

# 两种鲤科鱼类的易钓性

杨 亚 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** 自然界鱼类不断遭受人类垂钓压力的影响, 鱼类易钓性存在明显的种内个体差异, 并且不同种鱼类的易钓性不尽相同。为考察不同种鲤科鱼类的易钓性差异及其是否与外部形态存在关联, 本研究以中国广泛养殖的鲤科鱼类异育银鲫 (*Carassius auratus gibelio*) 和鲤 (*Cyprinus carpio*) 幼鱼为实验对象, 在实验室 ( $25\pm 0.5$ ) °C 条件下对大小相当、体重相近的 3 个处理组 [ 异育银鲫、鲤及混合组 ( 异育银鲫+鲤 ) ] 进行垂钓; 每个处理组均设 3 个重复, 每个重复包括 40 尾实验鱼, 每个重复垂钓 20 尾鱼则停止该组的垂钓活动, 记录垂钓成功每尾鱼的时间和序号, 计算垂钓总时间及单尾被钓平均时间。结果表明: 混合组鲤的体长大于其他组; 鲤幼鱼组的肥满度显著高于其他组, 混合组鲤和异育银鲫高易钓性个体的肥满度均大于低易钓性个体; 在实验过程中, 3 个实验组的垂钓总时间无明显差异, 但单尾被钓平均时间存在明显差异, 其中混合组单尾被钓平均时间显著长于异育银鲫组; 混合组中异育银鲫幼鱼被钓的数量比例明显高于该组的鲤幼鱼, 而钓出鲤幼鱼的平均被钓次序号大于异育银鲫幼鱼。研究表明: 相比较于鲤幼鱼, 异育银鲫幼鱼更易被钓; 两种鲤科鱼类易钓性差异可能与二者生态习性 & 形态密切相关。

**关键词** 易钓性; 垂钓; 形态特征; 异育银鲫; 鲤

**Vulnerability to angling of two Cyprinidae species.** YANG Ya, FU Shi-jian, PENG Jiang-lan, ZENG Ling-qing\* (Laboratory of Evolutionary Physiology and Behavior, Chongqing Key Laboratory of Animal Biology, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China).

**Abstract:** Fishes are constantly subjected to strong angling pressure in nature. There are substantial inter- and intra-specific differences in the vulnerability to angling in fishes. To investigate the differences of vulnerability to angling between two species of Cyprinidae and whether such difference might be related to their external morphology, we used juveniles of two widely cultured species in China, *Carassius auratus gibelio* and *Cyprinus carpio*, as the experimental model. We conducted a series of angling experiments including three treatments [ gibel carp *Carassius auratus gibelio*, common carp *Cyprinus carpio* and mixed group ( *Carassius auratus gibelio* plus *Cyprinus carpio* ) ] in the laboratory at ( $25\pm 0.5$ ) °C. There were three replicates for each treatment with each replicate including 40 individuals. After 20 fish individuals had been angled for each replicate, the angling activity was ceased for this replicate. During the angling process, we recorded the total angling time for each replicate and angling rank number of the individual which was successfully angled, and then calculated average time spending on angling for each individual. The body length of *C. carpio* in the mixed treatment was larger than those in other two treatments. The condition factor of the common carp group was higher than those of other two treatments. The condition factor of both the angled common carp and gibel carp in the mixed group was larger than that of the un-angling common carp. We found no difference in total angling time among the three treatments. However, there was a significant difference in the average time spending on angling among the three treatments, with the time spending on angling of the common carp being

国家自然科学基金项目 ( 31300341 )、重庆市高等学校青年骨干教师资助计划项目 ( CQJW-02060301-1714 )、重庆市自然科学基金项目 ( cstc2017jcyjA0029, cstc2014jcyjA00018 ) 和重庆师范大学青年人才拔尖培育计划项目 ( 02030307-00027 ) 资助。

收稿日期: 2017-08-18 接受日期: 2018-01-16

\* 通讯作者 E-mail: lingqingzeng@hotmail.com

longer than that of the gibel carp in the mixed treatment. The proportion of angled gibel carp was higher than that of the angled common carp in the mixed group, and the average angling rank number of the gibel carp was smaller than that of the common carp. Our results suggested that the juvenile gibel carp had a higher vulnerability to angling than the juvenile common carp, which may be related to the differences in ecological habits and morphological traits.

**Key words:** vulnerability to angling; angling; morphological characteristic; *Carassius auratus gibelio*; *Cyprinus carpio*.

渔业问题一直是世界范围内备受关注的焦点之一,其中垂钓已成为重要的休闲活动(Hart *et al.*, 2002; Pitcher *et al.*, 2002),具有被钓经历的鱼类数量占全球每年总渔获量的12%(Post *et al.*, 2002)。研究报道,多数垂钓爱好者每年垂钓次数超过10次,多者达到30次以上,在春季垂钓的人数较多(贺春艳,2006);城市垂钓者的垂钓频率比农村垂钓者更高、持续时间更长,并且不同垂钓者对垂钓的首选品种和满意度等存在明显差异(Arlinghaus *et al.*, 2008)。鲤科(Cyprinidae)是我国淡水鱼类中种类最多的一个科,在淡水养殖业和捕捞业及水产品动物蛋白供应中具有不可取代的作用与地位,也是内陆水域(如长江、黄河)或人工垂钓池塘的常见种类。

不论是休闲垂钓还是竞技钓鱼不仅对鱼类种类、性别、形态等生物学特征产生定向的人工选择压力(Philipp *et al.*, 2009),而且也会对其生理和行为表型产生重要影响(Arlinghaus *et al.*, 2007; Uusi-Heikkilä *et al.*, 2008)。在垂钓过程中,不同鱼类或同一种类的易钓性存在明显差异,某些鱼类或个体容易被钓而其他鱼类或个体相对较难,即鱼类易钓性存在种间和种内差异。研究认为,鱼类的易钓性可能与个体的生物学表型(个性行为和生理功能)有关(Gaikwad *et al.*, 2011),甚至具有一定的遗传基础(Philipp *et al.*, 2009),但有关不同鱼类易钓性种间差异及原因的研究鲜有报道(杨亚等,2017)。

异育银鲫(*Carassius auratus gibelio*)是利用人工授精雌核发育培育的养殖品种(蒋一珪等,1983;徐小双等,2017),具有食性广、易饲养、生长快、繁殖简便等特点(李桂梅等,2010)。与异育银鲫相似,鲤(*Cyprinus carpio*)也是一种生存能力较强且分布广的鲤科鱼类(贺晓科等,2011)。异育银鲫和鲤作为我国重要的经济养殖鱼类,不仅是良好的科学研究材料(李桂梅等,2010;贺小科等,2011;Pang *et al.*, 2011;徐小双等,2017),而且还是养殖池塘的垂钓对象。为考察鲤科鱼类易钓性的种间差异及其内

在原因,本研究以异育银鲫幼鱼和鲤幼鱼为实验对象,在实验室条件下对两种鲤科鱼类(异育银鲫、鲤、异育银鲫+鲤)进行垂钓,分析两种鱼类的易钓性特征并探讨易钓性种间或种内差异的可能原因,不仅为鱼类易钓性的相关研究提供基础资料,而且也经济鱼类养殖的生态管理和垂钓指南制定提供帮助。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验鱼及其驯化

实验鱼来源于重庆市北碚区鱼类养殖基地,购回后将鱼置于重庆师范大学进化生理与行为学实验室的3个循环控温水槽(水量约250 L)中驯养3个月。驯养期间,每天用中国通威公司颗粒浮性饲料于每日早晚(09:00和21:00)对实验鱼饱足投喂2次;垂钓前一个月,每天早上改用面包屑投喂实验鱼以提前饵料适应驯化,晚上仍投喂浮性饲料,实验鱼未表现出饵料偏好。投喂饵料前5 min关闭充气泵以减少环境干扰,投喂30 min后用虹吸管清除残饵和粪便,以便维持养殖水体质量。养殖水槽用水为曝气3 d后的自来水,日换水量约为驯养水体的10%,用充气泵不断向水体充入空气使水体的溶氧水平接近饱和。水温控制在(25±0.5)℃,光周期为14 L:10 D。

### 1.2 实验设计

驯化结束后,挑选鱼体健康、大小相近的异育银鲫幼鱼和鲤幼鱼各180尾作为实验对象。本研究设定3个实验处理组,即异育银鲫幼鱼组[ $n=3\times 40$ ,体质量为(9.38±0.15)g];鲤幼鱼组[ $n=3\times 40$ ,体质量为(9.72±0.32)g];混合组[ $n=3\times (20$ 异育银鲫+20鲤),异育银鲫体质量为(9.74±0.2)g,鲤体质量为(9.79±0.2)g]。每处理组设3个平行,每个平行实验鱼40尾,混合组中每个平行的异育银鲫幼鱼和鲤幼鱼各20尾。垂钓之前对所有实验组进行禁食48 h,以排空消化道内容物和恢复食欲。提前将每个实验处理组分别移至实验装置中进行过夜驯化。

在第2天的垂钓过程中,记录每尾鱼的钓出时间、钓出序号并测量其体重和体长,计算垂钓总时间、单尾被钓平均时间及被钓平均次序号(详见下方)。每处理组的每个平行垂钓20尾鱼后即停止该平行的垂钓活动,然后测量实验装置中剩余20尾鱼的体重和体长。所有实验鱼只垂钓一次,垂钓的实验环境(水温、溶氧、光周期等)与驯化期间保持一致。

### 1.3 垂钓实验

将每一处理组的实验鱼分别转移到水深70 cm的3个圆形水桶(高94 cm×直径68 cm)中过夜驯化。为模拟鱼类野外水中生存环境,在桶底部均匀放置形态大小各异的砾石、水草和泥沙等。为减少垂钓操作对实验鱼产生视觉影响,本研究采用不透光的纸板盖住桶,纸板中央用刀裁出方形垂钓孔(15 cm×15 cm),以便观察漂浮于水面的浮标状态并判断实验鱼吃饵情况,提高上鱼率。提前对实验人员进行垂钓技能培训并进行预备垂钓实验,减少人为误差。每实验处理组均于当天上午09:00开始垂钓,在每个平行垂钓20尾后,即终止该平行的垂钓活动,并将被钓出的20尾鱼定义为高易钓性个体,剩余20尾定义为低易钓性个体。

与前期研究方法相似(杨亚等,2017),本研究的垂钓方法为:在垂钓前,准备好渔具并在鱼钩上装好鱼饵(直径2 mm的面包团,该饵料可见于户外垂钓),3组的垂钓渔具保持一致;然后将鱼饵从垂钓孔中置入水桶中心处,饵料悬浮于水面下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,快速将鱼钓出并轻取鱼钩,以防止因动作剧烈使鱼受伤,再测量实验鱼的体质量和体长;将被钓个体置于含有抗生素的水体适应2 h,以减少损伤部位的感染机率,然后再全部放回备用水槽恢复。

### 1.4 参数计算

本研究采用垂钓总时间、单尾被钓平均时间、被钓平均次序号及钓出实验鱼的数量比例共4个实验参数评价鱼类的易钓性。

(1)垂钓总时间及单尾被钓平均时间。于每日9点开始垂钓,从鱼饵放入水中开始至第一尾鱼钓出水面的时间为垂钓第1尾鱼所需时间,其余钓出的每尾鱼计时方法同上。垂钓总时间(min)即每个平行中从钓出第1尾鱼至第20尾的总时间,时间越短,该种鱼的易钓性越强。单尾被钓平均时间(min)的计算公式:单尾被钓平均时间=垂钓总时间/20,式中20表示是钓出实验鱼的尾数,该时间越

短,该种鱼的易钓性越强。

(2)被钓平均次序号。混合组每个平行要垂钓出20尾鱼,被钓鱼中既有异育银鲫也有鲤,对被钓个体的先后顺序从1至20号依次编号,因此钓出的每尾异育银鲫和鲤均有各自的唯一编号。异育银鲫或鲤的总次序号为每尾钓出个体的次序号总和,并统计每一平行钓出鲤的总数量。被钓平均次序号的计算公式:被钓平均次序号=总次序号/总数量,该次序号越小,鱼的易钓性越强。混合组中钓出实验鱼的数量比例(%)=每个平行钓出实验鱼的总尾数/20,式中的20表示每个平行钓出实验鱼的尾数,该比例越大,鱼的易钓性越强。

### 1.5 数据处理与统计分析

所有实验数据采用Excel(2003)进行常规计算,然后采用SPSS(19.0)软件对异育银鲫的形态参数采用双因素(易钓性与鱼种)方差分析(ANOVA)进行统计,若组间有差异再用LSD(*post-hoc*)法进行多重比较,组间数量少于3组则采用 $T$ 检验进行比较。采用 $T$ 检验考察混合组中实验鱼的数量比例和平均被钓次序号的组间差异。所有统计值均以“平均值±标准误”表示,显著水平为 $P<0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 易钓性与形态参数的关系

不同实验处理高易钓性个体和低易钓性个体的体质量无显著差异(图1A,表1),但混合组中鲤的体长显著大于其他组(图1B,表1, $P<0.05$ )。鲤幼鱼组的肥满度显著高于其他组,而混合组鲤的肥满度最小(图1C,表1)。混合组鲤和异育银鲫高易钓性个体的肥满度显著大于低易钓性个体(图1C,表1, $P<0.05$ )。

表1 不同垂钓处理组实验鱼形态特征的双因素方差统计结果

Table 1 Statistical results of the two-way ANOVA for the morphological characteristics of the experimental fishes in different angling treatments

实验参数	易钓性	鱼种	交互作用
体质量	$F_{1,352} = 0.007$ $P = 0.932$	$F_{3,352} = 0.762$ $P = 0.516$	$F_{3,352} = 1.753$ $P = 0.156$
体长	$F_{1,352} = 0.726$ $P = 0.395$	$F_{3,352} = 8.342$ $P < 0.001^{**}$	$F_{3,352} = 1.560$ $P = 0.199$
肥满度	$F_{3,352} = 6.556$ $P = 0.011^*$	$F_{3,352} = 26.757$ $P < 0.001^{**}$	$F_{3,352} = 0.629$ $P = 0.597$

\*表示 $P<0.05$ ; \*\*表示 $P<0.01$ 。

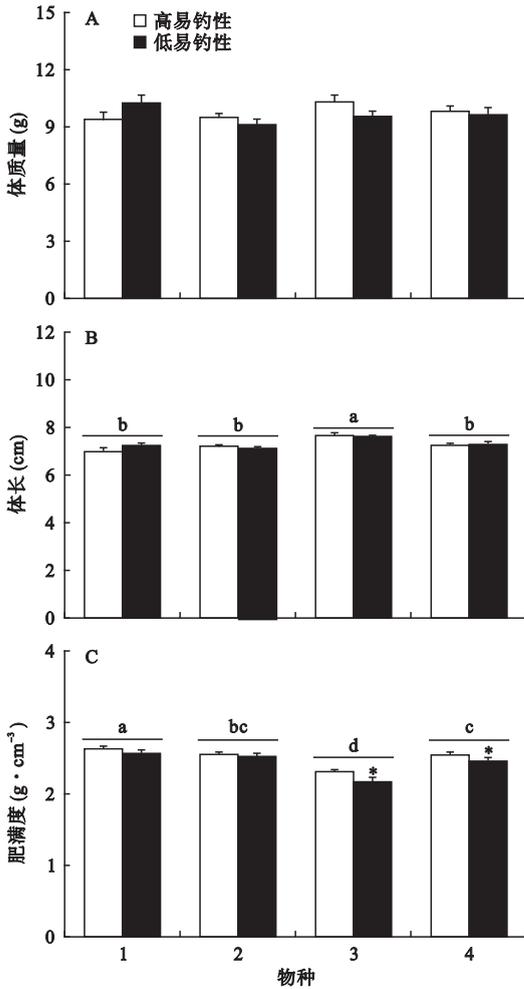
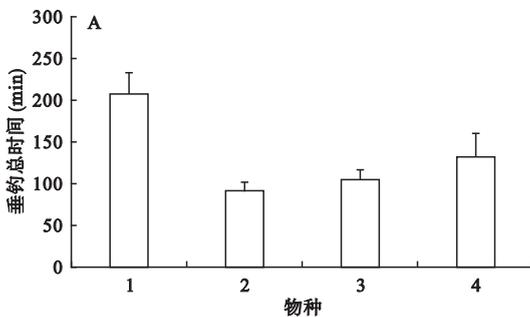


图 1 不同垂钓处理组实验鱼形态特征的比较  
**Fig.1 Comparisons of morphological characteristics of the experimental fish in different treatments**  
 1. 鲤, 2. 异育银鲫, 3. 混合组鲤, 4. 混合组异育银鲫; 不同字母者表示物种处理存在差异 ( $P < 0.05$ ); 星号 (\*) 表示高易钓性与低易钓性具有差异 ( $P < 0.05$ )。

2.2 鲤和异育银鲫的垂钓时间

各处理组的垂钓总时间无明显差异 (图 2A,  $P > 0.05$ ), 而各处理组的单尾被钓平均时间存在明显差



异, 混合组鲤的单尾被钓平均时间显著长于异育银鲫组, 其他两组介于二者之间 (图 2B)。

2.3 数量比例和被钓平均次序号

在垂钓实验中, 混合组钓出的鲤和异育银鲫的数量比例存在显著差异, 钓出鲤的数量比例显著低于异育银鲫 (图 3A,  $P < 0.05$ )。混合组钓出鲤的平均被钓次序号显著大于异育银鲫 (图 3B,  $P < 0.05$ ), 说明异育银鲫比鲤更易接近饵料而具有更强的易钓性。

3 讨论

3.1 两种鱼类易钓性的形态特征

本研究发现, 所有实验组高易钓性和低易钓性个体的体质量无明显的差异, 表明体质量不是实验鱼易钓性种内差异的原因或表型基础, 这可能与本研究选取的实验鱼具有相近的体质量有关。研究发现, 身体大小 (长轴) 相同的个体中, 体质量越大的个体营养和生理状况会越好, 其肥满度值也会越高 (Jones *et al.*, 1999); 而在营养状况相同的条件下, 较大体质量的个体具有较大的体长。本研究鲤幼鱼组的肥满度显著大于其他组, 这可能与鲤鱼组钓出的数量较少有关。混合组高易钓性鲤个体的肥满度大于低易钓性个体, 混合组异育银鲫也具有类似现象, 即肥满度越大的个体具有更强的易钓性, 与鲫 (*Carassius auratus*) 幼鱼的研究结果不同 (杨亚等, 2017)。在混合组中鲤幼鱼和异育银鲫组成的混合鱼群结构与单一鱼群存在差异, 不同的种间和种内个体的相互作用模式可能增加较大肥满度个体接近饵料的机会和概率, 从而导致这些个体具有更高的易钓性。

3.2 两种鱼类易钓性的比较

研究认为, 人工垂钓导致大口黑鲈 (*Micropterus salmoides*) 种群产生表型进化 (或可能已经进化), 进

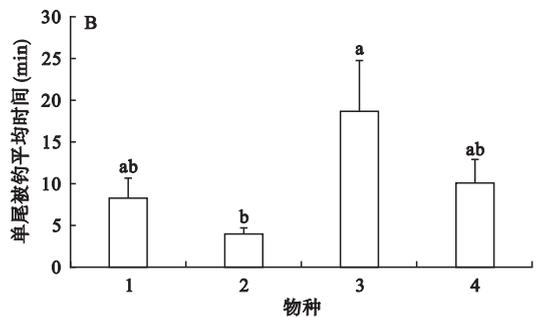


图 2 不同垂钓处理组实验鱼垂钓时间特征的比较  
**Fig.2 Comparison of fishing time characteristics of experimental fish in different fishing treatment groups**  
 1. 鲤, 2. 异育银鲫, 3. 混合组鲤, 4. 混合组异育银鲫; 不同字母表示组间数据具有差异 ( $P < 0.05$ )。

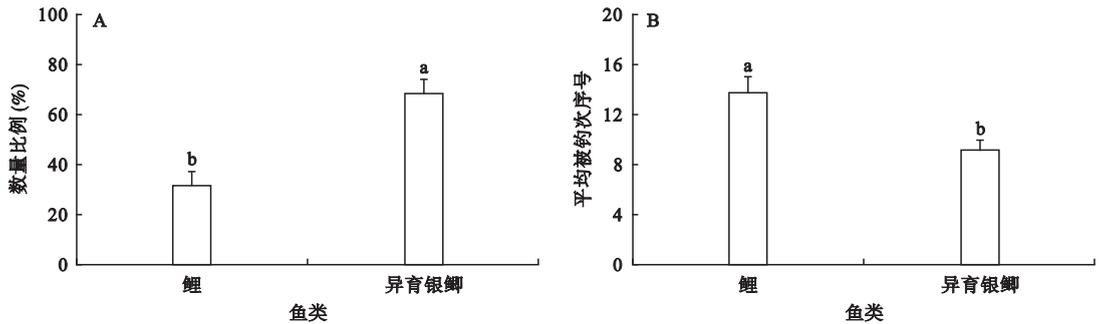


图3 混合组中鲤和异育银鲫的数量比例及被钓平均次序号

Fig.3 Number proportion and average angling number for the angled fish in the mixed groups

不同字母表示组间数据存在差异 ( $P < 0.05$ )。

而降低了该种鱼的易钓性(Philipp *et al.*, 2009)。本研究发现,混合组中异育银鲫钓出实验鱼的数量比例明显高于鲤,鲤钓出实验鱼的平均被钓次序号却大于异育银鲫,表明异育银鲫较鲤更容易被钓,即具有更强的易钓性,可能是因为异育银鲫的标准代谢率或个性行为(如勇敢性和活跃性)可能比鲤更高。研究显示,金鱼(*Carassius auratus*)的标准代谢率与鲤无明显差异,但二者的代谢模式存在差异(Pang *et al.*, 2011)。作为金鱼和鲫的近源种,异育银鲫是杂交的优良品种,食欲强,生长快,可能集合于亲本的优良性状,而这些与生长生存有关的性状特征也可能是导致该种鱼具有较强易钓性的重要原因之一。虽然本研究并未测量异育银鲫和鲤的能量代谢和个性行为,但有研究认为鱼类的个性行为可能与标准代谢率有关,标准代谢率较高的个体在个性行为上表现得较为勇敢、敢于探索、更为好斗和更高的统治地位,即鱼类的标准代谢率常与上述个性行为指标呈正相关(Metcalf *et al.*, 1995; Biro *et al.*, 2010)。在自然环境中标准代谢率高的个体更为活跃并可能因此获得更高的等级,鱼类社群等级越高的个体有潜力能够获取更多的环境资源,各种资源的获得需要通过个性行为或生理性能来保障(Metcalf *et al.*, 1995)。在实验室模拟的垂钓实验在一定程度上可以解释自然界存在的现象。然而,由于自然界水环境变化具有不确定性,鱼类的生存环境十分复杂,除实验室的垂钓实验外,相关研究还应在半人工野外局部可控条件下进行垂钓研究。另外,鉴于已知高代谢率表型更易被钓(Philipp *et al.*, 1997; 杨亚等, 2017),未来研究还可从能量代谢角度研究鱼类种群的垂钓影响,对垂钓可能导致种群进化的机制解析具有重要意义。

### 3.3 鱼类易钓性的评价指标

鱼类易钓性的指标筛选及体系正在趋于完善,但关于鱼类易钓性评价指标的过往研究存在差异。例如,评价大口黑鲈的指标是总捕获率(total catch rate),其含义是指单位时间捕获的特定鱼类个体数量除去全年中所有鱼数量(Philipp *et al.*, 2009);鲤的易钓性研究则采用可捕性(catchability)和时间消耗来评价(Klefoth *et al.*, 2013),后者类似于本研究的垂钓总时间;河鲈(*Perca fluviatilis*)的相关研究采用重捕率评价鱼类的易钓性,具有较高的可靠性(Vainikka *et al.*, 2016),这个指标在先前关于鲫幼鱼易钓性研究中也采用(杨亚等, 2017),即重捕率越高个体具有更强的易钓性。本研究采用垂钓总时间、单尾被钓平均时间和平均被钓次序号3个指标评价异育银鲫和鲤的易钓性,并对每个指标的含义进行生态学意义的文字描述,容易量化。不难发现,上述研究的评价指标具有共同特征,即这些指标的原始数据容易量化且易于被研究人员准确记录,在具体的实验操作过程中,具有较强的可操作性和重复性。因此,鱼类易钓性的评价指标也应倾向于这些特征进行筛选量化。

综上所述,异育银鲫幼鱼的易钓性明显强于鲤幼鱼,这种易钓性的种间差异可能与异育银鲫和鲤的生物学特征差异有关。另外,异育银鲫和鲤的易钓性存在明显的种内个体差异,具有外部形态学特征基础。

### 参考文献

- 贺春艳. 2006. 休闲垂钓旅游行为分析——以湖南长沙、株洲两地休闲垂钓爱好者为例. 顺德职业技术学院学报, 4(2): 64-68.
- 贺晓科, 曹振东, 付世建. 2011. 鲤幼鱼快速启动游泳能力及电刺激参数的影响. 生态学杂志, 30(11): 2523-2527.

- 蒋一珪, 梁绍昌, 陈本德, 等. 1983. 异源精子在银鲫雌核发育子代中的生物学效应. 水生生物学报, **8**(1): 1-13.
- 李桂梅, 解绶启, 雷 武, 等. 2010. 异育银鲫幼鱼对饲料中缬氨酸需求量的研究. 水生生物学报, **34**(6): 1157-1165.
- 徐小双, 郑华坤, 乐琪君, 等. 2017. 低盐养殖异育银鲫肌肉成分及呈味物质的研究. 生物学杂志, **34**(4): 47-52.
- 杨 亚, 吴朝伟, 付世建, 等. 2017. 鲫幼鱼易钓性与标准代谢及形态特征的关联. 重庆师范大学学报: 自然科学版, **34**(2): 26-31.
- Arlinghaus R, Bork M, Fladung E. 2008. Understanding the heterogeneity of recreational anglers across an urban-rural gradient in a metropolitan area (Berlin, Germany), with implications for fisheries management. *Fisheries Research*, **92**: 53-62.
- Arlinghaus R, Cooke SJ, Lyman J, et al. 2007. Understanding the complexity of catch-and-release in recreational fishing: An integrative synthesis of global knowledge from historical, philosophical, social, and biological perspectives. *Reviews in Fisheries Science*, **15**: 75-167.
- Biro PA, Stamps JA. 2010. Do consistent individual differences in metabolic rate promote consistent individual differences in behavior. *Trends in Ecology and Evolution*, **25**: 653-659.
- Gaikwad S, Stewart A, Hart P, et al. 2011. Acute stress disrupts performance of zebrafish in the cued and spatial memory tests: The utility of fish models to study stress-memory interplay. *Behavioural Processes*, **87**: 224-230.
- Hart PJB, Reynolds TD. 2002. Handbook of Fish Biology and Fisheries. Cambridge: Blackwell Science.
- Jones RE, Petrell RJ, Pauly D. 1999. Using modified length-weight relationships to assess the condition of fish. *Aquacultural Engineering*, **20**: 261-276.
- Klefoth T, Pieterek T, Arlinghaus R. 2013. Impacts of domestication on angling vulnerability of common carp, *Cyprinus carpio*: The role of learning, foraging behaviour and food preferences. *Fisheries Management and Ecology*, **20**: 174-186.
- Metcalfe NB, Taylor AC, Thorpe JE. 1995. Metabolic rate, social status and life-history strategies in Atlantic salmon. *Animal Behaviour*, **49**: 431-436.
- Pang X, Cao ZD, Fu SJ. 2011. The effects of temperature on metabolic interaction between digestion and locomotion in juveniles of three cyprinid fish (*Carassius auratus*, *Cyprinus carpio* and *Spinibarbus sinensis*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A*, **159**: 253-260.
- Philipp DP, Cooke SJ, Claussen JE, et al. 2009. Selection for vulnerability to angling in largemouth bass. *Transaction of the American Fisheries Society*, **138**: 189-199.
- Philipp DP, Toline CA, Kubacki MF, et al. 1997. The impact of catch-and-release angling on the reproductive success of smallmouth bass and largemouth bass. *North American Journal of Fisheries Management*, **17**: 557-567.
- Pitcher TJ, Hollingworth C. 2002. Recreational Fisheries: Ecological, Economic and Social Evaluation. Oxford: Wiley-Blackwell.
- Post JR, Sullivan M, Cox S, et al. 2002. Canada's recreational fisheries: The invisible collapse. *Fisheries*, **27**: 6-17.
- Uusi-Heikkilä S, Wolter C, Klefoth T, et al. 2008. A behavioral perspective on fishing-induced evolution. *Trends in Ecology and Evolution*, **23**: 419-421.
- Vainikka A, Tammela I, Hyvärinen P. 2016. Does boldness explain vulnerability to angling in Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Current Zoology*, **62**: 109-115.
- 
- 作者简介 杨 亚,女,1994年生,硕士研究生,研究方向为鱼类生理生态学。E-mail: 1227605547@qq.com  
责任编辑 李凤芹
-