

多种诱食剂对不同食性鱼类的诱食效果比较*

陈启亮, 吴林林, 杜小燕, 郑崇容, 李英文

(重庆师范大学 生命科学学院 重庆市高校动物生物学重点实验室 重庆市高校生物活性物质工程研究中心, 重庆 401331)

摘要:【目的】评估多种诱食剂对不同食性鱼类的诱食效果,并筛选效果较好的诱食剂。【方法】选取食性分别为草食性、杂食性和肉食性的草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)、鲫(*Carassius auratus*)和乌鳢(*Channa argus*)共3种鱼类,采用迷宫法,将植物性诱食剂陈皮、香草、大蒜素、丁香和甘草,动物性诱食剂蚯蚓粉、鱼溶浆和乌贼粉,以及化学性诱食剂二甲基-β-丙酸噻亭(DMPT)、核苷酸和氨基酸单独或复合地置于迷宫中,记录实验鱼在30 min内进入实验区和对照区的次数,评估各种诱食剂的诱食效果。【结果】1)对草鱼的诱食效果最好的诱食剂是核苷酸-甘草,之后依次为丁香-大蒜素-甘草、核苷酸、核苷酸-蚯蚓粉、乌贼粉、蚯蚓粉、氨基酸和DMPT。2)对鲫的诱食效果最好的诱食剂是香草,之后依次为香草-陈皮-大蒜素、氨基酸-核苷酸-DMPT、香草-氨基酸-蚯蚓粉、氨基酸、香草-氨基酸和香草-蚯蚓粉。3)对乌鳢的诱食效果最好的诱食剂是蚯蚓粉-鱼溶浆-乌贼粉,之后依次为鱼溶浆-蚯蚓粉、蚯蚓粉、鱼溶浆、鱼溶浆-DMPT、DMPT、乌贼粉和大蒜素-DMPT-鱼溶浆。【结论】对草鱼、鲫和乌鳢而言,诱食效果最好的单一诱食剂分别是核苷酸、香草和鱼溶浆而复合诱食剂分别是核苷酸-甘草、香草-陈皮-大蒜素和蚯蚓粉-鱼溶浆-乌贼粉。

关键词:诱食剂;草鱼;鲫;乌鳢;诱食效果

中图分类号:S965

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2018)06-0022-07

诱食剂是能将鱼类吸引至饵料周围的物质,它产生诱食效果的过程分为3个阶段:1)通过散发气味或释放化学物质使鱼类意识到食物刺激的存在;2)使鱼类趋向食物刺激源;3)使鱼摄入食物并判断食物的适口性、可食性等^[1]。在水产饵料中添加适量的诱食剂可以明显改善饵料的适口性,增加水产养殖动物的食欲,缩短鱼类趋向食物的时间,提高饵料的利用率,减轻水质污染^[2]。已有研究表明,诱食剂还可以促进消化酶的分泌、活跃鱼体的消化和吸收功能,进而促进鱼类生长,缩短生长周期,提高产量^[3]。因此,在水产养殖中使用诱食剂能有效降低养殖成本,提高经济效益。

自20世纪60年代以来,国外许多学者纷纷开展了鱼类诱食剂的研究并取得了诸多研究成果。相比之下,中国在这一领域的研究起步较晚,20世纪90年代以后才开始投入力量进行研究,并且自主研发、创新的成果较少^[4]。随着中国水产养殖业规模化、集约化程度的不断提高,水产诱食剂在养殖业中的地位显得愈来愈重要^[5]。因此,有关鱼类诱食剂的研究具有重要意义和广阔的应用前景。目前,国内外研究较多的鱼类诱食剂是氨基酸及氨基酸混合物、甜菜碱、含硫有机物、大蒜素、动植物提取物等^[6]。与此同时,由于中国拥有丰富的中草药植物资源,且中草药植物具有独特味道并富含多种对鱼类有强烈引诱作用的物质,因此国内对中草药植物在鱼类诱食剂的应用研究报道较多^[7]。综合国内外已有的研究成果发现,目前有关不同诱食剂对某一特定鱼类诱食效果的研究较多,但有关不同食性鱼类对多种诱食剂的偏好程度的比较分析较为匮乏。

中国是水产养殖大国,水产品产量已连续多年位居世界第一。其中,草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)、鲫(*Carassius auratus*)和乌鳢(*Channa argus*)是中国重要的经济鱼类,分别为草食性、杂食性和肉食性鱼类的典型代表。本研究评估了植物性、动物性、化学性等3类不同性质的诱食剂对上述不同食性鱼类的诱食效果,并筛选出诱食效果较好的鱼类诱食剂,以期应用于生产实践。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

体长5~7 cm、体质量4~5 g的草鱼,体长3~5 cm、体质量2~3 g的鲫以及体长5~7 cm、体质量4~5 g

* 收稿日期:2018-06-13 修回日期:2018-07-05 网络出版时间:2018-10-25 10:42

资助项目:重庆高校生物活性物质工程研究中心开放基金(No. AS201601)

第一作者简介:陈启亮,男,副教授,博士,研究方向为鱼类生理与毒理学,E-mail:xncql@126.com

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20181025.1042.034.html>

的乌鳢均购自重庆当地养殖池塘,并转移到室内持续充气的循环养殖系统中暂养,养殖水温约为 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$,光周期为14 h光照:10 h黑暗。

1.2 基础饲料及诱食剂原料

蛋白质、脂肪质量分数分别为32%,4%的草鱼饲料和蛋白质、脂肪质量分数分别为36%,5%的鲫饲料购自四川巨星饲料科技有限公司;蛋白质、脂肪质量分数分别为50%,9%的乌鳢饲料购自四川通威饲料有限公司。

植物性诱食剂中,陈皮、香草、丁香和甘草均购自重庆本地中药店,大蒜素购自泰州市春达动物药业饲料有限公司。动物性诱食剂蚯蚓粉、鱼溶浆和乌贼粉分别购自武汉市大丰收生物科技有限公司,山东鱼公生物科技有限公司和海兴海之源饲料有限公司。化学性诱食剂中,二甲基- β -丙酸噻亭(DMPT)和复合氨基酸(甘氨酸、蛋氨酸、丙氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸、胱氨酸、半胱氨酸和赖氨酸)均购自武汉白熊生物科技有限公司,而复合核苷酸(肌苷酸、鸟苷酸)购自河南千志商贸有限公司。以上诱食剂原料均粉碎后过40目筛。

1.3 实验装置

参考伍一军等人^[8]设置的迷宫模型(图1),即采用长方形敞口水箱为实验装置,并将它分为5个区域,分别为A区、B区、B'区、C区和C'区。其中B'区是实验区,C'区为对照区。具体实验迷宫装置如图2所示。

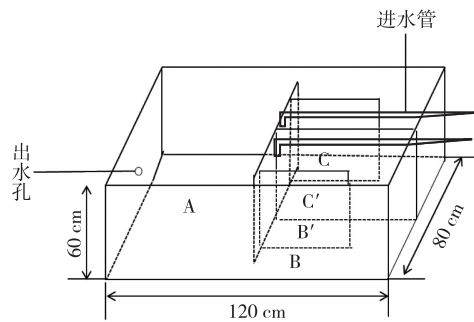


图1 迷宫模型

Fig.1 The maze model

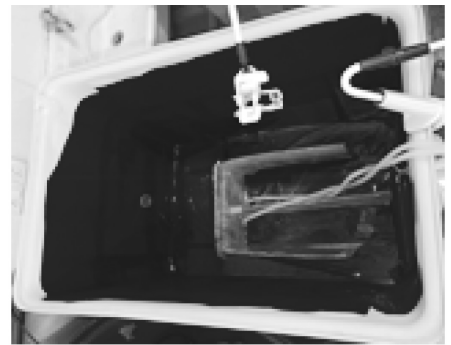


图2 实验迷宫装置

Fig.2 The maze device for the study

1.4 诱食球制作

以诱食剂和基础饲料为原料分别制作对照区和实验区的诱食球。对照区的诱食球不添加诱食剂,实验区的诱食球添加诱食剂。根据预实验并结合他人的研究结果^[9-11],诱食剂陈皮、香草、大蒜素、丁香、甘草、DMPT、核苷酸、氨基酸、蚯蚓粉、鱼溶浆和乌贼粉的添加量分别为诱食球质量的0.2%,0.4%,0.05%,1%,0.6%,0.2%,0.6%,0.6%,1.6%,2%和5%。制作诱食球时,首先要将基础饲料粉碎;如为制作实验区的诱食球,还需按上述剂量添加诱食剂。之后将原料混合均匀,加入6%诱食球质量的粘合剂羧甲基纤维素钠。再充分混匀后,加入适量的蒸馏水,最后制成直径约为1 cm的、外层包有脱脂棉和医用纱布的诱食球。

1.5 实验方法

正式实验前,实验鱼先停食24 h,使之处于饥饿状态。实验开始时,先开启进水管使迷宫中水深为15 cm,再开启出水管,保持实验一直在流水中进行。然后,用玻璃挡板将A区与B区、C区隔开,使实验鱼不能进入B区和C区。在暂养缸中选取体长、体质量基本一致的实验鱼15尾放入迷宫A区中,让它们适应5 min后,将制备好的含有和不含有诱食剂的诱食球分别置于B'区和C'区。打开B区和C区隔板,使鱼能够自由从A区出入B'区和C'区。使用数码摄像机拍摄30 min内实验鱼分别进入B'区和C'区的总次数^[12]。为防止前一种诱食剂干扰,在每次实验结束后均用自来水清洗实验鱼、迷宫并更换迷宫内的水,且每种诱食剂处理间隔24 h。每种单一或复合种类的诱食剂对同种鱼的诱食效果评价均设置3个生物学重复。

1.6 诱食效果评价方法

参照赵红月等人^[13]的研究,各种诱食剂对实验鱼的诱食效果采用公式“诱食效果=(鱼进入实验区的次数-鱼进入对照区的次数)/鱼进入对照区的次数”进行计算。

1.7 统计分析

实验获得的数据用“平均值±标准差”表示。用SPSS 17.0软件对数据进行单因素方差分析和Tukey多重比较;当 $p < 0.05$ 时,统计结果具有统计学意义。

2 结果

2.1 单一和复合诱食剂对草鱼的诱食效果

2.1.1 单一诱食剂对草鱼的诱食效果 由表1可知,单一诱食剂中对草鱼的诱食效果最好的是核苷酸,之后依次

为乌贼粉、蚯蚓粉、氨基酸、DMPT、甘草、丁香、鱼溶浆、大蒜素、香草和陈皮。除陈皮对草鱼的摄食有抑制作用外,其余诱食剂对草鱼均有诱食效果。各单一诱食剂的诱食效果不具有统计学意义上的差异。

表 1 单一诱食剂对草鱼的诱食效果

Tab.1 Attractant effect of a single feeding attractant on *C. idella*

诱食剂种类	进入实验区次数	进入对照区次数	诱食效果	诱食剂种类	进入实验区次数	进入对照区次数	诱食效果
核苷酸	53.7±3.8	32.7±8.0	0.70±0.34	丁香	38.0±5.3	31.0±6.6	0.24±0.12
乌贼粉	28.7±4.9	20.0±5.6	0.53±0.60	鱼溶浆	31.3±3.2	26.3±7.0	0.23±0.26
蚯蚓粉	37.7±2.1	25.7±3.1	0.49±0.25	大蒜素	24.7±5.0	22.3±5.5	0.11±0.06
氨基酸	41.3±12.5	29.3±11.0	0.44±0.29	香草	30.3±7.5	28.0±7.6	0.09±0.06
DMPT	45.3±4.0	33.0±4.6	0.40±0.28	陈皮	36.3±8.5	39.7±6.4	-0.09±0.07
甘草	52.7±5.7	41.3±9.9	0.32±0.34				

2.1.2 复合诱食剂对草鱼的诱食效果 表 2 显示,复合诱食剂中对草鱼的诱食效果最好的是核苷酸-甘草,之后依次为丁香-大蒜素-甘草、核苷酸-蚯蚓粉、甘草-核苷酸-蚯蚓粉、氨基酸-核苷酸-DMPT 和蚯蚓粉-鱼溶浆-乌贼粉。除蚯蚓粉-鱼溶浆-乌贼粉对草鱼的摄食有抑制作用外,其余 5 种复合诱食剂对草鱼均有诱食效果,其中核苷酸-甘草的诱食效果明显比蚯蚓粉-鱼溶浆-乌贼粉的诱食效果更高,两者的差异具有统计学意义($p<0.05$)。

表 2 复合诱食剂对草鱼的诱食效果

Tab.2 Attractant effect of compound feeding attractants on *C. idella*

诱食剂种类	进入实验区次数	进入对照区次数	诱食效果	诱食剂种类	进入实验区次数	进入对照区次数	诱食效果
核苷酸-甘草	73.3±8.0	30.3±2.5	1.41±0.13 ^a	甘草-核苷酸-蚯蚓粉	46.7±0.9	35.7±8.7	0.40±0.46 ^{bc}
丁香-大蒜素-甘草	43.0±6.4	23.7±3.3	0.85±0.45 ^{ab}	氨基酸-核苷酸-DMPT	50.7±8.8	38.0±10.7	0.40±0.34 ^{bc}
核苷酸-蚯蚓粉	55.3±6.8	35.0±4.6	0.61±0.40 ^{bc}	蚯蚓粉-鱼溶浆-乌贼粉	26.7±4.1	33.3±7.6	-0.17±0.17 ^c

注:不同小写字母表示不同种类诱食剂的诱食效果差异具有统计学意义($p<0.05$),下同

2.2 单一和复合诱食剂对鲫的诱食效果

2.2.1 单一诱食剂对鲫的诱食效果 由表 3 可知,对鲫的诱食效果最好的单一诱食剂为香草,然后依次为氨基酸、蚯蚓粉、核苷酸、陈皮、大蒜素、丁香、DMPT、鱼溶浆、甘草和乌贼粉。除甘草和乌贼粉对鲫的摄食有抑制作用外,其余诱食剂对鲫均有诱食效果。其中,香草、氨基酸的诱食效果均比甘草、乌贼粉的诱食效果更高,且前两者与后两者的差异具有统计学意义($p<0.05$)。

表 3 单一诱食剂对鲫的诱食效果

Tab.3 Attractant effect of a single feeding attractant on *C. auratus*

诱食剂种类	进入实验区次数	进入对照区次数	诱食效果	诱食剂种类	进入实验区次数	进入对照区次数	诱食效果
香草	177.7±16.0	120.7±28.8	0.54±0.46 ^a	丁香	155.0±11.4	130.0±11.1	0.12±0.03 ^{ab}
氨基酸	170.7±19.4	122.7±26.6	0.42±0.23 ^a	DMPT	102.0±23.5	92.3±20.5	0.10±0.03 ^{ab}
蚯蚓粉	144.3±6.5	119.3±21.1	0.23±0.19 ^{ab}	鱼溶浆	106.0±3.5	102.0±5.2	0.04±0.05 ^{ab}
核苷酸	156.3±22.2	132.3±11.7	0.18±0.06 ^{ab}	甘草	121.3±19.1	148.3±22.4	-0.20±0.05 ^b
陈皮	132.3±13.6	114.0±13.5	0.16±0.02 ^{ab}	乌贼粉	115.3±23.4	145.0±11.5	-0.21±0.14 ^b
大蒜素	89.7±8.1	78.7±7.8	0.14±0.02 ^{ab}				

2.2.2 复合诱食剂对鲫的诱食效果 复合诱食剂中,香草-陈皮-大蒜素对鲫的诱食效果最好,然后依次为氨基酸-核苷酸-DMPT、香草-氨基酸-蚯蚓粉、香草-氨基酸、香草-蚯蚓粉和蚯蚓粉-鱼溶浆-乌贼粉(表 4)。尽管所有复合诱食剂对鲫均表现出一定的诱食作用,但它们的诱食效果不具有统计学意义上的差异。

表4 复合诱食剂对鲫鱼的诱食效果

Tab. 4 Attractant effect of compound feeding attractants on *C. auratus*

诱食剂种类	进入实验区次数	进入对照区次数	诱食效果	诱食剂种类	进入实验区次数	进入对照区次数	诱食效果
香草-陈皮-大蒜素	130.3±5.3	86.7±10.3	0.53±0.13	香草-氨基酸	138.7±3.1	101.3±3.3	0.37±0.39
氨基酸-核苷酸-DMPT	131.7±34.1	74.3±8.8	0.52±0.19	香草-蚯蚓粉	161.7±8.7	122.3±14.7	0.34±0.20
香草-氨基酸-蚯蚓粉	129.3±12.5	84.7±7.9	0.47±0.39	蚯蚓粉-鱼溶浆-乌贼粉	106.3±11.1	108.0±26.9	0.22±0.08

2.3 多种诱食剂对乌鳢的诱食效果

2.3.1 单一诱食剂对乌鳢的诱食效果 按对乌鳢的诱食效果从高到低对单一诱食剂进行排序,依次为蚯蚓粉、鱼溶浆、DMPT、乌贼粉、大蒜素、氨基酸、陈皮、核苷酸、甘草、丁香和香草,除香草对乌鳢的摄食有抑制作用外,其余诱食剂对乌鳢均有诱食效果(表5)。其中,鱼溶浆、蚯蚓粉、DMPT、乌贼粉、大蒜素这几种诱食剂的诱食效果均明显好于香草的诱食效果,与后者的差异均具有统计学意义($p < 0.05$)。

2.3.2 复合诱食剂对乌鳢的诱食效果 由表6可知,复合诱食剂中对乌鳢的诱食效果最好的是蚯蚓粉-鱼溶浆-乌贼粉,然后依次为鱼溶浆-蚯蚓粉、鱼溶浆-DMPT、大蒜素-DMPT-鱼溶浆和氨基酸-核苷酸-DMPT,大蒜素-陈皮-甘草的诱食效果最差。除大蒜素-陈皮-甘草对乌鳢的摄食有抑制作用外,其余复合诱食剂对乌鳢均有诱食效果。其中,蚯蚓粉-鱼溶浆-乌贼粉、鱼溶浆-蚯蚓粉这两种复合诱食剂的诱食效果明显好于大蒜素-陈皮-甘草的诱食效果,与后者的差异具有统计学意义($p < 0.05$)。

表5 单一诱食剂对乌鳢的诱食效果

Tab. 5 Attractant effect of a single feeding attractant on *C. argus*

诱食剂种类	进入实验区次数	进入对照区次数	诱食效果	诱食剂种类	进入实验区次数	进入对照区次数	诱食效果
蚯蚓粉	49.7±1.5	33.7±11.2	0.58±0.46 ^a	陈皮	39.7±9.5	33.7±10.7	0.21±0.24 ^{ab}
鱼溶浆	31.7±5.7	21.0±2.0	0.50±0.13 ^a	核苷酸	39.7±2.3	34.0±3.0	0.17±0.05 ^{ab}
DMPT	27.7±3.5	20.0±6.2	0.45±0.37 ^a	甘草	36.0±3.6	34.0±2.7	0.06±0.03 ^{ab}
乌贼粉	39.3±2.3	30.7±5.5	0.32±0.32 ^a	丁香	47.3±1.3	45.0±1.0	0.05±0.03 ^{ab}
大蒜素	21.7±0.6	17.3±0.6	0.25±0.04 ^a	香草	29.0±6.1	49.3±11.6	-0.41±0.04 ^b
氨基酸	41.3±5.0	33.3±3.2	0.24±0.17 ^{ab}				

表6 复合诱食剂对乌鳢的诱食效果

Tab. 6 Attractant effect of compound feeding attractants on *C. argus*

诱食剂种类	进入实验区次数	进入对照区次数	诱食效果	诱食剂种类	进入实验区次数	进入对照区次数	诱食效果
蚯蚓粉-鱼溶浆-乌贼粉	35.3±6.9	21.7±8.2	0.82±0.74 ^a	大蒜素-DMPT-鱼溶浆	49.3±7.5	39.0±3.3	0.26±0.13 ^{ab}
鱼溶浆-蚯蚓粉	41.7±0.5	26.0±0.8	0.60±0.08 ^a	氨基酸-核苷酸-DMPT	38.7±9.0	33.3±8.2	0.16±0.03 ^{ab}
鱼溶浆-DMPT	47.0±3.6	32.3±5.3	0.48±0.18 ^{ab}	大蒜素-陈皮-甘草	32.7±3.8	50.3±3.3	-0.35±0.09 ^b

3 讨论与结论

3.1 单一诱食剂对不同食性鱼类的诱食效果

研究表明,具有芳香味或其他特殊气味的植物提取物对鱼类有一定的诱食效果^[14]。基于上述研究,本研究选取了陈皮、香草、大蒜素、丁香、甘草这几种具有芳香味或特殊气味的植物性诱食剂,其中大蒜素和丁香对3种鱼均表现出诱食作用。现有研究显示,大蒜素对草鱼、鲫、鲤(*Cyprinus carpio*)及中华鳖(*Pelodiscus sinensis*)等大多数水产动物的嗅觉都有刺激作用^[15]。目前,关于丁香对鱼类的诱食效果尚存争议:郭永军等人^[12]的研究结果表明丁香提取物对鲤有明显诱食作用,而伍一军等人^[16]指出丁香提取液对鲤有抑食作用。因此,丁香的诱食

效果还有待进一步研究。在本研究中,陈皮对草鱼、甘草对鲫、香草对乌鳢分别表现出抑食作用。虽然草鱼是草食性鱼类,但在本研究中植物性诱食剂(如陈皮)并没有表现出良好的诱食效果。这可能与草鱼的生长阶段有关:草鱼在成鱼期主要以植物为食,但在幼鱼期主要以浮游动物、摇蚊(Chironomidae)幼虫、桡足类(Copepods)和无节幼体、藻类等为食^[17],而本研究选取的实验鱼均处于幼鱼期。同样地,袁兆祥等人^[18]的研究结果表明,杂食性的滁州鲫在幼鱼期主要以轮虫(Rotifera)、枝角类(Cladocera)、桡足类、单胞藻类和有机碎屑等为食,随着体长的增长,该种鱼的食物中大型浮游动物、水生植物所占比例才明显增加。由此推测,本研究观察到的甘草对鲫有抑食作用,可能与鲫的食性及它的生长发育阶段有关。此外,本研究中甘草、丁香、香草等植物性原料对乌鳢诱食效果不佳,甚至有抑制作用,这与预期结果相符。乌鳢是典型的肉食性鱼类,主要以小型鱼虾为食,因而对植物性诱食剂并不敏感。

在本研究中,氨基酸、核苷酸及 DMPT 这 3 种化学性诱食剂均对 3 种不同食性鱼类均表现出一定的诱食作用。游离氨基酸可以对鱼类嗅觉与味觉感受器产生强烈的刺激作用^[19]。本研究中氨基酸表现出良好的诱食效果,这与何贤形等人^[20]的研究结果相符。关于核苷酸的诱食作用,已有研究发现多种核苷酸都对鱼类具有诱食活性,但核苷酸的诱食效果具有种的特异性。通常核苷酸与氨基酸、甜菜碱或三甲胺合用,以加强刺激效果^[20]。此外,有研究表明,在饲料中添加 DMPT 能有效促进乌鳢的摄食^[21],这与本研究结果相符。

当前,水产动物及相关加工副产品如乌贼内脏粉、蚯蚓提取液等在水产饲料中的使用越来越广泛。本研究选取了鱼溶浆、蚯蚓粉和乌贼粉共 3 种动物性诱食剂。除乌贼粉对鲫有抑食作用外,其余两种诱食剂均具有诱食效果。有研究表明,在饲料中添加质量分数大于或等于 3% 的乌贼内脏粉,可对罗非鱼(*Oreochromis mossambicus*)表现出诱食作用^[22]。而本研究中,乌贼粉对鲫有抑食作用,其中原因尚不清楚,有待进一步研究。郑晶等人^[11]的研究表明,在基础饲料中添加鱼溶浆能有效提高杂交鳢(*Channa spp.*)的摄食量,与本研究结果相似。此外,蚯蚓粉含有丰富的动物蛋白和各种必需氨基酸^[23],是一种很好的鱼类诱食剂。

3.2 复合诱食剂对不同食性鱼类的诱食效果

目前,国内外对鱼类单一诱食剂的研究已比较深入,而对复合诱食剂的研究相对较少。单一和复合诱食剂各有优点。单一诱食剂可能只对鱼类的嗅觉、视觉或味觉形成单一刺激,而复合诱食剂往往对鱼类形成综合的诱食刺激。

植物性复合诱食剂是近些年来研究的热点。本研究中,核苷酸-甘草这种复合诱食剂对草鱼的诱食效果好于单一的甘草或核苷酸,香草-陈皮-大蒜素对鲫的诱食效果也较好,但大蒜素-陈皮-甘草对乌鳢的摄食有抑制作用。由此推测,植物性复合诱食剂对草食性和杂食性鱼类可能表现出较好的诱食效果,但对肉食性鱼类的诱食效果不明显。

除了植物性复合诱食剂,化学性复合诱食剂也是研究的热点之一。陈京华等人^[24]研究表明,甜菜碱、WDMPT、W 盐酸三甲胺、W 柠檬酸、W 甘氨酸、W 牛磺酸和 WWL-谷氨酸钠组成的复合诱食剂能提高牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)的摄食率;许国焕等人^[25]发现,复合甜菜碱和牛磺酸比单一的甜菜碱或牛磺酸对大口鲶(*Silurus meridionalis*)有更好的诱食效果;梁萌青等人^[26]报道,单一的核苷酸对真鲷(*Pagrosomus major*)摄食有抑制作用,而将核苷酸与丙氨酸及肌苷复合则表现出较弱的诱食作用。本研究中,氨基酸-核苷酸-DMPT 对鲫鱼的诱食效果强于单一的氨基酸、核苷酸及 DMPT,但该复合诱食剂对草鱼和乌鳢的诱食效果却不及后三者。由此推测,杂食性鱼类可能对化学性复合诱食剂较敏感。

在本研究中,蚯蚓粉-鱼溶浆-乌贼粉这种复合诱食剂对草鱼的诱食效果不及单一的蚯蚓粉、鱼溶浆及乌贼粉,但该复合诱食剂较单一诱食剂而言,能明显提高对乌鳢的诱食效果。由此可见,与单一诱食剂的诱食效果相比,复合诱食剂的诱食效果优劣与鱼的种类或食性密切相关。对同种鱼类而言,复合诱食剂和单一诱食剂呈现出差异性的诱食效果,可能是复合诱食剂各组分间的相互促进或抑制作用所致,但有关复合诱食剂中各诱食剂成分间的相互作用机制还有待进一步研究。

总之,由本研究结果可知:对草鱼诱食效果最好的单一诱食剂是核苷酸而复合诱食剂是核苷酸-甘草;对鲫诱食效果最好的单一诱食剂是香草而复合诱食剂是香草-陈皮-大蒜素;对乌鳢诱食效果最好的单一诱食剂是鱼溶浆而复合诱食剂是蚯蚓粉-鱼溶浆-乌贼粉。

参考文献:

- [1] JONES K A. Food search behaviour in fish and the use of chemical lures in commercial and sports fishing[M]//HARRA T J. Fish chemoreception. Dordrecht; Springer, 1992: 288-320.
- [2] 钟文彪,冯幼,许合金,等. 水产动物诱食剂的研究进展[J]. 饲料博览,2013(7):34-37.
ZHONG W B, FENG Y, XU H J, et al. Research progress of attractant in aquatic animals[J]. Feed Review, 2013(7): 34-37.
- [3] 吕进宏,马立保. 诱食剂以及其在水产养殖中的应用研究进展[J]. 北京水产,2004(1):14-16.
LV J H, MA L B. Research progress of feeding attractant and its application in aquaculture[J]. Beijing Fisheries, 2004(1):14-16.
- [4] 刘玉林,周永奎,胡成武,等. 诱食剂在水产饲料中的运用[J]. 淡水渔业,2006,36(4):62-63.
LIU Y L, ZHOU Y K, HU C W, et al. Application of feed attractants in aquatic feeding [J]. Freshwater Fisheries, 2006,36(4):62-63.
- [5] 尹海富,韩英,范兆廷,等. 水产饲料诱食剂的应用[J]. 水产学杂志,2003,16(2):72-76.
YIN H F, HAN Y, FAN Z T, et al. Application of aquatic feed attractants [J]. Chinese Journal of Fisheries, 2003, 16(2):72-76.
- [6] 王安利,苗玉涛,王维娜,等. 水产动物诱食剂的研究进展[J]. 中国水产科学,2002,9(3):265-268.
WANG A L, MIAO Y T, WANG W N, et al. Research progress on feed attractant for aquatic animals[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2002,9(3):265-268.
- [7] 张琳琳,曾慧,张佳明,等. 中草药对鲈鱼诱食活性的研究[J]. 海洋水产研究,2008,29(4):101-105.
ZHANG L L, ZENG H, ZHANG J M, et al. A study on feeding attraction activity of Chinese herbal medicine for Japanese sea bass *Lateolabrax japonicas* C [J]. Marine Fisheries Research, 2008,29(4):101-105.
- [8] 伍一军,包华驹,吴文胜,等. 氨基酸对鲫鱼、泥鳅的诱食活性[J]. 水产学报,1993,17(4):337-339.
WU Y J, BAO H J, WU W S, et al. Feeding attraction activities of amino acid for crucian carp and loach[J]. Journal of Fisheries of China, 1993,17(4):337-339.
- [9] 陈振昆,丁光. 陈皮对草鱼诱食作用的研究[J]. 云南农业大学学报,1996,11(1):35-38.
CHEN Z K, DING G. Study on the ingestion lure rate of orange peel in grass carp[J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 1996,11(1):35-38.
- [10] 何利君,莫绍橘,施新建,等. 黄颡鱼摄饵促进物质的研究[J]. 西南农业大学学报,2005,27(3):416-419.
HE L J, MO S J, SHI X J, et al. Study on food attractants for *Pseudoargus fulvidraco* [J]. Journal of Southwest Agricultural University (Natural Science), 2005,27(3):416-419.
- [11] 郑晶,蒋余,吴晓清,等. 4种诱食剂对杂交鳊生长和血清生化指标的影响[J]. 动物营养学报,2016,28(8):2497-2503.
ZHENG J, JIANG Y, WU X Q, et al. Effects of four feeding attractants on growth and serum biochemical indices of hybrid snakehead[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2016,28(8):2497-2503.
- [12] 郭永军,邢克智,陈成勋,等. 几种中草药对鲤鱼诱食效果的研究[J]. 天津农学院学报,2005,12(3):1-5.
GUO Y J, XING K Z, CHEN C X, et al. Study on some chinese herb medicines as feed attractant on carp (*Cyprinus carpio*) [J]. Journal of Tianjin Agricultural College, 2005,12(3):1-5.
- [13] 赵红月,于翠萍,张慧茹. 10种常用饲料原料对黄河鲤诱食性的研究[J]. 饲料研究,2013(2):61-63.
ZHAO H Y, YU C P, ZHANG H R. Study on the attractant effect of 10 kinds of commonly used feed ingredients on *Cyprinus carpio haematopterus* [J]. Feed Research, 2013(2):61-63.
- [14] 吉红,李海梅,周继术,等. 4种植物粗提物对金鱼诱食效果的初步研究[J]. 水产科学,2008,27(2):67-70.
JI H, LI H M, ZHOU J S, et al. Feeding attraction of four kinds of plant crude extraction to goldfish [J]. Fisheries Science, 2008,27(2):67-70.
- [15] 郑陶生,蒋艾青. 大蒜素在水产动物中的应用[J]. 中国饲料,2004(22):22-23.
ZHENG T S, JIANG A Q. Application of allicin in aquatic animals [J]. China Feed, 2004(22):22-23.
- [16] 伍一军. 几种氨基酸和动植物粗提物对鱼类诱食活性的初步研究[J]. 水产学报,1996(1):58-60.
WU Y J. A preliminary study on feeding attraction activities of amino acids and the extracts from several kinds of animal products and chinese medicinal herbs for carp and crucian carp [J]. Journal of Fisheries of China, 1996(1):58-60.
- [17] 李长春. 草鱼食性问题的研究[J]. 科学通报,1981,26(5):311-312.
LI C C. Study on the feeding habit of grass carp [J]. Chinese Science Bulletin, 1981,26(5):311-312.
- [18] 袁兆祥,吴泊君,汪永忠,等. 滁州鲫鱼食性的初步研究[J]. 河北渔业,2010(1):7-9.
YUAN Z X, WU B J, WANG Y J, et al. Preliminary study on the the feeding habit of Chuzhou crucian carp [J]. Hebei Fisheries, 2010(1):7-9.
- [19] ANNE H, SHANE H R, KARL A. Correlation between

- olfactory receptor cell type and function in the channel catfish[J]. *The Journal of Neuroscience*, 2003, 23(28): 9328-9339.
- [20] 何贤形, 严小军, 周迎松, 等. 鱼类诱食剂的研究进展[J]. *宁波大学学报(理工版)*, 2011, 24(2): 14-19.
HE X X, YAN X J, ZHOU Y S, et al. Progress in research on fish attractants[J]. *Journal of Ningbo University (Natural Science & Engineering)*, 2011, 24(2): 14-19.
- [21] 董书阁, 郭连鹏, 张奎璇, 等. 诱食剂影响乌鳢膨化饲料适口性的研究[J]. *饲料工业*, 2010, 31(6): 26-28.
DONG S G, GUO L P, ZHANG K X, et al. Research on the effect of attractant on palatability of *Ophiocephalus argus* extruded feed[J]. *Feed Industry*, 2010, 31(6): 26-28.
- [22] 姜瑞丽, 王岩, 薛敏, 等. 在饲料中添加乌贼内脏粉对罗非鱼摄食、生长和饲料利用的影响[J]. *饲料工业*, 2008, 29(14): 20-22.
JIANG R L, WANG Y, XUE M, et al. Effects of adding squid visceral powder in feed on feed intake, growth and feed utilization of tilapia[J]. *Feed Industry*, 2008, 29(14): 20-22.
- [23] 赵朝阳, 周鑫. 新型高效水产饲料诱食剂: 蚯蚓粉[J]. *饲料博览*, 2008(12): 67-67.
ZHAO Z Y, ZHOU X. New high-efficiency aquatic feed attractants: earthworm powder [J]. *Feed Review*, 2008(12): 67-67.
- [24] 陈京华, 张文兵, 麦康森, 等. 复合诱食剂对牙鲆摄食生长的影响[J]. *中国水产科学*, 2006, 13(6): 959-965.
CHEN J H, ZHANG W B, MAI K S, et al. Effects of a compound feeding attractant on feed intake and growth of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus* Temminck et Schlegel)[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2006, 13(6): 959-965.
- [25] 许国焕, 丁庆秋, 王燕. 几种诱食剂对大口鲶摄食效果的影响[J]. *水生态学杂志*, 2000, 20(2): 40-41.
XU G X, DING Q Q, WANG Y. Effects of several kinds of attractants on ingestion in *Silurus soldatovi meridionalis*[J]. *Journal of Hydroecology*, 2000, 20(2): 40-41.
- [26] 梁萌青, 于宏, 常青, 等. 不同诱食剂对 3 种鱼类诱食活性的研究[J]. *中国水产科学*, 2007(1): 60-63.
LIANG M Q, YU H, CHANG Q, et al. Feeding attraction activities of food attractants for 3 species of fishes [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2007(1): 60-63.

Animal Sciences

The Comparison on Attractive Effects of Feeding Attractants on Fishes with Different Food Habits

CHEN Qiliang, WU Linlin, DU Xiaoyan, ZHENG Chongrong, LI Yingwen

(Engineering Research Center of Bioactive Substances, Chongqing Key Laboratory of Animal Biology,

College of Life Sciences, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China)

Abstract: [Purposes] To assess the effects of various feeding attractants on fishes with different food habits, and to screen the attractants with better effects. [Methods] By using the maze method, three fishes with different feeding habits: *Ctenopharyngodon idella* (herbivory), *Carassius auratus* (omnivory), *Channa argus* (carnivorous) were selected and three different properties- vegetal (dried tangerine peel, vanilla, allicin, clove, and licorice), animal (earthworm powder, fish dissolving pulp, and squid powder), and chemical (DMPT, nucleotides, and amino acids) attractants were put into the maze, and the times of fish entering the experimental area and the control area within 30min were recorded. [Findings] The attractants induction effect for *C. idella* was ranked as follows: nucleotide-licorice> clove-allicin-licorice> nucleotide> nucleotide-earthworm powder> squid powder> earthworm powder> amino acid> DMPT; the attractants induction effect for *C. auratus* was ranked as follows: vanilla> vanilla-dried tangerine peel-allicin> amino acid-nucleotides-DMPT> vanilla-amino acids-earthworm powder> amino acids> vanilla-amino acid> vanilla-earthworm powder; the attractants induction effect for *C. argus* was ranked as follows: earthworm powder-fish dissolving pulp-squid powder> fish dissolving pulp-earthworm powder> earthworm powder> fish dissolving pulp> fish dissolving pulp -DMPT> DMPT> squid powder> allicin-DMPT-fish dissolving pulp. [Conclusions] The most effective single attractant for *C. idella*, *C. auratus*, and *C. argus* was nucleotide, vanilla and fish dissolving pulp, respectively; the most effective compound attractants for *C. idella*, *C. auratus*, and *C. argus* were nucleotide-licorice, vanilla-tangerine-allicin, earthworm powder-fish dissolving pulp-squid powder, respectively.

Keywords: feeding attractants; *C. idella*; *C. auratus*; *C. argus*; attractants effect

(责任编辑 方 兴)