

不同光照强度对淡黑镊丽鱼幼鱼个性的影响*

龚文奥, 赵浩翔, 张久苾, 付世建

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

摘要:【目的】研究不同光照强度对淡黑镊丽鱼(*Labidochromis caeruleus*)幼鱼个性的影响。【方法】在实验室条件下驯养淡黑镊丽鱼幼鱼14 d, 驯养期间水温为(25.0±0.5)℃, 考察0、35、100 lx等3种不同光照强度对实验鱼勇敢性和社会性的影响。【结果】与驯养在常规养殖环境(光照强度为100 lx)中的实验鱼相比, 在弱光照(光照强度为35 lx)和无光照(光照强度为0 lx)的饲养环境中的实验鱼首次进入开阔区的时间有所延长, 进入开阔区的频率和靠近刺激鱼群时间比有所减小, 两者的勇敢性和社会性均有明显下降。【结论】淡黑镊丽鱼幼鱼在不同光照强度的饲养环境中呈现出不同的个性行为响应, 它们的勇敢性和社会性呈正相关变化。

关键词: 饲养; 光照强度; 勇敢性; 社会性; 淡黑镊丽鱼

中图分类号: Q178.1

文献标志码: A

文章编号: 1672-6693(2023)03-0016-06

环境中众多的非生物生态因子如光照、温度、水分等都能对生物的行为产生作用^[1]。其中, 光照是影响动物大脑功能和认知的主要生态因子^[2]; 它不仅影响动物的瞳孔收缩、心率调节、昼夜节律等基本的生理功能^[3], 还能调节动物的情绪和行为^[4-5]。光照特性包括波长、光源、光周期、光照强度等, 而目前相关研究主要关注光周期对动物的影响^[6]。然而越来越多的证据表明, 光照强度对动物的行为和生理活动同样具有广泛的影响^[3,7], 例如: 光照强度增加后, 中缅树鼩(*Tupaia belangeri*)会大幅降低取食行为, 增加休息行为, 从而影响生长发育^[6]; 光照强度下降后, 鸡(*Gallus gallus domesticus*)的啄羽行为有所减少, 且鸡在减少20%的饲料摄入量后便可获得与对照处理相同的保暖效果^[8]。

动物的个性及个性对环境变化的行为响应策略是动物对栖息生境的适应性进化的结果^[9-10]。勇敢性和社会性是衡量鱼类个性的常用指标^[11-14]。勇敢性用于衡量动物个体自身为获取食物、空间等资源而承担风险趋向能力的高低, 它是动物对生存环境中的风险评估后的反应^[14-15]。有研究表明, 勇敢性更高的褐鳟(*Salmo trutta*)拥有更高的种群地位^[16]。社会性是动物个体在同伴与同伴之间寻求相互关联的一种非侵略倾向表现^[17-18], 社会性较强的鱼类通常表现出更多的合作行为^[19]。在已有的研究中, 鱼类的勇敢性与社会性一般呈负相关^[20], 例如: 勇敢性较高的三刺鱼(*Gasterosteus aculeatus*)个体之间相互关联较少, 社会性较低; 而勇敢性较低的个体之间却有较多的相互关联, 社会性较高^[19]。但是, 在对太阳鱼(*Lepomis gibbosus*)的研究中发现, 该鱼种的勇敢性和攻击性在捕食者暴露前后产生了不同的相关性^[21], 这表明鱼类个性指标之间的关联会随环境条件改变而发生改变。

在自然水域中, 鱼类栖息地的光环境复杂而多变。不同区域水体的光照强度会受到阳光入射角、水面搅动、水中各种悬浮颗粒多少等因素的影响^[22]。鱼类通过视杆细胞和视锥细胞能感受到不同光照强度的刺激^[23-24]。光照强度过高, 鱼类往往会产生“压力行为”^[25], 例如在200 lx的光照条件下, 斑马鱼(*Danio rerio*)的静息行为明显减少, 运动时间明显延长^[26]; 环境中光照强度过低, 鱼类则会产生“躲避行为”, 例如在较弱的光照强度下(39.5 lx), 光照强度对四川裂腹鱼(*Schizothorax kozlovi*)的诱集作用有所减弱^[27]。由此可见, 光照强度是引起动物生理和行为改变的重要生态因子^[25-28]。目前有关鱼类在光场中的行为反应已有许多报道, 但鱼类个性行为对光照强度的响应研究相对匮乏。

慈鲷科(Cichlidae)是硬骨鱼类中最大的一个科, 该科鱼类在非洲、南亚、中南美洲有着广泛的分布^[29]。由于

* 收稿日期: 2022-07-15 修回日期: 2022-08-05 网络出版时间: 2023-04-21 T08:48

资助项目: 国家自然科学基金面上项目(No. 31670418)

第一作者简介: 龚文奥, 男, 研究方向为鱼类行为学, E-mail: Wenaogong@yeah.net; 通信作者: 付世建, 男, 教授, 博士, E-mail: shijianfu9@hotmail.com

网络出版地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20230420.1511.028.html>

慈鲷科鱼类能利用光感受器分辨特定的环境条件,并有多种光感受器通道,因此它们适合作为鱼类视觉与个性行为关联研究的实验材料^[30-31]。淡黑镊丽鱼(*Labidochromis caeruleus*)为鲈形目(Perciformes)慈鲷科镊丽鱼属(*Labidochromis*)鱼类,别称非洲王子鱼,是一种原生活于马拉维湖的岩栖类慈鲷。因为淡黑镊丽鱼成年个体呈橙黄色,背鳍近边缘处有黑色条纹,所以该鱼种极具观赏价值^[32]。目前对淡黑镊丽鱼的研究成果主要集中在生理与形态方面^[33-34],有关该鱼种的行为学的研究鲜有报道,而以之为代表的慈鲷科鱼类在弱光条件下的个性行为变化的相关研究也尚不多见。淡黑镊丽鱼通常栖息在湖岸附近相对较浅的岩石区水域,岩石区水域通常清澈透明。然而,由于气温的季节性变化,例如在多雨、温度陡降的季节,水藻茂盛、富含沉积物的岸边水域能见度有时甚至降低到几乎为零;因此淡黑镊丽鱼生境的光照强度虽然总体较高,但仍然具有一定幅度的变化,并存在少数光照强度较低的时期^[35-37]。基于上述背景并结合不同光照强度对鱼类趋光性的研究^[38],本研究比较了淡黑镊丽鱼幼鱼在不同光照强度的饲养环境中主要个性指标的变化及这些指标的关联,旨在为淡黑镊丽鱼等慈鲷科观赏鱼类行为生态学研究 and 饲养环境的光照强度选择提供参考资料。

1 材料与方法

1.1 实验鱼来源及驯化

淡黑镊丽鱼幼鱼于2021年9月购自重庆马氏水族馆并暂养于重庆师范大学进化生理与行为学实验室观赏鱼自动循环净化控温养殖系统中(单个系统规格为0.4 m×0.25 m×0.35 m)。驯化用水为48 h曝气后的除氯自来水;每日换水量约为驯化水体体积的35%;用充气泵持续向驯化水体充入空气,保证水体溶氧质量浓度大于或等于7.0 mg·L⁻¹。光周期为14 h光照:10 h黑暗,光照期间的光照强度为100 lx。驯养光源为位于养殖系统上方的50 W节能条形灯带,它的色温范围为5 500~6 500 K(接近于日光色);通过调节养殖系统各壁透明度获得实验所需要的光照强度(光照强度由希玛AS813照度计测得)。驯化期间于每日10:30用商业冷冻红线虫对淡黑镊丽幼鱼进行饱食投喂,30 min之后清除水体中的食物残余和粪便。整个驯养时间持续14 d。

1.2 实验设计

于淡黑镊丽鱼幼鱼驯养结束后的次日随机挑选健康无病、鳞片完好、大小相近的16尾幼鱼作为实验鱼,以此作为对照组(光照强度为100 lx),测定组中每尾实验鱼的勇敢性和社会性行为数据。对照组的有关行为学数据测定结束后,将所有淡黑镊丽鱼幼鱼随机分成两组,每条约40尾,分别置于光照强度为35 lx和0 lx的自动循环净化控温养殖系统中,再次驯养14 d,驯养期间的其他环境因子以及饲喂方式仍与初次驯养时保持一致。于第2次驯养结束后的次日在光照强度为35和0 lx的饲养环境中按对照组的选取标准分别选取16尾实验鱼,分别作为弱光照组和无光照组,测定两个组中每尾实验鱼的勇敢性和社会性行为数据。

1.3 实验装置

勇敢性测定装置由水槽、行为轨迹监视系统、实验光源等3部分组成。水槽是由白色非透明材料制成的长方体,内部长×宽×高为70 cm×35 cm×35 cm,并用1块厚度可忽略不计的白色非透明材料隔板将水槽内部分隔为1个长×宽×高为55 cm×35 cm×35 cm的开阔区和1个长×宽×高为15 cm×35 cm×35 cm的遮蔽区,遮蔽区除底部中央放置1个长×宽×高为5 cm×5 cm×10 cm塑料植物为实验鱼提供遮蔽场所外,其余环境因子如光照强度等与开阔区保持一致。白色非透明材料隔板底部用长×宽为10 cm×10 cm的活动门来连通开阔区和遮蔽区。行为轨迹监视装置由监视器和瑞士罗技科技有限公司出品的C900型红外摄像机组成,红外摄像机安置在距水槽正上方70 cm的正中央处,与红外摄像机相连的监视器置于距水槽2.5 m处的位置,该装置能完整记录实验鱼的行为影像。实验光源由位于水槽上方的50 W节能环形灯提供,色温条件同驯化期间一致,测定时各组光照强度均设置为100 lx,以减少光线不均衡和观测过程中光照强度等因素对实验的影响。采用2个相同的装置同时进行勇敢性测定。

社会性测定装置的组成与勇敢性测定装置的组成基本相似,但水槽内部用2块厚度可忽略不计的透明有机玻璃隔板分为3个区域:两侧各1个长×宽×高为10 cm×35 cm×35 cm的刺激区和中间1个长×宽×高为50 cm×35 cm×35 cm的实验区,实验区底部正中放置有1个透明的直径×高度为10 cm×10 cm的中空圆柱形有机玻璃适配器,适配器厚度可忽略不计。随机选取6尾淡黑镊丽鱼幼鱼投入一侧刺激区作为刺激鱼群,另一侧刺激区无刺激鱼群。测定社会性过程中光照强度等条件与测定勇敢性过程中一致。依然采用2个相同的装置同时进行社会性测定。

1.4 测定方法

勇敢性测定方法为:挑选鳞片完好、健康无病的单尾实验鱼置于活动门关闭的遮蔽区内适应 5 min 后,缓慢打开活动门,连续拍摄 20 min 实验鱼的行为视频(拍摄速率为 30 帧·s⁻¹)。记录单尾实验鱼首次进入开阔区的时间以及往返开阔区和遮蔽区的频率。

社会性测定方法为:取鳞片完好、健康无病的单尾实验鱼置于实验区的适配器内适应 5 min 后,快速轻柔地拿出适配器,连续拍摄 20 min 实验鱼的行为视频(拍摄速率为 30 帧·s⁻¹)。记录单尾实验鱼靠近刺激鱼群时间比。

1.5 数据提取和分析

用“格式工厂”软件将个人行为视频由“.wmv”格式转换为“.avi”格式,并设置视频播放速率为 15 帧·s⁻¹。将视频导入 id tracker 行为分析软件进行轨迹追踪分析,提取实验鱼的实时像素点坐标,根据像素转换率将像素点坐标转换为实际坐标,以此计算相关行为学参数^[20,39]。

用 Excel 2021 软件对所有实验数据进行整理,结果均以“平均值±标准误”表示。用 SPSS 17.0 统计软件对实验数据进行统计分析:首先用单样本 Kolmogorov-Smirnov 检验分析有关数据是否符合正态分布;然后采用单因素方差分析检验光照强度对实验鱼勇敢性和社会性指标的影响是否具有统计学意义,并采用 Duncan 法对组间数据差异进行多重比较。当 $p < 0.05$ 时,上述统计分析结果具有统计学意义。

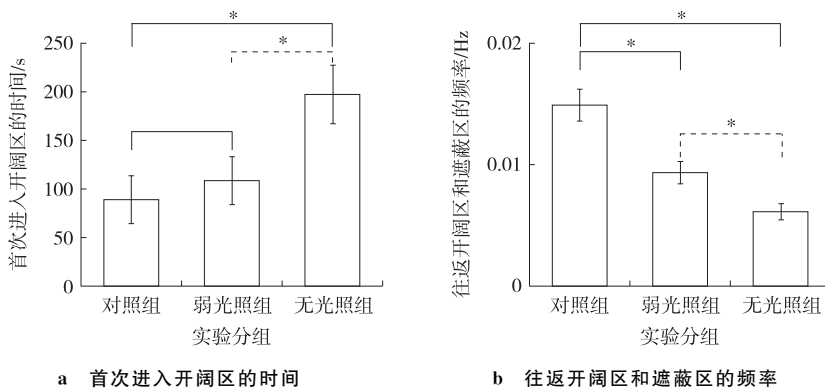
2 结果

2.1 不同光照强度对勇敢性的影响

从图 1 可以看出:无光照组实验鱼首次进入开阔区的时间最长,往返开阔区和遮蔽区的频率最低;与对照组相比,弱光照组和无光照组的实验鱼首次进入开阔区的时间有所延长,往返开阔区和遮蔽区的频率降低;无光照组和弱光照组、无光照组和对照组首次进入开阔区的时间差异均具有统计学意义($p < 0.05$);3 个处理组的往返开阔区和遮蔽区的频率差异两两之间均具有统计学意义($p < 0.05$)。

2.2 不同光照强度对社会性的影响

图 2 显示:实验鱼的靠近刺激鱼群时间比随着光照强度的下降而减小;对照组和弱光照组、对照组和无光照组靠近刺激鱼群的时间比差异具有统计学意义($p < 0.05$)。



a 首次进入开阔区的时间

b 往返开阔区和遮蔽区的频率

注:“*”表示组间数据差异具有统计学意义($p < 0.05$),下同。

图 1 不同光照强度对淡黑镊丽鱼幼鱼勇敢性的影响

Fig. 1 The effects of different illumination intensity on boldness of *L. caeruleus* juvenile

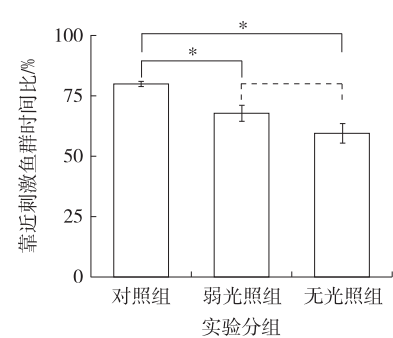


图 2 不同光照强度对淡黑镊丽鱼幼鱼社会性的影响

Fig. 2 The effects of different illumination intensity on sociability of *L. caeruleus* juvenile

3 讨论

在本研究中,随着驯养环境中光照强度的下降,实验鱼首次进入开阔区的时间延长,这说明实验鱼的勇敢性有所下降。淡黑镊丽鱼的栖息地主要分布在浅层岩石中,随着水域加深,接受的自然光照强度随之降低^[36],加之勇敢性与生存环境的变化程度呈负相关变化^[40],所以淡黑镊丽鱼幼鱼随着光照强度的降低表现出“延后”进入开阔区。此外,弱光照组和对照组实验鱼的首次进入开阔区的时间差异没有统计学意义,这应该与这两组的光照

强度变化幅度和该鱼种栖息地光照强度变化幅度相似有关。

随着光照强度降低,实验鱼往返开阔区和遮蔽区的频率降低,这可能与光照强度对昼夜节律等生理功能的影响有关^[3]。有研究表明,在连续无光照的条件下,红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*)脑组织中的生长激素基因相对表达量明显降低^[41],锦鲤幼鱼(*Cyprinus carpio*)用于代谢和生长的能量消耗有明显减少^[42]。所以,随着光照强度的降低,淡黑镊丽鱼幼鱼会减少“穿梭”行为带来的能量消耗来适应黑暗环境。另外,在自然环境中生活的淡黑镊丽鱼幼鱼几乎不会在深度超过10 m的水域中活动^[36],故在弱光照和无光照的饲养环境中,该鱼种幼鱼的警觉性较高而勇敢性较低。

在本研究中,随着光照强度的下降,淡黑镊丽鱼幼鱼靠近刺激鱼群的时间比降低,同伴与同伴之间的非侵略倾向相互关联表现减弱,社会性降低,种内资源的竞争得到缓解。由于在弱光照和无光照饲养环境下环境背景较暗、鱼类的食物摄入量需求相对较低^[43]且鱼类需要的视觉捕食线索减少,因此鱼类个体保持与同伴之间较低的相互关联便能获得稳定的生存资源。有趣的是,淡黑镊丽鱼幼鱼经过不同光照强度的饲养环境驯养后,它们的勇敢性和社会性呈正相关变化。这表明鱼类个性之间的关联会受到环境因子的影响。对太阳鱼^[21]的研究中同样证明了这一点。在不同发育阶段,水生动物个体对光照的敏感程度和对黑暗的适应能力是不同的,淡黑镊丽鱼幼鱼可能受到视力发展的影响,表现最佳行为方式的能力受到限制,从而影响到个体间的非侵略相互关联。另外,社会性较高的群体虽然种内相互关联较强,但也加剧了群内个体对资源的竞争^[44];因此鱼类会以个体获得更大收益为基础来选择社会性的高低。这可能就是淡黑镊丽鱼幼鱼为何能在保持低水平勇敢性的同时却又能依靠较低的社会性便可获得较大收益的原因。

综上所述,淡黑镊丽鱼幼鱼在常规养殖环境、弱光照饲养环境和无光照饲养环境之间具有不同的勇敢性和社会性个性行为响应水平,表明淡黑镊丽鱼幼鱼在不同的光照强度下具有不同的适应性行为。然而,不同光照强度的饲养环境虽然能够影响淡黑镊丽鱼幼鱼个性行为的响应水平,但这种环境差异能否影响该鱼种群体的集体运动、狩猎水平和某些个体在鱼群中的主导地位,还需要进一步探究。

参考文献:

- [1] 牛翠娟,娄安如,孙儒泳,等.基础生态学[M].3版.北京:高等教育出版社,2015.
NIU C J, LOU A R, SUN R Y, et al. Foundations in Ecology[M]. 3rd edition. Beijing: Higher Education Press, 2015.
- [2] WARTHEN D M, WILTGEN B J, PROVENCIO I. Light enhances learned fear[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2011, 108(33): 13788-13793.
- [3] HATORI M, PANDA S. The emerging roles of melanopsin in behavioral adaptation to light[J]. Trends in Molecular Medicine, 2010, 16(10): 435-446.
- [4] VANDEWALLE G, MAQUET P, DIJK D-J. Light as a modulator of cognitive brain function[J]. Trends in Cognitive Sciences, 2009, 13(10): 429-438.
- [5] WALKER D L, DAVIS M. Anxiogenic effects of high illumination levels assessed with the acoustic startle response in rats[J]. Biological Psychiatry, 1997, 42(6): 461-471.
- [6] 彭鸿碧,贾婷,王政昆,等.光照强度对中緬树鼯行为、学习记忆和氧化应激的影响[J].生物学杂志,2022,39(1):84-88.
PENG H B, JIA T, WANG Z K, et al. Effects of light intensity on behavior, learning memory and oxidative stress of *Tupaia belangeri*[J]. Journal of Biology, 2022, 39(1): 84-88.
- [7] PEIRSON S N, HALFORD S, FOSTER R G. The evolution of irradiance detection: melanopsin and the non-visual opsins[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B-Biological Sciences, 2009, 364(1531): 2849-2865.
- [8] 杜永所,刘瑞磊,庞利娜.可调节照明设备对光照强度和蛋雏鸡啄羽影响的研究[J].黑龙江畜牧兽医,2021(15):61-64.
DU Y S, LIU R L, PANG L N. Effect of adjustable lighting equipment on light intensity and feather pecking in laying chickens [J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2021(15): 61-64.
- [9] SIH A, BELL A, J, JOHNSON J C. Behavioral syndromes: an ecological and evolutionary overview[J]. Trends in Ecology and Evolution, 2004, 19(7): 372-378.
- [10] WILSON A D M, KRAUSE J, HERBERT-READ J E, et al. The personality behind cheating: behavioural types and the feeding ecology of cleaner fish[J]. Ethology, 2014, 120(9): 904-912.
- [11] WARD A J W. Social facilitation of exploration in mosquitofish (*Gambusia holbrooki*)[J]. Behavioral Ecology and Sociobiology, 2012, 66(2): 223-230.
- [12] 张东,王莉平.知鱼、识鱼、管鱼:从个性研究开始[J].中国水产科学,2021,28(10):1346-1358.

- ZHANG D, WANG L P. Fish personality: implications for ecology, aquaculture and fisheries[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2021, 28(10): 1346-1358.
- [13] RÉALE D, GARANT D, HUMPHRIES M M, et al. Personality and the emergence of the pace-of-life syndrome concept at the population level[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B-Biological Sciences, 2010, 365(1560): 4051-4063.
- [14] MAZUÉ G P F, DECHAUME-MONCHARMONT F-X, GODIN J-G J. Boldness-exploration behavioral syndrome: interfamily variability and repeatability of personality traits in the young of the convict cichlid (*Amatitlania siquia*) [J]. Behavioral Ecology, 2015, 26(3): 900-908.
- [15] THOMSON J S, WATTS P C, POTTINGER T G, et al. Plasticity of boldness in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*: do hunger and predation fluence risk-taking behaviour? [J]. Hormones and Behavior, 2012, 61(5): 750-757.
- [16] SUNDSTRÖM L F, PETERSSON E, HÖJESJÖ J, et al. Hatchery selection promotes boldness in newly hatched brown trout (*Salmo trutta*): Implications for dominance [J]. Behavioral Ecology, 2004, 15(2): 192-198.
- [17] CAREAU V, GARLAND T Jr. Performance, personality, and energetics: correlation, causation, and mechanism [J]. Physiological and Biochemical Zoology, 2012, 85(6): 543-571.
- [18] KRAUSE J, RUXTON G, RUBENSTEIN D. Is there always an influence of shoal size on predator hunting success? [J]. Journal of Fish Biology, 1998, 52(3): 494-501.
- [19] PIKE T W, SAMANTA M, LINDSTRÖM M J, et al. Behavioural phenotype affects social interactions in an animal network [J]. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 2008, 275(1650): 2515-2520.
- [20] 张婧, 付世建, 夏继刚. 鱼类“个性”行为及其研究进展 [J]. 生态学杂志, 2017, 36(12): 3623-3628.
ZHANG Q, FU S J, XIA J G. Recent progress on the personality of fish [J]. Chinese Journal of Ecology, 2017, 36(12): 3623-3628.
- [21] BELL A M, SIH A. Exposure to predation generates personality in threespined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*) [J]. Ecology Letters, 2007, 10(9): 828-834.
- [22] RUCHIN A B. Effect of illumination on fish and amphibian: development, growth, physiological and biochemical processes [J]. Reviews in Aquaculture, 2020, 13(1): 567-600.
- [23] FRITSCHES K, WARRANT E. Do tuna and billfish see colours? [J]. Pelagic Fisheries Research Program, 2004, 9(1): 1-4.
- [24] LOEW E R, MCFARLAND W N, MARGULIES D. Developmental changes in the visual pigments of the yellowfin tuna, *Thunnus albacares* [J]. Marine and Freshwater Behaviour and Physiology, 2002, 35(4): 235-246.
- [25] 王武, 李伟纯, 马旭洲, 等. 水温与光照对瓦氏黄颡鱼幼鱼行为的影响 [J]. 生态学杂志, 2008, 27(5): 791-796.
WANG W, LI W C, MA X Z, et al. Effects of water temperature and light intensity on the behaviors of *Pelteobagrus vachelli* fingerlings [J]. Chinese Journal of Ecology, 2008, 27(5): 791-796.
- [26] 冉思邈, 谭爱华, 石和元, 等. 咖啡因与光照诱导斑马鱼睡眠剥夺模型行为学研究 [J]. 海南医学院学报, 2021, 27(22): 1687-1691.
RAN S M, TAN A H, SHI H Y, et al. Behavioral study of sleep deprivation model in caffeine and light induced zebrafish [J]. Journal of Hainan Medical University, 2021, 27(22): 1687-1691.
- [27] 董登攀, 李富兵, 万东, 等. 光照对四川裂腹鱼集群行为的影响研究 [J]. 海洋湖泽通报, 2021(2): 139-143.
DONG D P, LI F B, WAN D, et al. Studies on influence of illumination on schooling behavior of *Schizothorax kozlovi* [J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2021(2): 139-143.
- [28] 许家炜, 陈静, 林晨宇, 等. 齐口裂腹鱼在低照度下的趋光行为 [J]. 生态学杂志, 2018, 37(8): 2394-2402.
XU J W, CHEN J, LIN C Y, et al. The phototaxis behavior of *Schizothorax prenanti* in low light intensity [J]. Chinese Journal of Ecology, 2018, 37(8): 2394-2402.
- [29] FRIEDMAN M, KECK B P, DORNBURG A, et al. Molecular and fossil evidence place the origin of cichlid fishes long after Gondwanan rifting [J]. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 2013, 280(1770): 20131733.
- [30] ESCOBAR-CAMACHO D, TAYLOR M A, CHENEY K L, et al. Color discrimination thresholds in a cichlid fish; *Metriacroma benetos* [J]. Journal of Experimental Biology, 2019, 222(17): jeb201160.
- [31] ESCOBAR-CAMACHO D, MARSHALL J, CARLETON K L. Behavioral color vision in a cichlid fish; *Metriacroma benetos* [J]. Journal of Experimental Biology, 2017, 220(16): 2887-2899.
- [32] ERGÜN S, GÜROY D, TEKEŞOĞLU H, et al. Optimum dietary protein level for blue streak hap, *Labidochromis caeruleus* [J]. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2010, 10(1): 27-31.
- [33] 付旭, 崔前进, 陈冰, 等. 饲料脂肪水平对淡黑镊丽鱼生长及色素蓄积的影响 [J]. 大连海洋大学学报, 2020, 35(1): 56-62.
FU X, CUI Q J, CHEN B, et al. Effects of dietary lipid levels on growth and carotenoid accumulation of freshwater fish cichlid

- Labidochromis caeruleus*[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2020, 35(1): 56-62.
- [34] 崔培, 盛叶婷, 杨燕菁, 等. 饲料中添加不同藻粉对非洲王子鱼生长、体色及部分生化指标的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2018, 33(6): 716-721.
CUI P, SHENG Y T, YANG Y J, et al. Effects of dietary algae *Dunaliella salina*, *Schizochytrium limacinum* and *Chlorella vulgaris* on growth performance, body color and partial biochemical indices of *Labidochromis caeruleus*[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2018, 33(6): 716-721.
- [35] KONINGS A. Lake Malawi cichlids in their natural habitat[M]. 4th edition. [S. l.]: Cichlid Press, 2007.
- [36] PAUERS M J, KAPFER J M, FENDOS C E, et al. Aggressive biases towards similarly coloured males in Lake Malawi cichlid fishes[J]. Biology Letters, 2008, 4(2): 156-159.
- [37] OLDHAM R C, PINTOR L M, GRAY S M. Behavioral differences within and among populations of an African cichlid found in divergent and extreme environments[J]. Current Zoology, 2019, 65(1): 33-42.
- [38] 褚云冲, 王伟夫, 胡江军, 等. 光照对短须裂腹鱼生长及生理影响研究[J]. 渔业科学进展, 2020, 42(6): 77-83.
CHU Y C, WANG W F, HU J J, et al. Effect of environmental light on the growth performance and physiology of *Schizothorax wangchiachii*[J]. Progress in Fishery Sciences, 2020, 42(6): 77-83.
- [39] LIU S, FU S J. Effects of food availability on metabolism, behaviour, growth and their relationships in a triploid carp[J]. Journal of Experimental Biology, 2017, 220(24): 4711-4719.
- [40] KAREKLAS K, ARNOTT G, ELWOOD R W, et al. Plasticity varies with boldness in a weakly-electric fish[J]. Frontiers in Zoology, 2016, 13(22): 1-7.
- [41] 魏平平, 李鑫, 刘鹰, 等. 光周期对红鳍东方鲀脑组织中 *GH* 和 *SS* 基因表达水平和昼夜表达模式的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2020, 35(1): 108-113.
WEI P P, LI X, LIU Y, et al. Effects of photoperiod on expression level and daily expression pattern of *GH* and *SS* genes in brain of tiger puffer *Taki fugu rubripes*[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2020, 35(1): 108-113
- [42] 史东杰, 王文峰, 李文通, 等. 5 种光周期对锦鲤生长、能量收支及生物钟基因表达的影响[J]. 水生生物学报, 2022, 46(5): 664-670.
SHI D J, WANG W F, LI W T, et al. Various photoperiods on growth, energy budgets and gene expression of circadian clock in koi carp (*Cyprinus carpio*)[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2022, 46(5): 664-670.
- [43] ZHANG J S, GUO H Y, MA Z H, et al. Effects of prey color, wall color and water color on food ingestion of larval orange-spotted grouper *Epinephelus coioides* (Hamilton, 1822)[J]. Aquaculture International, 2015, 23(6): 1377-1386.
- [44] KRAUSE J. The influence of hunger on shoal size choice by three-spined sticklebacks, *Gasterosteus aculeatus* [J]. Journal of Fish Biology, 1993, 43(5): 775-780.

Animal Sciences

Effects of Different Illumination Intensity on Personality of *Labidochromis caeruleus* Juvenile

GONG Wena, ZHAO Haoxiang, ZHANG Jiuhong, FU Shijian

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

Abstract: [Purposes] To study the effects of different illumination intensity on personality of *Labidochromis caeruleus* juvenile. [Methods] Under the laboratory conditions (25.0 ± 0.5) °C, the experimental fish were acclimated under different illumination intensity rearing environment (0, 35, and 100 lx) for 14 days, and the boldness and sociability of the experimental fish were measured after being acclimated with different illumination intensity. [Results] Compared with the fish acclimated under conventional rearing environment (100 lx), the latency to enter the open area of fish acclimated under the low-light (35 lx) and dark (0 lx) rearing environments increased, the frequency to enter the open area and the percentage of time stayed with the stimulating fish shoal decreased. The boldness and sociability of experimental fish were significantly decreased after domestication under different illumination intensity conditions ($p < 0.05$). [Conclusions] *L. caeruleus* juvenile showed different personality and behavior responses acclimated under different illumination intensity, and the change of boldness was opposite to those of sociability.

Keywords: rearing; illumination; boldness; sociability; *Labidochromis caeruleus*