

DOI: 10.12264/JFSC2022-0270

大规格大鳍鲩对隐蔽所的选择及其行为特征

李晓莉, 朱永久, 杨德国, 吴兴兵, 李学梅, 朱挺兵, 孟子豪

中国水产科学研究院长江水产研究所, 农业农村部淡水生物多样性保护重点实验室, 湖北 武汉 430223

摘要: 为探究大规格大鳍鲩(*Mystus macropterus*)对不同隐蔽所的选择及其相关的行为特征, 本研究在同一养殖池中以不同材料构建了 3 种类型的洞穴(瓦片、卵石和水草), 并在实验池中按照放鱼的数量分别设置自由选择组(1 尾鱼)、无竞争组(3 尾鱼)、竞争组(6 尾鱼) 3 个实验组, 分析了 3 种养殖密度条件下大鳍鲩对隐蔽所的选择及其行为特征。结果显示, 大鳍鲩更偏好瓦片洞穴和卵石洞穴, 这两种洞穴未见多尾鱼同栖, 水草洞穴可见两尾鱼同栖。面对不同种类洞穴, 大鳍鲩均表现为白天躲避在洞穴中, 夜间出来活动的特征。在无竞争和竞争组中, 大鳍鲩均表现出探索、巡查、捕食等日常行为, 追逐、碰撞、撕咬等攻击行为以及入侵、驱赶、守卫等领地行为。竞争组中实验鱼的攻击频率显著高于无竞争组, 夜间的攻击频率显著高于白天。大鳍鲩能够根据攻击行为建立社群等级分出“优势个体”和“弱势个体”。因此, 建议大鳍鲩在池塘养殖过程中采取夜间投喂模式, 并在池塘中设置足够的开放式隐蔽所供其躲避, 以避免其相互间攻击行为的发生, 提高养殖成效。

关键词: 大鳍鲩; 行为; 隐蔽所

中图分类号: S963

文献标志码: A

文章编号: 1005–8737–(2022)12–1768–10

大鳍鲩(*Mystus macropterus*)属硬骨鱼纲(Osteichthyes), 鲇形目(Siluriformes), 鲿科(Bagridae), 鲿属(*Mystus*), 地方名有石扁头、石胡子、江鼠等, 自然分布于长江和珠江各水系的干流及其支流中, 也是鲿科鲿属中一种生长较快、个体较大的经济鱼类, 其蛋白质、脂肪、必需氨基酸、鲜味氨基酸含量高, 具有较高的食用价值^[1]。大鳍鲩曾在长江上游江段渔获物中占有一定比例, 产量较大。近年来, 由于水利工程的修建、水体污染、过度捕捞等生存压力, 大鳍鲩野生资源量迅速下降, 捕捞个体呈现出小型化、低龄化等资源衰退现象^[2]。随着长江十年禁捕政策的实施, 积极推进长江野生鱼类繁育驯化成为有效保护长江水生生物资源的重要举措。另外, 大鳍鲩作为湖北省遴选和主推的长江特有鱼类之一, 具有广阔的产业化前景。

然而在前期开展大鳍鲩人工驯养繁殖研究过

程中, 本研究团队发现大鳍鲩存在相互攻击行为, 导致鱼体表受伤、溃烂甚至死亡。因此了解大鳍鲩的行为特征及其影响因素, 减少其相互攻击行为是进行人工养殖的基础。目前关于大鳍鲩的研究主要在集中在种群资源^[3]、生物学特征^[4–7]、人工驯养繁殖^[2]、早期发育^[8]等的探索方面, 关于大鳍鲩的行为仅见零星报道, 内容仅限于其在底质多砾石的环境中生活, 且有钻洞习性^[7]以及自发活动强等^[9], 对大鳍鲩相互攻击等行为研究尚未见详细报道。

攻击行为是动物面对竞争、敌害或潜在威胁时的一类应激反应, 它会对同种或其他物种造成生理或心理伤害^[10–11], 攻击行为的失败者由于刺激(如痛苦、压力)会引起防御、逃避和藏匿^[12]。自然环境中, 藏匿是一些鱼类赖以生存的基本行为, 具有钻洞习性的水产动物经常会利用天然遮

收稿日期: 2022-08-02; 修订日期: 2022-09-22.

基金项目: 湖北省长江野生鱼类繁育驯化科技攻关项目.

作者简介: 李晓莉(1981–), 女, 副研究员, 研究方向为鱼类驯养繁殖与池塘养殖. E-mail: lxl@yfi.ac.cn

通信作者: 朱永久, 副研究员, 研究方向为长江特有鱼类驯养繁殖. E-mail: zhuyj@yfi.ac.cn

蔽物作为隐蔽所,以此来捕食其他生物、防止被捕食以及躲避恶劣环境^[13-14],隐蔽所也可通过降低种内格斗强度,为好斗性水产动物提供重要保护^[15]。在渔业实践中,通过在养殖环境中设置庇护所来增强养殖动物的防御能力,减弱捕食胁迫,规避格斗行为,最终可达到提高成活率增加养殖效益的目的^[16]。因此,本研究在室内养殖池中构建了瓦片洞穴、卵石洞穴、水草洞穴 3 种隐蔽所,通过设置不同实验组观察了大鳍鲮对 3 种隐蔽所的选择性,并分析了大鳍鲮的典型行为特征,以期为大鳍鲮的行为学研究积累基础资料,并为大鳍鲮池塘养殖技术研究提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用大鳍鲮来自中国水产科学研究院长江水产研究所长江特有鱼类驯养繁育基地。实验开始前,挑选健康、活力强、无畸形、大小相近的实验鱼[体重(74.23 ± 0.90) g, 体长(19.17 ± 0.58) cm],放入 4 m×5 m 的长方形室内养殖池中暂养。每天 7:00、20:00 分别饱食投喂人工配合饲料(湖北正大饲料有限公司生产的特种鱼苗种膨化配合饲料)

和饵料鱼[鲮(*Cirrhinus molitorella*), 体长约 5 cm]。

实验池为直径 2.4 m、深 1 m 的室内圆形水泥池,池底和池壁覆盖有光滑条形瓷砖,水深 0.6 m。水源为池塘水,经蓄水池过滤、曝气 48 h 后引入实验池,平均水温为(18 ± 0.5) °C,溶解氧浓度为(8.0 ± 0.5) mg/L, pH 为 7.9 ± 0.2 , 每组实验结束后一次性换水,期间不换水、不曝气。实验光照周期为 11L:13D,光照强度为 0~500 lux,实验期间除喂食外无其他人为噪音干扰。

1.2 实验设计与方法

为探讨大鳍鲮对不同类型隐蔽所的选择性,用宽 5 cm 的黄色胶带将实验池等分为 4 个区域(图 1),分别搭建瓦片洞穴区、卵石洞穴区、水草洞穴区和空旷区(对照区)。瓦片洞穴区:放置大小为 40 cm×24 cm×12 cm 的半圆形瓦片,瓦片两端贯通;卵石洞穴区:选取大小为 5~10 cm 鹅卵石,搭建面积为 40 cm×24 cm 的洞穴,为防止卵石滑落,中间用瓦片和砖块协助支撑;水草洞穴区:从养殖池塘中捞取长度为 30~50 cm 的伊乐藻,用尼龙绳捆扎在一起,底部悬挂砖块固定;空旷区:不放置任何隐蔽物的区域。洞穴均搭建在各区域的中心位置,洞口朝向实验池的圆心。

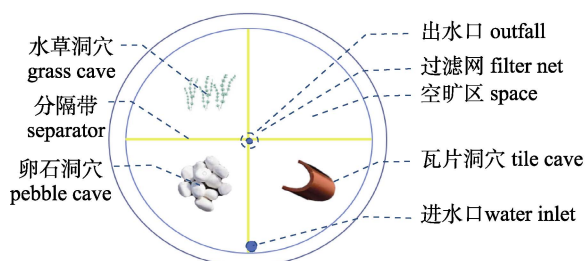


图 1 实验环境示意图和实景图

Fig. 1 The sketch map and physical map of experiment environment

在设有 3 种隐蔽所的实验池中按照放鱼的数量不同将实验设置为 3 组,分别是自由选择组(1 尾鱼)、无竞争组(3 尾鱼)和有竞争组(6 尾鱼),探讨 3 种条件下大鳍鲮的行为特征对隐蔽所的选择。每组设 3 个平行,每尾鱼仅用于 1 次实验。

采用视频拍摄的方式观测整个实验过程。观测系统由夜视红外功能的网络摄像机(Hikvision, DS-2CD864, China)、显示器(Hikvision, DS-8832N-R8, China)组成。网络摄像机固定在实验池水面上

方 2 m 处。将实验鱼引入实验池后,立即开始拍摄,每次拍摄持续 72 h。观测期间大鳍鲮投喂管理同暂养期一致。

1.3 行为量化与数据分析

使用图像运动浏览软件逐帧分析大鳍鲮行为的影像,识别大鳍鲮行为的所有组成部分并进行详细描述(表 1),参照尚玉昌^[17]、Rantin 等^[18]对动物行为的分类方法,将实验鱼的行为分为日常行为、攻击行为、领地行为等。每个实验组选取 72 h

录像的最后 24 h (10:00–10:00)连续视频资料对大鳍鲃在各个区域分布的数量、进出不同隐蔽所的次数及滞留时长、相互间攻击频率等进行量化和统计分析。采用单因素方差分析(one way ANOVA)进行组间差异分析,数据统计分析利用 SPSS25.0 软件进行。结果以平均值 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm SD$)表示。

2 结果与分析

2.1 大鳍鲃对隐蔽所的选择

自由选择时,大鳍鲃白天完全选择瓦片洞穴并一直待在其中。夜间也更多地选择瓦片洞穴,进出瓦片洞穴、卵石洞穴和水草洞穴的频率分别为(7.78 $\pm$ 0.80) times/h、(3.62 $\pm$ 0.55) times/h、(1.15 $\pm$

0.08) times/h, 滞留时长分别为(11.38 $\pm$ 1.82) min/h、(6.53 $\pm$ 0.72) min/h、0 min/h。如图 2 所示,自由选择组大鳍鲃对 3 种隐蔽所的选择差异显著($P < 0.05$),偏好由高到低依次为瓦片、卵石、水草。

无竞争组中大鳍鲃进出 3 种隐蔽所的频率和滞留时长如图 3 所示,鱼进出瓦片洞穴和卵石洞穴中的频率和滞留时长显著小于水草洞穴($P < 0.05$),这是因为“优势个体”偏好卵石洞穴和瓦片洞穴,一直在两者间轮换居住,“弱势个体”则只能待在水草或空旷处。期间空旷处停留的鱼间歇性地试图进入瓦片洞穴或卵石洞穴,遭到原住民驱赶,被迫进入草丛洞穴或停留在空旷处。

竞争组中大鳍鲃进出 3 种隐蔽所的频率和滞

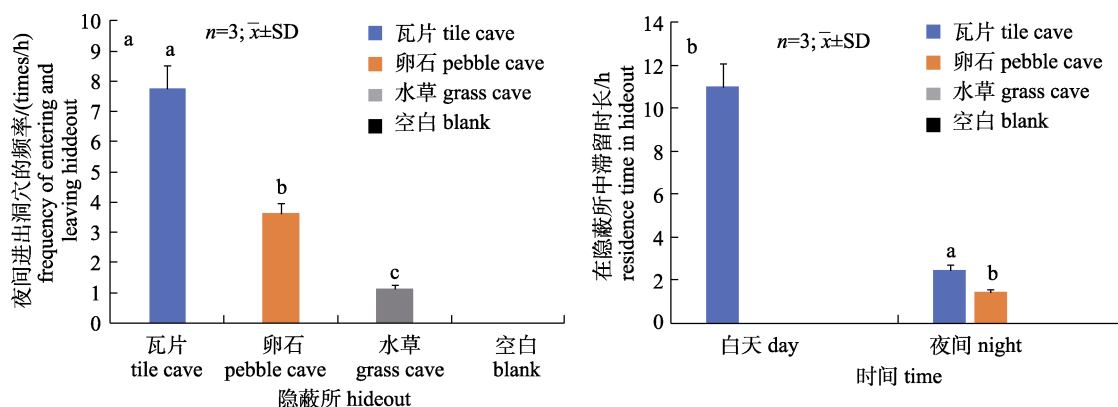


图 2 自由选择组中大鳍鲃进出不同隐蔽所的频率(a)及滞留时长(b)

不同小写字母代表不同隐蔽所有显著性差异($P < 0.05$).

Fig. 2 Frequency of *Mystus macropterus* entering and leaving hideouts (a) and residence time in hideouts (b) in free choice group. Different lowercases indicate significant difference ($P < 0.05$) among different hideouts.

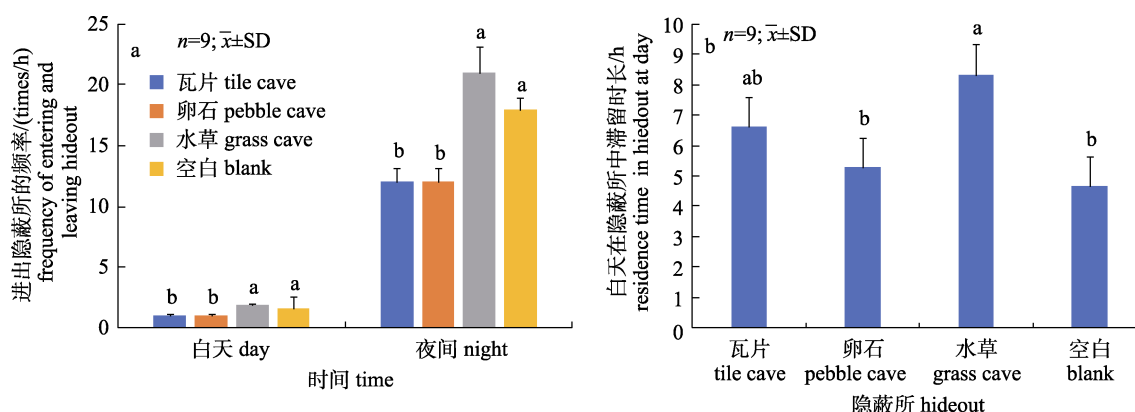


图 3 无竞争组中大鳍鲃进出不同隐蔽所的频率(a)及滞留时长(b)

不同小写字母代表不同隐蔽所有显著性差异($P < 0.05$).

Fig. 3 Frequency of *Mystus macropterus* entering and leaving hideouts (a) and residence time in hideouts (b) in competition absent group

Different lowercases indicate significant difference ($P < 0.05$) among different hideouts.

留时长如图 4 所示, 有竞争存在时, 大鳍鲷白天进出卵石、瓦片及水草 3 种隐蔽所的频率分别为 (12.50 ± 1.30) times/h、 (12.50 ± 1.10) times/h、 (11.00 ± 1.20) times/h, 滞留时长分别为 (5.55 ± 0.43) h、 (4.39 ± 0.55) h、 (10.40 ± 1.20) h; 进出 3 种隐蔽所的频率无显著差异($P > 0.05$), 而进入草丛洞穴的滞留时长约为瓦片和卵石洞穴之和, 这是因为瓦片和卵石洞穴中两尾及以上的鱼不能同栖, 水草隐蔽所则有两尾鱼可以同栖。

由图 2、图 3 和图 4 可以看出, 所有实验组中

大鳍鲷均存在显著的昼伏夜出习性, 多尾鱼共存时, 竞争组白天进出各洞穴的频率约为无竞争组的 10 倍, 滞留时长约为无竞争组的 3 倍; 夜间进出各洞穴的频率约为无竞争组的 3 倍, 均显著高于鱼数量(2 倍)的比例, 说明大鳍鲷有显著的钻洞习性, 在竞争组中隐蔽所数量无法满足居住的情况下, 均试图进入隐蔽所。另外, 竞争组中夜间有较长时间各隐蔽所中有鱼停留, 而无竞争组中几乎没有, 说明在夜间活动期间, 鱼因相遇而发生相互攻击, 各隐蔽所为之提供场所供其躲避。

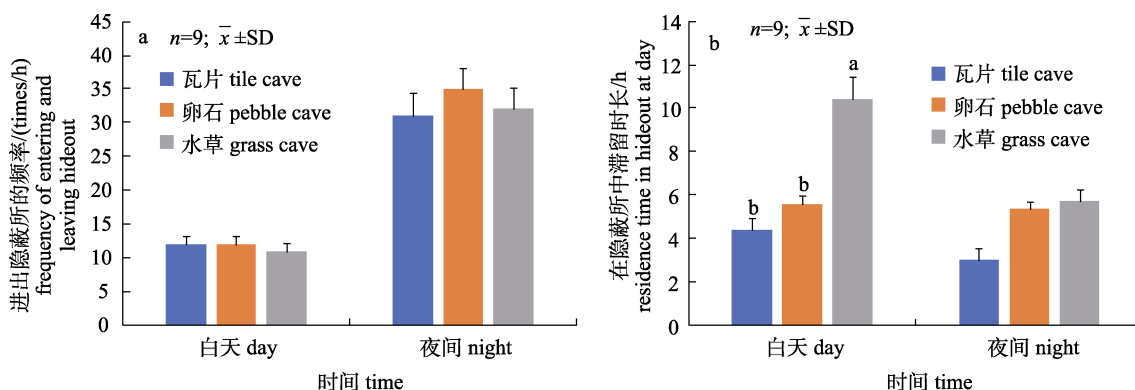


图 4 竞争组中大鳍鲷进出不同洞穴的频率(a)及滞留时长(b)

不同小写字母代表不同隐蔽所有显著性差异($P < 0.05$).

Fig. 4 Frequency of *Mystus macropterus* entering and leaving hideouts (a) and residence time in hideouts (b) in competition present group

Different lowercases indicate significant difference ($P < 0.05$) among different hideouts.

从实验鱼在各个区域的数量分布及选择性指数分析(图 5, 图 6), 无竞争组中对草丛洞穴的选择性指数最高, 其次是瓦片洞穴和卵石洞穴, 因为“优势个体”会在卵石洞穴和瓦片洞穴中轮换居住。竞争组中选择瓦片洞穴区的鱼数量最多, 因为有的鱼会选择在瓦片洞穴外部, 伺机进入; 其次是草丛洞穴区, 因为水草洞穴中 2 尾鱼可以同栖, 再次是卵石洞穴和空白区。

2.2 大鳍鲷的行为特征

大鳍鲷表现出明显的昼伏夜出特性: 白天躲避在洞穴中; 夜晚游动活跃, 攻击频率较高, 几尾鱼会同时在卵石区活动。具体行为及其特征如表 1 所示。多尾鱼共养组表现出表 1 内全部行为, 单尾鱼仅表现出日常行为。

2.2.1 日常行为 日常行为在单尾鱼组和多尾鱼共存组均能观测到。放入水池后大鳍鲷迅速游向

瓦片洞穴并藏在其中, 2~3 h 后表现出试探性行为特征: 从洞穴中多次探出头部[平均为 (10 ± 2) 次,

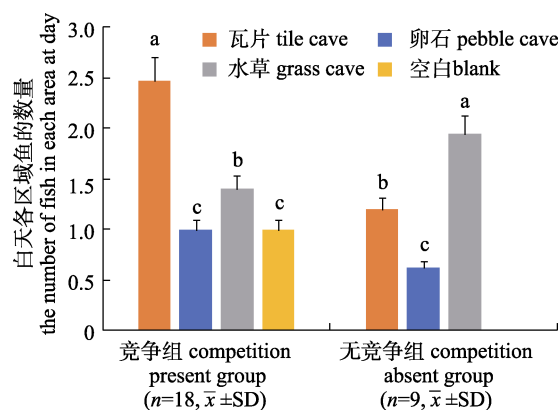


图 5 大鳍鲷在各个区域的分布

不同小写字母代表同一实验组不同隐蔽所有显著性差异($P < 0.05$).

Fig. 5 The distribution of *Mystus macropterus* in various regions. Different lowercases indicate significant difference ($P < 0.05$) among different hideouts in the same experimental group.

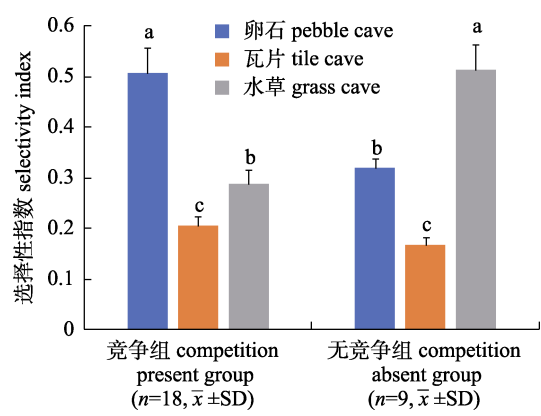


图 6 大鳍鲩对隐蔽所的选择性指数
不同小写字母代表同一实验组不同隐蔽所间
有显著性差异($P<0.05$).

Fig. 6 The selectivity index of *Mystus macropterus* to hideout
Different lowercases indicate significant difference ($P<0.05$)
among different hideouts in the same experimental group.

时长范围为 50 s~2 min 56 s], 后从洞穴中游出并

迅速返回[平均为(6±2)次, 时长平均为 1 min 20 s~
2 min 59 s, 距离平均为(38±10) cm], 接着从洞穴
中游出向上方高位水面游动后返回, 然后从洞中
游出越过分界线后返回并再次从洞中游出, 沿池
壁游更远距离(越过 2 条分界线)后返回, 但并未
返回洞穴, 表示试探行为结束, 总时长平均为
(13±2) min。试探行为仅发生在放入鱼后第一次出
洞穴时, 接着开始探索、巡游及守护等行为, 上述
行为交叉进行, 没有明显的次序及时长。多尾鱼
组探索行为时长平均约(39±5) min, 约为单尾鱼
探索行为时长的 3 倍。

2.2.2 攻击行为 攻击行为发生在多尾鱼共存时,
大鳍鲩会发生追逐、反追、碰撞、撕咬、躲避、相
互躲避等行为(表 1)。两尾大鳍鲩相遇时即会发生攻
击行为, 与摄食食物及选择居住地无显著性关系。

表 1 大鳍鲩常见行为及其特征
Tab. 1 Common behaviors and their characteristics of *Mystus macropterus*

行为类别 type of behavior	行为名称 name of behavior	行为描述 specific description of behavior characteristics
日常行为 daily behavior	试探 probe	反复多次从隐藏的洞穴中探出头或部分身体伸出洞穴; 从洞穴游出较短距离(划定的隐蔽区范围内)又迅速游回洞穴; 向水体上方试探。行为发生时间为放入水池后第一次出洞
	探索 explore	在试探行为之后, 离开洞穴, 游更远的距离(越过分区线)、探索其他洞穴、在上层水体探索(在高水位的地方游动)
	巡查 patrol	鱼游出并检查洞穴周围环境, 后返回洞穴
	巡游 cruise	在水池中四处游动, 不固定于某处
	侧翻 rollover	身体侧面向上游动(进入卵石洞穴或停留在排水管处时常见)
	捕食 predation	饵料鱼游到洞口附近时, 迅速出击后, 又返回洞穴
	趋触 touch thigmotactic	寻找有接触性的物体(如排水管、瓦片洞穴外部)并长时间停留
攻击行为 aggressive behavior	追逐 chase	由 A 鱼靠近 B 鱼引发的 A 鱼持续靠近、B 鱼持续躲避或逃离的行为, 一般发生在领地外
	反追 reverse chase	A 在追 B 鱼时, B 鱼迅速掉头反追
	碰撞 crash	两尾鱼并列撞击
	撕咬 bite	用嘴部接触其他鱼的头部和身体
	主动攻击 active attack	游近停留在水中不动或缓慢游动的鱼时会突然加速, 表现出追逐等动作
	躲避 elude	鱼在遭到进攻时逃离
	相互躲避 avoid each other	两条鱼碰面后, 均迅速掉头离开
领地行为 territorial behavior	入侵 invade	入侵者把原住民赶出领地并占据该领地
	驱赶 drive	由入侵者靠近原住民领地引发的原住民面对入侵者表现出的主动攻击、将入侵者驱赶出领地的行为(急速冲击目标鱼, 并在对方逃离时继续追逐一定距离)
	守卫 defend	在有鱼靠近时, 原住民主动攻击、追逐, 又回来原处
	守护 guard	在洞穴中进出、在洞穴周边上下巡查及游去稍远处后又返回洞穴
	威慑 deter	入侵者在遭到原住民驱赶后, 再次靠近并试图进入洞穴, 观察到原住民后即迅速逃离, 期间原住民并未表现出驱赶行为, 但已对入侵者形成威慑

根据攻击行为建立了社群等级, 分出“优势个体”和“弱势个体”。一方面表现为“优势个体”对隐蔽所优先选择, 更偏好瓦片洞穴和卵石洞穴, 一直在瓦片和卵石洞穴之间替换栖息; 另一方面“弱势个体”被迫停留在草丛或空旷处。期间空旷处的鱼试图进入瓦片或卵石洞穴, 遭到原住者驱赶, 随后进入草丛洞穴, 引发争斗后, “弱势个体”被迫再去空旷处。社群等级还表现为“优势个体”对“弱势个体”形成“威慑”: “优势个体”离开瓦片洞穴后, “弱势个体”前往, 在进行多次观察及试探确认无居住者后才最终进入; 有时停留在空旷处的鱼靠近瓦片洞穴并试图进入, 发现瓦片洞穴中的“优势个体”后即迅速逃离。

与大鳍鲮昼伏夜出的习性一致, 攻击行为也存在显著的昼夜规律, 如图 7 所示, 夜间攻击频率显著高于白天($P<0.05$), 其中无竞争组中夜间是白天的 22.85 ± 3.30 倍, 竞争组夜间是白天的 2.28 ± 0.30 倍; 另外, 攻击频率随着相遇频率的增加而增加, 竞争组白天的攻击频率是无竞争组的 18.00 ± 1.85 倍, 夜间的攻击频率约为无竞争组的 2.00 ± 0.15 倍。

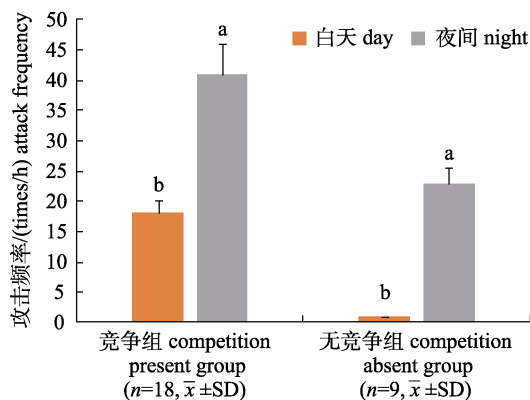


图 7 大鳍鲮之间的攻击频率
不同小写字母代表同一实验组不同时间
间有显著性差异($P<0.05$)。

Fig. 7 The frequency of attacks between *Mystus macropterus*
Different lowercases indicate significant difference ($P<0.05$)
among different time in the same experimental group.

3 讨论

3.1 大鳍鲮对隐蔽所的选择

对生存环境的选择是水产动物的领域行为之

一。如稀有鮡鲫(*Gobiocypris rarus*)对水草生境偏好程度最高^[16], 卵石河床底质较细砂等底质环境可显著提升青海湖裸鲤(*Gymnocypris przewalskii*)自然交配诱导率及繁殖效果^[19]; 中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)不同发育阶段均表现出对泥质底的偏好^[20]等, 这些领域行为的研究有助于渔业生产过程中适宜生境的构建以及提高苗种培育成活率。本研究中大鳍鲮对不同隐蔽所的偏好由强至弱依次为瓦片、卵石、水草、空旷处。野外调查中大鳍鲮常栖息在江河上游浅水处的石板下或石洞中, 这与本实验结果一致。影响动物生存选择的因素主要有觅食、繁殖和躲避捕食者。野外环境中大鳍鲮主要以底栖无脊椎动物如水生昆虫、螺、蚌、虾、蟹等为食^[6], 这些生物往往在水体底层、石缝等处分布密度较大, 这可能是大鳍鲮偏好卵石和瓦片洞穴的重要原因。

本研究中瓦片和卵石洞穴同一时间仅有一尾鱼可以居住, 水草洞穴则会有两尾鱼同栖, 这可能与大鳍鲮有较强的领地意识有关。动物的领地意识和行为通常表现为对某一特定空间的占有和保护^[21], 通过占有空间的生存资源, 为其求偶、交配、繁殖、育幼提供帮助^[22-23]。领地行为一般具有严重的排他性, 如灰鳞鲀(*Balistes capriscus*)雄鱼在受精前会积极保护巢穴周围区域免受其他雄性灰鳞鲀和其他鱼类的攻击, 受精后继续在巢穴周围保卫领地并追逐其他鱼类^[24]。大鳍鲮的领地意识表现为偏好于停留在某个固定位置以及其他鱼经过时表现出守卫、驱赶等行为。

研究证明, 隐蔽所作为水产动物所需的重要资源, 可降低种内格斗强度, 提高成活率^[25-26]。本实验中大鳍鲮更偏好瓦片和卵石洞穴, 但这两种洞穴多尾鱼不能同栖, 草丛洞穴作为较开放的隐蔽物, 鱼进入时, 视野可能被中间的草根遮挡, 降低了相遇机率, 进而减少攻击行为, 两尾鱼能够共栖, 因此建议在大鳍鲮养殖实践中可适当修建开放型的隐蔽所, 既提供庇护, 又可提供较多的觅食机会。

3.2 隐蔽所的数量与攻击频率的关系

本实验中竞争组(6 尾鱼)白天的攻击频率为 18 times/h, 无竞争组(3 尾鱼)夜间的攻击频率为

22.85 times/h, 前者略小于后者, 差异不显著, 原因是竞争组中白天有 3~4 尾鱼藏匿在隐蔽所中, 所以竞争组中白天在空旷处的鱼的数量与无竞争组中夜间鱼的数量数值接近, 导致相遇频率及攻击频率数值差异不大。按照概率论计算, 夜间无遮蔽物的情况下, 竞争组中大鳍鲮相遇频率的理论值是无竞争组的 5 倍, 实验结果表明竞争组夜间大鳍鲮的攻击频率约为无竞争组的 2 倍, 说明隐蔽所的设置降低了大鳍鲮的攻击频率。这与王雪婷等^[27]的研究一致。陈婷等^[28]研究发现 0 角落及角落数小于鳌虾数时, 鳌虾的存活率低, 角落数与鳌虾只数相等时存活率最高; 当角落数达到鳌虾数并进一步增加时, 存活率下降。本研究结果初步显示, 隐蔽所数量与鱼数量比为 1:1 组(无竞争组)大鳍鲮攻击频率显著低于 1:2 组(竞争组), 更详细的隐蔽所数量梯度、养殖密度对攻击行为的影响需要进一步研究。

另外本实验结果是在 3 种隐蔽所置于同一水域中的条件下观测到的, 隐蔽所单独放置以及在有其他生物干扰等情况下对大鳍鲮的攻击、摄食等行为的影响等需进一步研究。

3.3 大鳍鲮昼伏夜出和攻击性行为

本研究中, 各实验组大鳍鲮均表现出明显的昼伏夜出习性, 这与其他穴居性鲇形目鱼类的行为特征是一致的^[29]。这种昼伏夜出的特性既增加了活动范围, 又避免了不利的影响, 是长期进化过程中自然选择的结果^[30]。研究显示底栖鱼类一般为负趋光性, 如底栖鱼类革胡子鲇(*Clarias lazera*)、大口鲇(*Silurus meridionalis*)和黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)等均在晚上摄食活跃^[31-32], 因为白天较高的照度会使身体的视觉显著性变得更高, 更易被发现, 因此它们偏好于躲进有遮蔽物的地方以获得安全感^[18]。在养殖实践中根据大鳍鲮昼伏夜出的习性, 可以采取夜间投喂模式, 以提高养殖成效。

大鳍鲮作为底栖物种, 具有典型的攻击性行为, 如“驱赶”、“碰撞”、“撕咬”等, 这些行为在多棘黏滑光鼻鲇(*Glaphyropoma spinosum*)中也有发现^[18], 这是由于底栖鱼类物种之间的竞争在地下环境中比在表栖环境中更激烈^[33]。研究表明有几

个因素可能与相互攻击有关, 包括领地防卫、食物竞争、性伴侣(对交配领地的防卫)^[18]。本实验中食物充足, 且大鳍鲮并未表现出对食物的竞争, 攻击的原因主要和领地防卫有关。水产动物中, 小龙虾会通过打斗来决定它们的等级^[34], 在一些慈鲷物种(*Geophagus brasiliensis*)中, 经过争斗从属者眼睛通常出现深色条纹, 而优势鱼通常是浅色的^[35]。克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*)通过争斗 71%的隐蔽所被优势者占有, 7%为从属者占有^[25]。本实验中大鳍鲮通过攻击行为建立了明显的社群等级, 分出“优势个体”和“弱势个体”, “优势个体”对“弱势个体”形成威慑, 减少了持续的好斗行为: 如空旷区的大鳍鲮靠近瓦片洞穴并试图进入时, 发现瓦片洞穴中有“优势个体”后迅速逃离, 期间瓦片洞穴中的鱼并未表现出驱赶行为, 即已对空旷区游来的鱼形成威慑; “优势个体”在攻击水草洞穴中的“弱势个体”后进入其他洞穴, 但原来水草洞穴中的“弱势个体”不敢回到草丛, 只待在草丛近处。这说明在一定程度上, 上述社群等级能有效预防持续的好斗行为带来的相关伤害^[36]。大鳍鲮的性别、规格与社群等级建立的关系也需要进一步研究。

参考文献:

- [1] Xiang X, Ye Y T, Zhou X H, et al. Digestive ability and nutritive value of *Mystus macropterus*[J]. Journal of fisheries of China, 2003, 27(4): 371-376. [向泉, 叶元土, 周兴华, 等. 大鳍鲮的消化能力和营养价值[J]. 水产学报, 2003, 27(4): 371-376.]
- [2] Yang D G, Zhou J G, Wu G X, et al. Parent fish cultivation in ponds and artificial propagation of *Mystus macropterus*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 1998, 5(2): 26-30. [杨德国, 周剑光, 吴国犀, 等. 长江大鳍鲮的人工繁殖[J]. 中国水产科学, 1998, 5(2): 26-30.]
- [3] Shi B N. Fishery resources and regionalization in Sichuan River[M]. Chongqing: Southwest Teachers University Press, 1990: 116-117. [施白南. 四川江河渔业资源和区划[M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 1990, 116-117.]
- [4] Lin S M, Wang Y H, Luo L, et al. Protease activity of digestive tract in *Mystus macropterus*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2003, 10(2): 169-172. [林仕梅, 王友惠, 罗莉, 等. 大鳍鲮蛋白酶活力的研究[J]. 中国水产科学, 2003, 10(2): 169-172.]
- [5] Wang D S, Luo Q S. Aspects of the reproductive biology of

- the Bagridae catfish *mystus macropterus* in the Jia Ling River[J]. Journal of Fisheries of China, 1992, 16(1): 50-59. [王德寿, 罗泉笙. 大鳍鲮的繁殖生物学研究[J]. 水产学报, 1992, 16(1): 50-59.]
- [6] Chen J, Xie X J. Effect of body size and temperature on the metabolism of bagrid catfish, *Mystus macropterus*[J]. Journal of Southwest China Normal University (Natural Science Edition), 2006, 31(4): 138-142. [陈娟, 谢小军. 体质量及温度对大鳍鲮代谢的影响[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2006, 31(4): 138-142.]
- [7] Zhu C K, Zheng Y H, Gao Y Y, et al. Study on biological characteristics and artificial breeding prospect of *Megalobrama amblycephala*[J]. Reservoir Fisheries, 2007, 28(5): 86-89. [朱成科, 郑永华, 高元戎, 等. 大鳍鲮的生物学特性和人工繁殖前景研究[J]. 水利渔业, 2007, 28(5): 86-89.]
- [8] Zhang Y G, Wang D S, Luo S Q. An observation on the embryonic development of *Mystus macropterus* (Bleeker)[J]. Journal of Southwest Teachers University, 1991, 16(2): 223-229. [张耀光, 王德寿, 罗泉笙. 大鳍鲮胚胎发育[J]. 西南师范大学学报, 1991, 16(2): 223-229.]
- [9] Chen J, Xie X J. Study on resting metabolism of the adults in bagrid catfish, *Mystus macropterus*[J]. Journal of Southwest China Normal University (Natural Science), 2002, 27(6): 927-931. [陈娟, 谢小军. 大鳍鲮成鱼静止代谢率的初步研究[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2002, 27(6): 927-931.]
- [10] Brodie M J, Besag F, Ettinger A B, et al. Epilepsy, antiepileptic drugs, and aggression: An evidence-based review[J]. Pharmacological Reviews, 2016, 68(3): 563-602.
- [11] Zabegalov K N, Kolesnikova T O, Khatsko S L, et al. Understanding zebrafish aggressive behavior[J]. Behavioural Processes, 2019, 158: 200-210.
- [12] Steimer T. The biology of fear-and anxiety-related behaviors[J]. Dialogues in Clinical Neuroscience, 2002, 4(3): 231-249.
- [13] Zhuang P. Ontogenetic behavior of sturgeons (Acipenseridae) with comments on evolutionary and practical significance[D]. Wuhan: Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, 1999: 73-76. [庄平. 鲟科鱼类个体发育行为学及其在进化与实践上的意义[D]. 武汉: 中国科学院水生生物研究所, 1999: 73-76.]
- [14] Millidine K J, Armstrong J D, Metcalfe N B. Presence of shelter reduces maintenance metabolism of juvenile salmon[J]. Functional Ecology, 2006, 20(5): 839-845.
- [15] Latournerié-Cervera J R, Galicia-Gallardo A P, Arana-Magallón F C, et al. Effect of density and shelter on growth, physiology, and biochemical composition of the crayfish *Cambarellus montezumae*[J]. Journal of Applied Aquaculture, 2016, 28(3): 213-219.
- [16] Qiu N, Li W J, Hou M M, et al. The selective preference of rare minnow (*Gobiocypris rarus*) to different habitats[J]. Chinese Journal of Zoology, 2021, 56(6): 856-864. [邱宁, 李文静, 侯淼淼, 等. 稀有鲫对不同生境的选择性偏好[J]. 动物学杂志, 2021, 56(6): 856-864.]
- [17] Shang Y C. Behavioral ecology[M]. Beijing: Peking University Press, 1998. [尚玉昌. 行为生态学[M]. 北京: 北京大学出版社, 1998.]
- [18] Rantin B, Bichuette M E. Territoriality and agonistic behavior of subterranean Copionodontinae catfish (Siluriformes: Trichomycteridae) from Brazil[J]. Acta Ethologica, 2019, 22(1): 17-28.
- [19] Zhou Y H, Rong Y F, Zhou W G, et al. Environmental requirements of natural reproduction of *Gymnocypris przewalskii* under artificial simulated conditions[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2022, 46(6): 779-787. [周杨浩, 荣义峰, 周卫国, 等. 人工模拟条件下青海湖裸鲤自然繁殖环境条件需求研究[J]. 水生生物学报, 2022, 46(6): 779-787.]
- [20] Li C B, Huang X R, Feng G P, et al. Preference for substrate in different developmental stages of *Eriocheir sinensis*[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2022, 46(6): 888-895. [李春波, 黄晓荣, 冯广朋, 等. 不同发育阶段中华绒螯蟹对底质的喜好性研究[J]. 水生生物学报, 2022, 46(6): 888-895.]
- [21] Li W, Rong K, Qin L R, et al. Research progress of aquatic animal behavior and its application in fisheries[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2021, 45(5): 1171-1180. [李为, 荣宽, 覃丽蓉, 等. 水产动物行为及其在渔业中的应用研究进展[J]. 水生生物学报, 2021, 45(5): 1171-1180.]
- [22] Martin S D, Harris B A, Collums J R, et al. Life between predators and a small space: Substrate selection of an interstitial space-dwelling stream salamander[J]. Journal of Zoology, 2012, 287(3): 205-214.
- [23] Medeiros P R, Souza A T, Ilarri M I. Habitat use and behavioural ecology of the juveniles of two sympatric damselfishes (Actinopterygii: Pomacentridae) in the southwestern Atlantic Ocean[J]. Journal of Fish Biology, 2010, 77(7): 1599-1615.
- [24] Simmons C M, Szedlmayer S T. Territoriality, reproductive behavior, and parental care in gray triggerfish, *Balistes capricus*, from the northern gulf of Mexico[J]. Bulletin of Marine Science, 2012, 88(2): 197-209.
- [25] Wang C L, Zeng X C, Shen J Y, et al. Behavior response of dominant and subordinate crayfish *Procambarus clarkii* to social context change by a larger intruder[J]. Chinese Journal of Zoology, 2015, 50(4): 555-562. [王陈路, 曾小翠, 沈佳

- 琰, 等. 不同地位克氏原螯虾对社会环境改变的行为反应[J]. 动物学杂志, 2015, 50(4): 555-562.]
- [26] Liu Q. *Procambarus clarkii* response to two kinds of environmental heterogeneity and the selection of shelter[D]. Nanjing: Nanjing University, 2017. [刘琦. 克氏原螯虾对两种环境异质性的响应及对隐蔽所的选择[D]. 南京: 南京大学, 2017.]
- [27] Wang X T, Cheng C, Huang C. Relationship between corner space and living conditions in red swamp crawfish (*Procambarus clarkii*)[J]. Fisheries Science, 2010, 29(6): 348-351. [王雪婷, 程琛, 黄成. 角落空间与克氏原螯虾生活状况的关系[J]. 水产科学, 2010, 29(6): 348-351.]
- [28] Chen T, Guo J Y, Tang J Q, et al. The differences of growth and living strategies between burrow and corner habitat in *Procambarus clarkii*[J]. Journal of Nanjing University (Natural Sciences), 2011, 47(5): 635-641. [陈婷, 郭建英, 唐建清, 等. 克氏原螯虾在洞穴和角落生境下生长差异及生存策略分析[J]. 南京大学学报(自然科学版), 2011, 47(5): 635-641.]
- [29] Xi J, Zheng Z L, Mu Z B, et al. Study on the hiding behavior of the *glyptosternum maculatum* larvae and juveniles[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2021(5): 1129-1137. [席杰, 郑宗林, 牟振波, 等. 黑斑原鲃仔稚鱼藏匿行为研究[J]. 水生生物学报, 2021(5): 1129-1137.]
- [30] Fang H. Selection of shelter for crayfish (*Procambarus clarkii*) and the effect of shelter on crayfish[D]. Nanjing: Nanjing University, 2019. [方卉. 克氏原螯虾对隐蔽所的选择及其对隐蔽所的生长适应性[D]. 南京: 南京大学, 2019.]
- [31] Wang L Q, Cheng Y S. On the feeding habits and growth for larval of *clarias lazera* under pond nursery[J]. Journal of Fisheries of China, 1990, 14(2): 105-113. [汪留全, 程云生. 池养条件下革胡子鲶仔幼鱼摄食习性与生长的初步研究[J]. 水产学报, 1990, 14(2): 105-113.]
- [32] Zhou G, Xie C X, Xiong C X. Preliminary research on day-and-night rhythm and daily feeds intake rate for snakehead fish fry[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 1996, 1(15): 64-67. [周洁, 谢从新, 熊传喜. 乌鳢仔鱼摄食节律和日摄食率的初步研究[J]. 华中农业大学学报, 1996, 1(15): 64-67.]
- [33] Trajano E, Mugue N, Krejca J, et al. Habitat, distribution, ecology and behavior of cave batiloids from Thailand (Teleostei: Cypriniformes)[J]. Ichthyological Exploration of Freshwaters, 2002, 13: 169-184.
- [34] Sapolsky R M. The influence of social hierarchy on primate health[J]. Science, 2005, 308(5722): 648-652.
- [35] Miyai C A, Carretero Sanches F H, Costa T M, et al. The correlation between subordinate fish eye colour and received attacks: A negative social feedback mechanism for the reduction of aggression during the formation of dominance hierarchies[J]. Zoology, 2011, 114(6): 335-339.
- [36] Xu X W, Zhang X M. Recent progress in the molecular regulation mechanism of aggression in fish[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2018, 25(5): 1137-1150. [徐秀文, 张秀梅. 鱼类好斗性分子调控机制的研究进展[J]. 中国水产科学, 2018, 25(5): 1137-1150.]

The study on the selection of hideouts of large size *Mystus macropterus* and its behavioral characteristics

LI Xiaoli, ZHU Yongjiu, YANG Deguo, WU Xingbing, LI Xuemei, ZHU Tingbing, MENG Zihao

Key Laboratory of Freshwater Biodiversity Conservation, Ministry of Agriculture and Rural Affairs; Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuhan 430223, China

Abstract: *Mystus macropterus* (Bleeker) is a freshwater fish of the Bagridae family, distributed in the main stream and tributaries of the Yangtze and Pearl rivers with high nutritional value. The author found that *M. macropterus* displayed aggressive behavior, which led to bites, ulcers, and even death during artificial breeding. Understanding the behavioral characteristics of *M. macropterus* and its influencing factors and reducing its aggression would help understand the basis of artificial breeding. In the present study, a real-time observation system incorporating indoor pools, cameras, transmitters, and monitors was established to observe the behavioral characteristics of *M. macropterus*. At the same time, three kinds of caves (tiled, pebble and grass caves) were established in all breeding pools. *M. macropterus* were divided into three groups based on the proportion of the fish and caves which were free choice group (1 fish), competition-absent group (3 fish), and competition-present group (6 fish). The selection of *M. macropterus* to shelters under three conditions was recorded by video. The recording started when the fish were put in, and each recording lasted for 72 hours, and all experiments were conducted in triplicate. The results showed that *M. macropterus* preferred tiled and pebble caves. Not many fish coexisted peacefully in these two caves, but two fish coexisted in grass caves. The attack frequency in the competition-present group was significantly higher than that in the competition-absent group, and the attack frequency at night was significantly higher than that during the day. *M. macropterus* hid in caves during the day and came out at night. The behaviors included daily activities, such as exploration, patrol, and hunting; attacking behaviors, such as chasing, collision, and biting; and territorial behaviors, such as invasion, driving, and guarding. Social hierarchies were established based on aggression, labeled “strong” and “weak.” The behavioral characteristics of *M. macropterus* and the selection of hiding places provided an important scientific basis for establishing *M. macropterus* farming technology. It was suggested that the strategy of night feeding should be adopted in *M. Macropterus* culture, and an open shelter should be built in the pond for hiding.

Key words: *Mystus macropterus*; behavior; hideout

Corresponding author: ZHU Yongjiu. E-mail: zhuyj@yfi.ac.cn