雄性个体最小性成熟年龄为2龄。此时, 刚进入繁殖阶段的个体即被悉数捕捞, 使得种群繁殖能力大大削减;(2)淀山湖翘嘴鲈生长拐点年龄为7.2711龄, 对应的体长和体重分别为65.54 cm和3471.79 g, 而优势体长组25.1—42.5 cm, 优势体重组43—1000 g。这表明大量低龄个体被捕获。对此, 针对淀山湖翘嘴鲈资源的现状, 建议采取以下保护措施:(1)控制捕捞是保护鱼类资源的重要方法^[31]。淀山湖翘嘴鲈拐点年龄为7.2711龄, 即 $t < 7.2711$ 龄为体重迅速增加的阶段, 因此为保护淀山湖翘嘴鲈资源, 渔政执法部门应严格限定捕捞渔具的尺寸, 规范其最小起捕标准为7龄, 即体重至少为3471.79 g。严厉打击电鱼、炸鱼、毒鱼等违法捕捞方式, 保证亲鱼和幼鱼的正常繁殖和生长, 同时实施有计划的人工增殖放流活动, 尽快恢复淀山湖翘嘴鲈资源量。(2)应加强翘嘴鲈产卵场的生境保护, 设置禁渔期和禁渔区, 并进行有效的管理, 使鱼类的正常产卵活动不受到严重干扰。(3)全面贯彻生态保护优先原则, 切实保护好水生生物资源及其栖息环境。建议尽快在现有的自然产卵场开展生态修复工作, 通过设置人工鱼巢、生态浮床、水草移植等方式, 开展自然生境的保护和修复。

参考文献:

- [1] Jiang J J, Xu L X, Zhu G P, et al. Preliminary study on age and growth of north pacific albacore *Thunnus alalunga* [J]. *Marine Fisheries*, 2016, **38**(1): 1—8 [江建军, 许柳雄, 朱国平, 等. 北太平洋长鳍金枪鱼年龄与生长初步研究. 海洋渔业, 2016, **38**(1): 1—8]
- [2] Yin B Y, Dai Y G, Fan J Y, et al. Age structure and growth characteristics of *Pseudobagrus adiposalis* [J]. *Journal of Hydroecology*, 2017, **38**(1): 94—100 [尹邦一, 代应贵, 范家佑, 等. 长脂拟鲿年龄与生长研究. 水生态学杂志, 2017, **38**(1): 94—100]
- [3] Zhu Q G, Wang J, Yang S R, et al. Study on early growth characteristics of *Culter alburnus* in the Dongdong Reservoir area [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2015, **39**(5): 983—988 [朱其广, 王健, 杨少荣, 等. 三峡库区木洞江段翘嘴鲈早期生长特征研究. 水生生物学报, 2015, **39**(5): 983—988]
- [4] Peng Y H, Zhou X W. Present situation and protection countermeasures of *Culter alburnus* resources in the fisheries and aquatic resources reserve in the West Section [J]. *Environmental Resources*, 2016, **4**(8): 24—25 [彭英海, 周先文. 酉水湘西段水产种质资源保护区翘嘴鲈资源

- 现状及保护对策. 环境资源, 2016, 4(8): 24—25]
- [5] Zhang G Q, Zhou L, Zhang Y L, *et al.* Comparison of growth performance of three breeding populations of *Culter alburnus* [J]. *Fisheries Science and Technology Information*, 2016, 43(5): 240—243 [张国奇, 周陆, 张友良, 等. 翘嘴鲌3个育种群体的生长性能比较. 水产科技情报, 2016, 43(5): 240—243]
- [6] Han Y, Chen X T, Wang K, *et al.* Cloning and expression of H-FABP gene in tissues of *Culter alburnus* in Xingkai Lake [J]. *Journal of Dalian Ocean University*, 2015, 30(2): 120—124 [韩英, 陈晓婷, 王琨, 等. 兴凯湖翘嘴鲌H-FABP基因的克隆及组织表达分析. 大连海洋大学学报, 2015, 30(2): 120—124]
- [7] Wang W, Chen L, Yang P, *et al.* Assessing genetic diversity of populations of *topmouth culter* (*Culter alburnus*) in china using AFLP markers [J]. *Biochemical Systematics and Ecology*, 2007, 35(10): 662—669
- [8] Liu Y L, Jia Y Y, Jiang W P, *et al.* Study on morphological characteristics and embryonic development of the gynogenesis top mouth culter (*Culter alburnus*) [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2017, 26(2): 203—211 [刘月亮, 贾永义, 蒋文枰, 等. 雌核发育翘嘴鲌胚胎发育和形态特征的研究. 上海海洋大学学报, 2017, 26(2): 203—211]
- [9] Li Q, Gu Z M, Jia Y Y, *et al.* Analysis of genetic characteristics of two successive generation meiosis gynogenetic population in *Erythroculter ilishaeformis* Bleeker [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2015, 24(1): 1—11 [李倩, 顾志敏, 贾永义, 等. 翘嘴鲌连续两代减数分裂雌核发育群体的遗传特征分析. 上海海洋大学学报, 2015, 24(1): 1—11]
- [10] Zhang Y P, Wu B, Fang C L, *et al.* Estimation of biological parameters of *Culter alburnus* in Poyang Lake and the Yangtze River [J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2015, 36(5): 26—30 [张燕萍, 吴斌, 方春林, 等. 鄱阳湖通江水道翘嘴鲌的生物学参数估算. 渔业科学进展, 2015, 36(5): 26—30]
- [11] Qin L. Study on the age, growth, and reproductive biology of *Culter alburnus* in Xujiahe reservoir [D]. Huazhong Agricultural University. 2009 [覃亮. 徐家河水库翘嘴鲌年龄与生长和繁殖生物学研究. 华中农业大学, 2009]
- [12] Li Z L, Liang Z Q, Yang J, *et al.* Age, growth, and resources exploitation of *Culter alburnus* in Jin jiang River of Guizhou [J]. *Freshwater Fisheries*, 2017, 47(1): 42—48 [李忠利, 梁正其, 杨军, 等. 贵州锦江翘嘴鲌的年龄、生长和资源利用研究. 淡水渔业, 2017, 47(1): 42—48]
- [13] Zhao B L, Li D M, Zou G Z, *et al.* Age and growth of silver carp and bighead carp in red flag [J]. *Heilongjiang Reservoir*, 1999, 2: 21—25 [赵宝林, 李德明, 邹桂芝, 等. 红旗泡水库鲢鳙鱼的年龄与生长. 黑龙江水产, 1999, 2: 21—25]
- [14] Shen D Z. Study on age, growth and fecundity of *Schizopygopsis malacanthus baoxingensis* and the fish diversity in the east and west rivers in baoxing county [D]. Sichuan: Sichuan University. 2007 [沈丹舟. 宝兴裸裂尻鱼的年龄、生长和繁殖力研究及宝兴东、西河鱼类多样性. 四川: 四川大学. 2007]
- [15] Xun M H. Research on age structure and species diversity of major economic fish in Xingkai Lake [D]. Northeast Forestry University. 2009 [寻明华. 兴凯湖主要经济鱼类年龄结构与物种多样性研究. 东北林业大学. 2009]
- [16] Gao C X, Dai X J, Wu F, *et al.* A preliminary study on age and growth of the blue shark (*Prionace glauca*) in the North Atlantic Ocean [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2013, 22(1): 120—127 [高春霞, 戴小杰, 吴峰, 等. 北大西洋大青鲨年龄和生长初步研究. 上海海洋大学学报, 2013, 22(1): 120—127]
- [17] Liu B L, Lin J Y, Chen X J, *et al.* Beak microstructure and validation of growth increments of neon flying squid in the northwest pacific ocean [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2016, 47(4): 821—827 [刘必林, 林静远, 陈新军, 等. 西北太平洋柔鱼角质颚微结构及其生长纹周期性研究. 海洋与湖沼, 2016, 47(4): 821—827]
- [18] Campana S E. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods [J]. *Journal of Fish Biology*, 2001, 59(2): 197—242
- [19] Zhang F X, Zhang X M, Li W T, *et al.* Age composition, growth, and fecundity of *Sebastes hubbsi* in Jiaozhou Bay, Qingdao [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2016, 23(3): 630—640 [张凤侠, 张秀梅, 李文涛, 等. 青岛胶州湾髯平鲷年龄、生长和种群繁殖力. 中国水产科学, 2016, 23(3): 630—640]
- [20] Li Z L, Hu S Y, Chen Y X, *et al.* Age Structure and growth characteristics of *Schizothorax kozlori* in the Upper Wujiang River [J]. *Journal of Hydroecology*, 2015, 36(2): 75—80 [李忠利, 胡思玉, 陈永祥, 等. 乌江上游四川裂腹鱼的年龄结构与生长特性. 水生态学杂志, 2015, 36(2): 75—80]
- [21] Liu C J, Zhang Z M, Ma X F, *et al.* Comparative study of age determination and growth characteristics for *Carassius auratus gibelio* in the Irtysh River, Xinjiang [J]. *Journal of Hydroecology*, 2015, 36(6): 51—58 [刘成杰, 张志明, 马徐发, 等. 新疆额尔齐斯河银鲫年龄鉴定比较与生长特征研究. 水生态学杂志, 2015, 36(6): 51—58]
- [22] Duan P X, Yang Z, Tang H Y, *et al.* Study on age, growth, reproduction and the status of resource development of culter oxycephaloides (kreyenberg et pappenheim) in the Xiao River [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2015, 39(4): 695—704 [段鹏翔, 杨志, 唐会元, 等. 小江拟尖头鲌的年龄、生长、繁殖及其资源开发状况研究. 水生生物学报, 2015, 39(4): 695—704]
- [23] Horká P, Ibbotson A, Jones J I, *et al.* Validation of scale-

- age determination in European grayling *Thymallus thymallus* using tag-recapture analysis [J]. *Journal of Fish Biology*, 2010, **77**(1): 153—161
- [24] Uçkun D, Taskavak E, Toğulga M. A preliminary study on otolith-total length relationship of the Common Hake (*Merluccius merluccius* L, 1758) in İzmir Bay, Aegean Sea [J]. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 2006, **9**(9): 1720—1725
- [25] Yan Y R, Hou G, Lu H S, *et al.* Age and growth of pawak croaker *Pennahia pawak* in Beibu Gulf [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2011, **18**(1): 145—155 [颜云榕, 侯刚, 卢伙胜, 等. 北部湾斑鳍白姑鱼的年龄与生长. 中国水产科学, 2011, **18**(1): 145—155]
- [26] Tian Z F. Study on the age, growth and population protection of *Mystus pluriradiatus* in Yuanjiang River [D]. Huazhong Agricultural University. 2010 [田志福. 元江水系越鳊的年龄、生长与种群保护研究. 华中农业大学. 2010]
- [27] Wang Y M, Cao M, Xie B W, *et al.* Age and growth of *Euchiloglanis kishinouyei* in Dadu River [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2016, **51**(2): 228—240 [王永明, 曹敏, 谢碧文, 等. 大渡河流域黄石爬鮠的年龄与生长. 动物学杂志, 2016, **51**(2): 228—240]
- [28] Branstetter S. Age and growth estimates for blacktip, *Carcharhinus limbatus*, and spinner, *C. brevipinna*, sharks from the northwestern Gulf of Mexico [J]. *Copeia*, 1987, (4): 964—974
- [29] Xie X J, Long T C, Cao Z D, *et al.* Study on the composition and growth in the reproductive population of *Silurus meridionalis* [J]. *Journal of Southwest China North University (Natural Science)*, 1994, **19**(1): 71—78 [谢小军, 龙天澄, 曹振东, 等. 南方鲇的繁殖群体的结构及生长. 西南师范大学学报: 自然科学版, 1994, **19**(1): 71—78]
- [30] Hu H Y, Di Y, Zhao Y F, *et al.* Comparative study on the morphological characteristics of four species of Culter and Culterichthys in Lihu Lake [J]. *Journal of Yunnan Agricultural University*, 2011, **26**(4): 488—494 [胡海彦, 狄瑜, 赵永锋, 等. 蠡湖4种鲈鱼形态特征的比较研究. 云南农业大学学报(自然科学版), 2011, **26**(4): 488—494]
- [31] Cao W X. Several problems of fish resource protection in the Yangtze River Valley [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2008, **17**(2): 163—164 [曹文宣. 有关长江流域鱼类资源保护的几个问题. 长江流域资源与环境, 2008, **17**(2): 163—164]

AGE STRUCTURE AND GROWTH CHARACTERISTICS OF *CULTER ALBURNUS* FROM DIANSHAN LAKE

LÜ Da-Wei¹, ZHOU Yan-Feng², GE You², WANG Chen-He² and YOU Yang^{1,2}

(1. Wuxi Fishery College of Nanjing Agricultural University, Wuxi 214081, China; 2. Key Laboratory of Freshwater Fisheries and Utilization of Germplasm Resources of Ministry of Agriculture, Freshwater Fisheries Research Center (FFRC), Chinese Academy of Fishery Sciences (CAFS), Wuxi 214081, China)

Abstract: Age structure and growth characteristics of *Culter alburnus* provide a theoretical basis for the artificial reproduction, sexual maturity age, survival rate to optimize the structure of fish stocks, the scientific use of its germplasm resources and to provide reference resource utilization and conservation of the species. To study the relationship between age structure and growth characteristics, a total of 452 *Culter alburnus* individuals were collected in the Dianshan Lake from May 2016 to July 2017. The results showed that the body length of *Culter alburnus* ranged from 15.32 to 77.91 cm, and that body weight ranged from 43 to 5567 g. There were no significant differences in body length and body weight between female and male ($P>0.05$). The relationship between body weight and body length was described by the linear equation: $W=0.00002L^{2.9211}$ ($R^2=0.9143$, $n=452$), which is consistent with uniform growth characteristics. The growth pattern of *Culter alburnus* was described by the von Bertalanffy equation as $L_t=99.65[1-e^{-0.1357(t+0.6287)}]$, $W_t=11874.27[1-e^{-0.1357(t+0.6287)}]^{2.9211}$, selection of scale identification age, measurement scale radius. The age of the fish ranged from one to six years with dominated ones with three year-old (55.71%), which revealed a growth trend of youth and miniaturization. The inflection point of the growth curve occurred at 7.2711 years with a body length of 65.54 cm and weight of 3471.79 g.

Key words: Dianshan Lake; *Culter alburnus*; Age structure; Growth characteristics