

# 越冬对池塘专养模式下中华鳖(*Trionyx sinensis*) 形质的影响特征\*

曲涛<sup>1</sup> 申屠琰<sup>1,2</sup> 牟恩铤<sup>1</sup> 李有志<sup>1</sup> 朱卫东<sup>2</sup> 王志铮<sup>1</sup>

(1. 浙江海洋大学水产学院 浙江舟山 316022; 2. 余姚市水产技术推广中心 浙江余姚 315400)

**摘要** 根据目标养殖生物的形质特征变化,研究其生存对策因养殖环境的持续性改变而发生切换的途径与机制,具有重要的理论与应用价值。利用池塘专养模式下 2<sup>+</sup>龄余姚本地品系中华鳖(*Trionyx sinensis*)同生群个体越冬前后的生物学测定数据,在比较体尺比例性状、肥满度指数、重长系数和脏器质量比例性状的基础上,采用主成分分析和判别分析方法,系统开展了越冬对中华鳖形质的影响特征研究。结果表明:(1) 所涉 29 项体尺比例性状、4 项肥满度性状、4 项重长系数性状和 19 项脏器质量比例性状中,越冬前后具显著差异( $P<0.05$ )的分别为 25 项、2 项、2 项和 12 项,即越冬对实验鳖的形质特征具显著影响,实验鳖通过饰变形质以响应越冬胁迫的生存适应对策;(2) 经主成分分析,提取到的 5 个特征值均大于 1 的主成分,其累积贡献率达 80.427%,其中 PC<sub>1</sub> 可归纳为以强化就近寻食为主要特征的公共因子,PC<sub>2</sub> 可归纳为以减少入泥阻力进而降低入泥呼吸能耗为主要特征的公共因子,PC<sub>3</sub>、PC<sub>4</sub> 和 PC<sub>5</sub> 可统归为以减脂强体助力越冬入泥挖掘能力为主要特征的公共因子;(3) 采用逐步判别法,以判别贡献率较大的头长/躯干长、颈长/躯干长、背甲长/躯干长、左前肢长/躯干长和左前肢下臂长/躯干长为自变量,所建 Fisher 分类函数方程组可较清晰区分越冬前后实验个体,其中两者的个体判别准确率和综合判别准确率均为 96.67%。研究结果揭示了中华鳖越冬前后生存对策发生切换的机制,可为其越冬生物学研究及构建养殖管理技术体系提供基础资料。

**关键词** 越冬; 中华鳖; 形质特征; 池塘专养模式; 多元分析

**中图分类号** S966.5; Q956 doi: 10.11693/hyhz20211100279

根据贝格曼规律(Bergmann, 1847)和阿伦规律(Allen, 1877)所述,生长于寒冷气候区内的内温动物往往比温暖气候区内具更大的体型,且其身体突出部分也有变短的趋势(牛翠娟等, 2015); Tsoi 等(2005, 2007)根据日本囊对虾头胸甲侧面斜纹的延伸特征将其分型为主布于东亚海域的更耐低温的形态变异型和主布于南海海域的更耐高温的形态变异型; 王志铮等(2012, 2013a, 2013b)研究发现水库放养、池塘专养和池塘套养三种养殖模式下日本鳊鲮养成成品为分别贯彻其“饱食寡动型”、“运动减肥型”、“寡食

追逐型”摄食对策及与之相匹配的能源物质代谢机制在形质特征、体表色差、肌肉品质、血清生化、脏器消化酶与抗氧化酶活力上均产生了较显著的差异; 李有志等(2022)研究表明,中华鳖为适应越冬生活在越冬前通过大量动员脂肪使葡萄糖(GLU)含量大幅高企,冬眠期间大量消耗越冬前储备的 GLU,以及出眠后复苏期间显著提高碳水化合物和蛋白质利用占比以维系 GLU 相对稳定的能源物质利用对策,由此形成并固化了“稳定~上升~下降~稳定”的 GLU 周年变动节律等的情形,既客观反映了生物为应对不

\* 国家星火计划项目, 2012GA701053 号; 中央财政重大农业技术推广项目, YY2017003 号; 宁波市科技局农业创新创业项目, 2014C91026 号。曲涛, 硕士研究生, E-mail: 277443664@qq.com; 同等贡献第一作者: 申屠琰, 高级工程师, 硕士生导师, E-mail: 122752557@qq.com

通信作者: 王志铮, 教授, E-mail: wzz\_1225@163.com

收稿日期: 2021-11-15, 收修改稿日期: 2021-12-14

同的生存环境势必会就其生存对策作出相应的调整, 并由此引发其生理机能及与之相关的形质特征的一系列适应性改变的事实, 也与 Wagner 等(2001)认为同一物种的不同群体为长期适应不同的生活环境而形成了各自特有的包括生长、发育、繁殖以及对环境因子的适应力等生物学特性的观点相吻合。因此, 根据目标养殖生物的形质特征变化, 探究进而揭示其生存对策因养殖环境持续性改变而发生切换的途径与机制, 无疑具有重要的理论研究与实践应用价值。

中华鳖 *Trionyx sinensis* (Wiegmann) 隶属于爬行纲、龟鳖目、鳖科、鳖属, 是我国重要的名特优新淡水养殖对象之一。据《2020 渔业统计年鉴》(农业农村部渔业渔政管理局等, 2020)报道, 全国 2019 年度的鳖养殖产量高达 325 479 t。越冬既是中华鳖在长期自然进化过程中形成的用以抵御严冬和饥饿双重胁迫的固有生存方式, 也是中华鳖积极应对低温刺激顺势饰变形质特征和调整机体生理机能的重要时间窗口。李有志等(2022)根据池养中华鳖活动量和摄食强度的周年变化特征, 将其周年生活节律按序依次划分为捕食活跃期、越冬准备期、越冬休眠期和活动复苏期, 并指出就浙江余姚地区而言, 从 10 月上旬越冬准备期开始至次年 5 月下旬活动复苏期结束, 即整个越冬过程历时长达半年之久。但迄今为止, 国内外尚未见有关越冬对中华鳖形质特征影响的系统研究和报道。因此, 本研究团队以 2<sup>+</sup>龄余姚本地品系中华鳖同生群个体为研究对象, 在开展池塘专养模式下越冬对中华鳖机体形态、血清生化、脏器相关功能酶活力及肌肉和裙边物性的影响研究的基础上, 利用所得生物学测定数据, 较系统开展了越冬对中华鳖形质特征的影响研究, 并试图以此剖析进而揭示中华鳖越冬前后生存对策发生切换的途径与机制, 以期中华鳖越冬生物学研究和池养中华鳖越冬管理技术体系构建提供基础资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验用中华鳖

系 2015 年 8 月孵化后在宁波市明凤渔业有限公司余姚黄家埠养殖基地阳光大棚池塘内同池专养的中华鳖, 分别于 2017 年 9 月 30 日和 2018 年 4 月 30 日采用地笼网采集后, 各随机选取肢体完整、反应灵敏、活力强、无病灶的 30 只雄性健康个体依次记为 A 实验群体(越冬前实验群体)和 B 实验群体(越冬后实验群体), 均于常温条件下运至浙江海洋大学水产

安全养殖实验室。

### 1.2 生物学测定

按孙燃等(2019)和牟恩镞等(2021)的方法, 借助电子数显游标卡尺(精度 0.01mm, 桂林广陆数字测控股份有限公司)和 HZ1201A 型电子天平(精度 0.1g, 慈溪红钻衡器设备有限公司)逐只测定体长、体宽、体高、躯干长、头长、头宽、头高、眼径、眼间距、鼻间距、上颌长、下颌长、颈长、颈直径、尾长、尾宽、裙边宽、裙边厚、背甲长、背甲宽、腹甲长、腹甲宽、左前肢长、左前肢上臂长、左前肢下臂长、左前肢掌长、左后肢长、左后肢上臂长、左后肢下臂长和左后肢掌长等 30 项体尺性状, 以及体质量、净体质量(去除内脏以及体腔内脂肪和液体后的体质量)、内脏质量、裙边质量、背甲骨质量和腹甲骨质量等 6 项质量性状。逐只摘取心、肝、胃、肠、肺、脾, 去除其内容物及附于其上的脂肪和结缔组织, 清水冲净并用滤纸吸干表面水分后, 用 Sartorius BSA223S 电子天平[精度 1 mg, 赛多利斯科学仪器(北京)有限公司]称量上述 6 项脏器质量性状。

### 1.3 数据处理

整理上述生物学测定结果, 采用 EXCEL 2019 软件分别计算 A 实验群体和 B 实验群体的各项体尺比例(以躯干长为分母)、肥满度指数、重长系数和脏器质量比例等形质评价指标的均值与标准差, 并运用 SPSS 23.0 软件检验组间差异显著性(视  $P < 0.05$  为显著水平); 以通过 Bartlett 球形检验( $P < 0.01$ )和 KMO 适合度检验(KMO 值  $> 0.700$ )为前提, 以特征值大于 1 且累计贡献率大于 80%为主成分(PC)提取原则, 筛留适用于因子分析的形质评价指标并开展主成分分析; 采用逐步导入剔除法进行判别分析, 并参照 Li 等(2005)的方法计算判别准确率和综合判别率以验证所建判别方程组的可靠性。

## 2 结果

### 2.1 体尺比例性状

由表 1 可见, 越冬对实验鳖体尺比例性状的影响主要表现为: (1) 所涉 29 项体尺比例性状中, A、B 两实验群体间除  $L_{11}$  (鼻间距/躯干长)、 $L_{15}$  (背甲宽/躯干长)、 $L_{18}$  (腹甲长/躯干长)和  $L_{25}$  (左后肢上臂长/躯干长)无显著差异( $P > 0.05$ )外, 其余 25 项性状均具显著差异( $P < 0.05$ ), 即两者基于躯干长的体尺比例相似性仅为 13.79%; (2) A 实验群体显著大于 B 实验群体的体尺比例性状多达 20 项, 体现为 B 实验群体因  $L_1$  (体长/躯干长)、 $L_2$  (体宽/躯干长)、 $L_3$  (体高/躯干长)、 $L_7$  (颈

表 1 越冬对池塘专养模式下 2<sup>+</sup>龄中华鳖体尺比例性状的影响  
 Tab.1 Effects of overwintering on body measurements proportion traits of 2<sup>+</sup> age *T. sinensis* in pond culture mode

指标	代码	群体类别	
		A 实验群体(n=30)	B 实验群体(n=30)
体长/躯干长	L <sub>1</sub>	1.919±0.074 <sup>a</sup>	1.788±0.111 <sup>b</sup>
体宽/躯干长	L <sub>2</sub>	0.814±0.038 <sup>a</sup>	0.751±0.029 <sup>b</sup>
体高/躯干长	L <sub>3</sub>	0.320±0.025 <sup>a</sup>	0.297±0.017 <sup>b</sup>
头长/躯干长	L <sub>4</sub>	0.296±0.022 <sup>a</sup>	0.259±0.018 <sup>b</sup>
头宽/躯干长	L <sub>5</sub>	0.167±0.012 <sup>a</sup>	0.151±0.010 <sup>b</sup>
头高/躯干长	L <sub>6</sub>	0.137±0.013 <sup>a</sup>	0.130±0.007 <sup>b</sup>
颈长/躯干长	L <sub>7</sub>	0.505±0.118 <sup>a</sup>	0.437±0.066 <sup>b</sup>
颈直径/躯干长	L <sub>8</sub>	0.111±0.012 <sup>a</sup>	0.117±0.007 <sup>b</sup>
眼径/躯干长	L <sub>9</sub>	0.032±0.006 <sup>a</sup>	0.041±0.003 <sup>b</sup>
眼间距/躯干长	L <sub>10</sub>	0.030±0.004 <sup>a</sup>	0.026±0.002 <sup>b</sup>
鼻间距/躯干长	L <sub>11</sub>	0.030±0.006 <sup>a</sup>	0.031±0.002 <sup>a</sup>
上颌长/躯干长	L <sub>12</sub>	0.117±0.011 <sup>a</sup>	0.135±0.010 <sup>b</sup>
下颌长/躯干长	L <sub>13</sub>	0.088±0.008 <sup>a</sup>	0.123±0.008 <sup>b</sup>
背甲长/躯干长	L <sub>14</sub>	0.667±0.051 <sup>a</sup>	0.714±0.039 <sup>b</sup>
背甲宽/躯干长	L <sub>15</sub>	0.644±0.034 <sup>a</sup>	0.638±0.030 <sup>a</sup>
裙边宽/躯干长	L <sub>16</sub>	0.286±0.020 <sup>a</sup>	0.253±0.038 <sup>b</sup>
裙边厚/躯干长	L <sub>17</sub>	0.037±0.005 <sup>a</sup>	0.032±0.005 <sup>b</sup>
腹甲长/躯干长	L <sub>18</sub>	0.749±0.042 <sup>a</sup>	0.733±0.043 <sup>a</sup>
腹甲宽/躯干长	L <sub>19</sub>	0.725±0.03 <sup>a</sup>	0.693±0.026 <sup>b</sup>
左前肢长/躯干长	L <sub>20</sub>	0.424±0.045 <sup>a</sup>	0.381±0.022 <sup>b</sup>
左前肢上臂长/躯干长	L <sub>21</sub>	0.185±0.022 <sup>a</sup>	0.164±0.014 <sup>b</sup>
左前肢下臂长/躯干长	L <sub>22</sub>	0.148±0.025 <sup>a</sup>	0.136±0.015 <sup>b</sup>
左前肢掌长/躯干长	L <sub>23</sub>	0.177±0.028 <sup>a</sup>	0.154±0.010 <sup>b</sup>
左后肢长/躯干长	L <sub>24</sub>	0.458±0.043 <sup>a</sup>	0.426±0.021 <sup>b</sup>
左后肢上臂长/躯干长	L <sub>25</sub>	0.167±0.014 <sup>a</sup>	0.168±0.017 <sup>a</sup>
左后肢下臂长/躯干长	L <sub>26</sub>	0.157±0.018 <sup>a</sup>	0.147±0.021 <sup>b</sup>
左后肢掌长/躯干长	L <sub>27</sub>	0.185±0.014 <sup>a</sup>	0.156±0.010 <sup>b</sup>
尾长/躯干长	L <sub>28</sub>	0.316±0.025 <sup>a</sup>	0.282±0.020 <sup>b</sup>
尾宽/躯干长	L <sub>29</sub>	0.179±0.023 <sup>a</sup>	0.163±0.013 <sup>b</sup>

注: (1) 实验鳖: 2015年8月孵化后在宁波市明凤渔业有限公司余姚黄家埠养殖基地阳光大棚池塘内同池专养的雄性中华鳖; (2) A 实验群体: 取样测定时间为2017年9月30日; (3) B 实验群体: 取样测定时间为2018年4月30日; (4) 上标 a、b 标注组间差异( $P<0.05$ ), 字母相同表示无差异组间差异。下同

长/躯干长)、L<sub>28</sub>(尾长/躯干长)、L<sub>29</sub>(尾宽/躯干长)和 L<sub>4</sub>(头长/躯干长)、L<sub>5</sub>(头宽/躯干长)、L<sub>6</sub>(头高/躯干长)的显著下降( $P<0.05$ )致使其体型和头型均更显瘦短, 因 L<sub>20</sub>(左前肢长/躯干长)、L<sub>21</sub>(左前肢上臂长/躯干长)、L<sub>22</sub>(左前肢下臂长/躯干长)、L<sub>23</sub>(左前肢掌长/躯干长)、L<sub>24</sub>(左后肢长/躯干长)、L<sub>26</sub>(左后肢下臂长/躯干长)、L<sub>27</sub>(左后肢掌长/躯干长)的显著下降( $P<0.05$ )致使其四肢及其构件均显得更短, 因 L<sub>16</sub>(裙边宽/躯干长)、L<sub>17</sub>(裙边厚/躯干长)和 L<sub>10</sub>(眼间距/躯干长)、L<sub>19</sub>(腹甲宽/躯干长)的显著下降( $P<0.05$ )致使其裙边

萎缩、腹甲变窄和眼间距变小; (3) A 实验群体显著小于 B 实验群体的体尺比例性状为 5 项, 体现为 B 实验群体因 L<sub>8</sub>(颈直径/躯干长)、L<sub>9</sub>(眼径/躯干长)、L<sub>12</sub>(上颌长/躯干长)、L<sub>13</sub>(下颌长/躯干长)、L<sub>14</sub>(背甲长/躯干长)的显著增加( $P<0.05$ )致使其眼增大、颈增粗、上下颌和背甲均变得更长。综上所述, 越冬对实验鳖的形质特征具显著影响, 实验鳖通过饰变其体尺比例以抵御越冬胁迫的生存适应对策。

## 2.2 肥满度指数和重长系数

由表 2 可见, 越冬对实验鳖肥满度指数和重长系

数的影响主要表现为: (1) 从所涉 4 项肥满度指数看, 越冬对以体长来度量单位空间生物量的  $F_1$ 、 $F_3$  均无显著影响( $P>0.05$ ), 而以躯干长来度量单位空间生物量的  $F_2$ 、 $F_4$  均呈 A 实验群体显著大于 B 实验群体( $P<0.05$ ), 即越冬会导致实验鳖躯体部储能的显著下降( $P<0.05$ ); (2) 从所涉 4 项重长系数看, 越冬对以躯

干长来度量单位长度生物量的  $K_2$ 、 $K_4$  均无显著影响( $P>0.05$ ), 而以体长来度量单位长度生物量的  $K_1$ 、 $K_3$  均呈 A 实验群体显著小于 B 实验群体( $P<0.05$ ), 即越冬会导致实验鳖体质强壮程度的显著提升( $P<0.05$ )。综上可知, 实验鳖可通过越冬期间的躯体减肥使其体质状况获得显著改善。

表 2 越冬对池塘专养模式下 2<sup>+</sup>龄中华鳖肥满度指数和重长系数的影响

Tab.2 Effects of overwintering on relative fatness indices and weight-length coefficients of 2<sup>+</sup> age *T. sinensis* in pond culture mode

指标	定义	单位	代码	群体类别	
				A 实验群体(n=30)	B 实验群体(n=30)
肥满度指数 a	体质量/体长 <sup>3</sup> ×100	g/cm <sup>3</sup>	$F_1$	2.5±0.4 <sup>a</sup>	2.3±0.8 <sup>a</sup>
肥满度指数 b	体质量/躯干长 <sup>3</sup> ×100	g/cm <sup>3</sup>	$F_2$	17.5±3.6 <sup>a</sup>	13.2±4.0 <sup>b</sup>
肥满度指数 c	净体质量/体长 <sup>3</sup> ×100	g/cm <sup>3</sup>	$F_3$	1.8±0.3 <sup>a</sup>	1.7±0.5 <sup>a</sup>
肥满度指数 d	净体质量/躯干长 <sup>3</sup> ×100	g/cm <sup>3</sup>	$F_4$	12.7±2.5 <sup>a</sup>	9.6±2.7 <sup>b</sup>
重长指数 a	体质量/体长	g/cm	$K_1$	14.7±1.1 <sup>a</sup>	15.8±2.0 <sup>b</sup>
重长指数 b	体质量/躯干长	g/cm	$K_2$	28.2±2.3 <sup>a</sup>	28.2±2.8 <sup>a</sup>
重长指数 c	净体质量/体长	g/cm	$K_3$	10.8±1.4 <sup>a</sup>	11.6±1.4 <sup>b</sup>
重长指数 d	净体质量/躯干长	g/cm	$K_4$	20.6±2.7 <sup>a</sup>	20.7±1.4 <sup>a</sup>

### 2.3 脏器质量比例性状

由表 3 可见, 在所涉 19 项脏器质量比例性状中 A、B 实验群体间存在显著差异的为  $T_3$ (肝系数)、 $T_4$ (胃

系数)、 $T_5$ (肠系数)、 $T_8$ (脾系数)、 $T_9$ (肠脏比)、 $T_{10}$ (肝脏比)、 $T_{11}$ (胃脏比)、 $T_{12}$ (肺脏比)、 $T_{14}$ (脾脏比)、 $T_{15}$ (肠心比)、 $T_{17}$ (肝心比)和  $T_{18}$ (胃心比)等 12 项, 且均

表 3 越冬对池塘专养模式下 2<sup>+</sup>龄中华鳖脏器比例指数的影响

Tab.3 Effects of overwintering on viscera proportion indexes of 2<sup>+</sup> age *T. sinensis* in pond culture mode

指标	定义	代码	群体类别	
			A 实验群体(n=30)	B 实验群体(n=30)
内脏系数	(内脏质量/体质量)×100%	$T_1$	18.713±3.529 <sup>a</sup>	18.072±2.642 <sup>a</sup>
裙边系数	(裙边质量/体质量)×100%	$T_2$	11.907±1.078 <sup>a</sup>	11.917±1.447 <sup>a</sup>
肝系数	(肝质量/体质量)×100%	$T_3$	0.698±0.132 <sup>a</sup>	0.792±0.124 <sup>b</sup>
胃系数	(胃质量/体质量)×100%	$T_4$	0.698±0.132 <sup>a</sup>	0.792±0.124 <sup>b</sup>
肠系数	(肠质量/体质量)×100%	$T_5$	1.062±0.115 <sup>a</sup>	1.243±0.168 <sup>b</sup>
肺系数	(肺质量/体质量)×100%	$T_6$	1.112±0.216 <sup>a</sup>	1.203±0.183 <sup>a</sup>
心系数	(心质量/体质量)×100%	$T_7$	0.309±0.042 <sup>a</sup>	0.314±0.060 <sup>a</sup>
脾系数	(脾质量/体质量)×100%	$T_8$	0.130±0.030 <sup>a</sup>	0.144±0.022 <sup>b</sup>
肠脏比	肠质量/内脏质量	$T_9$	0.059±0.011 <sup>a</sup>	0.070±0.016 <sup>b</sup>
肝脏比	肝质量/内脏质量	$T_{10}$	0.150±0.042 <sup>a</sup>	0.173±0.037 <sup>b</sup>
胃脏比	胃质量/内脏质量	$T_{11}$	0.038±0.005 <sup>a</sup>	0.045±0.010 <sup>b</sup>
肺脏比	肺质量/内脏质量	$T_{12}$	0.060±0.010 <sup>a</sup>	0.067±0.013 <sup>b</sup>
心脏比	心质量/内脏质量	$T_{13}$	0.017±0.004 <sup>a</sup>	0.018±0.004 <sup>a</sup>
脾脏比	脾质量/内脏质量	$T_{14}$	0.007±0.002 <sup>a</sup>	0.008±0.001 <sup>b</sup>
肠心比	肠质量/心质量	$T_{15}$	3.481±0.515 <sup>a</sup>	4.075±0.859 <sup>b</sup>
脾心比	脾质量/心质量	$T_{16}$	0.421±0.088 <sup>a</sup>	0.478±0.152 <sup>a</sup>
肝心比	肝质量/心质量	$T_{17}$	8.870±1.787 <sup>a</sup>	10.052±2.148 <sup>b</sup>
胃心比	胃质量/心质量	$T_{18}$	2.270±0.448 <sup>a</sup>	2.567±0.386 <sup>b</sup>
肺心比	肺质量/心质量	$T_{19}$	3.625±0.671 <sup>a</sup>	3.981±1.106 <sup>a</sup>

呈 A 实验群体显著小于 B 实验群体 ( $P < 0.05$ ), 即: 越冬虽并不影响实验蟹的心、肺、内脏质量与体质量间的比率 ( $P > 0.05$ ), 心质量与内脏质量间的比率 ( $P > 0.05$ ), 以及脾、肺质量与心质量间的比率 ( $P > 0.05$ ), 却可显著提高肝、胃、肠、脾质量与体质量间的比率 ( $P < 0.05$ ), 肝、胃、肠、脾、肺质量与内脏质量间的比率 ( $P < 0.05$ ), 以及肝、胃、肠质量与心质量间的比率 ( $P < 0.05$ ), 表明消化和免疫脏器较心、肺在帮助实验蟹安全越冬上更具生理重要性。

#### 2.4 基于形质评价指标的主成分分析

经 Bartlett 球形检验 ( $P < 0.01$ ) 和 KMO 适合度 ( $KMO = 0.708$ ) 检验, 被表 4 筛留的 20 项形质指标中包含了 16 项体尺比例性状、2 项重长系数性状和 2 项脏

器质量比例性状。经因子分析, 表 4 所列 5 个主成分的特征值均大于 1 且方差累计贡献率为 80.427%, 表明它们为可概括 A、B 两实验群体间形质差异的公共因子。其中,  $PC_1$  的方差贡献率为 37.127%, 其主要影响变量(载荷绝对值  $P > 0.5$ ) 为 6 个, 影响力排序呈  $L_{10}$  (眼间距/躯干长)  $> L_4$  (头长/躯干长)  $> L_7$  (颈长/躯干长)  $> L_1$  (体长/躯干长)  $> L_{24}$  (左后肢长/躯干长)  $> L_{16}$  (裙边宽/躯干长);  $PC_2$  的方差贡献率为 20.056%, 其主要影响变量为 5 个, 影响力排序为  $L_{14}$  (背甲长/躯干长)  $> L_{21}$  (左前肢上臂长/躯干长)  $> L_{25}$  (左前肢上臂长/躯干长)  $> L_{17}$  (裙边厚/躯干长)  $> L_{19}$  (腹甲宽/躯干长);  $PC_3$  的方差贡献率为 9.820%, 其主要影响变量为 3 个, 影响力排序为  $L_{23}$  (左前肢掌长/躯干长)  $> L_{22}$  (左前肢下臂

表 4 越冬对池塘专养模式下 2<sup>+</sup> 龄中华鳖形质影响的主成分分析

Tab.4 Principal component analysis of the influence of overwintering on morphologic characteristics of 2<sup>+</sup> age *T. sinensis* in pond culture mode

形质评价指标	代码	载荷值				
		PC <sub>1</sub>	PC <sub>2</sub>	PC <sub>3</sub>	PC <sub>4</sub>	PC <sub>5</sub>
体长/躯干长	$L_1$	0.656*	0.283	0.360	-0.078	0.445
头长/躯干长	$L_4$	0.817*	0.058	0.276	-0.207	0.083
颈长/躯干长	$L_7$	0.679*	0.094	-0.042	0.640*	0.021
颈直径/躯干长	$L_8$	0.050	-0.252	-0.135	0.858*	-0.125
眼间距/躯干长	$L_{10}$	0.843*	0.142	0.067	0.229	-0.034
鼻间距/躯干长	$L_{11}$	0.046	0.215	0.066	0.837*	0.230
背甲长/躯干长	$L_{14}$	0.001	0.865*	0.025	0.128	-0.212
裙边宽/躯干长	$L_{16}$	0.551*	0.387	0.251	-0.309	0.416
裙边厚/躯干长	$L_{17}$	0.476	0.611*	0.393	-0.052	-0.204
腹甲宽/躯干长	$L_{19}$	0.454	0.551*	0.326	0.401	0.183
左前肢长/躯干长	$L_{20}$	0.314	0.239	0.791*	-0.226	-0.121
左前肢上臂长/躯干长	$L_{21}$	0.224	0.785*	0.420	0.144	0.118
左前肢下臂长/躯干长	$L_{22}$	0.123	0.403	0.803*	0.070	0.105
左前肢掌长/躯干长	$L_{23}$	0.070	0.031	0.902*	0.110	0.211
左后肢长/躯干长	$L_{24}$	0.630*	0.079	-0.009	-0.487	-0.068
左后肢下臂长/躯干长	$L_{25}$	0.240	0.677*	0.222	-0.008	0.286
内脏系数	$T_1$	0.207	0.440	0.180	0.557*	0.444
裙边系数	$T_2$	0.027	0.030	-0.186	-0.102	0.786*
重长指数 a	$K_1$	0.073	-0.198	-0.217	-0.157	0.891*
重长指数 c	$K_3$	0.049	-0.291	-0.293	-0.326	0.751*
特征值		7.425	4.011	1.964	1.435	1.250
贡献率(%)		37.127	20.056	9.820	7.174	6.250
累积贡献率(%)		37.127	57.184	67.003	74.177	80.427

注: \*示主成分中的主要影响变量( $PC > 0.5$ )

长/躯干长) $>L_{20}$  (左前肢长/躯干长);  $PC_4$  的方差贡献率为 7.174%, 其主要影响变量为 4 个, 影响力排序为  $L_8$  (颈直径/躯干长) $>L_{11}$  (鼻间距/躯干长) $>L_7$  (颈长/躯干长) $>T_1$  (内脏系数);  $PC_5$  的方差贡献率为 6.250%, 其主要影响变量为 3 个, 影响力排序为  $T_2$  (裙边系数) $>K_1$  (重长指数  $a$ ) $>K_3$  (重长指数  $c$ )。上述 5 个公共因子所涉的主要影响变量可反映越冬前后实验鳖在体型、体质、寻食视野、吞食能力以及运动能力等诸方面的差异。

分别绘制  $PC_1$  与其他各主成分间的得分散布图 (图 1)。由图 1 可见, A、B 两实验群体沿 FAC1 轴自左向右总体上分别占据各自独立的区域, 但仍存在一定程度的重叠或错位, 表明  $PC_1$  在归纳本研究实测样本的类群归属上明显受到了某些关键影响变量的干扰。

### 2.5 基于形质评价指标的判别分析

采用逐步导入剔除法, 从表 4 所列的 20 个形质变量中筛选出对判别贡献较大的  $L_4$  (头长/躯干长)、 $L_7$  (颈长/躯干长)、 $L_{14}$  (背甲长/躯干长)、 $L_{20}$  (左前肢长/躯干长) 和  $L_{22}$  (左前肢下臂长/躯干长) 等 5 个变量进行判别分析,  $F$  检验表明各变量均达到极显著水平 ( $P<0.01$ )。根据上述 5 个变量建立 A、B 两实验对象的 Fisher 分类函数方程组于表 5, 经验证, 判别准确率和综合判别准确率均为 96.67% (表 6)。另, 所绘制的典型判别函数判别得分散布图 (图 2), 也进一步印证了上述判别分析的可靠性。

## 3 讨论

### 3.1 实验鳖响应越冬胁迫的形质饰变对策分析

逐渐降低觅食活动量并萎缩觅食活动空间直至深度入泥, 是中华鳖顺应越冬胁迫常表露出的行为变化模式。因此, 面对越冬胁迫下机体代谢水平和运动强度均显著下滑的实际, 如何有效增进越冬准备期摄食效率和冬眠期入泥深度以利安全越冬, 无疑是中华鳖越冬期间饰变形质的重要方向与主要内容。为此, 本研究中所涉实验鳖基于阳光大棚池塘专养模式, 就提高越冬准备期摄食效率和增进冬眠期入泥能力, 建立了一套有效应对越冬胁迫的形质饰变对策及与之相匹配的形质适应组合。具体表现为: (1) 中华鳖颈长肌特别发达 (沈卉君等, 1982), 与其攀爬、翻身和抢食能力密切相关; 中华鳖的裙边与头足类的肉鳍类似, 均具辅助运动功能。研究发现, 因食物保障程度差异, 外塘养殖鳖的裙边宽显著大于体质量相近的温室养殖鳖 (蒋晓妍, 2014)。因此, 牟恩璇等

(2021) 将颈长认定为表征中华鳖体能和抢食能力强弱的关键形态性状, 将裙边宽认定为表征中华鳖体能和追捕运动能力的重要形态性状。由表 1 可见, B 实验群体在体尺比例性状上通过显著下调  $L_1$  (体长/躯干长)、 $L_4$  (头长/躯干长)、 $L_7$  (颈长/躯干长)、 $L_{10}$  (眼间距/躯干长) ( $P<0.05$ )、 $L_{16}$  (裙边宽/躯干长), 显著上

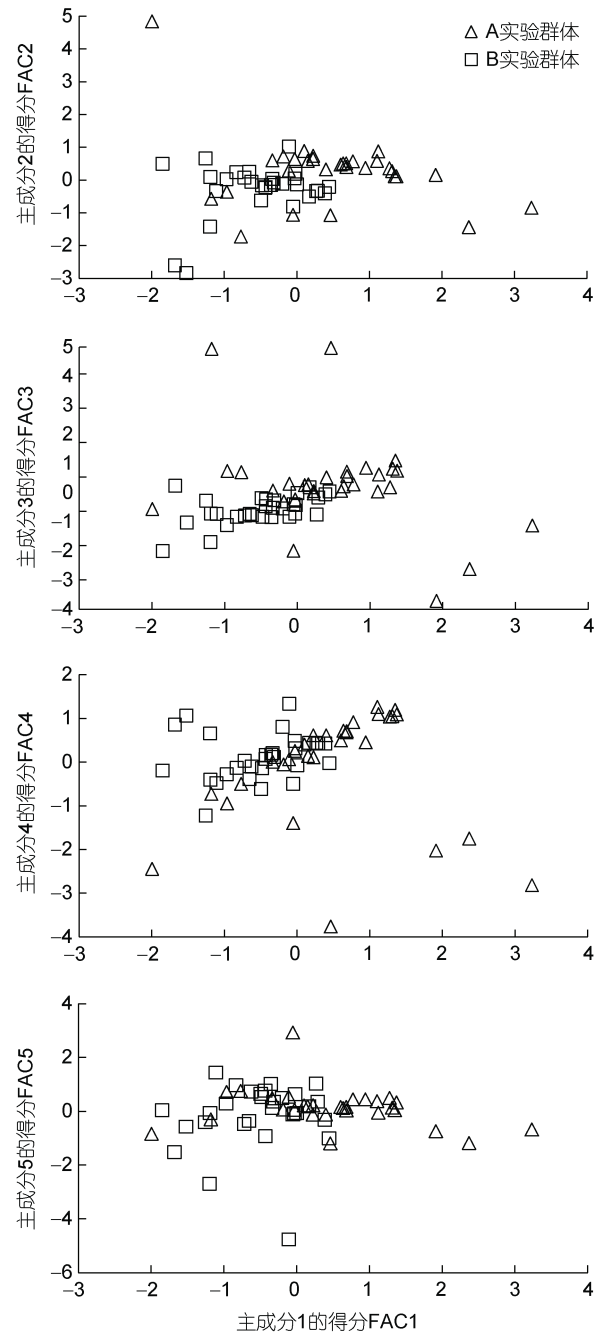


图 1 越冬对池塘专养模式下 2<sup>+</sup>龄中华鳖形质影响的主成分散布图

Fig.1 The scatter diagram of principal components of the influence of overwintering on the morphologic characteristics of 2<sup>+</sup> age *T. sinensis* in pond culture mode

表 5 Fisher 分类函数方程组自变量系数及常数项  
Tab.5 Coefficients and constant terms of independent variables of Fisher classification function equations

群体类别	自变量系数					常数项
	$L_4$	$L_7$	$L_{14}$	$L_{20}$	$L_{22}$	
A 实验群体	577.807 3	36.769 5	229.709 3	297.632 8	-28.897 6	-214.39
B 实验群体	379.360 3	14.542 1	290.479 2	221.068	97.369 59	-198.913

表 6 越冬对池塘专养模式下 2<sup>+</sup>龄中华鳖形质影响的判别分类结果  
Tab.6 Discriminant and classification results of the influence of overwintering on the morphological characteristics of 2<sup>+</sup> age *T. sinensis* in pond culture mode

群体类别	总数	预测分类		判别准确率/%		综合判别率 P/%
		A 实验群体	B 实验群体	$P_1$	$P_2$	
A 实验群体	30	29	29	96.67	96.67	96.67
B 实验群体	30	1	1	96.67	96.67	

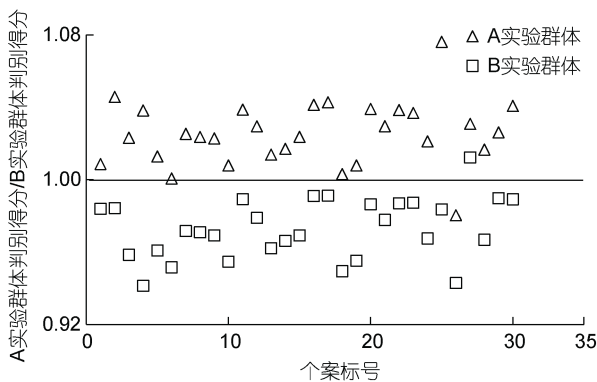


图 2 越冬对池塘专养模式下 2<sup>+</sup>龄中华鳖形质影响的判别得分散布图

Fig.2 Scatter diagram of discriminant score of influence of overwintering on morphological characteristics of 2<sup>+</sup> age *T. sinensis* in pond culture mode

调  $L_9$  (眼径/躯干长)、 $L_{12}$  (上颌长/躯干长)、 $L_{13}$  (下颌长/躯干长)和  $L_8$  (颈直径/躯干长) ( $P<0.05$ ), 以缩小觅食空间、减弱抢食能力、收窄寻食视野、增强寻食观察力、增进食物吞咽量, 由此形成了通过强化就近觅食水平以减少捕食体能消耗和提高摄食效率的体尺饰变策略。为配合该策略, B 实验群体在脏器质量比例性状上通过显著上调  $T_3$  (肝系数)、 $T_4$  (胃系数)和  $T_5$  (肠系数) ( $P<0.05$ ) (表 3), 积极响应因就近大量吞食专养池塘内积存的腐屑带来的消化压力以助安全越冬, 与李有志等(2022)报道的 B 实验群体胃蛋白酶和肠淀粉酶活力均显著高于 A 实验群体( $P<0.05$ )的情形相吻; (2) 刘云等(2002)研究发现, 中华鳖冬眠前的呼吸频率、耗氧量和心率均显著低于活动期。无疑, 本研究中表 3 所示 A、B 实验群体间  $T_6$  (肺系数)、 $T_7$  (心系数)无显著差异( $P>0.05$ ), 与表 1 所示 B 实验群体显著上调  $L_{14}$  (背甲长/躯干长) ( $P<0.05$ ), 和显著下

调  $L_2$  (体宽/躯干长)、 $L_3$  (体高/躯干长)、 $L_5$  (头宽/躯干长)、 $L_6$  (头高/躯干长)、 $L_{17}$  (裙边厚/躯干长)、 $L_{19}$  (腹甲宽/躯干长)和  $L_{29}$  (尾宽/躯干长) ( $P<0.05$ )的结果, 揭示了实验鳖为应对越冬胁迫通过收窄和收扁体型以减少机体入泥阻力, 进而显著降低入泥呼吸能耗的形质饰变策略; (3) 四肢既是推进中华鳖在水中游泳和陆地爬行的运动器官(沈卉君等, 1981, 1982), 也是中华鳖冬眠掘泥的主要脏器。解剖发现, 实验鳖的脂肪主要积存于四肢和内脏, 尤以后肢为甚。由表 1、表 2 可见, B 实验群体体尺比例性状  $L_{20}$  (左前肢长/躯干长)、 $L_{21}$  (左前肢上臂长/躯干长)、 $L_{22}$  (左前肢下臂长/躯干长)、 $L_{23}$  (左前肢掌长/躯干长)、 $L_{24}$  (左后肢长/躯干长)、 $L_{26}$  (左后肢下臂长/躯干长)、 $L_{27}$  (左后肢掌长/躯干长)和肥满度指数  $F_2$  (体质量/躯干长<sup>3</sup>×100)、 $F_4$  (净体质量/躯干长<sup>3</sup>×100)均显著下调( $P<0.05$ ), 和重长系数  $K_1$  (体质量/体长)、 $K_3$  (净体质量/体长)均显著上调( $P<0.05$ )的结果, 结合中华鳖冬眠前肥满度指数和 GLU 浓度均显著高于活动期(刘云, 1999; 刘云等, 2002), 以及李有志等(2022)报道的中华鳖越冬后血清 TG 含量和肝脂肪酶及 CAT、POD 酶活力均显著下降的情形, 无疑揭示了实验鳖形成了通过积极动员体内脂肪, 显著提升 GLU 浓度, 以减脂强体助力越冬入泥挖掘能力, 致使其越冬后肥满度指数和四肢及其构件与躯干长间的比例均出现明显下降的形质饰变策略。

### 3.2 实验鳖响应越冬胁迫的形质饰变特征分析

范志勤(1973)研究表明, 动物为增加或减少散热面积, 其体型常随温度而变化, 一定的体型适应于一定温度范围的代谢水平。由表 1~表 5 可见, 实验鳖响应越冬胁迫的形质饰变特征主要表现为: (1) 影响  $PC_1$

的主要变量  $L_1$  (体长/躯干长)、 $L_4$  (头长/躯干长)、 $L_7$  (颈长/躯干长)、 $L_{10}$  (眼间距/躯干长)、 $L_{16}$  (裙边宽/躯干长) 和  $L_{24}$  (左后肢长/躯干长) 均呈 A 实验群体显著大于 B 实验群体 ( $P < 0.05$ ), 且主要判别变量  $L_4$  (头长/躯干长)、 $L_7$  (颈长/躯干长) 均位列其中, 故可将其归纳为以强化就近寻食为主要特征的公共因子; (2) 影响  $PC_2$  的主要变量中, A、B 实验群体间除  $L_{25}$  (左后肢下臂长/躯干长) 无显著差异 ( $P > 0.05$ ),  $L_{14}$  (背甲长/躯干长) 呈 A 实验群体显著小于 B 实验群体 ( $P < 0.05$ ) 外,  $L_{17}$  (裙边厚/躯干长)、 $L_{19}$  (腹甲宽/躯干长)、 $L_{21}$  (左前肢上臂长/躯干长) 均呈 A 实验群体显著大于 B 实验群体 ( $P < 0.05$ ), 且主要判别变量  $L_{14}$  (背甲长/躯干长) 位列其中, 故可将其归纳为通过收窄和收扁体型以减少入泥阻力进而降低入泥呼吸能耗为主要特征的公共因子; (3) 鉴于主成分越靠后误差越大这一实际 (Backhaus *et al*, 2005), 故本研究将  $PC_3$ 、 $PC_4$  和  $PC_5$  统归为一个公共因子。在影响  $PC_3$ 、 $PC_4$  和  $PC_5$  的主要变量中, A、B 实验群体间除  $L_{11}$  (鼻间距/躯干长)、 $T_1$  (内脏系数)、 $T_2$  (裙边系数) 均无显著差异 ( $P > 0.05$ ) 外,  $L_8$  (颈直径/躯干长)、 $K_1$  (体质量/体长)、 $K_3$  (净体质量/体长) 均呈 A 实验群体显著小于 B 实验群体 ( $P < 0.05$ ),  $L_7$  (颈长/躯干长)、 $L_{20}$  (左前肢长/躯干长)、 $L_{22}$  (左前肢下臂长/躯干长) 和  $L_{23}$  (左前肢掌长/躯干长) 均呈 A 实验群体显著大于 B 实验群体 ( $P < 0.05$ ), 且主要判别变量  $L_{20}$  (左前肢长/躯干长) 和  $L_{22}$  (左前肢下臂长/躯干长) 均位列其中, 故可将其统归为以减脂强体助力越冬入泥挖掘能力为主要特征的公共因子。无疑, 这 3 个公共因子真实反映了实验鳖就提高越冬准备期摄食效率和增进冬眠期入泥能力所建立的有效应对越冬胁迫下机体代谢水平和运动强度均显著下滑的形质饰变对策的可靠性。至于图 1 所示 A、B 两实验群体间出现一定程度重叠和错位的原因, 可能与两者在  $PC_2$ 、 $PC_3$ 、 $PC_4$  和  $PC_5$  主要影响变量中存在  $L_{25}$  (左后肢下臂长/躯干长)、 $L_{11}$  (鼻间距/躯干长)、 $T_1$  (内脏系数)、 $T_2$  (裙边系数) 等无显著差异项, 以及在  $PC_1$  与  $PC_4$  主要影响变量中共同包含  $L_7$  (颈长/躯干长) 有关。

### 3.3 越冬在中华鳖池塘养殖中的生产实践价值与意义

由表 2、表 3 可见, 越冬期间实验鳖通过显著下调肥满度指数  $F_2$ 、 $F_4$  ( $P < 0.05$ ), 显著上调  $T_3$  (肝系数)、 $T_4$  (胃系数)、 $T_5$  (肠系数)、 $T_8$  (脾系数)、 $T_9$  (肠脏比)、 $T_{10}$  (肝脏比)、 $T_{11}$  (胃脏比)、 $T_{14}$  (脾脏比) 和重长系数  $K_1$ 、 $K_3$  ( $P < 0.05$ ), 所映射的实验鳖通过主动降脂减肥,

使机体消化和免疫机能获得明显加强, 体质获得明显改善的结果, 与李有志等 (2022) 报道的实验鳖越冬后胃蛋白酶、肠淀粉酶和肝  $Na^+/K^+$ -ATPase、 $Ca^{2+}/Mg^{2+}$ -ATPase 酶活力均显著高企 ( $P < 0.05$ ), 以及肝脂肪酶和 CAT、POD 酶活力均显著下降 ( $P < 0.05$ ) 的情形相吻, 结合休眠期肝脏和小肠 LDH 同工酶活性均显著高于非休眠期 (王金星等, 1996) 的研究结果, 无疑揭示了冬季低温胁迫有利于激发实验鳖机体物质积累由初级代谢产物生产为主向次级代谢产物生产为主的切换, 及以此为其顺利越冬提供坚实的物质准备, 和复苏后顺利进入捕食活跃期打下扎实的生理基础的客观事实。由此, 越冬期间以次级代谢产物生产为主导的机体物质积累, 无疑对于提升中华鳖的食用营养品质具重要生产价值和实践意义。与此同时, 李有志等 (2022) 报道的实验鳖体长、体宽、体高、躯干长、体质量、净体质量及脏器质量等生物学测定指标值均呈越冬后显著大于越冬前 ( $P < 0.05$ ) 的结果, 与廖晓霞等 (2006) 报道的中华鳖肠、胃重量随体重和采食量的增加而增加的情形相符, 在进一步印证本文所述实验鳖在越冬准备期实施就近捕食策略的有效性的同时, 也指示我们在越冬养殖管理实践中加强越冬准备期科学供饲的必要性。

## 4 结语

(1) 本研究中所涉实验鳖基于阳光大棚池塘专养模式, 就提高越冬准备期摄食效率和增进冬眠期入泥能力, 建立了有效应对越冬胁迫下机体代谢水平和运动强度均显著下滑的形质饰变对策。在所涉 29 项体尺比例性状、4 项肥满度性状、4 项重长系数性状和 19 项脏器质量比例性状中, 越冬前后具显著差异的分别为 25 项、2 项、2 项和 12 项, 由此形成了一套与越冬相适应的形质适应组合。

(2) 经主成分分析, 提取到的 5 个特征值均大于 1 的主成分中, 越冬期间实验群体的  $PC_1$  可归纳为以强化就近寻食为主要特征的公共因子,  $PC_2$  可归纳为以减少入泥阻力进而降低入泥呼吸能耗为主要特征的公共因子,  $PC_3$ 、 $PC_4$  和  $PC_5$  可统归为以减脂强体助力越冬入泥挖掘能力为主要特征的公共因子。判别分析显示, 以判别贡献率较大的头长/躯干长、颈长/躯干长、背甲长/躯干长、左前肢长/躯干长和左前肢下臂长/躯干长为自变量, 建立的 Fisher 分类函数方程组可较清晰区分越冬前后实验个体, 两者的个体判别准确率和综合判别准确率均为 96.67%。



(3) 越冬低温胁迫有利于激发实验鳖机体物质积累由初级代谢产物生产为主向次级代谢产物生产为主的切换, 以此可为其顺利越冬提供坚实的物质准备, 为复苏后顺利进入捕食活跃期打下扎实的生理基础。越冬期间以次级代谢产物生产为主导的机体物质积累对提升中华鳖的食用营养品质具重要生产价值和实践意义。

### 参 考 文 献

- 王志铮, 付英杰, 杨磊, 等, 2013a. 三种养殖模式下日本鳗鲡 (*Anguilla japonica*) 养成成品体色和肌肉品质的差异[J]. 海洋与湖沼, 44(4): 1042-1049.
- 王志铮, 杨磊, 朱卫东, 2012. 三种养殖模式下日本鳗鲡养成品的形质差异[J]. 应用生态学报, 23(5): 1385-1392.
- 王志铮, 赵晶, 杨磊, 等, 2013b. 三种养殖模式下日本鳗鲡 (*Anguilla japonica*) 养成成品血清生化指标和脏器消化酶、抗氧化酶活力的差异[J]. 海洋与湖沼, 44(2): 403-408.
- 王金星, 赵小凡, 廖正根, 1996. 休眠与非休眠期中华鳖乳酸脱氢酶同工酶的比较分析[J]. 海洋湖沼通报(2): 43-47.
- 牛翠娟, 娄安如, 孙儒泳, 等, 2015. 基础生态学[M]. 3版. 北京: 高等教育出版社: 28.
- 刘云, 1999. 中华大蟾蜍、黑斑蛙、中华鳖及山蝠冬眠期与活动期肝系数与肥满度的比较[C] // 中国动物学会. 中国动物科学研究——中国动物学会第十四届会员代表大会及中国动物学会 65 周年年会论文集. 北京: 中国林业出版社: 1213-1214.
- 刘云, 杨小林, 王朝莉, 2002. 中华鳖冬眠期与活动期部分生理生化性质的比较研究[J]. 四川大学学报(自然科学版), 39(S1): 82-84.
- 农村农业部渔业渔政管理局, 全国水产技术推广总站, 中国水产学会, 2020. 中国渔业统计年鉴-2020 [M]. 北京: 中国农业出版社: 35.
- 孙燃, 朱卫东, 赵蓓蓓, 等, 2019. 池塘专养模式中华鳖幼鳖形态性状对体质量和净体质量的影响效果分析[J]. 浙江海洋大学学报(自然科学版), 38(2): 113-120.
- 牟恩璇, 申屠琰, 熊玉凤, 等, 2021. 池塘专养模式下中华鳖养成成品形态性状对体质量和净体质量的影响效应[J]. 浙江海洋大学学报(自然科学版), 40(1): 22-28, 79.
- 李有志, 牟恩璇, 申屠琰, 等, 2022. 越冬对池塘专养模式下中华鳖 (*Trionyx sinensis*) 机体形态、血清生化、脏器相关功能酶活力及肌肉和裙边物性的影响[J]. 海洋与湖沼, 53(2): 421-429.
- 沈卉君, 虞快, 1981. 中华鳖的解剖研究、骨骼系统[J]. 上海师范学院学报(自然科学版)(3): 87-100.
- 沈卉君, 虞快, 1982. 中华鳖的解剖研究、肌肉系统[J]. 上海师范学院学报(自然科学版)(2): 101-112.
- 范志勤, 1973. 大耳林姬鼠数量配置、体型和突出部分的大小与环境温度的关系[J]. 动物学报, 19(1): 54-60.
- 蒋晓妍, 2014. 不同养殖模式下相同规格中华鳖裙边特性研究[D]. 无锡: 江南大学: 14-16.
- 廖晓霞, 叶均安, 2006. 中华鳖的消化道指数和血液生化指标[J]. 上海水产大学学报, 15(1): 105-108.
- ALLEN J A, 1877. The influence of physical conditions in the genesis of species [J]. Radical Review, 1: 108-140.
- BACKHAUS K, ERICHSON B, PLINKE W, 2005. Multivariate Statistical Analysis [M]. Berdelberg: Springer.
- BERGMANN C, 1847. Über die verhältnisse der wärmeökonomie der thiere zu ihrer grösse [J]. Göttinger Studien, 3(1): 595-708.
- LI S F, WANG C H, CHENG Q Q, 2005. Morphological variations and phylogenesis of four strains in *Cyprinus carpio* [J]. 水产学报, 29(5): 606-611.
- TSOI K H, CHAN T Y, CHU K H, 2007. Molecular population structure of the kuruma shrimp *Penaeus japonicus* species complex in western Pacific [J]. Marine Biology, 150(6): 1345-1364.
- TSOI K H, WANG Z Y, CHU K H, 2005. Genetic divergence between two morphologically similar varieties of the kuruma shrimp *Penaeus japonicus* [J]. Marine Biology, 147(2): 367-379.
- WAGNER E J, ARNDT R E, BROUGH M, 2001. Comparative tolerance of four stocks of cutthroat trout to extremes in temperature, salinity, and hypoxia [J]. Western North American Naturalist, 61(4): 434-444.

## EFFECTS OF OVERWINTERING ON THE MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF *TRIONYX SINENSIS* IN POND CULTURE MODE

QU Tao<sup>1</sup>, SHENTU Yan<sup>1,2</sup>, MU En-Xuan<sup>1</sup>, LI You-Zhi<sup>1</sup>, ZHU Wei-Dong<sup>2</sup>, WANG Zhi-Zheng<sup>1</sup>

(1. School of Fisheries of Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316022, China; 2. Yuyao Aquatic Technology Extension Center, Yuyao 315400, China)

**Abstract** The data of *Trionyx sinensis* in pond culture mode 2<sup>+</sup> years old Yuyao local strain of syngenetic group of individuals of biology measurement before and after winter were used, on the basis of comparison of body measurements proportion traits, relative fatness indices, weight-length coefficients and viscera quality ratios, using principal component analysis and discriminant analysis method, system researched on characteristics of *T. sinensis* of shape quality of overwintering, results show that: (1) In the proportion traits of 29 body measurements, 4 relative fatness indices, 4 weight-length coefficients, 19 viscera proportion traits, the indexes with significant difference before and after the winter is respectively 25, 2, 2 and 12 items, indicating that the wintering could significantly impact on the morphological characteristics of *T. sinensis*. Therefore, it can be inferred that *T. sinensis* would respond to the survival adaptation strategy of overwintering stress by changing the morphological and quality characteristics; (2) Through principal component analysis, the extracted five principal components with feature values greater than 1 could explain 80.427% of the variables. Among the five principal components, PC1 could be summarized as a common factor characterized by strengthening nearby food-seeking; PC2 could be classified as a common factor mainly characterized by reducing entry mud resistance and respiration energy consumption. PC3, PC4 and PC5 could be grouped as common factors with the main characteristics of lipid-reducing and strong body facilitating the digging ability of overwintering into mud; (3) The stepwise discriminant method was used to judge head length/trunk length, neck length/trunk length, back nail length/trunk length, left forelimb length/trunk length and left forelimb lower arm length/trunk length as independent variables, the established Fisher classification function equations could clearly distinguish the experimental individuals before and after overwintering. Significantly, the individual discriminant accuracy and comprehensive discriminant accuracy are all 96.67%.

**Key words** overwintering; *Trionyx sinensis*; morphological characteristics; pond special culture mode; multivariate analysis