

## 2种鲤科鱼类同种与异种鱼群的群体决策差异\*

张久荭, 肖玲韬, 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:**为考察鳊(*Parabramis pekinensis*)和中华倒刺鲃(*Spinibarbus sinensis*)幼鱼所组成的同种鱼群与混合异种鱼群在群体决策上的差异,对10尾鳊构成的10B组、5尾鳊5尾中华倒刺鲃构成的5B5Q组和10尾中华倒刺鲃构成的10Q组的鱼群凝聚力、鱼群分布状况、鱼群移动倾向等集群行为参数进行了比较分析。结果显示:1)同种鱼群(10B组和10Q组)与异种鱼群(5B5Q组)的鱼群凝聚力、迷宫臂与迷宫中心分布密度、成群频率和群体持续时间均无统计学意义上差异;10B组的成群时间比低于5B5Q组和10Q组的成群时间比,差异均具有统计学意义( $p < 0.05$ )。2)同种鱼群与异种鱼群的发动频率没有统计学意义上的差异,但10B组的成功频率低于10Q组的成功频率,差异具有统计学意义( $p < 0.05$ );10B组和5B5Q组在群体移动成功率方面均低于10Q组,差异均具有统计学意义( $p < 0.05$ )。3)异种鱼群中在所有发动次数和所有成功的出臂活动方面中华倒刺鲃作为领头鱼的比例高于鳊作为领头鱼的比例,差异均具有统计学意义( $p < 0.05$ );但在失败的出臂行为方面2种鱼作为领头鱼的比例没有统计学意义上的差异。上述结果提示:中华倒刺鲃比鳊更容易成功发动群体决策行为,且比鳊更具领导能力,这可能与中华倒刺鲃相对于鳊具有更强的游泳能力和更具勇敢性和探索性有关。

**关键词:**鳊;中华倒刺鲃;群体决策;异种鱼群;集群行为

**中图分类号:**Q178.1

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-6693(2023)06-0025-07

生物在面对复杂多变的外界环境时,需要收集环境信息并做出相应的行为决策<sup>[1-2]</sup>。集群生活的动物通常聚集成群,群体行为的发动需要整合个体成员相关性的信息集合,形成群体决策<sup>[3-4]</sup>。群体决策与物种的群体凝聚力有密切关系,它的特征参数包括成群和分群的频率、持续时间以及群体运动的倾向、目的地、成功率等<sup>[4]</sup>。已有研究发现,某些物种的群体决策比个体单独决策更为快速准确<sup>[5-6]</sup>。这是因为群体内高度整合的行为所创造的社会环境优化了群体成员获取、传递与处理信息的方式<sup>[7-8]</sup>。有研究还证明群体规模的增加会让群体中个体成员更为有效地整合信息,进而做出更加准确的群体共识决策<sup>[7]</sup>。除成群动态参数外,群体中每个成员所占据的位置也具有重要的生态学与行为学意义,并受到了研究者的广泛关注<sup>[9-10]</sup>。在鱼群运动决策中,作为领导者的个体一般处于群体前方<sup>[11-12]</sup>。领导者可能决定了群体运动的状态与方式;而领导者后的追随者可能需要牺牲自身的利益,也有可能得到群体模式的获益<sup>[13]</sup>。

集群是鱼类做出群体决策的先决条件。鱼类的集群行为会产生“奇异效应”(odddity effect)与“混淆效应”(confusion effect)。前者表现为群体中出现的带有独特个体特征的成员更易被捕食者攻击;后者表现为多个表型及行为相似的个体成群后给捕食者带来视觉上的混乱且无法挑选出合适的攻击个体,由此让整个群体能更好地抵御捕食者攻击<sup>[14-15]</sup>。上述2种效应结合起来让多数鱼类群体成员表现出高度的表型同质性,如:有研究指出特立尼达孔雀鱼(*Poecilia reticulata*)通常以体型大小相似的成员组成鱼群<sup>[16]</sup>。然而,也有研究发现同质个体组成的鱼群可能导致群体内个体竞争加剧<sup>[17-18]</sup>。混合群体在自然界中也较为常见,混合群体不仅可能缓和资源竞争<sup>[18-20]</sup>,还可能加强社会信息的交流与传递,在某些特定的生境下甚至可能比同种群体更具竞争力与适应性<sup>[19-20]</sup>。然而相较于同种鱼群,目前尚缺乏对异种鱼群群体决策的研究。因此,探讨鱼群中同种、异种群体的组成对于群体决策的影响,并通过鱼群运动倾向、成功率和鱼群位置综合比较分析可能的作用机制将有助于加深对相关问题的认识。

\* 收稿日期:2023-05-26 修回日期:2023-09-07 网络出版时间:2024-01-26T20:10

资助项目:国家自然科学基金面上项目(No. 31670418)

第一作者简介:张久荭,男,研究方向为鱼类行为学,E-mail:1904164993@qq.com;通信作者:付世建,男,教授,博士生导师,E-mail:shijianfu9@hotmail.com

网络出版地址:https://link.cnki.net/urlid/50.1165.N.20240126.1439.004

鳊(*Parabramis pekinensis*)与中华倒刺鲃(*Spinibarbus sinensis*)为中国常见的鲤科(Cyprinidae)鱼类,二者均表现出明显的集群行为,且在野外存在这 2 种鱼类组成的混合群体<sup>[21-23]</sup>。过去的研究表明:中华倒刺鲃表现出比鳊更高的群体凝聚力、群体运动的协调性和同步性<sup>[24]</sup>;而二者勇敢性等与决策领导能力相关的行为学特征也表现出较大的种间差异<sup>[24-26]</sup>。因此,本研究选取上述 2 种鱼类的幼鱼为研究对象,分别组成同种鱼群与异种鱼群,通过对鱼群进行视频拍摄和对有关图像的分析,从而获取各组别鱼群的成群频率、成群时间比、群体持续时间等相关集群行为参数,并分析比较这 2 种鱼类组成的同种鱼群与异种鱼群在群体决策上的差异,期望为鱼类行为生态学的相关研究提供参考资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验鱼来源及驯化

实验用鳊与中华倒刺鲃幼鱼于 2021 年 10 月购自重庆市永川区人工养殖基地,每种约 500 尾,体长均为 4~6 cm。实验鱼在经过质量分数为 1%~2% 的 NaCl 溶液浸泡以杀菌消毒后,再放入实验室自制的自净化循环温控养殖系统(规格:2 m×1 m×0.5 m)内进行为期 14 d 的驯养。驯养期间使用充气泵对驯养水体进行持续充气,保持水体溶氧质量浓度在 7.0 mg L<sup>-1</sup> 以上;驯养水温维持在(25±1) °C,光照周期为 12 h 光照:12 h 黑暗。每日 9:00 用购自淮安通威饲料有限公司的饲料对实验鱼进行饱足投喂,并在投喂 30 min 后用虹吸管清理残余的饲料及粪便,然后用已经曝气 24 h 的脱氯自来水进行换水,换水量达到驯养水体体积的 20%。驯养结束后,挑选体型大小相近的个体进行后续实验。

### 1.2 实验设计

实验分为 3 个鱼群组别,分别为:1) 10B 组:由 10 尾鳊幼鱼组成同种鱼群共 10 群;2) 5B5Q 组:由 5 尾鳊幼鱼与 5 尾中华倒刺鲃幼鱼组成混合鱼群,共 14 群;3) 10Q 组:由 10 尾中华倒刺鲃幼鱼组成同种鱼群,共 10 群。所有实验鱼均只使用 1 次。实验时水体温度与驯养期间保持一致。实验鱼在实验开始前禁食 24 h,以便消除消化活动对实验鱼行为的影响,并防止实验鱼所排泄的粪便对后续有关图像分析软件提取行为参数造成影响。

### 1.3 实验装置与操作方法

实验装置采用实验室自制的六臂迷宫(图 1)。此装置由白色聚氯乙烯(PVC)板制成,整体由中间 1 个六边形与 6 个大小形状完全相同的径向臂组成。每个径向臂的长、宽、高分别为 42 cm、20 cm、20 cm,整个迷宫呈辐射对称。为避免实验测定时鱼群聚集在臂的直角角落而影响数据分析,每个臂的末端采用了厚度为 1.5 mm 的白色 PVC 板弯曲成弧形,并将它们固定在每个臂的末端。整个迷宫装置放置在 1 个直径为 200 cm 的圆形环境水体中。为了避免实验测定时周围环境因素的干扰,实验装置由白色幕布覆盖。在装置正上方位置固定了 1 个 Logitech Webcam C920 型摄像头用于拍摄。实验测定的房间的墙壁和地板铺设隔音棉,以减少外界环境噪音对实验的影响。

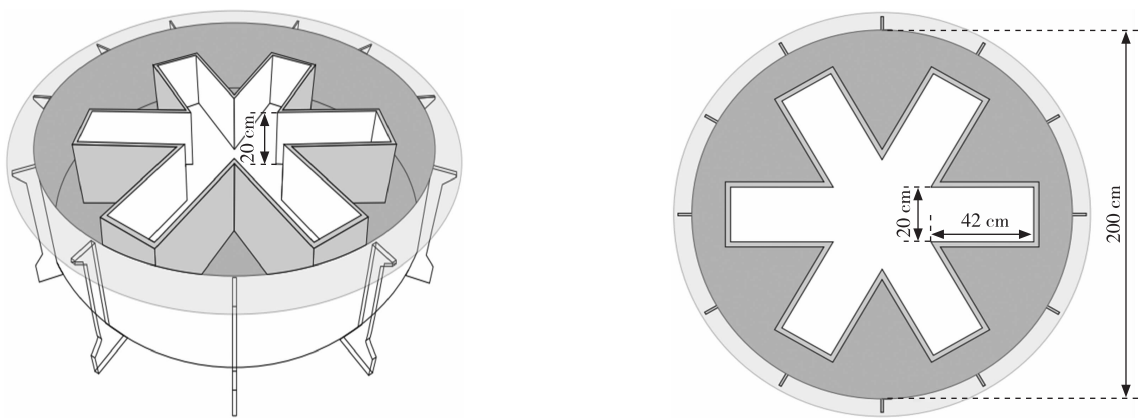


图 1 实验行为观测群体决策装置结构

Fig. 1 The structure of the decision making device in the present study

实验时迷宫内水体深度设为 5 cm。实验开始后,首先将 1 个白色不透明圆形适配器放置在迷宫中心,并将实验鱼群放入适配器中适应 5 min。随后移除适配器,拍摄鱼群在自发活动状态下时长为 20 min 的群体行为视

频。所有的实验拍摄视频均用“格式工厂”软件转码为“.avi”格式,帧率为15帧·s<sup>-1</sup>,再使用Matlab软件中的迷宫计数系统逐帧分析位于迷宫装置中心及每个臂的实验鱼个体数量。此外,由于无法直接提取实验鱼的行动轨迹数据,因此部分数据还需要通过人工观看视频获得。

#### 1.4 实验鱼行为学特征参数计算

##### 1.4.1 鱼群成群参数

1) 鱼群凝聚力(IC)。IC值的计算公式如下:

$$V_{IC} = (D_c - D_{\min}) / (N - D_{\min}),$$

其中: $V_{IC}$ 为IC值, $N$ 是个体总数, $D_c$ 为迷宫中每个区域个体数量( $f_i$ )之间的欧式距离<sup>[27]</sup>, $D_{\min}$ 是可能的最小 $D_c$ 值。 $D_c$ 计算公式为:

$$D_c = \sqrt{\sum_{i=1}^N f_i^2}。$$

2) 成群:当鱼群超过一半成员(本研究中为6尾)聚集在1个臂即视为成群。

3) 群体持续时间:从群体形成到群体裂解(本研究中为少于6尾)的时间。

##### 1.4.2 鱼群出臂参数

本研究记录了3组鱼群群体出臂活动的发动次数和成功次数,并据此计算出发动频率、成功频率、发动成功率等参数。发动次数和成功次数的判断标准如下:1) 发动次数:鱼群尝试游出迷宫臂的次数。不论带离成功或是失败,以领头鱼整体出臂记为发动1次;2) 成功次数:鱼群被成功(数量大于等于6尾)带离之前的臂的次数。为了考察混合鱼群中华倒刺鲃和鳊领导能力的差异,本研究还比较了混合鱼群中2种鱼类位于鱼群领头鱼的鱼群出臂情况。

#### 1.5 数据统计与分析

所有实验数据均采用Excel 2021软件进行整理,以“平均值±标准误”形式表示;再用SPSS 26统计软件进行统计分析,当 $p < 0.05$ 时,统计结果具有统计学意义。鱼群组成对鱼群分布、成群动态和出臂动态的影响采用单因素方差分析。若单因素方差分析结果具有统计学意义,再进行LSD多重比较,并采用配对 $t$ 检验分析混合鱼群鳊和中华倒刺鲃出臂情况的差异。

## 2 结果

### 2.1 鱼群分布状况

由表1可知,不同鱼群组成对IC值、臂和迷宫中心的分布的影响均无统计学意义。

表1 鱼群组成对IC值及迷宫臂和中心区域实验鱼分布状况的影响

Tab. 1 Effect of fish group composition on IC value and distribution of experimental fish in the maze arm and center area

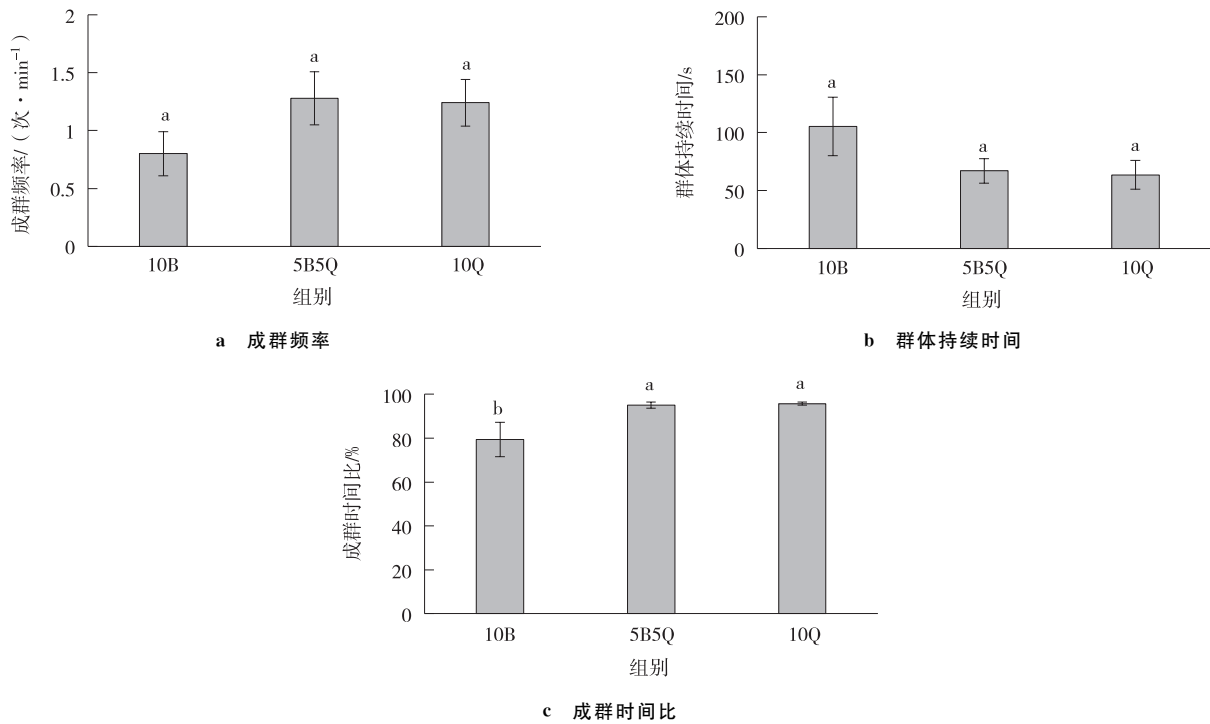
参数	10B组	5B5Q组	10Q组	统计结果
IC值	0.72±0.05	0.75±0.02	0.79±0.01	$F_{2,31} = 1.314, p = 0.283$
臂密度/(尾·臂 <sup>-1</sup> )	1.44±0.04	1.42±0.03	1.43±0.03	$F_{2,31} = 0.134, p = 0.875$
中心密度/(尾·中心 <sup>-1</sup> )	1.13±0.26	1.45±0.18	1.38±0.14	$F_{2,31} = 0.722, p = 0.494$

### 2.2 鱼群成群状况

由图2a、b可知,不同鱼群组成对成群频率和群体持续时间的影响无统计学意义;由图2c可知,不同鱼群组成对成群时间比的影响具有统计学意义( $p < 0.05$ ):与5B5Q和10Q组相比,10B组的成群时间比明显更低,与前二者的成群时间比具有统计学意义上的差异( $p < 0.05$ )。

### 2.3 鱼群出臂情况

图3a显示:不同鱼群组成对发动频率的影响无统计学意义,但对成功频率的影响具有统计学意义( $p < 0.05$ ),其中10B组的成功频率与10Q组相比更低,组间数据差异具有统计学意义( $p < 0.05$ )。图3b则显示:不同鱼群组成对群体移动成功率的影响具有统计学意义( $p < 0.05$ ),其中10B组和5B5Q组的移动成功率明显较10Q组更低,且与后者的数据差异具有统计学意义( $p < 0.05$ )。



注:不同小写字母代表组间数据差异具有统计学意义( $p < 0.05$ ),下同。

图 2 不同鱼群组别的成群动态

Fig. 2 The grouping dynamic of fish shoals with different composition

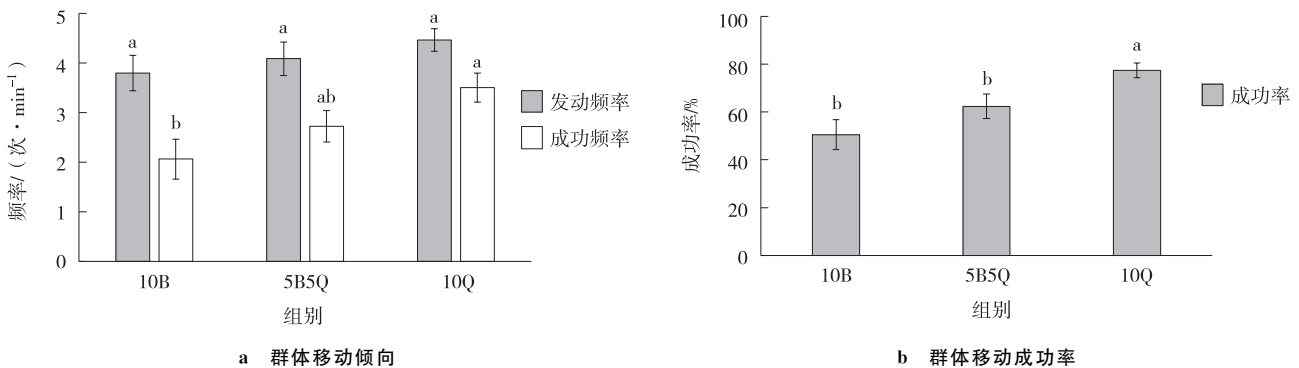


图 3 不同鱼群组别的运动动态

Fig. 3 The movement dynamic of different fish shoals

## 2.4 混合鱼群 2 种鱼的比较

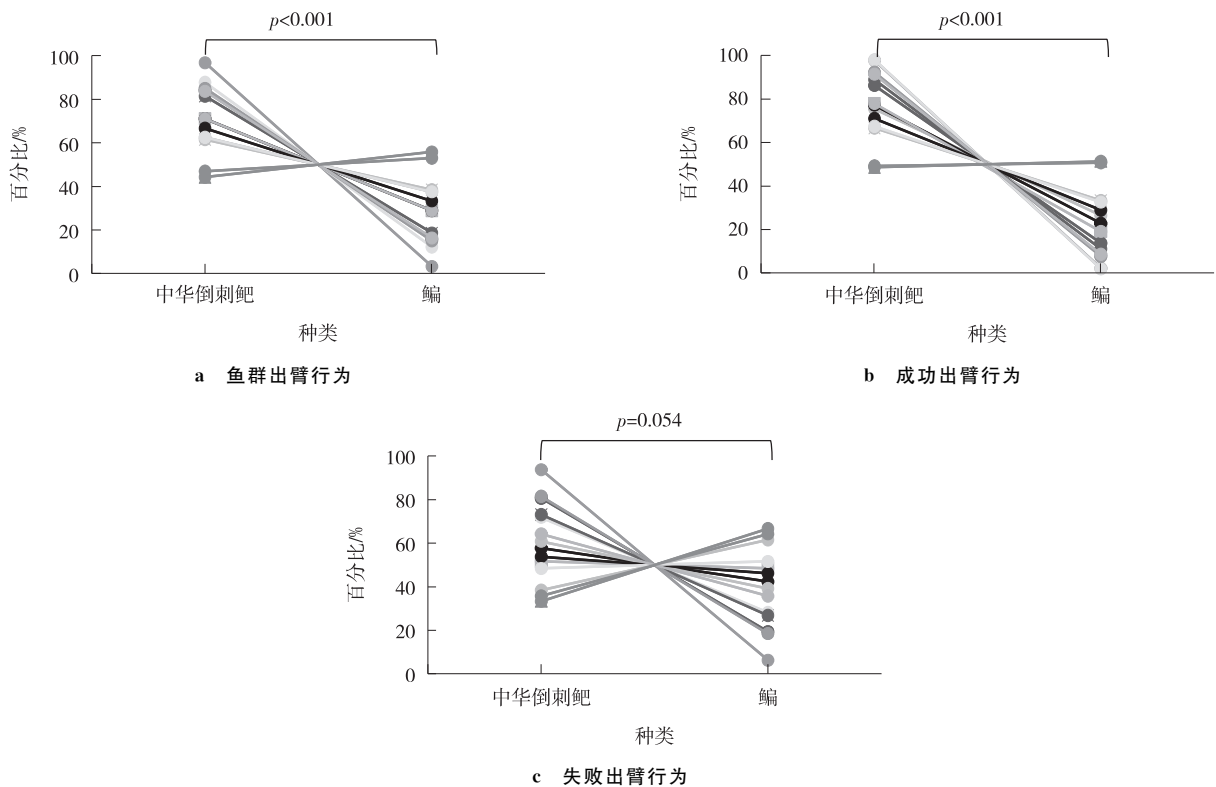
由图 4a 可知,实验鱼种类对发动出臂行为的影响具有统计学意义( $p < 0.05$ ),在所有发动次数中中华倒刺鲃作为领头鱼的比例高于鳊作为领头鱼的比例,差异具有统计学意义( $p < 0.05$ )。由图 4b、c 可知,在所有成功的出臂活动中,中华倒刺鲃作为领头鱼的比例也高于鳊作为领头鱼的比例,差异具有统计学意义( $p < 0.05$ );但在失败的出臂行为上 2 种鱼作为领头鱼的比例没有表现出统计学意义上的差异。

## 3 讨论

### 3.1 鱼群组成对鱼群分布和鱼群成群状况的影响

在本研究中,除成群时间比以外,不同鱼群的成群动态参数、IC 值以及鱼群在迷宫的分布密度没有统计学意义上的差异。其中原因可能是鱼群规模较大,并因此受限于群体决策实验仪器即六臂迷宫的大小,而且不同重复的相关数据变异较大。然而,中华倒刺鲃鱼群 IC 值和成群频率较高,且该鱼种的成群时间比明显高于鳊的成群时间比,差异具有统计学意义( $p < 0.05$ )。这表明中华倒刺鲃比鳊更偏好集群生活<sup>[22]</sup>,且出现这一差异的原

因可能跟鳊与中华倒刺鲃偏好不同生境有关。有研究表明,中华倒刺鲃比鳊更偏好流速较快的动态水体,并且需要保持较高的游泳速度<sup>[24,28]</sup>,而集群游泳能够大大降低能量消耗<sup>[29]</sup>。



注:线段连接的两端为每组重复中华倒刺鲃和鳊出臂行为或该行为成功/失败的比例。

图 4 混合异种鱼群组中 2 种实验鱼位于领头鱼的比例

Fig. 4 The proportion of the two fish species as a leader in the heterogeneous group

从数值上来看,混合鱼群的成群动态更偏向于中华倒刺鲃,且混合异种鱼群的成群时间比明显高于鳊鱼群的成群时间比,差异具有统计学意义( $p < 0.05$ )。这说明混合种群成群动态更多地受中华倒刺鲃的影响。这与以往鱼群自发游泳的研究结果相似:混合鱼群中鳊为了与中华倒刺鲃游泳相协调而提高了游泳速度和活动频率<sup>[23]</sup>。这也解释了本研究中混合鱼群在成群频率和成群时间比方面均高于同种的鳊鱼群组。同理,由于中华倒刺鲃的活动水平更高,加速了鱼群的裂解,也导致了中华倒刺鲃同种鱼群和混合鱼群体持续时间下降。

### 3.2 鱼群组成对鱼群出臂行为的影响

在鱼群的出臂情况中,中华倒刺鲃鱼群在群体移动成功频率和整体成功率方面均明显高于鳊,差异具有统计学意义( $p < 0.05$ );且中华倒刺鲃鱼群在发动频率方面也高于鳊鱼群。这是因为中华倒刺鲃比鳊具有更高的群体凝聚力并更具探索性和勇敢性<sup>[24,26,28]</sup>。这也与鱼群成群情况所显示的现象相呼应,并再次印证了过去的研究结论<sup>[22-23]</sup>。与混合鱼群成群动态偏向于中华倒刺鲃鱼群不同的是,混合鱼群移动的参数在数值上介于 2 种同种鱼群有关参数数值之间,甚至更偏向鳊鱼群。这表明混合鱼群在成群动态和行为决策上的信息交流和作用机制可能存在差异,暗示对该方面进行深入研究可能取得更有价值的结果。

### 3.3 混合鱼群领头鱼的比较分析

本研究中的异种鱼群在所有的出臂发动次数和成功的出臂行为上,中华倒刺鲃作为领头鱼的比例均高于鳊作为领头鱼的比例,差异具有统计学意义( $p < 0.05$ )。这说明在异种鱼群成群运动中,中华倒刺鲃更习惯于发起群体运动,而鳊更习惯于跟随;鳊牺牲了自身利益,但有可能获得了成群群体带来的利益。这也与 3 组鱼群整体出臂情况结果一致,即:中华倒刺鲃鱼群比鳊鱼群有更高的发动频率和成功率。但作为失败的行为中,2 种鱼作为领头鱼的比例均没有差异。该结果提示鳊相对缺乏领导群体行为的能力。总体而言,2 种鱼在鱼群中占据不同的位置可能与 2 种鱼的个体生理水平、个性特征(如活跃性、勇敢性等领导决策能力)有关<sup>[30]</sup>。

综上所述,鳊与中华倒刺鲃幼鱼组成的同种鱼群与混合异种鱼群在群体决策上存在差异。虽然同种鱼群与

异种鱼群在成群运动状态上表现相近,但鱼群的种类组成对成群时间比、群体移动倾向、群体移动成功率具有较大的影响,这与不同种类的鱼群行为和个性特征相关。然而,鱼群的种类组成在群体决策和成群动态上的差异的生态学意义和内在作用机制还需要进一步探究。

#### 参考文献:

- [1] DALL S R X, GIRALDEAU L A, OLSSON O, et al. Information and its use by animals in evolutionary ecology[J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 2005, 20(4): 187-193.
- [2] COUZIN I D, KRAUSE J. Self-organization and collective behavior in vertebrates[J]. *Advances in the Study of Behavior*, 2003, 32(1): 1-75.
- [3] SOSNA M M G, TWOMEY C R, BAK-COLEMAN J, et al. Individual and collective encoding of risk in animal groups[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2019, 116(41): 20556-20561.
- [4] CONRADT L, ROPER T J. Consensus decision making in animals[J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 2005, 20(8): 449-456.
- [5] WARD A J W, SUMPTER D J T, COUZIN I D, et al. Quorum decision-making facilitates information transfer in fish shoals[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2008, 105(19): 6948-6953.
- [6] WOLF M, KURVERS R H J M, WARD A J W, et al. Accurate decisions in an uncertain world: collective cognition increases true positives while decreasing false positives[J]. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2013, 280(1756): 20122777.
- [7] COUZIN I D. Collective cognition in animal groups[J]. *Trends in Cognitive Sciences*, 2009, 13(1): 36-43.
- [8] GRÜNBAUM D. Schooling as a strategy for taxis in a noisy environment[J]. *Evolutionary Ecology*, 1998, 12(5): 503-522.
- [9] KRAUSE J, RUXTON G D, RUXTON G, et al. *Living in groups*[M]. Oxford: Oxford University Press, 2002.
- [10] KILLEN S S, MARRAS S, STEFFENSEN J F, et al. Aerobic capacity influences the spatial position of individuals within fish schools[J]. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2012, 279(1727): 357-364.
- [11] BUMANN D, KRAUSE J. Front individuals lead in shoals of three-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*) and juvenile roach (*Rutilus rutilus*) [J]. *Behaviour*, 1993, 125(3/4): 189-198.
- [12] KRAUSE J, HOARE D, KRAUSE S, et al. Leadership in fish shoals[J]. *Fish and Fisheries*, 2000, 1(1): 82-89.
- [13] KING A J. Follow me! I'm a leader if you do; I'm a failed initiator if you don't? [J]. *Behavioural Processes*, 2010, 84(3): 671-674.
- [14] LANDEAU L, TERBORGH J. Oddity and the 'confusion effect' in predation[J]. *Animal Behaviour*, 1986, 34(5): 1372-1380.
- [15] RODGERS G M, WARD J R, ASKWITH B, et al. Balancing the dilution and oddity effects: decisions depend on body size[J]. *PLoS One*, 2011, 6(7): e14819.
- [16] CROFT D P, DARDEN S K, RUXTON G D. Predation risk as a driving force for phenotypic assortment: a cross-population comparison[J]. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2009, 276(1663): 1899-1904.
- [17] SVENSSON P A, BARBER I, FORSGREN E. Shoaling behaviour of the two-spotted goby[J]. *Journal of Fish Biology*, 2000, 56(6): 1477-1487.
- [18] KRAUSE J, GODIN J G J, BROWN D. Size-assortativeness in multi-species fish shoals[J]. *Journal of Fish Biology*, 1996, 49(2): 221-225.
- [19] WEBSTER M M, WARD A J W, HART P J B. Shoal and prey patch choice by co-occurring fishes and prawns: inter-taxa use of socially transmitted cues[J]. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2008, 275(1631): 203-208.
- [20] FARINE D R, APLIN L M, SHELDON B C, et al. Interspecific social networks promote information transmission in wild songbirds[J]. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2015, 282(1803): 20142804.
- [21] 余先明, 金根东. 中华倒刺鲃的生物学特征及养殖前景[J]. *现代农业科技*, 2008, 486(16): 250-252.  
YU X M, JIN G D. Biological characteristics and breeding prospects of qingbo [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2008, 486(16): 250-252.
- [22] FU S J. The effects of group size on schooling behavior in two cyprinid fish species[J]. *Aquatic Biology*, 2016, 25: 165-172.
- [23] TANG Z H, WU H, HUANG Q, et al. The shoaling behavior of two cyprinid species in conspecific and heterospecific groups [J]. *PeerJ*, 2017, 5(5): 1-15.
- [24] 吴慧, 唐中华, 黄清, 等. 群体成员大小差异对不同生境鲤科鱼类集群行为的影响[J]. *水生生物学报*, 2017, 41(3): 552-559.  
WU H, TANG Z H, HUANG Q, et al. Effect of body size variation of group members on shoal behavior of two cyprinids preferring different habitats[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2017, 41(3): 552-559.
- [25] 曾令清, 付成, 奚露, 等. 鳊幼鱼能量代谢和个性行为的个体变异及表型关联[J]. *生态学报*, 2017, 37(14): 4807-4816.

- ZENG L Q, FU C, XI L, et al. Phenotypic correlations and individual variation of energy metabolism and personality in juvenile Chinese bream (*Parabramis pekinensis*) [J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(14): 4807-4816.
- [26] 付翔, 付成, 樊捷, 等. 个性对中华倒刺鲃群体运动特征和食物占有能力的影响 [J]. 水生生物学报, 2022, 46(6): 838-846.
- FU X, FU C, FAN J, et al. Personality on collective moving characteristics and food competitiveness ability of qingbo (*Spinibarbus sinensis*) [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2022, 46(6): 838-846.
- [27] DELCOURT J, MILLER N Y, COUZIN I D, et al. Methods for the effective study of collective behavior in a radial arm maze [J]. Behavior Research Methods, 2018, 50(4): 1673-1685.
- [28] FU S J, FU C, YAN G J, et al. Interspecific variation in hypoxia tolerance, swimming performance and plasticity in cyprinids that prefer different habitats [J]. Journal of Experimental Biology, 2014, 217(4): 590-597.
- [29] BECKER A D, MASOUD H, NEWBOLT J W, et al. Hydrodynamic schooling of flapping swimmers [J]. Nature Communications, 2015, 6(1): 1-8.
- [30] HARCOURT J L, ANG T Z, SWEETMAN G, et al. Social feedback and the emergence of leaders and followers [J]. Current Biology, 2008, 19(3): 248-252.

## Animal Sciences

### Difference in Group Decision among Conspecific and Heterospecific Shoals in Two Cyprinid Species

ZHANG Jiuhong, XIAO Lingtao, FU Shijian

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

**Abstract:** To investigate the differences in group decision making between conspecific and heterospecific shoals composed of Chinese bream (*Parabramis pekinensis*) and qingbo (*Spinibarbus sinensis*) juveniles, the 10 Chinese bream composed of 10B group, 5 Chinese bream and 5 qingbo composed of 5B5Q group, and 10 qingbo composed of 10Q group in the shoal cohesion, shoal distribution, shoal movement characteristics and other shoal behavior parameters were compared and analyzed. The results show that: 1) there was no statistical significance in the effects of shoal composition on shoal cohesion, distribution density of maze arm and maze center, grouping frequency and duration, whereas the percent time in group of 10B was significantly lower than those of 5B5Q and 10Q ( $p < 0.05$ ). 2) There was no statistical difference in the group moving frequency among three shoals, whereas frequency of achieved group movement of 10B were significantly lower than that of 10Q ( $p < 0.05$ ). 3) In the heterospecific shoals, the proportion of qingbo as the leader was higher significantly than that of Chinese bream in all group movements and all achieved group movements ( $p < 0.05$ ), whereas there was no significant difference between the two species as the leader in the failed group movements. These results suggest that qingbo shoals are easier to fulfill group decision making behavior successfully than Chinese bream shoals, and have more leadership ability than Chinese bream, which may be related to the stronger swimming capacity and bolder and more explorative of qingbo than Chinese bream.

**Keywords:** *Parabramis pekinensis*; *Spinibarbus sinensis*; group decision making; heterospecific shoal; schooling behavior

(责任编辑 方 兴)