

红白鲫对不同背景颜色的选择偏好性研究

刘 飞, 张家旺, 张武伟

(洛阳师范学院, 河南 洛阳 471934)

摘要: 为探究鱼类对背景颜色的选择偏好, 以红白鲫(*Carassius auratus*)为研究对象, 分别记录个体和群体条件下红白鲫在不同彩色(红、橙、黄、绿、青、蓝、紫)背景和白色背景中的停留时间以及往返次数。结果显示, 实验连续观测 20 min, 在个体条件下, 红白鲫在白色和彩色背景中的停留时间没有显著差异($P>0.05$), 在各单色背景中的停留时间也没有显著差异($P>0.05$); 且其在白色与不同彩色背景间的往返次数从大到小依次为: 绿色(17.5 次) $>$ 蓝色(15.7 次) $>$ 青色(15.3 次) $>$ 紫色(13.4 次) $>$ 橙色(12.0 次) $>$ 红色(10.0 次) $>$ 黄色(9.0 次)。在群体条件下, 与白色背景相比, 红白鲫在橙色、黄色背景中停留时间显著更长($P<0.05$), 在红色背景中停留时间显著更短($P<0.05$), 而在其他彩色背景中停留时间没有显著差异($P>0.05$); 不同单色背景对红白鲫的停留时间有显著影响($P<0.05$), 其中在橙色、黄色背景中停留时间显著长于红色背景($P<0.05$), 而其他单色两两之间停留时间无显著差异($P>0.05$); 且其在白色与不同彩色背景间的往返次数从大到小依次为: 红色(15.1 次) $>$ 橙色(14.0 次) $>$ 黄色(13.6 次) $>$ 蓝色(12.2 次) $>$ 绿色(11.8 次) $>$ 青色(10.2 次) $>$ 紫色(9.1 次)。研究表明, 红白鲫对背景颜色具有一定的选择偏好, 特别是在群体条件下偏好于橙色和黄色, 不喜欢红色。

关键词: 红白鲫; 背景颜色; 偏好性; 停留时间; 往返次数

中图分类号: Q331 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2019)05-0073-05

光色会影响鱼类的摄食(周显青等, 2000)、趋避行为(白艳勤等, 2013)和活跃程度(Owen et al, 2010), 从而影响其生长发育和健康。在水族箱中比灯光颜色更为常见和多样的是水体中水生动植物、石块、底砂和布景等物体的反射光色。因此, 背景颜色对鱼类行为是否有影响是一个值得探讨的问题。

本研究选择家庭常养易养的红白鲫(*Carassius auratus*)作为实验鱼, 通过更换彩色硬纸片来改变水族箱的背景颜色, 记录个体和群体条件下红白鲫在不同彩色(红、橙、黄、绿、青、蓝、紫)背景和白色背景的停留时间以及往返次数, 比较和分析红白鲫对不同颜色背景的选择偏好性, 以期为观赏鱼饲养时水族箱的背景选择和颜色搭配提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 实验鱼选购与暂养

实验用红白鲫购于洛阳市洛宜路新春花卉市场, 体长 4.1~5.4 cm, 鳞片完好, 健康无病。暂养在透明玻璃缸(100 cm $\times$ 45 cm $\times$ 50 cm)内, 用水为 72 h 曝气后的自来水, 水深 25 cm, 使用多功能潜水

泵使水体循环和增氧。每天早晚喂食金鱼专用饲料 1 次, 每次投食量为鱼总重的 2%~5%, 并用虹吸法除去残饵和粪便, 然后加注新水保持原来的水位, 以维持水质良好和鱼体健康。每 3 d 从水族箱底部换水 1/4~1/3。暂养 7 d, 待实验鱼适应环境后开始实验。

1.2 实验设计

本次实验设计参照张洪茂等(2010)的方法, 在透明玻璃鱼缸(100 cm $\times$ 45 cm $\times$ 50 cm)内进行, 然后将不同颜色的硬纸片贴于鱼缸背部及其两侧(鱼缸外), 设置为不同的背景颜色。将实验鱼缸分成 2 等分(50 cm $\times$ 45 cm $\times$ 50 cm), 一部分为白色背景, 另一部分为彩色(红、橙、黄、绿、青、蓝、紫)背景(图 1)。实验室为白色墙壁, 灰色水泥地面。实验水族箱靠近窗户, 使光线充足和空气流通。选择晴天 8:30~17:30 进行实验, 因为该段时间光线充足。用手机秒表记录实验鱼在不同颜色背景中停留时间和往返次数。

实验 I: 个体条件下红白鲫颜色偏好实验, 每次随机挑选 1 尾健康实验鱼, 从白色背景和彩色背景交汇处放入实验鱼缸, 自由活动 3~5 min, 待其适应环境后, 开始记录其分别在白色和彩色背景中的停留时间以及来回往返次数(进入彩色的次数)。每尾鱼连续观察 20 min, 观察者距离鱼缸约 5 m, 且保

持安静以减少外界活动对实验鱼的干扰。共测定12尾鱼,不同颜色间实验鱼重复使用。

实验Ⅱ:群体条件下红白鲫颜色偏好实验,将实验鱼按相对大小特别是体色斑纹差异每3尾为1组,每次随机选取1组鱼同时从白色背景和彩色背景交汇处放入实验鱼缸,采用与实验Ⅰ相同方法记录每尾鱼分别在白色和彩色背景中的停留时间以及来回往返次数。测定3组共9尾鱼,不同颜色间实验鱼重复使用。

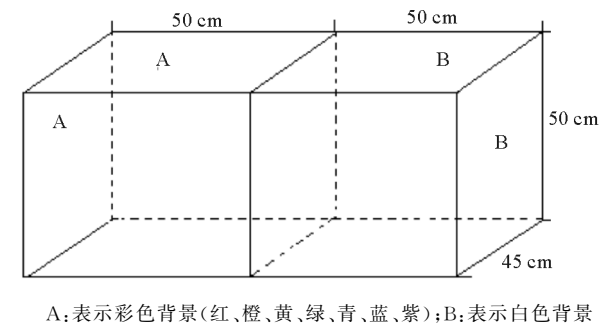


图1 实验鱼缸尺寸与背景颜色设置

A: Treatment colors: red, orange, yellow, green, cyan, blue and purple; B: Control: white

Fig.1 Division of background color in the test tank

1.3 数据分析

SPSS13.0 用于数据分析。利用 Wilcoxon Test 检验红白鲫在白色背景和各单色背景间的停留时间差异;General Linear Mode (GLM) 模型中的 Repeated Measure ANOVA 用于分析红白鲫在7种不同彩色背景间的停留时间差异,Bonferroni 法用于7种彩色背景停留时间差异的两两比较。

2 结果

2.1 个体条件下红白鲫对不同背景颜色的选择性

2.1.1 不同颜色背景的停留时间 个体条件下红白鲫在白色背景和彩色背景的停留时间统计结果见表1。从平均数可以看出,相对于白色背景而言,红白鲫在红色和橙色中停留时间较长,而在黄色、绿色、青色、紫色、蓝色中停留时间较短。但 Wilcoxon Test 检验表明,红白鲫对白色背景和彩色背景的停留时间无显著差异($P>0.05$)。根据表1中数据进一步比较个体条件下红白鲫在不同彩色背景的停留时间,发现停留时间由长到短为:橙色>蓝色>红色>紫色>绿色>青色>黄色,ANOVA 分析结果表明,红白鲫对7种不同彩色背景间的停留时间也无显著差异($F=0.447, P=0.845$)。由此可见,在个体条件下,红白鲫对背景颜色无明显选择偏好。

表1 个体条件下红白鲫在白色背景和彩色背景的停留时间
Tab.1 Residence time of individual goldfish in the control side and treatment side of the test tank for each background color

组别	颜色	停留时间/s	Wilcoxon Test
白-红	白色	586.6±215.9	$Z=-1.098$
	红色	613.4±215.9	$P=0.272$
白-橙	白色	558.0±222.1	$Z=-0.706$
	橙色	642.0±222.1	$P=0.480$
白-黄	白色	624.9±157.9	$Z=-0.157$
	黄色	575.1±157.9	$P=0.875$
白-绿	白色	609.9±260.1	$Z=-0.314$
	绿色	590.1±260.1	$P=0.754$
白-青	白色	624.4±242.7	$Z=-0.549$
	青色	575.6±242.7	$P=0.583$
白-蓝	白色	693.0±460.7	$Z=-0.784$
	蓝色	507.0±460.7	$P=0.433$
白-紫	白色	606.9±199.4	$Z=-0.235$
	紫色	593.1±199.4	$P=0.814$

2.1.2 不同颜色背景间往返次数 个体条件下红白鲫在白色和彩色之间平均往返次数从大到小依次为:绿色(17.5次)>蓝色(15.7次)>青色(15.3次)>紫色(13.4次)>橙色(12.0次)>红色(10.0次)>黄色(9.0次);每次往返平均停留时间从长到短依次为:黄色(63.9 s)>红色(61.3 s)>橙色(53.5 s)>紫色(44.3 s)>青色(37.6 s)>绿色(33.7 s)>蓝色(32.3 s)。

2.2 群体条件下红白鲫对不同背景颜色的选择性

2.2.1 不同颜色背景的停留时间比较 群体条件下红白鲫在彩色和白色中的停留时间见表2。从平均数可以看出,相对于白色背景而言,红白鲫在橙色、黄色、青色、蓝色和紫色中停留时间较长,而在红色和绿色中停留时间较短。Wilcoxon Test 检验结果表明,红白鲫在红色、橙色、黄色与白色背景之间的停留时间分别存在显著差异($P<0.05$),倾向于选择橙色和黄色,不喜欢红色,而在白色与其它彩色背景之间的停留时间均无显著差异($P>0.05$)。

根据表2的数据进一步比较群体条件下红白鲫在不同彩色背景的停留时间,其由长到短为:橙色>黄色>青色>紫色>蓝色>红色>绿色。ANOVA 分析结果也表明,红白鲫对不同彩色背景的停留时间存在显著差异($F=3.782, P=0.040$),多样本均数的两两比较进一步表明,红色和橙色之间的时间选择存在显著差异($P=0.000$),倾向于选择橙色;红色和黄色之间的时间选择也存在显著差异($P=0.007$),同样倾向于选择黄色;而其他单色两两之间时间选择无显著差异($P>0.05$)。综上所述

述,在群体条件下,红白鲫对背景颜色存在明显的选择性,偏好于黄色和橙色,不喜欢红色。

表 2 群体条件下红白鲫在白色背景和彩色背景的停留时间

Tab.2 Residence time of goldfish, in groups of three, in the control side and treatment side of the test tank for each background color			
组别	颜色	停留时间/s	Wilcoxon Test
白-红	白色	664.6±24.7	Z=-2.666
	红色	535.4±24.7	P=0.008
白-橙	白色	454.4±41.4	Z=-2.666
	橙色	745.6±41.4	P=0.008
白-黄	白色	513.8±67.0	Z=-2.429
	黄色	686.2±67.0	P=0.015
白-绿	白色	708.2±184.1	Z=-1.836
	绿色	491.8±184.1	P=0.066
白-青	白色	588.3±117.3	Z=-0.415
	青色	611.7±117.3	P=0.678
白-蓝	白色	596.7±176.1	Z=-0.178
	蓝色	603.3±176.1	P=0.859
白-紫	白色	595.1±184.4	Z=-0.059
	紫色	604.9±184.4	P=0.953

2.2.2 不同颜色背景间往返次数 群体条件下红白鲫在白色和彩色背景之间平均往返次数从大到小依次为:红色(15.1次)>橙色(14.0次)>黄色(13.6次)>蓝色(12.2次)>绿色(11.8次)>青色(10.2次)>紫色(9.1次);每次往返平均停留时间从长到短依次为:紫色(66.5 s)>青色(60.0 s)>橙色(53.3 s)>黄色(50.5 s)>蓝色(49.5 s)>绿色(41.7 s)>红色(35.5 s)。

3 讨论

3.1 不同鱼类对颜色选择偏好的种间差异

大多鱼类的视觉器官与人类相似,不仅具有视杆细胞也有视锥细胞,因此既能感受光线强弱,也能分辨颜色(Margulies, 1997; Fritsches et al, 2003; Fritsches & Warrant, 2003; Matsumoto et al, 2012),其可视波长范围为 340~760 nm,既包括紫外线,也包括从红色到紫色的各种可见光色(Owen et al, 2010)。正因为如此,光色才能影响鱼类的趋避行为(白艳勤等, 2013),从而表现出对光色的选择偏好。相对于白光,孔雀鱼(*Poecilia reticulata*)幼苗对蓝光和绿光有显著较高的趋光性,且在其颜色环境下活动稳定,而在红光和黄光中则显得惊慌不安,甚至表现出避光性(罗清平等, 2007); 奥利亚罗非鱼(*Oreochromis aureus*)对蓝光和绿光的趋光率也显著高于红光和黄光(肖炜等, 2012); 但眼斑拟石首鱼(*Sciaemops ocellatus*)对蓝光和绿光表现出

负趋光性,对红光和橙光表现出正趋光性(王萍等, 2009); 鳊(*Siniperca chuatsi*)鱼苗对蓝光的趋光率显著低于红、橙、黄、绿光,其中以对黄光的趋光率最高也最稳定(魏开建等, 2001); 与之完全不同的是,瓦氏黄颡鱼(*Pelteobagrus vachelli*)对红、白、蓝、绿光无显著的选择偏好(白艳勤等, 2014); 说明鱼类对光照颜色选择偏好存在明显的种类差异。

3.2 红白鲫个体与群体对颜色的选择性差异

本次实验表明,个体条件下红白鲫对白色和彩色背景没有显著选择差异,对不同彩色背景也没有显著选择差异,这与张洪茂等(2010)对红色草金鱼(*Carassius auratus*)和路波等(2012)对瓦氏黄颡鱼的背景颜色选择性的研究结果一致;但也有一些研究结果与之不同,如甲尻鱼(*Pygoplites diacanthus*)和新月锦鱼(*Thalassoma lunare*)对黄色和蓝色背景有明显的偏好(Marshall, 2000); 大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)对于不同颜色网片的反应有极显著性差异,其穿过蓝色和绿色网片的比例高于其它颜色网片(方金等, 2007); 说明背景颜色(反射光色)和直接光照颜色一样,鱼类对其选择同样存在种类差异。鉴于个体条件下红白鲫在不同颜色背景间往返次数和每次往返停留时间存在较大差异,特别是最大与最小值之间差异接近两倍,这可能说明不同颜色背景对红白鲫的行为还是存在一定影响的;同时考虑到对于群居性鱼类,在单独饲养情况下可能难以产生颜色图案偏好性(Spence & Smith, 2010)。

群体条件下红白鲫对背景颜色的偏好性实验结果表明,红白鲫对背景颜色存在显著的选择偏好,偏好于黄色和橙色,不喜欢红色。这一结果与个体条件下的结果不一致,可能是因为在群体条件下,喜欢群居的红白鲫在安全感上得到了满足,从而使其对颜色的偏好凸显出来所致。至于其对同一色系的红、橙和黄色产生了显著不同的选择偏好,可能有两个原因:一是由于黄色和橙色与其环境的对比度较小或相近有关,而且红白鲫体色中红色包括黄色和橙色或由其渐变而来,群居性的红白鲫对其比较熟悉和适应;二是与红色的生物学意义-警戒色有关(周仕杰等, 1991)。本实验中,红白鲫在红、橙和黄 3 种彩色背景时的往返次数相对于其他彩色背景,个体条件下最低,而群体条件下恰好最高,这也部分说明和印证了在个体条件下红白鲫缺乏安全感,在与环境颜色(包括鱼体色)相近的颜色中比较安静(少的往返而停留);而在群体条件下,红白鲫的安全

感可能得到满足,而表现为对红、橙、黄色的选择偏好分化(多次的往返而选择)。因此,建议在研究群居性鱼类对颜色的选择偏好时,最好在个体和群体两个条件下进行研究,以便更全面分析和评价。从本实验结果还可以得出,对红白鲫的水族箱及其背景颜色没有太多的限制,但需注意减少红色的使用。

参考文献

白艳勤,陈求稳,许勇,等,2013.光驱诱技术在鱼类保护中的应用[J].水生生态学杂志,34(4):85-88.

白艳勤,王雪,刘德富,等,2014.瓦氏黄颡鱼和鲢对光照强度和颜色的选择[J].水生生物学报,38(2):216-221.

方金,宋利明,蔡厚才,等,2007.网箱养殖大黄鱼对颜色和光强的行为反应[J].上海水产大学学报,16(3):269-274.

路波,白艳勤,刘德富,等,2012.瓦氏黄颡鱼对环境颜色无趋性行为[J].三峡大学学报(自然科学版),34(6):103-105,114.

罗清平,袁重桂,阮成旭,等,2007.孔雀鱼幼苗在光场中的行为反应分析[J].福州大学学报,35(4):631-634.

王萍,桂福坤,吴常文,等,2009.光照对眼斑拟石首鱼行为和摄食的影响[J].南方水产科学,5(5):57-62.

魏开建,张桂蓉,张海明,2001.鳊鱼不同生长阶段中趋光特性的研究[J].华中农业大学学报,20(2):164-168.

肖伟,李大宇,杨弘,等,2012.奥利亚罗非鱼在光场中的行为反应研究[J].中国农学通报,28(26):105-109.

张洪茂,李昆仑,陈喜群,2010.红色草金鱼对不同颜色背景的选择偏好[J].四川动物,29(3):419-421,423.

周仕杰,何大仁,刘晓春,1991.鲤鱼幼鱼对表色条纹屏幕的视觉运动反应[J].厦门大学学报(自然科学版),30(1):73-77.

周显青,牛翠娟,李庆芬,2000.光照对水生动物摄食,生长和存活的影响[J].水生生物学报,24(2):178-181.

Fritsches K A, Litherland L, Thomas N, et al, 2003. Cone visual pigments and retinal mosaics in the striped marlin [J]. Journal of Fish Biology, 63(5):1347-1351.

Fritsches K, Warrant E, 2004. Do tuna and billfish see color? [J]. Pelagic Fisheries Research Program, 9(1):1-4.

Margulies D, 1997. Development of the visual system and inferred performance capabilities of larval and early juvenile scombrids [J]. Marine and Freshwater Behaviour and Physiology, 30(2):75-98.

Marshall N J, 2000. Communication and camouflage with the same 'bright' colours in reef fishes [J]. Philosophical Transactions Biological Sciences, 355:1243-1248.

Matsumoto T, Okada T, Sawada Y, et al, 2012. Visual spectral sensitivity of photopic juvenile Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) [J]. Fish Physiology & Biochemistry, 38(4):911-917.

Owen M A G, Davies S J, Sloman K A, 2010. Light colour influences the behaviour and stress physiology of captive tench (*Tinca tinca*) [J]. Reviews in Fish Biology & Fisheries, 20(3):375-380.

Spence R, Smith C, 2010. The role of early learning in determining shoaling preferences based on visual cues in the zebrafish, *Danio rerio* [J]. Ethology, 113(1):62-67.

(责任编辑 万月华)

Background Color Preference of *Carassius auratus* (Goldfish)

LIU Fei, ZHANG Jia-wang, ZHANG Wu-wei

(Luoyang Normal University, Luoyang 471934, P.R.China)

Abstract: Research has shown that color influences fish feeding, avoidance behavior and degree of activity, thus affecting their growth and health. However, there is still disagreement about whether fish actually display a preference for certain colors. In this study, we explored the preference of *Carassius auratus* (goldfish) for different background colors. Experiments included the behavior of a single fish and groups of three fish in the presence of differently colored backgrounds: white (control), red, orange, yellow, green, cyan, blue and purple. The experiments were conducted in a fish tank (100 cm×45 cm×50 cm) and the background of the tank was divided into two equal parts (50 cm×45 cm×50 cm), a white background on one side and a colored background on the other. The round trip frequency (number of moves between the two sides of the tank) and residence time by the test fish in each side of the tank were recorded for each color background. Differences in the residence time by individual fish were not significant between the white background and any of the seven background colors tested ($P>0.05$). Under the same conditions, the roundtrip frequency between the different color backgrounds and the white background followed the order: green (17.5 times), blue (15.7 times), cyan (15.3 times), purple (13.4 times), orange (12.0 times), red (10.0 times) and yellow (9.0 times). For the groups of three fish, the times spent in the treatment side with orange and yellow backgrounds were significantly longer than in the control side, but the residence time in the red background side was significantly shorter than in the control side ($P<0.05$). The residence times in the treatment side with the other four color backgrounds were not significantly different than the residence time in the control side ($P>0.05$). The background color significantly affected the residence time by goldfish in groups ($P<0.05$). Residence times in the treatment side with orange and yellow backgrounds were significantly longer than with the red background ($P<0.05$), but residence time differences among the other color backgrounds were not significant ($P>0.05$). The roundtrip frequency for groups of red-white crucian carp followed the order: red (15.1 times), orange (14.0 times), yellow (13.6 times), blue (12.2 times), green (11.8 times), cyan (10.2 times) and purple (9.1 times). In conclusion, goldfish display a preference for yellow and orange backgrounds and tend to avoid a red background. These results add to our knowledge of fish behavior and provide a reference for selecting the background color of aquariums for ornamental goldfish.

Key words: *Carassius auratus* (goldfish); color preference; residence time; roundtrip frequency