

李大命,唐晟凯,刘燕山,等. 太湖鲢、鳙种群生长特征及起捕规格[J]. 江苏农业科学,2021,49(6):134-139.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.06.023

太湖鲢、鳙种群生长特征及起捕规格

李大命¹, 唐晟凯¹, 刘燕山¹, 周志军², 谷先坤¹, 殷稼雯¹, 刘 洋¹,
何浩然¹, 沈冬冬¹, 朱 凇¹, 李春宁¹, 张彤晴¹

(1. 江苏省淡水水产研究所/江苏省内陆水域渔业资源重点实验室, 江苏南京 210017;

2. 江苏省太湖渔业管理委员会办公室, 江苏常州 213161)

摘要:2019 年 7—11 月在太湖采集了 126 尾鲢、153 尾鳙样本, 研究鲢、鳙年龄组成及生长特征。结果显示, 鲢由 0⁺ ~ 5⁺ 龄共 6 个年龄段组成, 其中 0⁺ ~ 3⁺ 龄的低龄组占据明显优势, 种群数量占比为 81.0%。鳙由 1⁺ ~ 8⁺ 龄共 8 个年龄段组成, 其中 1⁺ ~ 3⁺ 龄的低龄组占据明显优势, 种群数量占比为 84.3%。鲢、鳙的体长与体质量符合幂指数关系, 方程式分别为 $m = 0.011L^{3.149}$ 和 $m = 0.0273L^{2.9412}$ 。鲢、鳙的生长规律可用 von Bertalanffy 生长方程表示, 鲢的生长方程为 $L_t = 97.55[1 - e^{-0.2052(t+0.4577)}]$ 和 $m_t = 20203.64[1 - e^{-0.2052(t+0.4577)}]^{3.149}$, 鳙的生长方程为 $L_t = 108.48[1 - e^{-0.16(t+1.008)}]$ 和 $m_t = 26456.54[1 - e^{-0.16(t+1.008)}]^{2.9412}$ 。根据鲢、鳙的生长方程计算出生长速度和生长加速度方程, 并得出鲢、鳙生长拐点分别为 5.13、5.73 龄。综合考虑鲢、鳙的生长特征、生态作用及市场需求, 建议选择 5⁺ 龄作为太湖鲢、鳙的起捕年龄。研究结果为太湖鲢、鳙资源科学保护和合理利用及太湖生态环境修复提供重要参考依据。

关键词:太湖; 鲢; 鳙; 年龄; 生长特征; 捕捞规格

中图分类号: S932.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)06-0134-06

鲢和鳙分别属于鲤形目鲤科鲢亚科鲢属和鳙属, 广泛分布于我国各大江河及其附属湖泊, 也是我国常见的经济鱼类^[1]。鲢、鳙均为滤食性鱼类, 在水生态系统中具有重要的生态作用, 能够有效降低水体富营养化水平和控制蓝藻水华发生^[2], 因此成为我国鱼类增殖放流的主要对象^[3-4]。多年来, 受过度捕捞、水域环境污染及水利工程建设等不利因素的影响, 我国天然渔业资源量急剧下降, 鱼类种群组成低龄化、小型化现象严重, 渔业资源的可持续发展利用受到严重威胁^[5]。鱼类年龄和生长的研究是鱼类生态学的基本内容之一, 也是评价天然水域鱼类资源变化趋势的依据, 同时可以为渔业资源保护及合理利用提供重要参考。

太湖位于江苏省常州市境内, 是太湖流域的第二大淡水湖泊, 面积约为 164 km², 平均水深

1.17 m, 兼具蓄水灌溉、交通运输、观光游览、饮用水源地、渔业增殖等多种功能^[6]。多年来, 由于太湖周边工农业发展和人口增加, 太湖生态环境发生显著变化, 目前太湖已成为高度富营养化的藻型湖泊^[7-9]。同时, 太湖渔业生产面临资源量减少、群落结构改变、种群组成趋于小型化、低龄化等多种问题^[10-11]。为了增加太湖渔业资源量并修复太湖生态环境, 江苏省太湖渔业管理委员会办公室在太湖开展了大规模的鱼类增殖放流活动, 放流种类以鲢、鳙为主。已有文献对太湖鲢、鳙的增殖放流效果进行了初步研究^[6], 但对于太湖鲢、鳙种群的年龄结构及生长特征尚未见报道。

本试验采集太湖鲢、鳙样本, 研究其种群年龄结构和生长特征, 探讨太湖鲢、鳙适宜的捕捞年龄和捕捞量, 以期科学管理和合理利用太湖鲢、鳙资源, 充分发挥鲢、鳙生态作用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 样本采集

在太湖设置 4 个采样点, 其中 2 个采样点分别为太湖鲢类国家级水产种质资源保护区和太湖国家级水产种质资源保护区内, 另外 2 个采样点分别

收稿日期: 2020-07-03

基金项目: 江苏省级农业项目——淡水渔业资源监测(编号: 2019-SJ-018-2)。

作者简介: 李大命(1981—), 男, 河南驻马店人, 博士, 副研究员, 主要从事渔业资源与环境研究。Email: ldm8212@126.com。

通信作者: 张彤晴, 硕士, 研究员, 主要从事渔业资源研究。Email: zhtq3@126.com。

位于水产种质资源保护区外。于 2019 年 7—11 月逐月进行渔业资源调查,每个采样点放置 3 条多目刺网,时间为 12 h。共采集溇湖鲢 126 尾、鳙 153 尾。当场测量每尾鲢、鳙的体长(精确到 0.1 cm)和体质量(精确到 0.1 g)。

1.2 鳞片处理及年龄鉴定

采集每尾鱼样本的鳞片 5~10 枚。鳞片采自背鳍下方、侧线上方处。根据文献[12]中的方法对鳞片进行处理和观察:鳞片用 4% NaOH 溶液浸泡 12 h,用牙刷清除表面黏液和结缔组织,用清水洗净,用滤纸吸干水,将鳞片夹在 2 片载玻片中,置于解剖镜下观察年轮特征。

1.3 数据处理与分析

体长和体质量的关系用幂指数关系式拟合。年龄和生长的关系采用 von Bertalanffy 方程拟合,生长比速、生长常数和生长指标的计算具体方法参考文献[13]。数据分析和作图均采用 Microsoft Excel

软件处理。

2 结果与分析

2.1 鲢、鳙种群年龄组成

通过对溇湖鲢、鳙的鳞片年龄进行鉴定,获得鲢、鳙种群的年龄组成。由表 1 可知,溇湖鲢种群由 6 个年龄组组成,各个年龄组的种群数量有较大差异,其中 1⁺ 龄种群的数量最多,占比为 27.1%,0⁺~3⁺ 龄种群的数量占比为 80.9%,种群组成呈现出明显的低龄化特征。随着年龄增加,鲢的体长和体质量年相对增长率呈逐渐下降趋势。

溇湖鳙种群由 8 个年龄组组成,各个年龄组的种群数量分布不均,其中 1⁺ 龄种群的数量最多,占比为 43.7%,1⁺~3⁺ 龄种群的数量占比为 84.3%,种群组成也呈现出明显的低龄化特征。随着年龄的增加,鳙的体长年相对增长率呈下降趋势,而体质量年相对增长率呈现波动性。

表 1 溇湖鲢、鳙种群的年龄组成

种群	年龄	数量占比 (%)	平均体长 (cm)	平均体质量 (g)	体长 年相对增长率 (%)	体质量 年相对增长率 (%)
鲢	0 ⁺	7.9	21.6±4.8	175.2±20.1	—	—
	1 ⁺	27.1	34.7±5.6	747.1±111.5	60.6	326.4
	2 ⁺	23.8	45.7±6.7	1 843.3±224.0	31.7	146.7
	3 ⁺	22.2	57.5±7.1	3 764.2±519.5	25.8	104.2
	4 ⁺	9.5	67.5±6.2	6 130.0±325.3	17.4	62.9
	5 ⁺	9.5	75.6±4.3	8 133.3±533.2	12.0	32.7
鳙	1 ⁺	43.7	33.90±5.1	893.7±21.5	—	—
	2 ⁺	24.1	42.54±6.4	1 842.0±103.8	25.5	106.1
	3 ⁺	16.5	51.16±3.8	2 954.4±220.5	20.3	60.4
	4 ⁺	8.9	58.35±6.8	3 750.0±115.6	14.1	26.9
	5 ⁺	2.5	68.26±6.2	7 154.5±320.8	17.0	90.8
	6 ⁺	1.8	75.35±3.9	9 775.0±445.6	10.4	36.6
	7 ⁺	1.2	79.60±4.4	11 675.9±514.8	5.6	19.4
	8 ⁺	1.3	82.25±5.3	13 325.0±322.5	3.3	14.1

2.2 鲢、鳙体长和体质量的关系

溇湖鲢的体长范围为 15.6~81.0 cm,平均体长为 52.5 cm。鲢体质量范围为 64.8~11 000.0 g,平均体质量为 3 887.5 g;溇湖鳙的体长为 27.6~97.0 cm,平均体长为 44.5 cm。鳙体质量为 415.4~21 500.0 g,平均体质量为 2 789.0 g。

由图 1、图 2 可知,鲢、鳙的体长(L)与体质量(m)的关系式分别为: $m=0.011L^{3.149}$ ($r^2=0.963\ 6$, $n=126$)、 $m=0.027\ 3L^{2.941\ 2}$ ($r^2=0.974\ 3$, $n=153$),

具有幂函数相关关系,幂指数分别为 3.149、2.941 2,均接近于 3,表明鲢、鳙属于均匀生长特征,可使用 von Bertalanffy 方程来描述其生长情况。

2.3 von Bertalanffy 生长方程和生长参数

利用体长、体质量的数据,计算出 von Bertalanffy 方程中的渐进体长(L_{∞})、渐进提质量(m_{∞})、生长系数(k)、理论生长起点年龄(t_0)、生长年龄(t)等参数,其中鲢的 $L_{\infty}=97.55$ 、 $m_{\infty}=20\ 203.64$ 、 $k=0.205\ 2$ 、 $t_0=-0.457\ 7$,获得鲢的体

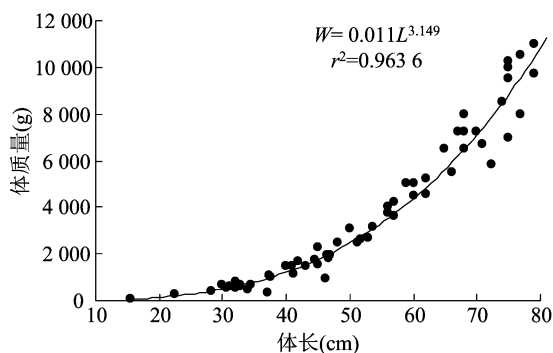


图1 鲢体长与体质量的关系

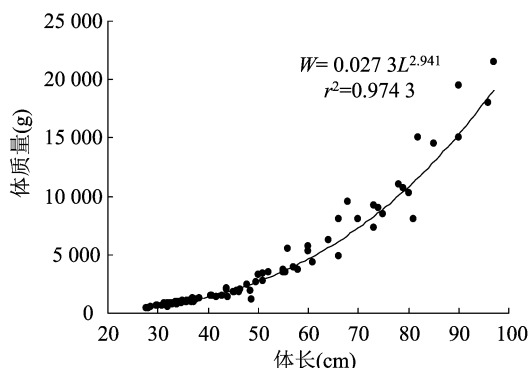


图2 鳙体长与体质量的关系

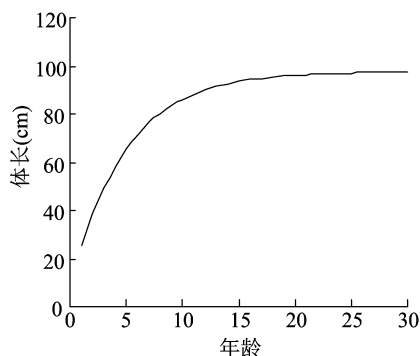


图3 鲢体长的生长曲线

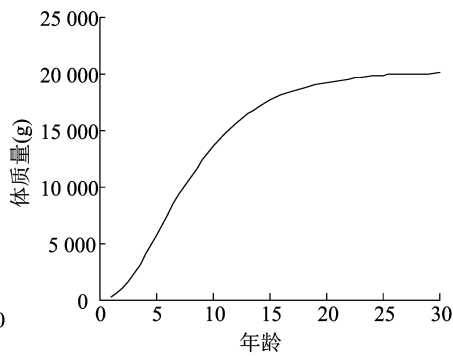


图4 鲢体质量的生长曲线

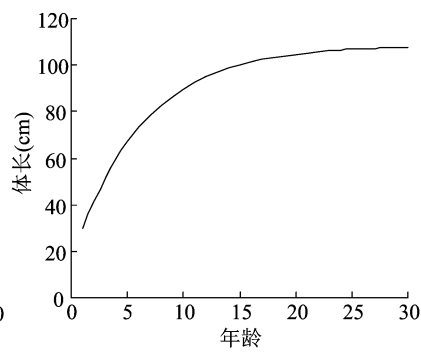


图5 鳙体长的生长曲线

$e^{-0.16(t+1.008)}$, 体长生长加速度方程分别为 $d^2L_t/dt^2 = -4.108 \times e^{-0.2052(t+0.4577)}$ 和 $d^2L_t/dt^2 = -2.79e^{-0.16(t+1.008)}$; 鲢、鳙的体质量生长速度方程分别为 $dm_t/dt = 13\,055.08 \times e^{-0.2052(t+0.4577)} \times [1 - e^{-0.2052(t+0.4577)}]^{2.149}$ 和 $dm_t/dt = 12\,422.34e^{-0.16(t+1.008)} [1 - e^{-0.16(t+1.008)}]^{1.9412}$; 体质量生长加速度方程分别为 $d^2m_t/dt^2 = 2\,678.9 \times e^{-0.2052(t+0.4577)} \times [1 - e^{-0.2052(t+0.4577)}]^{1.149} \times [3.149 \times e^{-0.2052(t+0.4577)} - 1]$ 和 $d^2m_t/dt^2 = 627.71e^{-0.16(t+1.008)} \times [1 - e^{-0.16(t+1.008)}]^{0.9412} \times [2.9412 \times e^{-0.16(t+1.008)} - 1]$ 。

根据鲢、鳙的生长速度和加速度方程, 绘制方程曲线, 结果见图 7 至图 14。可以得出, 鲢和鳙的

长与体质量生长方程: $L_t = 97.55 [1 - e^{-0.2052(t+0.4577)}]$, $m_t = 20\,203.64 [1 - e^{-0.2052(t+0.4577)}]^{3.149}$ 。依据生长方程, 计算出鲢各年龄组的理论体长和体质量, 并绘制出生长曲线, 结果见图 3、图 4。

鳙的 $L_\infty = 109.48$ 、 $m_\infty = 26\,456.54$ 、 $k = 0.16$ 、 $t_0 = -1.008$, 获得鳙的体长与体质量生长方程:

$L_t = 108.48 [1 - e^{-0.16(t+1.008)}]$, $m_t = 26\,456.54 [1 - e^{-0.16(t+1.008)}]^{2.9412}$ 。依据生长方程, 计算出鳙各年龄组的理论体长和体质量, 并绘制出生长曲线, 结果见图 5、图 6。

鲢和鳙的体长生长曲线为一条不具拐点、接近渐近线的曲线。鲢和鳙的体质量生长曲线为一条不对称、具有拐点的“S”形渐近曲线。

2.4 鲢、鳙的生长速度和加速度

将湖泊鲢、鳙的生长方程对年龄分别求一阶和二阶导数, 得到鲢、鳙的体长、体质量生长速度和加速度方程, 其中鲢、鳙的体长生长速度方程分别为 $dL_t/dt = 20.017 \times e^{-0.2052(t+0.4577)}$ 和 $dL_t/dt = 17.48 \times$

体长生长速度随年龄的增长而递减, 并逐渐趋近于 0 (图 7、图 11), 体长生长加速度始终小于 0 (图 8、图 12), 且随年龄增长逐渐上升, 表明生长加速度的递减速度趋于缓慢; 鲢、鳙的体质量生长速度与加速度曲线均具有 1 个生长拐点 (图 9、图 10、图 13、图 14), 拐点年龄分别为 5.13、5.73 龄。在拐点年龄前, 鲢和鳙的生长速度呈逐渐升高趋势, 而体质量生长加速度呈逐渐下降趋势, 但为正值, 表明拐点年龄前是体质量生长递增阶段, 尽管递增速度渐趋缓慢。当鲢和鳙的生长达到拐点年龄时, 体质量生长速度达到最大值, 体质量生长加速度为 0, 表明鲢和鳙的生长速度达到最大值, 体质量生长加速度的递增阶段结束。随着年龄的进一步增长, 体质量

生长速度和加速度均呈下降趋势,且生长加速度为负值,表明体质量生长处于递减阶段。当鲢年龄约为 9 龄、鳊年龄约为 11 龄时,体质量生长加速度降

至最低点,之后又开始升高,说明随着体质量生长速度进一步下降,其递减速度亦渐趋变缓,鲢、鳊开始进入衰老期阶段。

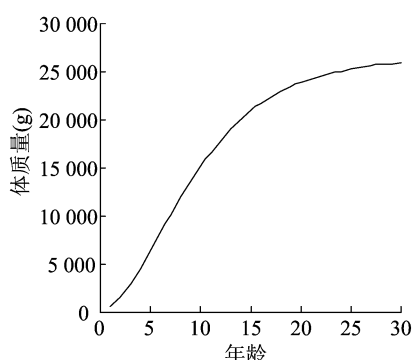


图6 鳊体质量的生长曲线

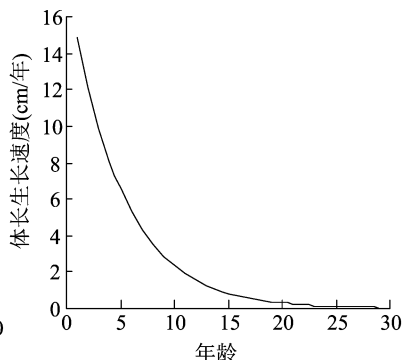


图7 鲢的体长生长速度

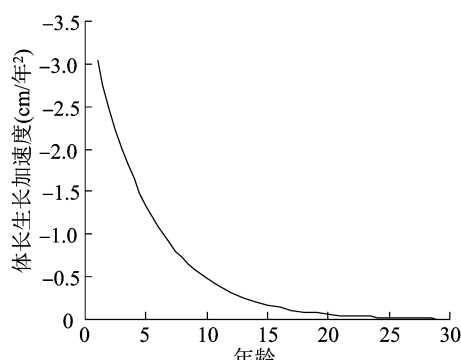


图8 鲢的体长生长加速度

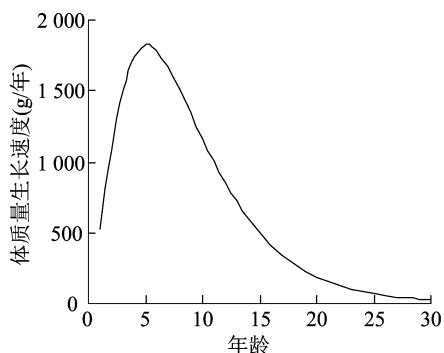


图9 鲢的体质量生长速度

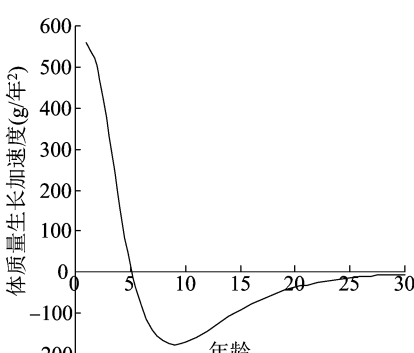


图10 鲢的体质量生长加速度

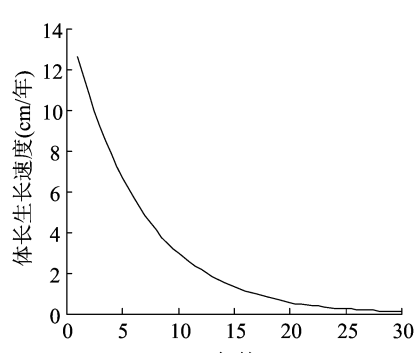


图11 鳊的体长生长速度

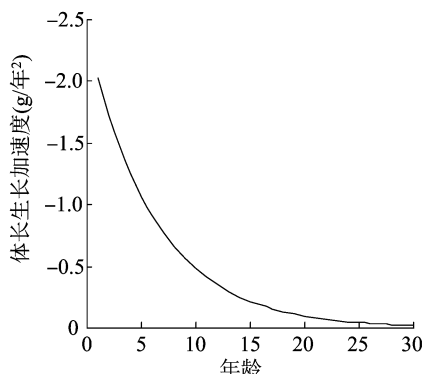


图12 鳊的体长生长加速度

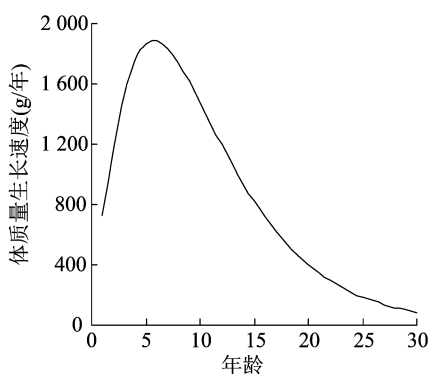


图13 鳊的体质量生长速度

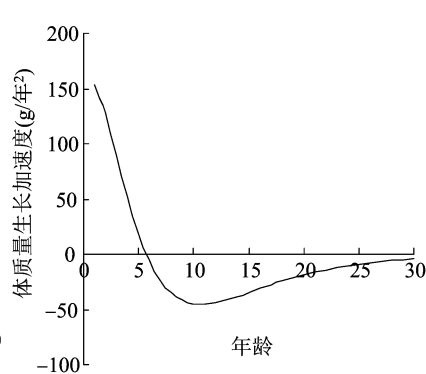


图14 鳊的体质量生长加速度

2.5 鲢、鳊的生长拐点及适宜捕捞量

本研究中,鲢、鳊的拐点年龄分别为 5.13、5.73 龄,与拐点年龄相对应的鲢体长为 66.6 cm,体质量为 6.1 kg,鳊体长为 71.6 cm,体质量为 7.8 kg。一般来说,拐点年龄是鱼类生长由快到慢的转折点,是确定起捕规格的重要依据。

研究表明,鲢、鳊超过 5 龄后,其生长速度会变慢,因此选择 5 龄作为太湖鲢、鳊的起捕捞年龄。2019 年太湖鲢的资源量约为 557.2 t,鲢 5 龄及以上种群的质量占比为 34.4%,由此推算太湖鲢的

适宜捕捞量约为 191.7 t;2019 年太湖鳊的资源量约为 380.1 t,鳊 5 龄及以上种群的质量占比为 42.5%,由此推算太湖鳊的适宜捕捞量约为 161.5 t。

3 讨论与结论

3.1 太湖鲢、鳊年龄鉴定和年龄组成

用于鱼类年龄鉴定的材料有鳞片、耳石、鳍条、匙骨、脊椎骨、鳃盖骨、舌骨等,不同鱼类最理想的鱼类鉴定材料不同,应根据鱼类种类的不同,选择合适的材料用于鱼类年龄鉴定^[14-16]。鳞片是常用

的年龄鉴定材料,与其他的年龄鉴定材料相比,鳞片取材方便,处理过程简单,不需要特殊加工,且鳞片年轮标志明显,易于观察,是鲢、鳙年龄鉴定的常选材料^[12,17-19]。本研究选择鳞片作为鲢、鳙年龄的鉴定材料,获得了鲢、鳙种群的年龄组成。

本研究结果表明,溧湖鲢种群由 0⁺~5⁺龄共 6 个年龄段构成,其中低龄组 1⁺、2⁺和 3⁺龄的种群数量较多,3⁺及 3⁺龄以下种群数量占比为 80.9%;溧湖鳙种群由 1⁺~8⁺龄共 8 个年龄段构成,其中 1⁺龄组种群数量占比最高,为 43.7%,7⁺和 8⁺龄组种群数量占比最低,均为 1.3%,3⁺及 3⁺龄以下种群数量占比为 84.3%。由此可以得出,溧湖鲢、鳙种群组成呈明显的低龄化、小型化现象,这与文献报道的溧湖鲢、鳙种群的年龄结构^[11]相似。推测导致这种现象出现的原因主要有 2 个方面:一方面,溧湖鲢、鳙种群不能自我繁殖,资源主要来源于人工增殖放流,而放流的鲢、鳙以大规格苗种为主,属于低龄群体;另一方面,溧湖渔业资源捕捞强度大,渔具的选择性差,很多处于快速生长期的鲢、鳙被捕获,剩下小个体的低龄群体。

3.2 溧湖鲢、鳙的生长特征

鱼类的体长-体质量方程是评估鱼类生长特

征的常用方法。一般来说,鱼类的体长-体质量呈幂函数关系,其中幂指数为异速生长因子,用于反映鱼类生长发育是否均一。当幂指数为 3 时,表明鱼类生长是匀速型;幂指数不等于 3 时,表明鱼类生长为异速型^[20]。本研究中鲢、鳙的体长-体质量方程的幂指数非常接近 3,表明溧湖鲢、鳙生长均属于匀速型,即生长过程中体型和密度基本一致。

目前,von Bertalanffy 方程是用于描述鱼类生长特征最常用的方法之一,基于鱼类的生长参数,可以比较不同水域种群生长性能的差异^[13]。表 2 列出了我国不同地理区域长江、水库及湖泊鲢、鳙种群的生长参数,可以看出,不同水域鲢、鳙种群的生长情况有较明显的差异,这主要与不同水域的生态环境、饵料资源、种群密度、生态位重叠、捕捞压力等因素有关^[21]。von Bertalanffy 方程中,渐进体长 L_{∞} 和渐进体质量 m_{∞} 是鱼类生长理论上的最大值,可用于比较鱼类不同地理种群的生长性能^[22]。从表 2 可以看出,溧湖鲢、鳙的 L_{∞} 和 m_{∞} 相对较大,表明溧湖鲢、鳙种群具有较高的生长潜能。溧湖富营养化严重,浮游植物、浮游动物生物量高,为鲢、鳙生长提供了丰富的饵料资源^[23-24]。溧湖水域面积大,为鲢、鳙生长提供广阔的地理空间,避免了种群

表 2 鲢、鳙不同种群的生长参数

水域	种类	k	t_0	t_i	b	L_{∞} (cm)	m_{∞} (g)	参考文献
江苏省太湖	鲢	0.185 5	-0.670 0	5.220	2.984 2	105.27	21 238.8	[12]
长江中游宜昌-荆州段	鲢	0.160 3	-0.890 0	5.430	2.754 6	104.70	1 4810.0	[25]
长江上游江津段	鲢	0.188 2	-0.216 5	5.800	2.992 5	103.70	19 865.0	[22]
长江中上游	鲢	0.203 0	-0.487 0	5.000	3.051 0	103.00	7 187.0	[26]
辽宁省汤和水库	鲢	0.245 0	-0.754 0	3.700	3.088 0	84.90	13 600.0	[27]
	鳙	0.205 0	-1.410 0	4.000	2.747 0	97.30	16 200.0	
浙江省岩口水库	鲢	0.265 0	-0.136 0	3.800	2.812 0	73.59	5 911.0	[28]
	鳙	0.318 0	-0.120 0	3.200	3.070 0	73.26	7 625.0	
浙江省老虎潭	鲢	0.386 0	-0.227 0	2.721	3.118 0	110.53	25 138.0	[29]
	鳙	0.415 0	-0.223 0	2.223	2.756 0	93.04	12 257.0	
江苏省槐偏湖水库	鲢	0.350 0	-0.860 0	2.200	2.903 1	73.12	7 740.0	[30]
	鳙	0.250 0	-0.730 0	3.300	2.737 2	94.35	15 260.0	
湖北省金沙湖水库	鲢	0.154 4	-0.137 1	5.830	2.614 0	112.12	14 180.0	[19]
	鳙	0.396 0	-0.323 9	3.000	2.870 5	68.53	5 100.0	
黑龙江省蛤蟆通水库	鲢	0.096 9	-0.133 6	11.200	2.965 8	136.50	45 034.0	[17]
	鳙	0.080 2	-0.229 3	13.500	3.125 4	161.90	95 240.0	
江苏省溧湖	鲢	0.205 2	-0.457 7	5.130	3.149 0	97.55	20 203.6	本研究
	鳙	0.160 0	-0.100 8	5.730	2.941 2	109.50	26 456.5	

注: L_{∞} 表示渐进体长; m_{∞} 表示渐进体质量; k 表示生长系数; t_0 表示理论生长起点年龄; t_i 表示生长拐点年龄; b 表示生长比率。

间和种群内的激烈竞争。溇湖年平均水温为 $19.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ [23], 适合鲢、鳙周年生长的时间长, 这些因素都为溇湖鲢、鳙生长提供了有利条件。

3.3 溇湖鲢、鳙的起捕规格及管理措施

鲢、鳙作为滤食性鱼类, 可以高效摄食浮游生物, 消减水体中的藻类和降低富营养水平, 对修复水生态环境具有重要作用, 应当充分利用其快速生长期 [30-31]。本研究结果显示, 溇湖鲢、鳙的生长拐点年龄分别为 5.13、5.73 龄, 这表明进入 6 龄后, 鲢、鳙的生长速度开始下降。同时, 考虑鲢、鳙肌肉品质 and 市场需求, 建议选择 5 龄作为溇湖鲢、鳙的起捕年龄, 这样既能充分利用鲢、鳙的快速生长阶段, 发挥鲢、鳙的生态作用, 又能有效提高水体的渔产潜力和经济效益。

考虑到溇湖的生态环境状况和鲢、鳙的种群特征, 须要采取措施科学保护和合理利用溇湖渔业资源: (1) 要严格控制环境污染, 降低富营养化水平, 恢复溇湖水生植物, 控制蓝藻水华暴发, 为鱼类生存繁衍提供良好的条件。(2) 要加强溇湖渔业资源管理, 严格控制捕捞强度, 禁止使用禁用渔具, 对鲢、鳙捕捞总量进行管控。(3) 要加大鲢、鳙增殖放流规模, 延长禁渔期, 给予鲢、鳙充足的生长时间。

参考文献:

- [1] 倪勇, 伍汉霖. 江苏鱼类志 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [2] 刘建康, 谢平. 用鲢鳙直接控制微囊藻水华的围隔试验和湖泊实践 [J]. 生态科学, 2003, 22(3): 193-198.
- [3] 杨习文, 刘熠, 薛向平, 等. 基于微卫星标记的长江江苏段鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*) 增殖放流资源贡献率的评估 [J]. 湖泊科学, 2020, 32(4): 1154-1164.
- [4] 冯晓婷, 杨习文, 杨雪军, 等. 基于微卫星标记对长江江苏段鳙增殖放流效果评估 [J]. 中国水产科学, 2019, 26(6): 1185-1193.
- [5] 刘其根, 沈建忠, 陈马康, 等. 天然经济鱼类小型化问题的研究进展 [J]. 上海水产大学学报, 2005, 14(1): 79-83.
- [6] 孔优佳, 花少鹏, 朱颖, 等. 溇湖鲢鳙鱼增殖放流效果初步评估 [J]. 水产养殖, 2015, 36(10): 20-26.
- [7] 彭自然, 陈立倩, 江敏, 等. 溇湖水质调查与富营养化状态 [J]. 上海水产大学学报, 2007, 16(3): 252-258.
- [8] 贾佩峤, 胡忠军, 武震, 等. 基于 ecopath 模型对溇湖生态系统结构与功能的定量分析 [J]. 长江流域资源与环境, 2013, 22(2): 189-197.
- [9] 张莉, 王美蓉, 邹宏海, 等. 溇湖水质现状及动态变化趋势研究 [J]. 淮阴工学院学报, 2018, 27(1): 30-35.
- [10] 童合一, 刘其根, 陈马康, 等. 溇湖天然鱼类小型化及其对策

- [J]. 上海水产大学学报, 1992, 1(3/4): 124-135.
- [11] 唐晟凯, 张彤晴, 孔优佳, 等. 溇湖鱼类学调查及渔获物分析 [J]. 水生态学杂志, 2009, 30(6): 20-24.
- [12] 唐晟凯, 张彤晴, 李大命, 等. 太湖鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*) 种群生长特征和适宜捕捞量的初步研究 [J]. 水产养殖, 2017, 38(10): 48-53.
- [13] 詹秉义. 渔业资源评估 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [14] 陈慧. 黄鳝的年龄鉴定和生长 [J]. 水产学报, 1998, 22(4): 10-16.
- [15] 陈慈, 郭国民, 李恒颂. 珠江斑鲩年龄和生长的研究 [J]. 中国水产科学, 1999, 6(4): 62.
- [16] 张学健, 程家骅. 鱼类年龄鉴定研究概况 [J]. 海洋渔业, 2009, 31(1): 92-99.
- [17] 夏重志, 姜作发, 董崇智, 等. 蛤蟆通水库鱼类组成和鲢、鳙生长规律的研究 [J]. 中国水产科学, 1997(4): 31-37.
- [18] 马超, 戴小杰, 郑文军, 等. 淀山湖主要放流鱼种鲢和鳙生长的研究 [J]. 海洋湖沼通报, 2011(3): 69-75.
- [19] 刘俊利, 熊邦喜, 吕光俊. 金沙河水库鲢、鳙生长特征及起捕规格的研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(增刊 1): 35-39.
- [20] 殷名称. 鱼类生态学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [21] Casselman J M. Determination of age and growth [M]. London: Academic Press, 1978.
- [22] 熊飞, 刘红艳, 段辛斌, 等. 长江上游江津江段鲢种群的年龄和生长特征 [J]. 西南大学学报 (自然科学版), 2013, 35(3): 28-35.
- [23] 张永红, 刘其根, 孔优佳, 等. 溇湖控藻网围内、外及工程示范区浮游植物群落结构周年变化特征对比研究 [J]. 上海海洋大学学报, 2016, 25(3): 422-430.
- [24] 陈立婧, 顾静, 彭自然, 等. 溇湖轮虫群落结构与水质生态学评价 [J]. 动物学杂志, 2008, 43(3): 7-16.
- [25] 潘文杰, 高雷, 杨浩, 等. 长江中游宜昌-荆州江段鲢种群年龄结构和生长特征 [J]. 中国水产科学, 2019, 26(2): 362-370.
- [26] 陈大庆, 刘绍平, 段辛斌, 等. 长江中上游主要经济鱼类的渔业生物学特征 [J]. 水生生物学报, 2002, 26(6): 618-622.
- [27] 李九奇, 史为良. 汤河水库鲢鳙生长及其资源利用 [J]. 大连水产学院学报, 1999, 14(4): 57-61.
- [28] 原居林, 李明, 杨元杰, 等. 浙江省义乌市岩口水库鱼类群落多样性分析及鲢、鳙生长特性研究 [J]. 上海海洋大学学报, 2015, 24(5): 754-764.
- [29] 辛建美, 原居林, 储忞江, 等. 老虎潭水库鱼类群落结构特征、营养等级及鲢、鳙生长特性研究 [J]. 水生态学杂志, 2017, 38(3): 66-74.
- [30] 顾兆俊, 刘兴国, 程果锋, 等. 淡水池塘 4 种生态沟渠净化效果研究 [J]. 江苏农业科学, 2020, 48(13): 285-291.
- [31] 朱峰跃, 刘家寿, 李钟杰, 等. 傀儡湖鲢、鳙的生长特性及渔业利用 [J]. 淡水渔业, 2013, 43(2): 32-35.