

洞庭青鲫的形态和肌肉质构特性

刘科均^{1,2}, 曾聪^{1,2,3}, 谭俊杰^{1,2}, 余建波^{1,2,3}, 刘巧林^{1,2,3*}, 肖调义^{1,2,3*}

(1. 湖南农业大学动物科学技术学院, 湖南 长沙 410128; 2. 湖南省特色水产资源利用工程技术中心, 湖南 长沙 410128; 3. 水产高效健康生产湖南省协同创新中心, 湖南 常德 415000)

摘要: 从北民湖采集 300 尾洞庭青鲫, 对其进行形态学性状、生长和肉质特性分析。结果显示: 各年龄组形态指标的变异系数间的差异无统计学意义, 表明其性状稳定; 通过 Von Bertalanffy 生长公式拟合得出洞庭青鲫的渐近体长和体质量分别为 308.41 mm 和 1 075.00 g, 生长系数和理论生长起点年龄分别为 0.369 5 和 -2.407 0 龄, 体质量生长拐点为 0.17 龄; 体长体质量关系表明, 洞庭青鲫在 1~2 龄生长迅速, 且各年龄段洞庭青鲫体型均呈现等比增长趋势; 通过鳞片鉴定的该群体中 2 龄群体为优势群体, 占比 66.67%; 该群体的雌雄性别组成为 10 : 1; 洞庭青鲫肌肉硬度和弹性分别为 (2 822.95±556.97) g 和 1.317±0.01。综上可知, 洞庭青鲫是 1 种具有优良性状且在低龄阶段生长迅速的鲫群体。

关键词: 洞庭青鲫; 形态比较; 生长特性; 肌肉质构; 北民湖

中图分类号: S932.4 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2019)06-0650-07

Characterization of external morphologies and muscle texture of *Carassius auratus* var. Dongting

LIU Kejun^{1,2}, ZENG Cong^{1,2,3}, TAN Junjie^{1,2}, YU Jianbo^{1,2,3}, LIU Qiaolin^{1,2,3*}, XIAO Tiaoyi^{1,2,3*}

(1. College of Animal Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China; 2. Hunan Engineering Technology Research Center of Featured Aquatic Resources Utilization, Changsha, Hunan 410128, China; 3. Collaborative Innovation Center for Efficient and Health Production of Fisheries in Hunan Province, Changde, Hunan 415000, China)

Abstract: Three hundred *Carassius auratus* var. Dongting from Beimin Lake were collected to analyze their morphological traits, growth performance and muscle texture. The results showed that the coefficient of variation among the studied age groups were not significant, indicating that their characters were stable. By constructing the Von Bertalanffy equation, the asymptotic body length and weight were 308.41 mm and 1 075.00 g, respectively. The growth coefficient and theoretical growth starting age were 0.369 5 and -2.407 0 years old, respectively, and the turning point of body mass growth was at 0.17. Based on length-weight relationship, *C. auratus* var. Dongting grows rapidly at the age of 1-2, and the body size of *C. auratus* var. Dongting at all ages presents an equal proportion growth trend. The 2nd age group in this group identified by scales was the dominant group, accounting for 66.67% in population. The gender ration in the group 10 : 1 (male vs female). The muscle hardness and elasticity of *C. auratus* var. Dongting were (2 822.95±556.97) g and 1.317±0.01 respectively. In conclusion, the *C. auratus* var. Dongting is a kind of *C. auratus* population with excellent characteristics and rapid growth in the young stage.

Keywords: *Carassius auratus* var. Dongting; morphological comparison; growth characteristics; muscle texture; Beimin Lake

洞庭青鲫(*Carassius auratus* var. Dongting)属于 鲤形目(Cypriniformes)、鲤科(Cyprinidae)、鲤亚科

(Cyprininae)、鲫属(*Carassius*)。该鱼主要分布于湖南省常德市澧县北民湖区,因其体色呈青灰色,俗称黑壳鲫。洞庭青鲫具有头后背部隆起、体高背厚、个体大的形态特征^[1]。对洞庭青鲫的研究始于 2000 年。杨品红等^[2-3]对洞庭青鲫的生物学特性进行了初步研究,并对其肌肉营养成分及营养价值进行了评定;刘良国等^[4-6]运用线粒体基因、SSR、ISSR 等分子标记对洞庭青鲫与其他品种鲫的遗传多样性进行分析。上述研究表明,洞庭青鲫与其他品种鲫存在明显差异。但洞庭青鲫与其他品种鲫的形态差异、生长特性和肌肉质构特性的相关研究较少。

质构特性作为评定肌肉品质的重要因素之一,在一定程度上减少了人的主观因素带来的误差。有研究^[7]对 5 种淡水鱼的质构特性进行了相关性分析,得出了硬度和弹性是影响鱼肉质构特性的主要因素。有研究表明,掌握鱼类的生长规律可制定合理的养殖和捕捞方式,节约养殖成本^[8],不同鱼类肌肉品质存在显著差异,且会受外界因素影响^[9];因此,有必要对洞庭青鲫的基础研究进行完善。

本试验中,以年龄分组,研究洞庭青鲫与其他鲫群体的生长特性和外部形态差异,分析洞庭青鲫的肌肉质构特性,以期为后续的种质纯化和保种提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试洞庭青鲫采自湖南省常德市澧县洞庭湖区北民湖(111°89'E, 29°72'N)。分别于 2016 年 12 月、2018 年 1 月随机采集洞庭青鲫 100、200 尾,共计 300 尾。供试鱼体色青灰、鳞片完整、无残缺。

1.2 方法

1.2.1 样本年龄和性别鉴定

对鱼体进行解剖,通过性腺发育情况判定其性别。采集鱼体背鳍基部至侧线鳞中间的鳞片 7~8 片,用清水浸洗,去除杂物后,用 4%氢氧化钠溶液浸泡 5 min,去除表面黏液,再用清水冲洗后挑选 3~4 片完整的鳞片制片观察^[10]。以鳞片年轮进行年龄判定:0⁺至 1 龄鱼为 1 龄组;1⁺至 2 龄鱼为 2 龄组;2⁺至 3 龄鱼为 3 龄组;3⁺至 4 龄鱼为 4 龄组^[11]。

1.2.2 形态学特征测量

参照文献^[12-13]的鱼类学形态特征测量方法,用电子天平测量供试鱼体质量;用量鱼板测量体长、全长;用电子游标卡尺测量可量性状(体高、体宽、头长、头高、头宽、尾柄长、尾柄高、眼间距、吻长、眼径、眼后头长、背鳍基长、臀鳍基长、腹鳍前长、臀鳍前长)。统计每尾鱼的可数性状(各鳍条数和鳞片数);然后解剖鱼体去除内脏,测量空壳质量^[14]。

1.2.3 肌肉质构特性的测定

取 14 尾洞庭青鲫样本,每尾鱼取 2 个平行样。采集鱼背中部肌肉,切成 5 mm × 10 mm × 10 mm 的小块样品。在室温下,用 TA.XT.Plus 型物性测试仪(Stable Micro Systems),使用平底柱形探头 P/36,模拟人牙齿咀嚼食物,对样品进行 2 次压缩 TPA 测试。测试条件如下^[15]:测试前速率 5 mm/s,测试速率 1 mm/s,测试后速率 5 mm/s,压缩程度 60%,停留间隔时间 5 s,负重探头类型为 Auto-5 g,数据收集率 200 pps。

1.2.4 数据分析

可量性状结果经 Excel 2013 整理后,运用 SPSS 17.0 进行单因素方差分析^[16]。非同龄鱼采用体长消除鱼体大小的影响,同龄鱼采用体质量消除鱼体大小的影响^[17]。因 4 龄个体仅有 4 尾,不满足基本统计学分析,舍弃。

利用 SPSS 17.0 对洞庭青鲫的体长与体质量关系进行显著性检验,并用幂函数对其进行拟合^[18]。将数据代入 Excel 2013,用规划求解功能估算洞庭青鲫生长参数的最佳值^[19]。Von Bertalanffy 生长方程(VBGF)为 $L_t = L_\infty(1 - e^{-k(t-t_0)})$,式中 L_t 、 L_∞ 、 k 、 t 和 t_0 分别为 t 龄时的体长、渐近体长、生长系数、年龄和理论体长为 0 时的年龄。使用 Excel2013 进行相关绘图。

2 结果与分析

2.1 洞庭青鲫种群结构

2016 年 12 月、2018 年 1 月共采集洞庭青鲫 300 尾,其群体由 1~4 龄组成。1~3 龄在群体中所占比例为 98.67%,其中 2 龄洞庭青鲫为优势群体,所占比例为 66.67%,4 龄组的最少。通过解剖观察记录

雌性 272 尾, 雄性 28 尾, 群体内雌雄总性比约为 10 : 1, 雌性数量明显高于雄性的数量(表 1)。

表 1 洞庭青鲫种群结构分布

Table 1 Population structure distribution map of *Carassius auratus* var. *Dongting*

年龄	雄性/尾	雌性/尾
1	6	44
2	20	180
3	2	44
4	0	4

异有统计学意义($P < 0.05$)；其次差异主要集中在体宽、头宽、头高等体现鱼体丰满度的性状上；3 龄个体的头部形态(吻长、眼径)与 1、2 龄的头部形态间的差异有统计学意义($P < 0.05$)，这可能是因为随着年龄的增长，头部性状基本不再增长或增长速度放缓。各年龄段性状的变异系数表明，不同年龄组间的可量性状分化程度较小。表 3 结果表明，不同年龄组洞庭青鲫体长和全长差异明显，比例性状差异较小，说明洞庭青鲫属于等比增长。

2.2 洞庭青鲫的形态性状比较

由表 2 可知，各年龄组洞庭青鲫体质量间的差

表 2 洞庭青鲫各个年龄组的可量性状与体长的比值及其变异系数

Table 2 The ratios of measurable traits to body length and their coefficients of variation of *Carassius auratus* var. *Dongting* each age groups

洞庭青鲫	与体长比					
	体质量	空壳质量	头长	眼后头长	头高	头宽
1 龄	(0.017 5±0.000 6)a	0.015 7±0.005 0	0.250 1±0.002 5	0.132 7±0.002 0	(0.215 5±0.002 3)a	(0.159 5±0.002 2)a
2 龄	(0.021 4±0.003 0)b	0.018 8±0.000 3	0.246 9±0.001 4	0.130 3±0.000 7	(0.219 2±0.001 1)b	(0.160 1±0.001 2)a
3 龄	(0.026 1±0.000 7)c	0.023 6±0.000 7	0.246 0±0.003 0	0.130 0±0.001 6	(0.220 2±0.002 6)c	(0.168 3±0.003 0)b
1 龄和 2 龄间变异系数	0.474	0.494	0.086	0.122	0.138	0.022
2 龄和 3 龄间变异系数	0.500	0.716	0.022	0.018	0.037	0.277
1 龄和 3 龄间变异系数	0.915	1.180	0.105	0.131	0.170	0.302

洞庭青鲫	与体长比					
	体高	体宽	吻长	眼间距	眼径	尾柄长
1 龄	0.411 3±0.005 0	(0.191 4±0.003 1)a	(0.300 3±0.005 0)a	0.515 5±0.009 2	(0.217 7±0.003 1)a	0.134 9±0.003 2
2 龄	0.408 7±0.002 4	(0.195 9±0.001 3)a	(0.296 0±0.002 1)a	0.523 8±0.003 7	(0.216 7±0.001 8)a	0.133 3±0.001 3
3 龄	0.412 4±0.005 1	(0.207 8±0.002 7)b	(0.282 6±0.004 3)b	0.530 7±0.006 8	(0.202 8±0.003 0)b	0.138 1±0.002 9
1 龄和 2 龄间变异系数	0.037	0.110	0.067	0.070	0.021	0.039
2 龄和 3 龄间变异系数	0.053	0.316	0.225	0.069	0.305	0.124
1 龄和 3 龄间变异系数	0.015	0.401	0.270	0.134	0.346	0.074

洞庭青鲫	与体长比				
	尾柄高	背鳍基长	臀鳍基长	胸鳍基长	腹鳍基长
1 龄	0.164 8±0.001 5	0.394 1±0.002 8	(0.128 6±0.001 6)a	0.051 2±0.006 0	0.060 1±0.001 0
2 龄	0.165 1±0.001 0	0.390 7±0.001 9	(0.124 7±0.000 8)b	0.051 8±0.002 9	0.058 9±0.000 5
3 龄	0.167 1±0.001 7	0.388 9±0.003 3	0.121 8±0.001 7)b	0.050 4±0.001 0	0.058 1±0.001 0
1 龄和 2 龄间变异系数	0.012	0.088	0.211	0.015	0.105
2 龄和 3 龄间变异系数	0.079	0.045	0.165	0.036	0.075
1 龄和 3 龄间变异系数	0.103	0.153	0.368	0.073	0.184

同列数据后不同字母示不同年龄间差异显著($P < 0.05$)。

表 3 不同鲫群体 1~3 龄的比例性状

Table 3 The proportion of the one to three age of different crucian carp species

种类	年龄	全长/mm	体长/mm	体长与体高比	体长与头长比	体长与尾柄长比	体长与尾柄高比	体长与吻长比	体长与眼径比	体长与眼间距比
洞庭青鲫	1	225.0~361.0	178.0~292.0	2.50±0.02	4.10±0.06	7.70±0.16	6.18±0.06	3.38±0.06	4.67±0.06	2.04±0.05
	2	223.0~403.0	176.0~326.0	2.50±0.01	4.16±0.03	7.66±0.08	6.15±0.03	3.41±0.03	4.73±0.04	2.00±0.02
	3	265.0~425.0	210.0~349.0	2.45±0.03	4.19±0.06	7.53±0.14	6.07±0.07	3.58±0.05	5.01±0.08	1.96±0.05
彭泽鲫 ^[20]	1	155.1±29.3	129.2±25.8	2.67±0.01	4.23±0.03	9.96±0.06	6.75±0.04	4.63±0.05	4.92±0.01	2.05±0.02
	2	248.5±17.8	211.2±15.3	2.58±0.01	4.80±0.03	9.97±0.11	6.44±0.05	5.19±0.08	5.20±0.06	1.79±0.04
	3	296.0±10.3	252.7±8.9	2.62±0.01	4.82±0.02	9.53±0.07	6.29±0.02	5.73±0.12	6.04±0.07	1.86±0.03
方正银鲫 ^[21]	1	42.0~80.0	33.0~66.5	2.48±0.12	3.05±0.25	6.72±0.52	5.92±0.40	3.29±0.38	3.39±0.27	2.35±0.19
	2	93.1~118.0	72.0~89.5	2.63±0.05	3.49±0.11	8.39±0.44	6.14±0.21	3.28±0.28	3.93±0.44	2.31±0.07
	3	190.0~215.0	161.0~188.0	2.67±0.06	3.73±0.10	8.55±0.19	6.17±0.08	3.26±0.05	4.72±0.06	2.17±0.04

不同年龄洞庭青鲫与彭泽鲫(*Carassius auratus* var. Pengze)、方正银鲫(*Carassius auratus gibelio* BLoch)数据比较(表 3) 3 个鲫群体体型在 1~3 龄时, 种内均存在差异。总体比较下, 洞庭青鲫躯干部分占比较大; 头部占比相对适中; 洞庭青鲫的尾柄较为细长, 彭泽鲫的粗短, 方正银鲫的适中; 方正银鲫眼径也较大。

比较洞庭青鲫与文献报道的淇河鲫(*Carassius*

auratus var. Qihe)、彭泽鲫和方正银鲫可数性状(表 4), 各个群体的侧线上鳞数、侧线下鳞数、下咽齿数分布范围基本一致。洞庭青鲫侧线鳞数高于淇河鲫, 低于彭泽鲫和方正银鲫。洞庭青鲫臀鳍鳍条数与背鳍鳍条数高于其他 3 个天然三倍体鲫群体。其中淇河鲫臀鳍存在 2 根棘的个体; 洞庭青鲫的背鳍棘数为 3 根, 彭泽鲫为 4 根, 淇河鲫和方正银鲫背鳍棘数均有变幅(表 4)。

表 4 4 种鲫的可数性状

Table 4 The countable characters of four crucian carp species

种类	鳞数			鳍条数					下咽齿	棘数	
	侧线上	侧线	侧线下	背鳍	腹鳍	尾鳍	胸鳍	臀鳍		背鳍	臀鳍
洞庭青鲫	5~8(6)	27~31(30)	4~7(6)	13~20(17~18)	8~9(9)	24~28(25~26)	10~17(15)	6(6)	4~4(4~4)	3(3)	3(3)
淇河鲫 ^[22]	5~7	26~30	4~7	16~18				5	4~4	2~3	2
彭泽鲫 ^[20]	5~7	31~33	5~7	16~19				5~6	4~4	4	3
方正银鲫 ^[21]	6	29~31	6~7	16~18				5	4~4	3~4	3

括号内为众数。

2.3 洞庭青鲫的生长特性

2.3.1 体长和体质量关系

为观察洞庭青鲫的不同阶段在自然环境中的生长差异性, 对洞庭青鲫 1 龄群体和总体的体长(L , mm)和体质量(W , g)关系分别进行拟合, 1 龄群体方程为 $y=3 \times 10^{-4} x^{2.574 4}$ ($r^2=0.851 5$, $n=50$), 总体方程为 $y=3 \times 10^{-4} x^{2.59}$ ($r^2=0.854 6$, $n=300$)(图 1)。1 龄群体与总群体的体长-体质量关系基本一致, 且群体的 b 值接近 3, 说明洞庭青鲫群体的生长符合匀速生长式型。

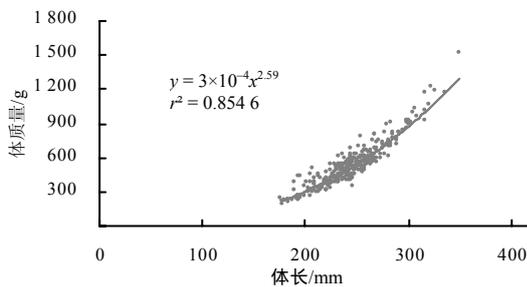


图 1 洞庭青鲫体长和体质量的关系

Fig.1 The relationship of the length and weight of *Carassius auratus* var. Dongting

2.3.2 洞庭青鲫的 Von Bertalanffy 生长方程和生长参数

用最小二乘法求得洞庭青鲫渐近体长为 $L_{\infty}=308.41$ mm, 生长系数 $k=0.369 5$, 理论生长起点

年龄为 $t_0=-2.407 0$, 渐近体质量为 $W_{\infty}=1 075.00$ g。体长、体质量生长方程如下:

$$L_t=308.41[1 - e^{-0.369 5(t+2.407 0)}];$$

$$W_t=1 075.00[1 - e^{-0.369 5(t+2.407 0)}]^3.$$

洞庭青鲫的体长、体质量随年龄生长的变化曲线见图 2。洞庭青鲫的体长生长曲线不存在拐点, 逐渐趋近于渐近体长 L_{∞} ; 体质量的生长曲线在其增长速度趋近于渐近值前增长速度递增, 随后开始减慢。

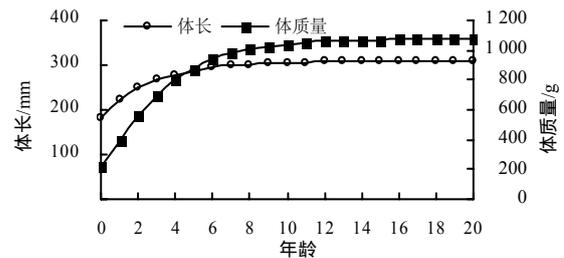


图 2 洞庭青鲫体长和体质量的生长曲线

Fig.2 Growth curve of body length and mass of *Carassius auratus* var. Dongting

为描述鱼类生长过程变化的特征, 对洞庭青鲫体长、体质量生长公式进行一阶(生长速度)、二阶(生长加速度)求导, 通过计算得出体长、体质量生长速度和生长加速度方程分别为:

$$dL/dt=113.95e^{-0.369 5(t+2.407 0)};$$

$$d^2L/dt^2=-42.107e^{-0.369 5(t+2.407 0)};$$

$$dW/dt=1 028.78e^{-0.369 5(t+2.407 0)}(1 - e^{-0.369 5(t+2.407 0)})^{1.59};$$

$$d^2W/dt^2=380.134e^{-0.3695(t+2.4070)}(1 - e^{-0.3695(t+2.4070)})^{0.59} (2.59e^{-0.3695(t+2.4070)} - 1)。$$

如图 3 所示，洞庭青鲫的体长生长速度和生长加速度均不具有拐点，随着年龄的递增，生长速度不断递减，最终趋近于 0，而体长的生长加速度逐渐上升，但始终为负值，表明洞庭青鲫的体长生长速度在低龄鱼时最高，随后随着年龄的增长，体长的生长速度也逐渐减缓。

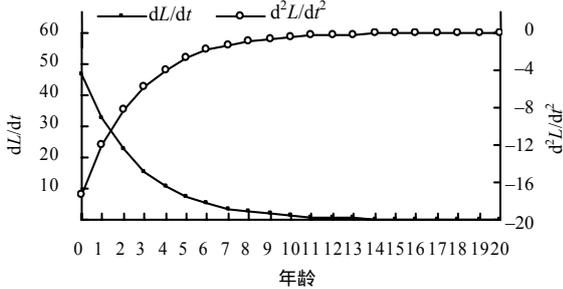


图 3 洞庭青鲫体长生长速度和生长加速度随年龄的变化曲线

Fig.3 Changes curve of growth rate and acceleration with age of *Carassius auratus* var. Dongting

洞庭青鲫的体质量生长速度和生长加速度随年龄变化的曲线均具有拐点(图 4)，其拐点年龄为 0.17，当 $t < 0.17$ 龄时， dW/dt 上升， d^2W/dt^2 下降，但仍为正值，表明 0.17 龄前为种群生长速度最快阶段；当 $t=0.17$ 龄时， dW/dt 为最大值，而 $d^2W/dt^2=0$ ；

当 $t > 0.17$ 时，体质量生长速度和生长加速度同时下降，且 d^2W/dt^2 为负值，并且递减速度逐渐递加；约 2 龄时， d^2W/dt^2 降至最低点；2 龄后， d^2W/dt^2 开始逐渐上升，表明体质量生长速度进一步下降，同时其递减速度开始逐渐降低，个体开始性腺发育，此后，鱼体体长和体质量生长速度均逐渐趋向于渐近值，生长加速度趋向于 0。

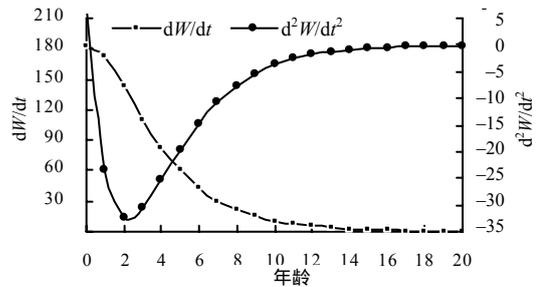


图 4 洞庭青鲫体质量生长速度和生长加速度随年龄的变化曲线

Fig.4 Changes curve of growth rate and acceleration of *Carassius auratus* var. Dongting body mass with age

2.4 洞庭青鲫的肌肉的质构特性

从表 5 可知，除内聚性外，洞庭青鲫的其他各项肌肉质构指标均高于黄颡鱼 (*Pelteobagrus fulvidraco*)、鲤 (*Cyprinus carpio*)、鲫、草鱼的。说明洞庭青鲫肉质富有弹性、硬度大。

表 5 洞庭青鲫与其他经济鱼类肌肉质构指标

种类	硬度/g	弹性/g	内聚性/%	胶着性/g	咀嚼性/g
洞庭青鲫	2822.95±556.97	1.317±0.01	0.434±0.005	1471.10±278.33	1957.2±469.30
鲫 ^[23]	1804±459.2	0.24±0.01	0.47±0.05	995.5±149.90	243.9±36.75
黄颡鱼 ^[7]	2621±525.5	0.51±0.05	0.35±0.06	925.7±262.10	484.6±178.0
鲤 ^[23]	298.5±156.5	0.24±0.06	0.47±0.15	126±39.55	31.34±16.44
草鱼 ^[23]	697.6±14.89	0.25±0.07	0.48±0.05	337.3±26.35	63.46±16.23

3 结论与讨论

鲫的地理分布广泛，环境导致的选择压存在差异，不同地理种群间存在一定程度的遗传分化^[24]。莫赛军等^[25]通过单链构象多态性分析，研究了 10 个鲫群体的生长激素 I 基因，发现内含子 2 不仅在亚种间存在差异，不同地理种群也存在遗传差异。冯建新等^[26]比较了淇河鲫和彭泽鲫的形态特征，发现侧线鳞、左侧鳃耙数、全长和体长比等性状存在显著差异，且淇河鲫肌肉中钠元素显著高于彭泽鲫

的。本研究中，结合形态学测量和单因素方差分析比较洞庭青鲫、淇河鲫、彭泽鲫和方正银鲫，发现洞庭青鲫的体长均值最高，说明洞庭青鲫的体型可有效降低水的阻力，更适合水流速度快的环境^[27]，具备较强的抢食能力，也从侧面证明了其生长具有优势。有研究^[28]表明，在人工养殖的环境中，与彭泽鲫相比，3 龄前洞庭青鲫的生长速度要高出 20.75%，在 4 龄阶段洞庭青鲫生长速度开始下降并逐渐低于彭泽鲫。洞庭青鲫的躯干部占比大于彭泽鲫和方正银鲫的，说明其含肉率高，具有重要的经

济价值。

洞庭青鲫群体年龄组成简单, 低龄个体比例偏大, 当一个种群中高龄鱼过多, 则说明资源利用不足; 若低龄鱼比例过大, 则说明种质资源衰退及种群年龄结构偏低龄化和小型化^[29-30]。本研究中, 不同年龄组的洞庭青鲫在躯干部形态上差异明显, 主要差异存在于头部性状。这可能是因为随着年龄的增长, 头部性状基本不再增长或增长速度放缓, 这也可能是由各个生长阶段的食性和对外界环境的适应性不同所导致的生长差异。同时随年龄的增长, 洞庭青鲫的体长增长速度下降, 体质量增长速度上升; 通过对鱼体解剖观察发现, 2 龄群体中有大量性成熟个体, 且不同年龄鱼体的空壳质量间的差异无统计学意义($P>0.05$)。可见, 各年龄段的体质量差异也和性腺的发育有一定关系。另有研究^[28]表明, 人工养殖群体中的洞庭青鲫, 仍能保持其生长速度快、体色青黑的特点, 且通过后裔测验表明, 亲本与子代的形态一致, 未出现性状分离的现象, 本研究的结果与此一致。

通过对洞庭青鲫这一地方鲫群体的生长方程曲线分析, 可观察到其生长发育的高峰期主要集中在前 3 龄; 从体长和体质量的生长速度和生长加速度曲线可知, 2 龄前是其生长发育的高峰期。洞庭青鲫体质量的生长拐点年龄为 0.17 龄, 可推断洞庭青鲫在饵料充足的情况下, 在水花阶段会呈现一个快速增长, 并在短时间内达到夏花阶段, 提高群体对于自然环境的适应能力。有研究^[31]表明, 在天然湖泊和人工养殖的环境中, 洞庭青鲫与彭泽鲫相比, 在 3 龄前洞庭青鲫的生长速度要高出 20.75%, 在 4 龄阶段洞庭青鲫生长速度开始下降并逐渐低于彭泽鲫的, 本试验结果与此相符合。另有研究表明, 方正银鲫的拐点年龄为 2.06^[32], 与方正银鲫相比, 洞庭青鲫在 2 龄前有较快的增长速度。

参考文献:

- [1] 杨品红, 杨凡, 王晓艳, 等. 洞庭青鲫和洞庭青鲫(♀)×兴国红鲤(♂)杂交 F1 代的 RAPD 分析[J]. 湖南文理学院学报(自然科学版), 2006, 18(3): 42-45.
- [2] 杨品红, 吴维新, 王晓艳, 等. 洞庭青鲫增、养殖技术讲座(一) 洞庭青鲫的生物学特性[J]. 内陆水产, 2005, 30(3): 44-45.
- [3] 杨品红, 张倩, 谢春华, 等. 洞庭青鲫肌肉营养成分分析及营养价值评定[J]. 动物学杂志, 2008, 43(1): 102-108.
- [4] 刘良国, 杨品红, 杨春英, 等. 洞庭青鲫等 5 个鲫品系线粒体 ATPase 基因序列的比较分析[J]. 淡水渔业, 2011, 41(1): 36-42.
- [5] 刘良国, 杨品红, 谢春华, 等. 洞庭青鲫(*Carassius auratus* var. *Dongtingking*)与三个鲫品系群体遗传多样性的 ISSR 分析[J]. 海洋与湖沼, 2015, 46(2): 426-431.
- [6] 刘良国, 陈海康, 许倩, 等. 基于微卫星标记的洞庭青鲫与三个鲫品系群体遗传多样性分析[J]. 海洋与湖沼, 2016, 47(3): 647-654.
- [7] 马玲巧, 李大鹏, 田兴, 等. 1 龄黄颡鱼的肌肉营养成分及品质特性分析[J]. 水生生物学报, 2015, 39(1): 193-196.
- [8] 黄静, 黄自豪, 危起伟, 等. 大鳍异鲃年龄与生长[J]. 水生生物学报, 2018, 42(1): 138-147.
- [9] 程辉辉, 谢从新, 李大鹏, 等. 种青养鱼模式下的草鱼肌肉营养成分和品质特性[J]. 水产学报, 2016, 40(7): 1050-1059.
- [10] 唐晟凯, 张彤晴, 孔优佳, 等. 漏湖鱼类学调查及渔获物分析[J]. 水生态学杂志, 2009, 30(6): 20-24.
- [11] 陈锋, 马宝珊, 谢从新, 等. 西藏扁头的年龄与生长特征[J]. 淡水渔业, 2018, 48(4): 45-51.
- [12] 赵晓进, 田华香, 多甜. 3 个淇河鲫群体的形态差异与判别分析[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2017, 45(4): 92-95.
- [13] 王景龙, 陈启豪, 陆文泽, 等. 河南省淮河流域鳊鲃亚科 5 种鱼形态差异分析[J]. 水生生物学报, 2019, 43(1): 123-132.
- [14] WANG G P, ZHANG T, ZHANG J, et al. Morphological and molecular differentiation of genus *Corbicula* suggests that two species are sympatrically distributed in Datong Lake in the central Yangtze River Basin[J]. Zoological Studies, 2014, 53: 64.
- [15] 李迪, 李伟, 肖调义, 等. 草鱼(♀)×赤眼鲮(♂)杂交 F1 与其亲本的肌肉特性比较研究[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2016, 39(3): 28-33.
- [16] 朱星宇, 陈勇强. SPSS 多元统计分析方法及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2011.
- [17] TURAN C. A note on the examination of morphometric differentiation among fish populations: the truss system[J]. Turkish Journal of Zoology, 1999, 23: 259-263.
- [18] 王金娜, 周其椿, 安苗, 等. 草海鲫鱼年龄和生长[J]. 水产科学, 2014, 33(9): 578-582.
- [19] 王学昉, 许柳雄, 朱国平, 等. 中西太平洋鳊鱼的年龄鉴定和生长特性[J]. 应用生态学报, 2010, 21(3): 756-762.
- [20] GB/T 18395—2010 彭泽鲫[S].
- [21] GB/T 16874—2006 方正银鲫[S].
- [22] 单元勋, 瞿薇芬. 河南淇河鲫 *Carassius auratus* 的生物

- 学[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 1985, 12(3): 53-62.
- [23] 胡芬, 李小定, 熊善柏, 等. 5种淡水鱼肉的质构特性及与营养成分的相关性分析[J]. 食品科学, 2011, 32(11): 69-73.
- [24] KODAMA S, FUJIMORI H, HAKOYAMA H. Allometric analysis of a morphological anti-predator trait in geographic populations of Japanese crucian carp[J]. *Scientific Reports*, 2017, 7: 41943.
- [25] 莫赛军, 宋平, 罗大极, 等. 鲫鱼生长激素基因 内含子2的多态性分析[J]. 遗传学报, 2004, 31(6): 582-590.
- [26] 冯建新, 惠筠, 杨兴丽, 等. 淇河鲫与彭泽鲫的生物学性状比较研究[J]. 淡水渔业, 2004, 34(4): 27-29.
- [27] 谢从新. 鱼类学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010.
- [28] 吴珊, 吴维新. 洞庭青鲫和彭泽鲫生长速度的比较研究[J]. 内陆水产, 2006, 31(1): 40-41.
- [29] 何欣霞. 影响长江鱼类资源及鱼类生境的研究[J]. 价值工程, 2018, 37(15): 287-288.
- [30] 魏宪芸, 顾静, 张名全, 等. 上海市江心水库鲢、鳙年龄结构及生长特性[J]. 上海海洋大学学报, 2019, 28(1): 49-57.
- [31] 吴珊, 吴维新. 洞庭青鲫形态性状遗传分析[J]. 激光生物学报, 2006, 15(1): 90-93.
- [32] 刘海金, 范兆廷. 双凤水库银鲫(方正银鲫)的年龄与生长研究[J]. 大连水产学院学报, 1990, 5(2): 17-28.

责任编辑: 邹慧玲

英文编辑: 柳正

(上接第635页)

- [7] 付永, 魏雅萍, 孟茹. 牦牛、犏牛和黄牛生产性能、肉营养品质及风味物质的比较[J]. 动物营养学报, 2013, 25(11): 2734-2740.
- [8] 王琪, 张全伟, 张勇, 等. 牦牛生产性能及血液生理生化指标统计分析[J]. 中国兽医学报, 2018, 38(1): 222-229.
- [9] 李秋凤, 曹玉凤, 李建国, 等. 不同蛋白能量水平日粮对肉牛生产性能和肉品质的影响[J]. 畜牧与兽医, 2015, 47(4): 15-19.
- [10] 甘承露, 郭姗姗, 荣建华, 等. 脆肉鲩肌肉主要营养成分的分析[J]. 营养学报, 2010, 32(5): 513-515.
- [11] 盖辉. 鲁西黄牛与其他肉牛的生长及效益对比试验[J]. 中国畜禽种业, 2012, 8(11): 54-55.
- [12] 王瑶, 牛乐宝, 张一敏, 等. 我国不同品种黄牛肉质研究概述[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(14): 263-269.
- [13] 佩利特 P L, 扬 V R. 蛋白质食物的营养评价[M]. 范文洵, 李泽英, 赵熙和, 译. 北京: 人民卫生出版社, 1984.
- [14] 施力光, 刘诚, 胡显伟, 等. 海南黄牛与其杂交牛肉氨基酸和脂肪酸含量比较研究[J]. 中国草食动物科学, 2018, 38(2): 22-24.
- [15] 农胜虎, 黄色祥, 方云霞, 等. 文山牛育肥效果及其屠宰性能分析[J]. 中国牛业科学, 2019, 45(1): 14-18.
- [16] 刘田. 不同阉割月龄对延边黄牛生产性能的影响[D]. 延吉: 延边大学, 2018.
- [17] 王雪青, 苗惠, 胡萍, 等. 膳食中多不饱和脂肪酸营养与生理功能的研究进展[J]. 食品科学, 2004, 25(11): 337-339.
- [18] CAMERON N D, ENSER M, NUTE G R, et al. Genotype with nutrition interaction on fatty acid composition of intramuscular fat and the relationship with flavour of pig meat[J]. *Meat Science*, 2000, 55(2): 187-195.
- [19] WOOD J D, ENSER M, FISHER A V, et al. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review[J]. *Meat Science*, 2008, 78(4): 343-358.

责任编辑: 邹慧玲

英文编辑: 柳正