

不同诱食剂种类对管角螺幼螺摄食、生长的影响

周爽男, 杜学星, 彭瑞冰, 韩庆喜, 蒋霞敏*

(宁波大学 海洋学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 为探究管角螺幼螺配合饲料的高效诱食剂, 分别选取 7 种氨基酸、2 种含硫有机物和 2 种动物的提取物诱食剂添加至基础饲料中, 对壳高(2.10 ± 0.25)cm、体重(1.05 ± 0.25)g 管角螺幼螺进行为期 100 d 的不同诱食剂投喂效果实验。结果显示: 7 种氨基酸中, 以甘氨酸添加量为 0.2% 时的摄食率和增重率最大; 含硫有机物类诱食剂中, 大蒜素以添加量 0.15% 的效果较佳, 甜菜碱以添加量 0.6% 的效果较佳; 动物提取物类诱食剂中, 菲律宾蛤仔汁和缢蛏汁添加量均以 0.4% 时效果最好。11 种诱食剂中, 以缢蛏汁添加效果最佳, 且原料来源广、制作方便, 成本低, 可大力推广。

关键词: 管角螺; 诱食剂; 摄食率; 增重率

中图分类号: S968

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2017) 06-0042-06

诱食剂主要是促进摄食的添加剂, 为非营养物质, 具有改善饲料适口性, 增强动物食欲, 提高饲料转化率, 减轻水质污染和降低成本的作用^[1]。近年来, 养殖模式由传统放养模式转变为高密度养殖, 养殖过程中投喂过多的天然新鲜饵料易造成水质污染和引起病害传播, 这就对配合饲料的需求大幅度提高, 饲料对水产动物适口性要求也越来越严格, 所以在水产动物配合饲料中要添加不同水产所喜爱的添加剂及诱食剂。国外对于水产动物诱食剂的研究和开发起步较早, 已形成了一套成熟的研究方法^[2]。我国在此方面起步较晚, 但经过几十年发展, 某些水产品种饲料诱食剂的品质和产量达到了世界领先水平^[3], 尤其是在罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)^[4]、史氏鲟(*Acipenser schrenckii*)^[5]、中华鳖(*Pelodisossinensis*)^[6]、暗纹东方鲀(*Takifugu obscurus*)^[7]等价格较高的水产品上已取得突破。对真鲷(*Chrysophrys major*)^[8]、凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)^[9]等一些广泛养殖品种的饲料诱食剂研究也在全面开展, 但对于一些特殊水产动物的诱食剂研究还有待深入。

管角螺(*Hemifusus tuba* Gmelin)俗称角螺、响

螺, 为浅海较大型经济腹足类^[10-11], 其肉质鲜美、营养丰富, 是一种名贵佳肴。近年来随着野生资源过度捕捞, 市场供不应求。虽然目前管角螺的人工育苗^[12-13]、养殖技术^[14-16]和遗传学研究^[17-18]已经取得成功, 但其饵料仍以冰鲜饵料为主, 不仅养殖成本较高, 还受季节和禁渔期等影响, 造成饵料供不应求。而采用配合饲料投喂管角螺, 效果不理想, 主要原因是管角螺对配合饲料难得问津, 很少摄食, 所以尽快研制出一种管角螺配合饲料的诱食剂, 是解决配合饲料养殖管角螺的有效途径。本文选取 11 种单诱食剂添加到基础配合饲料中, 研究对管角螺幼螺摄食率和增重率的影响, 旨在为管角螺配合饲料诱食剂的选择和研制提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验饲料与基础配方

以进口白鱼粉、国产红鱼粉、去皮豆粕和去皮花生粕为蛋白源, 混合油(鱼油:豆油=1:1)为脂肪源, 基础设计配方及营养成分见表 1 和表 2。试验饲料制作中, 先将各种饲料原料粉碎过 100 目筛网, 再按配方比例准确称量各种原料及一定含量的诱食

收稿日期: 2017-05-10。

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journal.g.nbu.edu.cn/>

基金项目: 国家科技部星火计划 (2015GA701040); 浙江省大学生科技成果推广项目 (013450932)。

第一作者: 周爽男 (1993-), 男, 浙江宁波人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 水产养殖。E-mail: 575152485@qq.com

*通信作者: 蒋霞敏 (1957-), 女, 浙江舟山人, 教授, 主要研究方向: 水产养殖与饵料生物培养。E-mail: jiangxiamin@nbu.edu.cn

剂,均匀混合,加入混合油,然后再次均匀混合,加入事先熬制明胶,加水(饲料干粉:水=2:1),反复揉捏成面团装,用手动绞肉机,挤压制作成直径为2 mm的长条,60℃烘干,破碎成粒径为10~15 mm的饲料,放入保鲜袋中,于4℃冰箱中保存待用。

表1 试验饲料基础组成(干物质基础)

成分	质量百分数/%
去皮豆粕	7.5
去皮花生粕	2
国产鱼粉	29
进口白鱼粉	29
α -淀粉	10
维生素预混料	1
矿物质预混料	0.5
混合油(豆油 1:鱼油 1)	4
糊精	10
明胶	7

表2 试验饲料营养成分(干物质基础)

营养成分	质量百分数/%
粗蛋白	47
粗脂肪	7
粗灰分	9.96
水分	8.56

1.2 试验设计

1.2.1 氨基酸类诱食剂试验

选取7种氨基酸(谷氨酸、亮氨酸、酪氨酸、丙氨酸、甘氨酸、脯氨酸、精氨酸),各设置4个不同添加量:0.1%、0.2%、0.3%、0.4%,分别添加于饲料基础配方中,进行不同氨基酸诱食剂试验。试验在宁波市象山县周家村育苗厂进行。试验容器为泡沫箱(58.0 cm×31.5 cm×44.5 cm),培养水体高(15±1)cm,所用海水经沙滤处理,水温(26.7±1.5)℃,盐度20.5±2.5。随机选取壳高(2.10±0.25)cm,体重(1.05±0.25)g的管角螺,每个泡沫箱放30只,各设3平行,日投饵量为总体重的6%,日投喂2次(6:00、17:00),投饵后6 h捞取残饵,烘干并称重,隔天换水1次,换水量100%。隔10 d测量壳高和体重,24 h连续充气,试验持续时间100 d。

1.2.2 含硫有机物类诱食剂试验

选取甜菜碱和大蒜素进行不同含硫有机物诱食剂试验,甜菜碱设置4个不同添加量:0.2%、

0.4%、0.6%、0.8%,大蒜素也设置4个不同添加量:0.05%、0.1%、0.15%、0.2%,其他条件同1.2.1。

1.2.3 动物的提取物诱食剂试验

选取缢蛏汁和菲律宾蛤仔汁进行不同动物提取物诱食剂试验,设置缢蛏汁和菲律宾蛤仔汁4个不同添加量:0.1%、0.2%、0.3%、0.4%,其他条件同1.2.1。

缢蛏汁和菲律宾蛤仔汁制备方法:农贸市场购自活的缢蛏和菲律宾蛤仔,去壳取肉,加淡水,添加比例为1:5,用组织捣碎机打碎,用120目的筛绢网过滤得到浸出液,储存冰箱-4℃备用。

1.3 生长指标

摄食率(R_{FD})、增重率(R_{WGR})计算方法如下:

$$\text{摄食率}(\text{mg}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{ind}^{-1}) R_{FD} = \Sigma(W_{fd} / N) / t,$$

$$\text{增重率}(\%) R_{WGR} = (M_2 - M_1) / M_1 \times 100\%,$$

式中, W_{fd} 为总摄食量; N 为每泡沫箱养殖管角螺的数量; t 为试验时间,d; M_2 为试验结束时螺的体重,g; M_1 为开始试验时螺的体重,g。

1.4 统计分析

数据以“平均值±标准差”表示,经Excel 2003整理后,用SPSS 17.0对数据进行单因素方差分析(One-way ANOVA),用Duncan氏法进行多重比较,分析组间差异显著性程度,显著水平 $P<0.05$ 。

2 结果

2.1 氨基酸类诱食剂试验

从表3可见,添加氨基酸诱食剂对管角螺摄食有一定促进作用。随添加量增加,摄食率也增加;添加量达0.2%后,随添加量增加,摄食率降低。甘氨酸添加量为0.2%时,摄食率为 $20.33 \text{ mg}\cdot(\text{d}\cdot\text{ind})^{-1}$,并与其他甘氨酸添加量组有显著性差异($P<0.05$);与其他氨基酸类诱食剂最佳添加量相比也是最高。7种氨基酸较佳添加量时的摄食率大小为:甘氨酸($20.33 \text{ mg}\cdot(\text{d}\cdot\text{ind})^{-1}$)>丙氨酸($19.57 \text{ mg}\cdot(\text{d}\cdot\text{ind})^{-1}$)>脯氨酸($17.22 \text{ mg}\cdot(\text{d}\cdot\text{ind})^{-1}$)>精氨酸($16.78 \text{ mg}\cdot(\text{d}\cdot\text{ind})^{-1}$)>亮氨酸($16.16 \text{ mg}\cdot(\text{d}\cdot\text{ind})^{-1}$)>酪氨酸($15.74 \text{ mg}\cdot(\text{d}\cdot\text{ind})^{-1}$)=谷氨酸($15.74 \text{ mg}\cdot(\text{d}\cdot\text{ind})^{-1}$)。每组较佳添加量与对照组都有显著性差异($P<0.05$)。

从表4可见,添加氨基酸诱食剂对管角螺增重有一定的促进作用。随着添加量的增加,增重率也随着增加;添加量达到0.2%后,随着添加量的增加,

表3 不同种类氨基酸诱食剂对管角螺摄食率的影响

mg·(d·ind)⁻¹

添加量/%	丙氨酸	甘氨酸	脯氨酸	精氨酸	酪氨酸	谷氨酸	亮氨酸
0	12.00±0.33 ^a	12.00±0.33 ^a	12.00±0.33 ^a	12.00±0.33 ^a	12.00±0.33 ^a	12.00±0.33 ^a	12.00±0.33 ^a
0.1	15.22±1.57 ^b	14.67±0.88 ^b	13.78±1.17 ^b	13.11±0.51 ^{ab}	12.59±0.20 ^a	13.16±0.64 ^{ab}	12.65±0.02 ^a
0.2	19.57±0.46 ^c	20.33±1.85 ^c	17.22±1.01 ^c	16.78±0.51 ^c	15.74±0.94 ^b	15.74±1.48 ^c	16.16±0.05 ^b
0.3	16.56±1.07 ^b	17.33±0.33 ^d	16.22±0.84 ^{cd}	15.00±1.20 ^d	14.78±0.26 ^b	14.31±1.44 ^{bc}	15.03±1.77 ^b
0.4	14.89±1.35 ^b	14.11±0.51 ^b	15.67±0.58 ^d	14.33±0.58 ^{bd}	12.75±0.05 ^a	13.16±1.73 ^{ab}	12.58±0.14 ^a

注: 同列数据的上标不同字母代表差异显著($P<0.05$), 下表同。

表4 不同种类氨基酸诱食剂对管角螺增重率的影响

%

添加量/%	丙氨酸	甘氨酸	脯氨酸	精氨酸	酪氨酸	谷氨酸	亮氨酸
0	134.08±1.63 ^a	134.08±1.63 ^a	134.08±1.63 ^a	134.08±1.63 ^a	134.08±1.63 ^a	134.08±1.63 ^a	134.08±1.63 ^a
0.1	141.79±0.27 ^b	142.45±1.39 ^{bc}	138.01±3.37 ^a	136.27±2.37 ^{ab}	135.61±0.59 ^{ab}	138.89±2.15 ^a	135.72±0.59 ^a
0.2	150.75±3.24 ^c	154.47±1.03 ^d	146.80±1.74 ^b	148.20±1.33 ^c	145.56±1.65 ^c	143.76±4.72 ^b	144.52±1.65 ^b
0.3	146.38±3.52 ^{bc}	148.29±2.21 ^b	144.54±3.32 ^b	142.12±4.56 ^b	142.34±2.27 ^c	141.37±2.76 ^{ab}	142.38±2.27 ^c
0.4	142.31±4.21 ^b	140.62±5.12 ^{ac}	143.99±1.23 ^b	141.17±2.01 ^b	137.19±0.36 ^b	135.47±1.39 ^a	138.94±0.36 ^d

增重率降低。甘氨酸添加量为 0.2% 时增重率为 154.47%, 并与其他甘氨酸添加量组有显著性差异($P<0.05$); 与其他氨基酸类诱食剂最佳添加量相比也是最高的。7 种氨基酸较佳添加量时的增重率大小为: 甘氨酸(154.47%)>丙氨酸(150.75%)>精氨酸(148.20%)>脯氨酸(146.80%)>酪氨酸(145.56%)>亮氨酸(144.52%)>谷氨酸(143.76%)。每组较佳添加量与对照组都有显著性差异($P<0.05$)。

2.2 含硫有机物类诱食剂试验

从图 1 和图 2 中可见, 添加大蒜素各组的管角螺摄食率显著高于对照组($P<0.05$), 增重率除了 0.05% 组外, 其他组都显著高于对照组($P<0.05$), 大蒜素添加量摄食效果按优劣排序为: 0.15% 组>0.2% 组>0.1% 组>0.05% 组>对照组。大蒜素添加量增重率按优劣排序为: 0.15% 组>0.2% 组=0.1% 组>0.05% 组=对照组。

从图 3 和图 4 中可见, 添加甜菜碱诱食剂组与没有添加任何诱食剂对照组的摄食率、增重率都有显著差异($P<0.05$), 以添加 0.6% 甜菜碱组效果最佳, 摄食率($19.43 \text{ mg} \cdot (\text{d} \cdot \text{ind})^{-1}$)和增重率(152.83%)显著高于其他组($P<0.05$)。摄食效果按优劣排序为: 0.6% 组>0.8% 组≥0.4% 组≥0.2% 组>对照组。增重效果按优劣排序为: 0.6% 组>0.8% 组>0.4% 组=0.2% 组>对照组。

2.3 动物提取物类诱食剂试验

从图 5 和图 6 中可以看出, 随着缢蛏汁和菲律

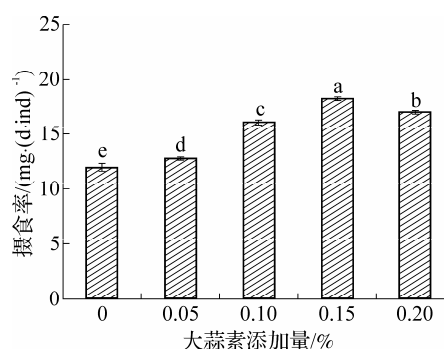


图1 添加大蒜素诱食剂对管角螺幼螺摄食的影响

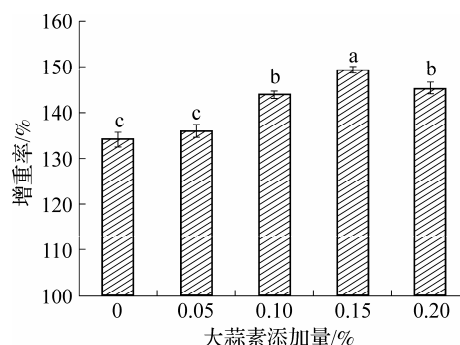


图2 添加大蒜素诱食剂对管角螺幼螺增重的影响

宾蛤仔汁添加量的增加, 管角螺的摄食率、增重率也随着增加; 添加量 0.1% 组与对照组的摄食率和增重率都无显著差异($P>0.05$), 但添加量从 0.2% 到 0.4% 组与对照组的摄食率和增重率都有显著差异($P<0.05$)。缢蛏汁和菲律宾蛤仔汁添加量均为 0.4% 时效果最佳, 摄食率、增重率均达最高, 且添加缢蛏汁组效果更好。

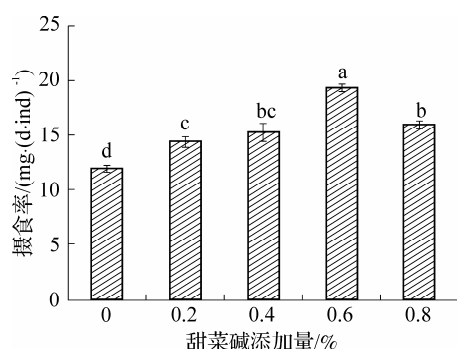


图 3 添加甜菜碱诱食剂对管角螺幼螺摄食的影响

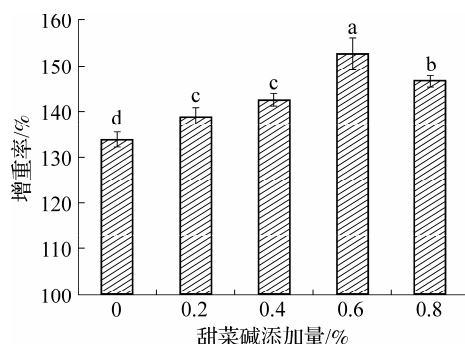


图 4 添加甜菜碱诱食剂对管角螺幼螺增重的影响

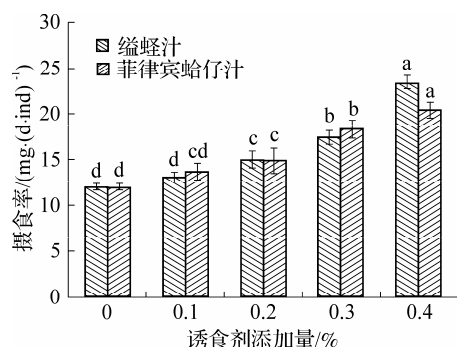


图 5 添加缢蛏汁和菲律宾蛤仔汁诱食剂对管角螺幼螺摄食的影响

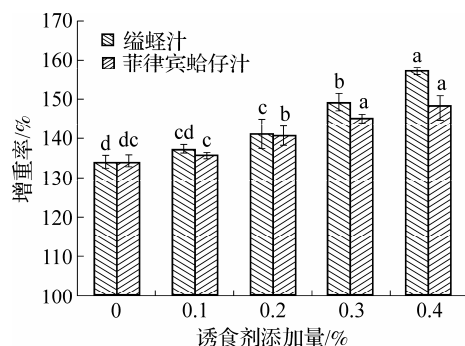
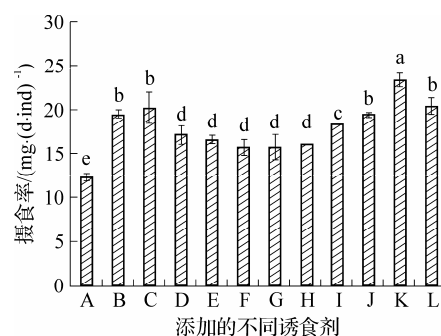


图 6 添加缢蛏汁和菲律宾蛤仔汁诱食剂对管角螺幼螺增重的影响

2.4 11 种诱食剂效果比较

根据诱食剂种类与添加量的单因子试验筛选

结果, 对 11 种诱食剂(丙氨酸、甘氨酸、脯氨酸、精氨酸、谷氨酸、亮氨酸、酪氨酸、大蒜素、甜菜碱、缢蛏汁、菲律宾蛤仔汁)筛选出较佳添加量(0.2%、0.2%、0.2%、0.2%、0.2%、0.2%、0.2%、0.15%、0.6%、0.4%、0.4%)进行试验。结果添加 0.4% 缢蛏汁组摄食率最佳, 并与其他组有显著性差异($P < 0.05$); 其次分别为菲律宾蛤仔汁、甘氨酸、丙氨酸、甜菜碱。诱食剂(添加量)效果按优劣排序: 缢蛏汁(0.4%) > 菲律宾蛤仔汁(0.4%) = 甘氨酸(0.2%) = 丙氨酸(0.2%) = 甜菜碱(0.6%) > 大蒜素(0.15%) > 脯氨酸(0.2%) = 精氨酸(0.2%) = 谷氨酸(0.2%) = 亮氨酸(0.2%) = 酪氨酸(0.2%) > 对照(空白) (图 7)。



A: 对照; B: 丙氨酸; C: 甘氨酸; D: 脯氨酸; E: 精氨酸;
F: 酪氨酸; G: 谷氨酸; H: 亮氨酸; I: 大蒜素;
J: 甜菜碱; K: 缢蛏汁; L: 菲律宾蛤仔汁

图 7 11 种诱食剂较佳添加量对管角螺幼螺摄食的影响

3 讨论

3.1 氨基酸类对管角螺幼螺的诱食效果

氨基酸是公认水产动物中最有效的诱食物质之一^[5], 而不同氨基酸对同一生物具有不同的诱食效果, 肉食性、杂食性鱼类对碱性、中性物质较敏感, 但草食性鱼类对酸性物质较敏感^[19-20]。如真鲷(*Chrysophrys major*)、条纹鲈(*Moroul satatilis*)^[21]和大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)^[22]对甘氨酸有很好的反应, 而丙氨酸对红鳍东方鲀(*Fugu rubripes*)的诱食效果最佳^[21]。和以上鱼类相似, 管角螺为舔舐肉食性水产动物, 试验中碱性氨基酸精氨酸、中性氨基酸丙氨酸、甘氨酸、脯氨酸诱食效果明显好于酸性氨基酸谷氨酸。且不同风味的诱食剂也对管角螺表现出不同诱食效果, 甘氨酸、脯氨酸、丙氨酸表现甜味, 精氨酸、亮氨酸表现为微苦味, 而酪氨酸、谷氨酸表现为淡味, 本实验中甜味诱食剂的诱食效果要优于微苦味和淡味诱食剂。表明管

角螺喜欢碱性、中性、甜味的诱食剂。同种氨基酸的不同添加量对同一水产动物的诱导摄食也是不一样的。潘训彬等^[5]研究表明,同种氨基酸添加量为 $10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时对史氏鲟具有显著的诱食活性,而添加量为 $10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时则会抑制史氏鲟的诱食活性。杨学华^[23]研究得到同种氨基酸不同添加含量对中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)摄食配合饲料的诱导有不同的作用,在 0.1%~0.2%时的诱导效果明显,而添加 0.5%时诱食效果降低。白东清等^[24]研究表明,各种氨基酸的添加量为 3%~4%时对丁鳊(*Tinca tinca*)的诱食效果最佳,其他添加量效果不明显。本实验也得到相似结果,随着氨基酸添加量的增加,管角螺摄食率和增长率先增加后减小,至添加量为 0.2%时达到峰值,说明添加氨基酸不仅有诱食的效果,还会有抑制现象^[25]。

3.2 含硫有机物对管角螺幼螺的诱食效果

甜菜碱作为一种新型促生长添加剂,被广泛应用于水产养殖中。张文超等^[26]研究得到随着甜菜碱添加量的增加,军曹鱼(*Rachycentron canadum*)的增重率和特定生长率先增加后减小。冯家斌等^[27]也报道,饲料中随着甜菜碱含量的增加,黄鳝(*Monopterus albus*)的成活率和增重率先增加后减小,添加量为 1%时达到峰值。本实验也有类似的结果,当甜菜碱添加量为 0.6%时诱食效果最佳,添加水平再增加时则出现抑制,表明 0.6%的甜菜碱添加量已经可以满足管角螺的摄食生长需求。

大蒜素是多种烯丙基有机硫化物的复合物,因其含硫的挥发性低分子有机物而具有特殊气味,能刺激水生生物嗅觉吸引采食。本实验中大蒜素对管角螺具有明显诱食作用,和甜菜碱一样,随添加量增加,摄食率和增重率先增加后减小,至添加量为 0.15%时达到峰值,表明 0.15%大蒜素为较适宜的添加量,这与大蒜素对淡水白鲢(*Colossoma brachypomun*)生长、存活作用效果相似^[28]。

3.3 动物提取物对管角螺幼螺的诱食

一些动物的某些成分对水产动物也具有诱食作用,如枝角类、鱼虾贝类、蚕蛹等及其内脏提取物对水产动物都有强烈的诱食活性^[23]。许多研究证明,动物性提取物诱食剂往往优于氨基酸和其他种类的诱食剂,四角蛤蜊(*Macra veneriformis*)提取物对泥鳅表现出较强的诱食促长作用,诱食

效果明显优于组氨酸、甘氨酸和谷氨酸,主要因四角蛤蜊提取物中含有较多的游离氨基酸^[29]。常亚青等^[30]进行 10 种诱食剂对红鳍东方鲀诱食实验时也得到菲律宾蛤仔汁的诱食效果要好于其他氨基酸和甜菜碱。本实验得到相似结果,所选取的 2 种动物提取物诱食效果要优于氨基酸类,这主要是管角螺为肉食性动物,喜爱摄食鲜活的饵料,添加此 2 种动物提取物到配合饲料中,能使配合饲料散发出与鲜活饵料所具有的味道,来刺激管角螺进行摄食,而添加单一的氨基酸只能形成单一的刺激,很难与动物提取物(动物提取物中富含多种氨基酸混合物,能够形成多种诱食刺激)相比。且缢蛏汁的效果优于菲律宾蛤仔汁,表明缢蛏汁对管角螺具有更强的诱食作用。

4 结论

目前管角螺的人工育苗和养殖中大都采用活贝或冰鲜小杂鱼,不仅成本较高,还容易污染水质,造成资源浪费,而对配合饲料管角螺食欲不旺盛。通过本实验发现了一种优异的诱食剂,缢蛏来源广泛,价格便宜,营养丰富,便于储存与运输,作为诱食剂添加到配合饲料时制作方便,在今后管角螺的养殖过程中可以大力推广。

参考文献:

- [1] 罗实亚. 诱食剂在水产养殖中的应用研究进展[J]. 贵州农业科学, 2012, 40(9):183-185.
- [2] 李柯懋. 水产动物诱食剂的研究进展[J]. 中国水产, 2005(8):57-58.
- [3] 林建斌. 我国水产动物营养与饲料的研究进展[J]. 饲料与畜牧(新饲料), 2012, 6(4):27-32.
- [4] 叶陈静, 杨霞, 沈小燕, 等. 五种诱食剂对罗氏沼虾生长性能及消化酶活性的影响[J]. 湖州师范学院学报, 2016, 38(8):75-80.
- [5] 潘训彬, 苗玉涛. 六种单体氨基酸对史氏鲟幼鱼的诱食活性的影响[J]. 饲料工业, 2016, 37(18):21-23.
- [6] 潘训彬, 冼健安, 寇红岩, 等. 饲料中添加牛磺酸对中华鳖摄食和生长的影响[J]. 现代农业科技, 2014(16):247-249.
- [7] 秦巍仑, 秦桂祥, 谢德友, 等. 不同诱食剂对暗纹东方鲀鱼种诱食效果的比较[J]. 水产养殖, 2013, 34(4):4-7.
- [8] 胡水鑫, 王骥腾, 韩涛, 等. 不同氨基酸组合对真鲷(*Chrysophrys major*)诱食效果的研究[J]. 饲料工业, 2011, 32(12):18-20.

- [9] 胡俊茹, 曹俊明, 黄燕华, 等. 几种诱食剂对凡纳滨对虾生长、血清生化指标和肝胰腺消化酶的影响[J]. 淡水渔业, 2010, 40(2):30-35.
- [10] 杨泽琴, 李荣华, 母昌考, 等. 管角螺受精过程的荧光显微观察及保育卵形成分析[J]. 水产学报, 2016, 40(11):1674-1682.
- [11] 张玺, 齐钟彦. 中国经济动物志[M]. 北京: 科学出版社, 1962:60-61.
- [12] 阮鹏, 蒋霞敏, 彭瑞冰, 等. 管角螺规模化人工育苗技术研究[J]. 宁波大学学报(理工版), 2015, 28(4):11-15.
- [13] 张林林, 母昌考, 李荣华, 等. 管角螺育苗及种螺物质代谢规律研究[J]. 生态科学, 2012, 31(5):525-529.
- [14] 罗杰, 刘皓, 李锋, 等. 滩涂围网、网箱及水泥池养殖管角螺的比较[J]. 水产养殖, 2016, 37(12):1-6.
- [15] 张维. 管角螺自然海区养殖技术的研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2013.
- [16] 王兵兵, 王梅芳, 李双波, 等. 管角螺幼螺网笼吊养技术初探[J]. 热带生物学报, 2012, 3(1):83-87.
- [17] 吴蕾. 采用微卫星标记与克隆 16S rRNA 基因方法分析管角螺不同种群遗传多样性[D]. 宁波: 宁波大学, 2014.
- [18] 潘英, 慕翠敏, 李琪, 等. 管角螺遗传多样性的 AFLP 分析[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2013, 43(4):58-62.
- [19] REIG L, GINOVART M, FLOS R, et al. Modification of the feeding behaviour of sole (*Solea solea*) through the addition of a commercial flavour as an alternative to betaine[J]. Aquatic Living Resources, 2003, 16(4):370-379.
- [20] 邱小琼, 赵红雪, 魏智清. 牛磺酸对鲤鱼诱食活性的初步研究[J]. 河北渔业, 2006(8):10-11; 21.
- [21] 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, 2000, 7(1):60-63.
- [22] 关洪斌, 李宁, 薛佳莹, 等. 氨基酸强化饵料对大鲢诱食活性的研究[J]. 氨基酸和生物资源, 2009, 31(3):25-29.
- [23] 杨学华. 河蟹饲料用新型诱食剂的比较研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2009.
- [24] 白东清, 郭永军, 朱国霞, 等. 氨基酸对丁鲷诱食效果的初步研究[J]. 科技创新导报, 2009, 118(29):85-85.
- [25] 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.
- [26] 张文超, 梁桂英, 阳会军, 等. 饲料中添加甜菜碱对军曹鱼生长、体营养成分和血清生化指标的影响[J]. 南方水产科学, 2012, 8(3):1-9.
- [27] 冯家斌, 阮国良, 杨代勤. 不同剂量甜菜碱对黄鳝存活、生长和免疫能力的影响[J]. 饲料工业, 2006, 27(14):27-28.
- [28] 向泉, 刘长忠, 周兴华. 大蒜素对淡水白鲢生长影响的研究[J]. 水产科技情报, 2002(5):35-39.
- [29] 周向红, 臧玉波, 易乐飞. 不同诱食剂对泥鳅诱食活性的研究[J]. 北京水产, 2005(3):32-34.
- [30] 常亚青, 于宏, 梁萌青, 等. 几种摄饵促进物质对红鳍东方鲀诱食活性的研究[J]. 大连海洋大学学报, 2001, 16(1):8-11.

Different attractants on feeding and growth of juvenile snail of *Hemifusus tuba* Gmelin

ZHOU Shuang-nan, DU Xue-xing, PENG Rui-bing, HAN Qing-xi, JIANG Xia-min*

(School of Marine Sciences, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: The current study was aimed to explore the best attractant of combinative feed for juvenile snail of *Hemifusus tuba* Gmelin. We selected the *Hemifusus tuba* of (2.10±0.25) cm height and (1.05±0.25) g weight to conduct a 100-day feeding experiment with different attractants which included 7 amino acids attractants, 2 organic attractants containing sulfur and 2 animal extract attractants. The condition with 7 amino acids attractants and 0.2% additive amount of glycine produced the highest feeding rate and weight gain rate of snails. The Condition with organic attractants, 0.15% addition of accicin and 0.6% betaine containing sulfur produced the highest feeding rate and weight gain rate of snails. For both animal extract attractants, the juvenile snails can gain its highest feeding rate and weight gain rate at concentration of 0.4%. Among 11 attractants, the Sinonovacula juice was the optimum attractant. This method has great practical potential, due to its wide material source, convenient production and low cost.

Key words: *Hemifusus tuba* Gmelin; attractant; feeding rate; weight gainrate

(责任编辑 章践立)