

鲫鱼易钓性与标准代谢及形态特征的关联^{*}

杨亚, 吴朝伟, 付世建, 彭姜岚, 曾令清

(重庆师范大学 进化生理与行为学实验室 重庆市动物生物学重点实验室, 重庆 401331)

摘要:【目的】考察鲤科(Cyprinidae)鱼类的标准代谢率(Standard metabolic rate)及形态参数与易钓性是否存在关联。【方法】以广布种鲤科鱼类鲫(*Carassius auratus*)幼鱼为实验对象,在(25±0.5)℃条件下测定体质量相近、体格健康的40尾幼鱼的标准代谢率,随后在实验室环境中连续进行5 d垂钓,每日垂钓20尾幼鱼即停止当日垂钓活动。【结果】1)第1 d被钓出幼鱼的标准代谢率高于未被钓出幼鱼,具有统计学意义($p<0.05$);随后连续4 d中被钓出幼鱼与未被钓出幼鱼的标准代谢率之间的差异均不具有统计学意义。另外,每日被钓出幼鱼与未被钓出幼鱼的体质量之间的差异也无统计学意义,但被钓出幼鱼的体长在第3 d和第5 d大于未被钓出幼鱼,且具有统计学意义($p<0.05$),并且被钓出幼鱼的肥满度在第3 d高于未钓出组,具有统计学意义($p<0.05$)。2)在5 d的连续垂钓中,被钓上5次的幼鱼有3尾,被钓上1~4次的幼鱼分别为7,7,6,10尾,仅7尾幼鱼从未被钓出,单因素方差分析显示不同被钓出频次的幼鱼的标准代谢率之间差异不具有统计学意义。3)对5 d中均被钓出的幼鱼的钓出顺序进行分析,发现它们每日被钓排序在整体上保持一致,而幼鱼的平均被钓次序号与它们的标准代谢率和形态参数均无统计学意义上的相关性。【结论】鲫幼鱼的首次被钓经历并不影响自身再次被钓;在体质量相近条件下,鲫的易钓性与外部形态(如体质量、体长或肥满度等)以及维持代谢有关。

关键词:易钓性;标准代谢率;垂钓;形态特征;鲫

中图分类号:Q175

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2017)02-0026-06

与试图获得经济效益最大化的其他动物养殖相似,鱼类的人工养殖、海洋渔业捕捞等生产活动存在对鱼类表型特征进行人工定向选择的现象,这种人工选择属自然选择压力类型之一^[1]。当今世界不论野外垂钓还是竞技钓鱼不仅对鱼类的生物学特征如形态、种类、性别等产生定向选择压力^[2],而且也会对生理和行为特征产生同样的选择压力^[3-4],对不论养殖种群还是野外种群均产生重要的生理生态学影响^[3]。如在垂钓过程中,由于鱼急于摆脱鱼钩而进行大量爆发运动或空气曝露,这些胁迫导致鱼体肌肉糖原、三磷酸腺苷(ATP)和磷酸肌酸(PCr)的快速消耗,并形成大量的乳酸^[5-6];定向的人工垂钓还可能导致大口黑鲈(*Micropterus salmoides*)的基因库及种群特征如存活率、生长率、繁殖等产生影响^[2]。然而,对于同种鱼类的某些个体为何容易被钓而剩余个体相对较难被钓的生物学特性问题即鱼类易钓性(Vulnerability to angling),其中相关能量学、行为学和形态学机制研究仍较为匮乏^[7-8]。

鲫(*Carassius auratus*)是一种中国常见鱼类,属鲤形目(Cypriniformes),鲤科(Cyprinidae),鲤亚科(Cyprininae),鲫属(*Carassius*),广泛分布于中国各地的江河湖泊、池塘水库、沼泽河沟等不同水体中,主要以有机碎屑、藻类、水生维管束植物的嫩叶以及浮游动物为食。鲫不仅是经济养殖品种,而且还是科学研究的良好材料。以鲫为实验对象的研究报道较为丰富,如游泳能力及血液指标与环境因子(如低氧等)的关系、流速偏好等^[9-12];但有关该种鱼易钓性的内在机制尚未见报道。为此,本研究以鲫幼鱼为实验对象,考察鲫幼鱼的易钓性与标准代谢率(Standard metabolic rate)及形态特征的关系,分析与之有关的能量学和形态学机制,为鱼类行为生态学研究提供基础资料,同时也为经济鱼类的生态养殖和科学实践提供参考。

^{*} 收稿日期:2016-09-05 修回日期:2016-10-25 网络出版时间:2017-03-13 11:08

资助项目:国家自然科学基金(No. 31300341);重庆市自然科学基金(No. cstc2014jcyjA00018);重庆市教委科技项目(No. KJ130619);重庆师范大学青年人才拔尖培育计划项目(No. 02030307-00027)

第一作者简介:杨亚,女,研究方向为鱼类生理生态学,E-mail: 1227605547@qq.com;通信作者:曾令清,副教授,E-mail: lingqingzeng@hotmail.com

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20170313.1108.044.html>

1 材料与方法

1.1 实验鱼及其驯化

于2014年7月在重庆市北碚区歇马镇当地养殖基地购买大小相近、体格健康的鲫幼鱼,体质量为 (12.00 ± 2.99) g,体长为 (8.0 ± 0.5) cm,购回后将之置于重庆师范大学进化生理与行为学实验室循环控温水槽(水量约250 L)驯养28 d。为便于区别不同鲫幼鱼个体,本研究对实验鱼进行PIT(Passive integrated transponder)数字标签体内植入,各实验个体信息可通过扫描仪(HT9000,广州市洪腾条码技术有限公司)检测获得。实验水体为曝气3 d后的自来水,每日换水量约10%。用充氧泵向水槽持续泵入空气使溶氧接近饱和水平。驯化温度为 (5.0 ± 0.5) °C,光照周期为14 h光照:10 h黑暗。驯养期间以中国通威公司生产的颗粒浮性饵料于每日早晚(9:00和21:00)对所有实验鱼饱足投喂2次。为减少流水和充气的影响,在每次投喂5 min前关闭充氧泵,投喂30 min后用虹吸管清除残饵和粪便,以维持驯养水体的质量。

1.2 实验方法

1.2.1 标准代谢率测定 从驯养28 d后的幼鱼中挑选健康的80尾作为实验鱼,分成两组,每组40尾。将鱼转入流水式呼吸代谢仪的呼吸室中禁食24 h,再用溶氧仪(HQ30d,美国哈希公司)在第2 d的9:00,11:00,13:00,15:00,17:00,19:00和21:00对实验鱼进行耗氧率测定,以7个时间耗氧率的平均值表征实验鱼的标准代谢率。最后通过对80尾实验鱼的标准代谢率进行数值排序以筛选高标准代谢率个体和低标准代谢率个体。筛选标准参照文献[12],具体为:先对80尾鱼标准代谢率在平均值上进行高低排序,同时计算单尾鱼在7个时间点上的标准代谢率的变异系数,从排序后80个平均标准代谢率的最大值一端依次筛选高标准代谢率个体,如果该尾鱼标准代谢率的变异系数小于20%(数量超过60尾),则作为高标准代谢率个体,直至选出20尾;以同样标准,从标准代谢率的最小值一端依次筛选获得20尾低标准代谢率个体。通过筛选,分别获得高和低标准代谢率个体各20尾,共40尾。在测量标准代谢率期间也获得实验鱼的形态学数据,即40尾鲫幼鱼的体质量和体长。体长和体质量均重复测定3次,取3次测定结果的平均值。并计算肥满度(Condition factor),肥满度的计算公式为“肥满度=体质量/体长³×100”。鲫幼鱼标准代谢率及形态参数的测量工作在垂钓之前完成,垂钓实验过程中不测量标准代谢率及形态参数。流水式呼吸代谢仪的实验条件如水温、溶氧、光照等均与驯化期间一致。标准代谢率的计算公式为:

$$R = \Delta C_{O_2} \times \frac{v}{m^{0.75}},$$

式中, R 为标准代谢率(单位: $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), ΔC_{O_2} 为实验鱼呼吸室与空白对照出水口的溶氧水平差值(单位: $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$), v 为呼吸室的流水速度(单位: $\text{L} \cdot \text{h}^{-1}$), m 为实验鱼的体质量(单位:kg),0.75为体质量校正系数。

1.2.2 垂钓实验 将筛选出的40尾鲫幼鱼放入长×宽×高为1 m×1 m×1 m且水深80 cm的正方形水槽中,重复垂钓5 d,每日样本量全部为40个。在每日垂钓中每钓上1尾鲫幼鱼,即用扫描仪获取该尾鱼的个体标签信息并作记录;在每日垂钓20尾后,即终止当日的垂钓活动,并将被钓出的这20尾鱼定义为钓出组,剩余20尾定义为未钓出组。具体垂钓方法为:垂钓时,准备好渔具并在鱼钩装好鱼饵(米粒),将鱼钩置入水槽中心处,鱼钩悬浮于水面下40 cm处,观察浮标以判定鱼吃饵情况;若鱼因被钓而剧烈逃逸,则将之钓出并轻取实验鱼,以防止鱼体因动作剧烈而受伤;随后对钓上来的鱼用扫描仪检测个体标签信息,依次记录每尾鱼的被钓次序号,用于计算实验鱼在5 d中的平均被钓次序号;将被钓的鱼置于含有抗生素的水体适应2 h,以减少因钓鱼带来的损伤,然后再全部放回水槽。在5 d垂钓中,被钓实验鱼的被钓频次介于0~5次。每日垂钓实验均在当日上午完成。每日15:00时对所有实验鱼进行维持日粮(约为0.5%的实验鱼体质量)投喂,以保持在5 d实验过程中实验鱼的营养水平和形态大小相近。

1.3 数据处理与统计分析

先用Excel 2003软件对实验数据作常规计算,然后再用SPSS 19.0对标准代谢率和形态参数进行两因素(垂钓与时间)方差分析(ANOVA),若组间差异具有统计学意义则采用 t -检验进行多重比较。采用 t -检验分析高标准代谢率与低标准代谢率的表型参数的差异。采用单因素方差分析分析不同被钓频率且的标准代谢率和形态参数的差异。采用Pearson相关分析考察实验鱼的平均被钓次序号与标准代谢率及形态参数之间的关系。所有实验数据均以“平均值±标准误”表示,当 $p < 0.05$ 时,视统计分析结果具有统计学意义。

2 结果

2.1 标准代谢率和形态参数及变异情况

经测算,40 尾鲫幼鱼的标准代谢率平均值为 $(133.8\pm 8.2)\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$,最大值、最小值分别为 238.5, $57.8\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$,最大值约 4 倍于最小值;体质量平均值为 $(12.55\pm 0.31)\text{ g}$,最大值、最小值分别为 15.55, 8.74 g ,最大值约为最小值的 1.8 倍;体长平均值为 $(7.35\pm 0.06)\text{ cm}$,最大值、最小值分别为 8.10, 6.60 cm ;肥满度平均值为 $(3.14\pm 0.04)\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,最大值、最小值分别为 3.57, $2.46\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。在上述参数中,标准代谢率的变异系数最大,达 38.6%;体质量和肥满度的变异系数次之,而体长的变异系数最小(表 1)。

表 1 鲫幼鱼的标准代谢率及形态参数

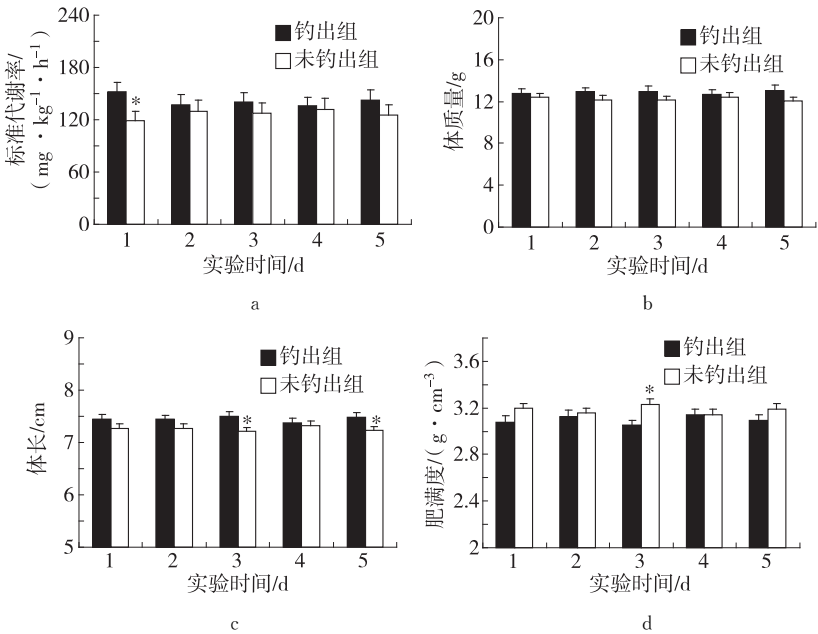
Tab.1 The standard metabolic rate and morphology of the juvenile crucian carp

组别	样本量/ 个	标准代谢率/ $(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1})$		体质量/g		体长/cm		肥满度/ $(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$	
		平均值±标准误	变异系数	平均值±标准误	变异系数	平均值±标准误	变异系数	平均值±标准误	变异系数
高标准代谢率	20	177.9 ± 6.5	16.3	12.78 ± 0.42	14.7	7.43 ± 0.09	5.2	3.11 ± 0.04	5.9
低标准代谢率	20	89.7 ± 5.1	25.6	12.31 ± 0.45	16.6	7.28 ± 0.08	5.2	3.17 ± 0.06	8.0
整体	40	133.8 ± 8.2	38.6	12.55 ± 0.31	15.6	7.35 ± 0.06	5.2	3.14 ± 0.04	7.1
<i>t</i> -检验结果		10.660		0.761		1.202		0.892	
<i>p</i>		<0.001		0.451		0.237		0.378	

2.2 被钓与标准代谢率及形态参数的关系

在 5 d 中的重复垂钓实验过程中,统计被钓鲫鱼标签信息后发现,鲫幼鱼存在明显的重复被钓现象。5 d 中被钓上 1~5 次的幼鱼尾数分别 7,7,6,10,3。5 d 中被钓 3 次及以上的鲫幼鱼个体接近总数的 50%。从未被钓的幼鱼尾数为 7,仅占 17.5%。

在 5 d 的实验过程中,钓出组与未钓出组的标准代谢率存在明显差异,前者高于后者(图 1a,表 2)。钓出组与未钓出组的体质量和体长在 5 d 实验过程中存在明显差异(图 1b 和 c,表 2)。然而,在 5 d 实验过程中钓出组的肥满度却小于未钓出组(图 1d,表 2)。



注: * 表示组间数据具有统计学意义($p<0.05$)。

图 1 被钓和未被钓鲫幼鱼标准代谢率和形态参数的比较

Fig.1 Comparisons of standard metabolic rate and morphology between angling and un-angling group

表 2 鲫幼鱼钓出组和未钓出组标准代谢率和形态参数的统计结果

Tab. 2 Statistics of the routine metabolic rate and morphology between angling group and un-angling group

实验参数	垂钓	时间	垂钓×时间
标准代谢率	$F=4.314, p=0.039$	$F=0.008, p=1.000$	$F=0.478, p=0.752$
体质量	$F=5.553, p=0.019$	$F=0.001, p=1.000$	$F=0.213, p=0.931$
体长	$F=12.792, p<0.001$	$F=0.004, p=1.000$	$F=0.544, p=0.704$
肥满度	$F=7.082, p=0.008$	$F=0.006, p=1.000$	$F=1.039, p=0.388$

不同被钓频次的鲫幼鱼的标准代谢率、体质量和肥满度均无统计学意义上的差异(图 2a,b,d)。然而,不同频率组的体长存在统计学意义上的差异($p < 0.05$)(图 2c);其中在 5 d 中被钓 4 次的幼鱼体长大于其他被钓频率组并具有统计学意义($p < 0.05$),而其他被钓频次的幼鱼体长之间无统计学意义上的差异。

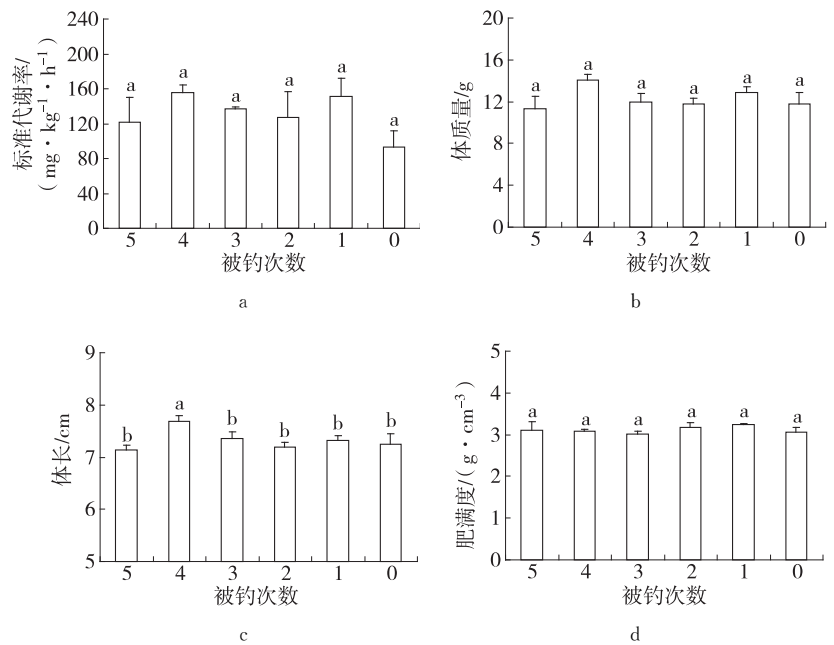
2.3 被钓次序与标准代谢率及形态参数的联系

在所有 5 d 的垂钓实验中,鲫幼鱼的平均被钓次序与标准代谢率、体质量、体长以及肥满度均无统计学意义上的相关性(图 3)。

3 讨论

本研究发现,在连续 5 d 垂钓过程中钓出组的标准代谢率明显高于未钓出组,这与大口黑鲈(*Micropterus salmoides*)的研究结果相似,即钓出组大口黑鲈的标准代谢率明显高于未钓出组^[7]。鱼类存在社群等级现象,社群等级越高的个体具有潜力获取更多的环境资源,而资源的获得需要通过个体自身的生理性能或行为特征完成^[13]。通常而言,社群等级越高个体具有较高的标准代谢率及个性行为(如活跃性或好斗性),并且标准代谢率与个性行为特征之间通常呈正相关^[12-14]。据此可以推断那些标准代谢率越高的个体由于自身较高的维持代谢需要而表现出较强的食欲,因而更为勇敢地去搜寻栖息环境中食物,去接近垂钓实验中带有鱼钩的食物,从而更易被钓,即具有较强的易钓性。

本研究发现在 5 d 实验中钓出组的体质量、体长整体上明显大于未钓出组(表 2)。有研究认为,鱼类体质量的大小与社群等级相关,个体越大,社群等级也相应越高^[5]。在营养状况相同条件下,较大体质量的个体具有较大的体长。本研究中,40 尾实验鱼体质量的变异系数较小仅为 15.6%,表明本研究的实验鱼体质量较为相近,这主要是为了减少体质量对能量代谢的协同作用而挑选体质量相近的个体作为实验对象的缘故。这种较小的形态学差异可能是上述两实验组形态参数存在差异的条件之一。有趣的是,在 5 d 实验过程中钓出组的肥满度却小于未钓出组,这可能是由于钓出组具有较高的能量代谢需求,使得自



注:不同字母表示组间数据差异具有统计学意义($p < 0.05$)。

图2 鲫幼鱼被钓频率与标准代谢率和形态参数的关系

Fig. 2 The relationship between angling frequency and routine metabolic rate, morphology in the juvenile crucian carp

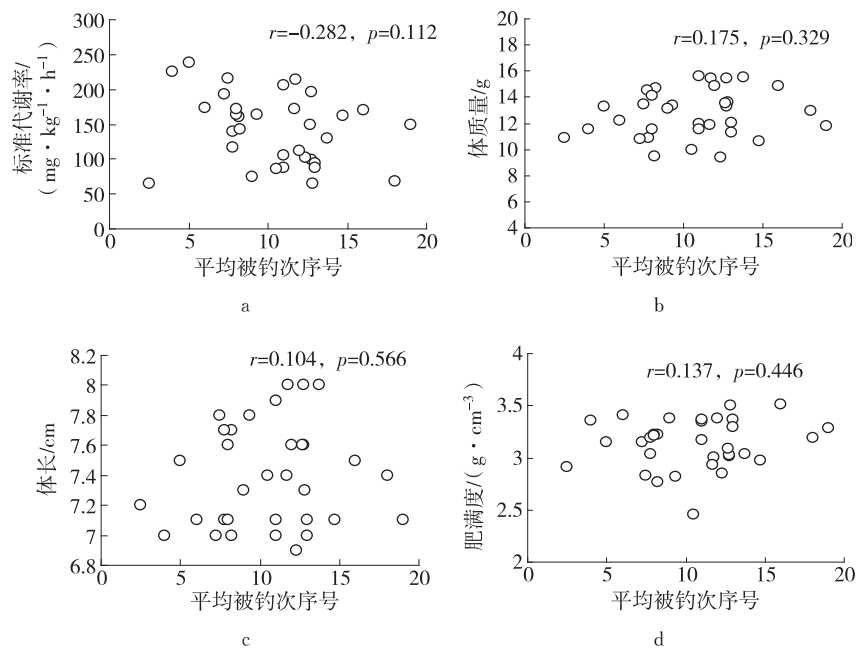


图3 鲫幼鱼的平均被钓次序与表型特征的相关性

Fig. 3 Correlations between phenotypic traits and average angling rank number in the juvenile crucian carp

身体内能量的储备物质(如脂肪)含量可能相对较少,从而呈现出更为纤细的体型。

对不同被钓频次鲫鱼个体的标准代谢率及形态参数进行单因素方差分析,发现被钓频次为 4 次的幼鱼体长大于其他频率组且具有统计学意义($p < 0.05$);这种体长的变化趋势在体质量与被钓频次关系中也有类似存在。这些结果表明在一个鱼类群体中,被钓频次为 4 次的鲫鱼个体的形态特征大于其他频率组,可能是因为较大个体具备较强的摄食竞争能力^[15]。值得注意的是被钓频次为 3 次及以上的鲫鱼个体占样本总数的 50% 左右,被钓频次在 4 次及以上的鲫鱼个体占样本总数的 32.5%,表明鲫鱼的前期被钓经历并不影响该个体再次被钓。而有研究表明,经过特定训练后,鱼类具有一定经历的记忆力^[16],特别是在遭遇胁迫大的生活经历后,再次面临相似环境时会表现可能较为谨慎。在垂钓过程中,鱼类为摆脱鱼钩而激烈挣扎,伴随着空气曝露等过程,常导致鱼体出现大量能量消耗及体内酸碱失衡^[5-6],可能会使被钓个体产生垂钓记忆。另外,本研究在每天垂钓之后对所有实验鱼进行维持日粮水平的饵料投喂,是以整个鱼群共同喂养,因此在此条件下可能由于摄食竞争能力的差异而导致每尾鲫鱼的摄食量不尽相同,间接造成每尾实验鱼的食欲再次恢复时间存在差异;这很可能是造成本实验多达 33 尾(占样本总数的 82.5%)鲫鱼具有被钓经历的原因之一,同时也因此导致了每日被钓个体的垂钓次序存在差异。

本研究从标准代谢率和形态特征角度出发,研究鲫鱼易钓性的可能机制及个体应具有的生物特征,发现较高的标准代谢率和较大的形态参数(如体质量或体长)的鲫鱼个体较易被钓,即具有较强的易钓性。然而,与鱼类易钓性有关的生物学特性还有很多,如生理功能、个性行为等^[17]。标准代谢率是代表鱼类机体的能量代谢下限,鱼类还具有机体的能量代谢上限(最大代谢率),二者之间的差值即为有氧代谢空间,代表了机体为其他生理功能(如摄食、消化或游泳)提供的代谢潜能。与能量代谢有关的个性行为(如勇敢性和活跃性)也可能是影响鱼类个体易钓性的因素^[17]。因此,有关鱼类垂钓研究可以通过整合生物学技术手段在不同层面上综合研究鱼类易钓性的生理和行为学机制,有助于理解垂钓对种群表型特征产生的影响及生态结果。

参考文献:

- [1] KUPARINEN A, MERILÄ J. Detecting and managing fisheries-induced evolution[J]. Trends in Ecology and Evolution, 2007, 22(12): 652-659.
- [2] PHILIPP D P, COOKE S J, CLAUSSEN J E, et al. Selection for vulnerability to angling in largemouth bass [J]. Transactions of the American Fisheries Society, 2009, 138(1): 189-199.
- [3] UUSI-HEIKKILÄ S, WOLTER C, KLEFOTH T, et al. A behavioral perspective on fishing-induced evolution [J]. Trends in Ecology and Evolution, 2008, 23(8): 419-421.
- [4] ARLINGHAUS R, COOKE S J, LYMAN J, et al. Understanding the complexity of catch-and-release in recreational fishing: an integrative synthesis of global knowledge from historical, philosophical, social, and biological perspectives [J]. Review in Fisheries Science, 2007, 15(1): 75-167.
- [5] MILLIGAN C L. Metabolic recovery from exhaustive exercise in rainbow trout [J]. Comparative Biochemistry and Physiology A, 1996, 113(1): 51-60.
- [6] KIEFFER J D. Limits to exhaustive exercise in fish [J]. Comparative Biochemistry and Physiology A, 2000, 126(2): 161-179.
- [7] REDPATH T D, COOKE S J, SUSKI C D, et al. The metabolic and biochemical basis of vulnerability to recreational angling after three generations of angling-induced selection in a teleost fish [J]. Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences, 2010, 67(12): 1983-1992.
- [8] REDPATH T D, COOKE S J, ARLINGHAUS R, et al. Life-history traits and energetic status in relation to vulnerability to angling in an experimentally selected teleost fish [J]. Evolutionary Application, 2009, 2(3): 312-323.
- [9] YAN G J, HE X K, CAO Z D, et al. An interspecific comparison between morphology and swimming performance in cyprinids [J]. Journal of Evolutionary Biology, 2013, 26(8): 1802-1815.
- [10] 张曦, 付世建, 彭姜岚, 等. 急性低氧对鲫鱼幼鱼血液基础指标的影响 [J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2011, 28(4): 19-22.
ZHANG X, FU S J, PENG J L, et al. The Effect of acute hypoxia on blood parameters of juvenile crucian carp [J]. Journal of Chongqing Normal University (Natural Sciences), 2011, 28(4): 19-22.
- [11] 吴青怡, 曾令清, 曹振东, 等. 鲤科鱼类的流速选择及其与食性的关系 [J]. 水产学报, 2015, 39(12): 62-71.
WU Q Y, ZENG L Q, CAO Z D, et al. The preferred water velocity behaviour of six Cyprinids with different feeding habits [J]. Journal of Fisheries of China, 2015, 39(12): 62-71.
- [12] 曾令清, 付世建, 曹振东. 鲫鱼 (*Carassius auratus*) 标准代谢的个体差异与力竭后代代谢特征及行为的关联 [J]. 生态学报, 2016, 36(6): 1746-1755.

- ZENG L Q, FU S J, CAO Z D. Correlation between standard metabolic rate and metabolic characteristics after exhaustive, and behaviour in the juvenile crucian carp (*Carassius auratus*) [J]. Acta Ecologia Sinica, 2016, 36 (6): 1746-1755.
- [13] METCALFE N B, TAYLOR A C, THORPE J E. Metabolic rate, social status and life-history strategies in Atlantic salmon[J]. Animal Behaviour, 1995, 49(2): 431-436.
- [14] BIRO P A, STAMPS J A. Do consistent individual differences in metabolic rate promote consistent individual differences in behavior? [J]. Trends in Ecology and Evolution, 2010, 25(11): 653-659.
- [15] HUNTINGFORD F A, METCALFE N B, Thorpe J E, et al. Social dominance and body size in Atlantic salmon parr, *Salmo solar* L. [J]. Journal of Fish Biology, 1990, 36 (6): 877-881.
- [16] HJELM J, PERSSON L. Size-dependent attack rate and handling capacity: inter-cohort competition in a zooplanktivorous fish[J]. Oikos, 2001, 95(3): 520-532.
- [17] GAIKWAD S, STEWART A, HART P, et al. Acute stress disrupts performance of zebra fish in the cued and spatial memory tests; The utility of fish models to study stress-memory interplay[J]. Behavioural Processes, 2011, 87(2): 224-230.
- [18] KEKÄLÄINEN J, PODGORNIAK T, PUOLAKKA T, et al. Individually assessed boldness predicts *Perca fluviatilis* behaviour in shoals, but is not associated with the capture order or angling method[J]. Journal of Fish Biology, 2014, 85(5): 1603-1616.

Animal Sciences

Correlation between Angling Vulnerability and Standard Metabolic Rate, and Morphology in Juvenile Crucian Carp (*Carassius auratus*)

YANG Ya, WU Caowei, FU Shijian, PENG Jianglan, ZENG Lingqing

(Chongqing Key Laboratory of Animal Biology, Laboratory of Evolutionary Physiology and Behaviour, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China)

Abstract: [Purposes] In the natural habitats, the physiological and behavioral traits are strongly under different types of natural selection with including angling selection, which belongs to a directed human activity. [Methods] The present study was conducted to examine the relationship between fish angling vulnerability and routine metabolic rate (SMR), and morphological parameters in the juvenile crucian carp (*Carassius auratus*) of similar body mass under the $(25 \pm 0.5)^\circ\text{C}$. The phenotypic traits was measured only once before the angling experiment. The fish angling activity was conducted continuously for the following five days, and the angling experiment was ceased each day if the angling individual number is a half of 40. [Findings] The data showed that SMR of the angling group was larger than the un-angling group at the first day ($p < 0.05$), but not the following four days. The body mass of the angling group was not higher than the un-angling group, but the body lengths of the angling group were larger than those of the un-angling group at day 3 and day 5 (both $p < 0.05$). The condition factor of the angling group was only larger than the un-angling group at day 3 ($p < 0.05$). In the five trials, three fish individuals was angled each day whereas the individual numbers of angling frequencies with 1, 2, 3, and 4 times were equaled 7, 7, 6, and 10. It is worthy noting that 7 individual were not ever angled during the course of experiment. SMR were not different among the six angling frequency groups. The average angled rank numbers remained unchanged totally in the three individual which were angled each day during the course of experiment. As to those angled individuals, their average angled rank numbers did not correlate with SMR and morphological traits. [Conclusions] The present study suggested that the first angled experience of the juvenile crucian carp did not affect their angling vulnerability again. The angling vulnerability was related to their morphological traits (e. g. , body mass, body length and condition factor) in this fish species, and may also correlate to their maintenance metabolism.

Keywords: angling vulnerability; standard metabolic rate; angling; morphology; *Carassius auratus*

(责任编辑 方 兴)