

王建国,熊良伟,陶桂庆,等. 不同体质量宽体金线蛭对饵料螺的摄食规律及生长特性[J]. 江苏农业科学,2018,46(18):168-171.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.18.042

不同体质量宽体金线蛭对饵料螺的摄食规律及生长特性

王建国¹,熊良伟¹,陶桂庆²,王 叔¹,牛 超¹,宋欣芮¹,杨 林³,侯 君⁴

(1. 江苏农牧科技职业学院水产科技系,江苏泰州 225300; 2. 江苏省靖江市农业委员会水产技术指导站,江苏泰州 214500;

3. 江苏省泰州市万利水产养殖有限公司,江苏泰州 225300; 4. 江苏省靖江市明星水蛭科技有限公司,江苏泰州 214500)

摘要:将体质量为 0.02~6.00 g 的宽体金线蛭分别单独放入圆柱形的饲养杯中,投喂 0.02~3.00 g 的方形环棱螺,连续观测其摄食螺蛭的特征和生长规律。结果显示,摄食时对螺蛭大小表现出一定的选择性,体质量越大,对螺蛭大小的选择范围越大,但会优先摄食较小的个体。摄食量会随着体质量增加而增加,但摄食率逐渐减少,约 0.02 g 的幼苗摄食量达到其质量的 8 倍以上,约 0.50 g 的苗种摄食量和其质量相当,1.00 g 以上时摄食量约为其质量的 23%。摄食螺蛭后,增质量率和饵料系数呈现出随苗体质量增大逐渐变小的规律,约 0.02 g 的幼苗增质量率为 (69.70 ± 37.50)% ,2.00 g 以上平均增质量率为 (25.30 ± 13.30)% ;约 0.02 g 的幼苗饵料系数为 10.94 ± 3.39、0.10~3.00 g 为 2.80 ± 2.09、3.00 g 以上组为 1.20 ± 0.83。结果表明,宽体金线蛭苗种对质量较小的幼螺具有选择性偏好,初期幼苗摄食量大,投饵量要达到体质量的 11 倍以上才能满足需要。

关键词:宽体金线蛭;螺蛭;摄食;生长;特征;生长规律;增质量率;饵料系数

中图分类号: Q959.194 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)18-0168-04

宽体金线蛭 (*Whitmania pigra* Whitman) 别称蚂蟥、水蛭,为环节动物门蛭纲蛭目水蛭科^[1]。宽体金线蛭被腌渍或晾晒干后制成中药产品^[2],具有抗凝血作用,对淤血、高血压、冠心病和肿瘤等疾病有较好疗效^[3],还被用于制作化妆品、保健品。水蛭产品的市场供应主要来源于野外捕捞,因需求量大,资源逐渐减少,价格逐渐上涨,我国有部分地区开始进行了人工养殖^[4]。

宽体金线蛭繁殖和养殖有较多研究,饵料是动物养殖的

基础,宽体金线蛭人工养殖主要投喂活体螺类^[5]。王宣朋等比较了宽体金线蛭仔蛭饵料发现,投喂轮虫和圆田螺组的仔蛭生长速度最快、存活率最高,投喂蛋黄组的仔蛭存活率最低、生长速度最慢^[6]。林小清等比较了螺蛭、河蚌和原生动物单独投喂以及螺蛭和原生动物混合投喂,发现螺蛭是宽体金线蛭的主要饵料^[7]。宽体金线蛭苗种对饵料螺类的摄食规律,如摄食螺类规格、摄食量、饵料系数等均未见报道。因此,本研究旨在弄清宽体金线蛭不同阶段苗种摄食时对饵料螺类个体大小的选择、摄食量、增质量率、饵料系数等摄食规律及生长规律,为宽体金线蛭人工养殖提供理论基础参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用宽体金线蛭为江苏省泰州地区野外河道和池塘采集的亲本[体质量(21.32 ± 3.55) g]所产卵茧孵化所得的苗

收稿日期:2017-03-29

基金项目:江苏省泰州市农业科技支撑计划(编号:TN201604);江苏省渔业三新工程项目(编号:Y2016-30)。

作者简介:王建国(1983—),男,四川广元人,硕士,讲师,从事特种水生动物增养殖研究。E-mail:j.g.wang@163.com。

通信作者:熊良伟,博士,副教授,从事水生动物遗传育种研究。E-mail:xlwei2002@163.com。

polymorphic microsatellite markers for a new labeonine fish (*Paraqianlabeo lineatus* Zhao et al. 2014) using illumina paired-end sequencing[J]. Journal of Applied Ichthyology, 2016, 32(1): 126-128.

[13] 曲鲁江,李显耀,杜志强,等. 微卫星 PCR 产物变性与非变性 PAGE-银染检测方法的比较[J]. 遗传, 2004, 26(4): 522-524.

[14] Glaubitz J C. CONVERT: a user-friendly program to reformat diploid genotypic data for commonly used population genetic software packages[J]. Molecular Ecology Notes, 2004, 4(2): 309-310.

[15] Tóth G, Gáspári Z, Jurka J. Microsatellites in different eukaryotic genomes: survey and analysis[J]. Genome Research, 2000, 10(7): 967-981.

[16] Xu P, Zhang X F, Wang X M, et al. Genome sequence and genetic

diversity of the common carp, *Cyprinus carpio* [J]. Nature Genetics, 2014, 46(11): 1212-1219.

[17] Wang Y P, Lu Y, Zhang Y, et al. The draft genome of the grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) provides insights into its evolution and vegetarian adaptation[J]. Nature Genetics, 2015, 47(6): 625-631.

[18] Yang J X, Chen X L, Bai J, et al. The *sinocyclocheilus* cavefish genome provides insights into cave adaptation[J]. BMC Biology, 2016, 14(1): 1-13.

[19] 鲁翠云,毛瑞鑫,李 鸥,等. 鲤鱼三,四核苷酸重复微卫星座位的筛选及特征分析[J]. 农业生物技术学报, 2009, 17(6): 979-987.

[20] 郭宝英,谢从新,祁鹏志,等. 黑斑原鲤微卫星 DNA 富集文库构建与鉴定[J]. 水生生物学报, 2011, 35(6): 908-912.

种。2016 年 5 月 25 日部分卵茧开始孵化出幼体水蛭,6 月 15 日最后 1 批水蛭孵化完成,几批初孵幼体体质量平均为 (0.02 ± 0.01) g。

饵料为本地捕获野生螺类,主要种类为方形环棱螺 (*Bellamya quadrata*),别称螺蛳。2016 年 4 月 18 日从池塘中捕获野生螺蛳,运回实验室,置于 $100\text{ cm} \times 40\text{ cm} \times 50\text{ cm}$ 的水族箱中,水深 45 cm。采螺蛳前 5 d,水族箱中加入自来水,用充气泵连续曝气,螺蛳运回后直接投放于水族箱,并投放蛋白核小球藻饲喂。饲养螺蛳和水蛭的试验用水均为 5 d 充分曝气后的自来水, pH 值为 7.8,硬度以 CaCO_3 计为 120 mg/L ,试验水温 $(24.8 \pm 2.6)^\circ\text{C}$ 。

螺蛳饲养于水族箱,分批不断产出小仔螺,仔螺摄食藻类后不断生长,饲养 4 月 18 日至 5 月 25 日,饲养缸中存在大量体质量为 $0.02 \sim 3.00\text{ g}$ 的饵料螺蛳,用于水蛭幼苗摄食试验。随机从螺蛳饲养缸中选出 200 粒体质量不同的螺蛳,测量其螺蛳宽度 (mm) 和对应的体质量 (g),并去掉螺肉,吸干水分,测量螺蛳壳质量,建立活体质量与宽的线性关系,为 $y = 0.0004x^{2.8498}$, $r^2 = 0.9645$,用于测量螺宽后计算水蛭摄食螺蛳的质量。将螺蛳按螺宽约分成 4 级,分别是:4~8 mm 为小号,8~12 mm 为中小号,12~15 mm 为中号,15 mm 以上为大号。

1.2 试验方法

将随机挑选出的水蛭试验个体称质量后放入直径 150 mm、深度 100 mm 的圆柱形玻璃杯中,加水 1 L,杯口用 100 目筛绢封口,用橡皮筋匝紧,防逃,用于试验。每个容器中投放 1 条水蛭,共做 50 个样。在每个水蛭饲养杯中同时投入 4 级螺蛳供水蛭摄食,其中小号螺蛳投放 20 粒,中小号投放 15 粒,中号投放 10 粒,大号投放 5 粒。每 2 d 检查 1 次摄食情况,将吃过的螺壳进行清点,并用镊子小心取出,用游标卡尺测量其壳宽,做好记录,然后补充相同数量同组螺蛳。每 2 d 用分析天平 (上海分析天平厂) 测量 1 次水蛭的体质量,每天根据试验杯中水质情况适当换水,试验共测量 36 d 的数据。

最后按体质量大小将水蛭分成不同生长阶段组,试验中水蛭体质量最大个体长至 6.00 g ,体质量分布在 $0.02 \sim 6.00\text{ g}$ 。分为 13 个体质量组,分别为 $0.00 \sim 0.02\text{ g}$ 组、 $0.02 \sim 0.05\text{ g}$ 组、 $0.05 \sim 0.10\text{ g}$ 组、 $0.10 \sim 0.20\text{ g}$ 组、 $0.20 \sim 0.30\text{ g}$ 组、 $0.30 \sim 0.40\text{ g}$ 组、 $0.40 \sim 0.50\text{ g}$ 组、 $0.50 \sim 0.60\text{ g}$ 组、 $0.60 \sim 1.00\text{ g}$ 组、 $1.00 \sim 2.00\text{ g}$ 组、 $2.00 \sim 3.00\text{ g}$ 组、 $3.00 \sim 4.00\text{ g}$ 组、 $>4.00\text{ g}$ 组。

摄食指标计算方法:

摄食量 (F) = 2 d 内被摄食螺蛳质量之和;

摄食率 = $F/m_1 \times 100\%$;

生长性能各指标参照文献[5]公式计算,略有改动:

增重率 = $(m_2 - m_1)/m_1 \times 100\%$;

饵料系数 = $F/(m_2 - m_1) \times 100\%$;

式中: F 表示摄食量; m_1 表示 t_1 d 体质量,g; m_2 表示 t_2 d 体质量,g。

1.3 数据统计和分析

所有数据采用 Excel 2007 进行计算,以“平均值 \pm 标准差”表示,经 SPSS 19.0 统计软件分析,ANOVA 和 Duncan 多

重比较进行各组之间平均值的差异显著性检验, $P < 0.05$ 为显著差异, $P > 0.05$ 为无显著差异,各组间差异的显著性采用字母表示。

2 试验结果与分析

2.1 不同质量组水蛭摄食螺蛳规格

不同体质量组水蛭摄食螺蛳情况,由图 1 可知,水蛭质量越大,摄食螺蛳个体的平均质量越大,摄食螺蛳规格谱越宽。约 0.02 g 的水蛭苗摄食的螺蛳平均体质量 $(0.04 \pm 0.02)\text{ g}$, $0.02 \sim 0.1\text{ g}$ 组摄食螺蛳的平均体质量为 $(0.05 \pm 0.03)\text{ g}$, $0.20 \sim 0.30\text{ g}$ 组摄食螺蛳平均体质量为 $(0.09 \pm 0.04)\text{ g}$,显著高于 0.10 g 以下的摄食规格 ($P < 0.05$)。 $1.00 \sim 2.00\text{ g}$ 组摄食螺蛳的平均质量为 $(0.15 \pm 0.07)\text{ g}$, $2.00 \sim 3.00\text{ g}$ 组摄食螺蛳平均体质量为 $(0.22 \pm 0.20)\text{ g}$, $0.20 \sim 3.00\text{ g}$ 各组摄食螺蛳规格差异不显著 ($P > 0.05$)。体质量为 3.00 g 以上水蛭组摄食螺蛳平均体质量为 $(0.41 \pm 0.35)\text{ g}$,显著高于 2.00 g 以下组 ($P < 0.05$),但与 $2.00 \sim 3.00\text{ g}$ 组差异不显著 ($P > 0.05$)。 0.10 g 以下水蛭摄食螺蛳质量谱为 $0.02 \sim 0.08\text{ g}$; $0.20 \sim 3.00\text{ g}$ 水蛭摄食螺蛳谱为 $0.03 \sim 0.32\text{ g}$; 3.00 g 以上组摄食螺蛳谱为 $0.05 \sim 1.21\text{ g}$ 。

研究中观察到质量较大的水蛭在摄食螺蛳时会优先摄食质量较小的螺蛳,质量越大对螺蛳的攻击能力越强,对大小螺蛳均能摄食,摄食谱较宽,但只有易捕食的小螺蛳量较少或捕食大螺蛳机会较好的情况下才会主动攻击质量大的螺蛳;质量小的水蛭攻击大螺蛳能力较差,会主动选择摄食小螺蛳而不摄食大螺蛳。

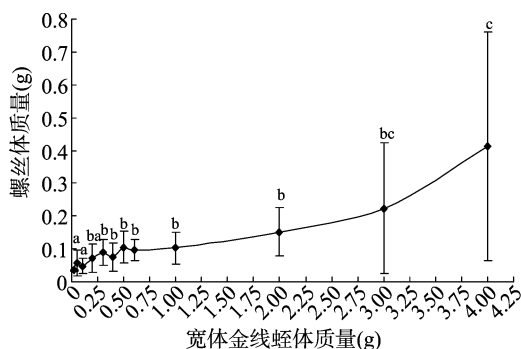


图1 不同质量组水蛭摄食螺蛳平均质量

2.2 不同质量组水蛭对螺蛳的摄食量和摄食率

不同体质量组水蛭摄食量见图 2,本试验所记录的摄食量和摄食率为水蛭苗连续 2 d 的情况。从总体来看,水蛭随着体质量的增大摄食量逐渐增加。体质量为 $0.02 \sim 0.30\text{ g}$ 的幼苗摄食量逐渐增大,但差异不显著 ($P > 0.05$),摄食量均在 0.20 g 左右。体质量 0.40 g 以上的个体摄食量显著高于 0.30 g 以下的个体 ($P < 0.05$),但体质量在 $0.40 \sim 3.00\text{ g}$ 的个体摄食量均在 0.40 g 左右,彼此差异不显著 ($P > 0.05$)。体质量 4.00 g 以上的个体摄食量为 0.80 g 以上,显著高于 3.00 g 以下的个体 ($P < 0.05$)。

不同体质量组水蛭摄食率见图 3,水蛭的摄食率随体质量的增加逐渐下降。体质量 0.02 g 左右的水蛭幼苗平均摄食率为 87.7% ,摄取的食物体质量约为其自身的 8.77 倍,显著高于其他体质量组 ($P < 0.05$)。体质量为 $0.02 \sim 0.05\text{ g}$ 组

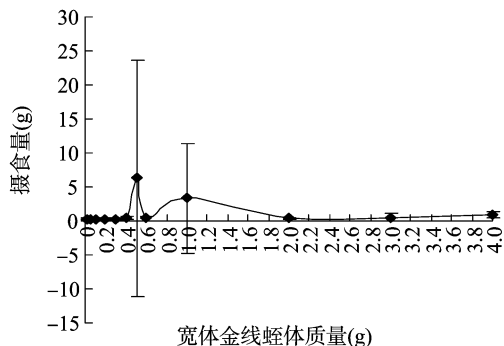


图2 不同质量组水蛭对螺蛭摄食量

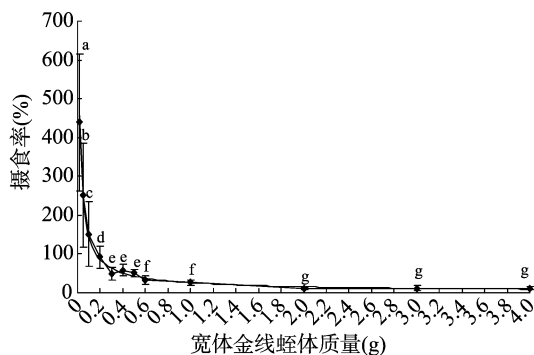


图3 不同体质量组水蛭对螺蛭摄食率

平均摄食率为 50.3%, 显著高于体质量 0.05 g 以上各组 ($P < 0.05$)。体质量为 0.05 ~ 0.10 g 组平均摄食率为 30.3%, 显著高于体质量 0.10 g 以上各组 ($P < 0.05$)。体质量为 0.10 ~ 0.20 g 组平均摄食率为 18.5%, 显著高于体质量 0.20 g 以上各组 ($P < 0.05$)。体质量为 0.20 ~ 0.50 g 组, 平均摄食率为 10.5%, 显著高于体质量 0.50 g 以上各组 ($P < 0.05$)。体质量为 0.60 ~ 1.00 g 组平均摄食率为 58.0%, 显著高于体质量 1.00 g 以上各组 ($P < 0.05$)。体质量为 1.00 g 以上各组平均摄食率为 23.0%, 彼此差异不显著 ($P > 0.05$)。

以上结果说明宽体金线蛭随着体质量增加摄食量会增加, 但摄食率逐渐减少。刚出茧的幼苗摄食螺蛭的质量达到体质量的 8 倍以上, 生长至 0.50 g 左右摄食量基本与体质量相当, 1.00 g 以上时摄食率基本在 23% 左右。

2.3 宽体金线蛭摄食螺蛭后增质量率情况

不同体质量组水蛭苗摄食螺蛭后 2 d 内的增质量率见图 4, 体质量 0.02 g 左右的、刚出茧的幼苗摄食螺蛭后的增质量率为 $(69.70 \pm 37.50)\%$, 显著高于其他体质量组 ($P < 0.05$)。体质量在 0.02 ~ 0.10 g 组增质量率 $(57.10 \pm 32.90)\%$, 显著高于体质量 0.10 g 以上组 ($P < 0.05$)。体质量 0.10 ~ 0.20 g 组增质量率为 $(48.50 \pm 25.30)\%$, 显著高于体质量 0.20 g 以上组 ($P < 0.05$)。0.20 ~ 1.00 g 各组增质量率差异不显著 ($P > 0.05$), 平均为 $(40.50 \pm 20.50)\%$, 显著高于体质量 1.00 g 以上组 ($P < 0.05$)。体质量 1.00 ~ 2.00 g 组增质量率 $(32.20 \pm 24.20)\%$, 显著高于 2.00 g 以上组 ($P < 0.05$), 但 2.00 g 以上各组间差异不显著 ($P > 0.05$), 平均增质量率为 $(25.30 \pm 13.30)\%$ 。水蛭摄食螺蛭后的增质量率呈现出随水蛭体质量增大逐渐变小的趋势。

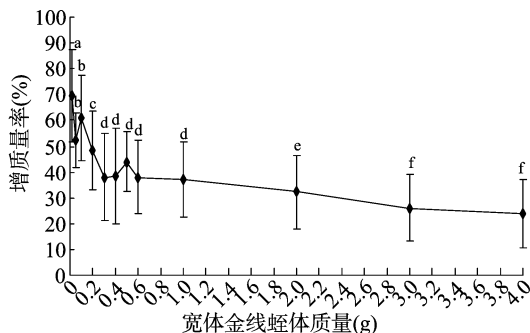


图4 宽体金线蛭摄食螺蛭后增质量率

2.4 宽体金线蛭摄食螺蛭的饵料系数

通过分析宽体金线蛭摄食螺蛭量和体质量增加值计算饵料系数, 结果见图 5, 体质量 0.02 g 左右的刚出茧的幼苗主要摄食小号螺蛭 (4 ~ 8 mm), 其饵料系数为 10.94 ± 3.39 , 明显高于其他体质量组 ($P < 0.05$)。体质量 0.02 ~ 0.05 g 组的水蛭主要摄食小号螺蛭 (4 ~ 8 mm) 其饵料系数为 8.99 ± 3.34 , 显著高于除 0.02 g 的其他体质量组 ($P < 0.05$)。体质量 0.10 ~ 0.60 g 各组可摄食小号、中小号螺蛭 (4 ~ 12 mm), 饵料系数 3.49 ± 2.17 , 各组间差异不显著 ($P > 0.05$), 但 0.05 ~ 0.10 g 组显著高于体质量 1.00 g 以上组 ($P < 0.05$)。体质量 0.20 ~ 3.00 g 各组间饵料系数差异不显著 ($P > 0.05$), 平均为 2.69 ± 2.04 。体质量 3.00 g 以上组饵料系数为 1.20 ± 0.83 , 显著低于其他体质量组 ($P < 0.05$)。

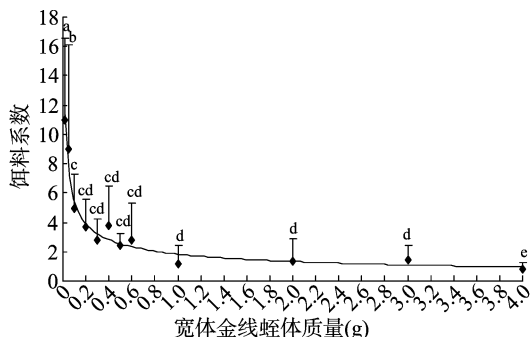


图5 宽体金线蛭摄食螺蛭的饵料系数

不同体质量宽体金线蛭摄食螺蛭后饵料系数呈现出随体质量增大逐渐变小的规律, 用幂函数拟合, 符合函数 $y = 1.836x^{-0.47}$, 其 $r^2 = 0.932$ 。

3 讨论

3.1 宽体金线蛭对饵料螺个体的选择

林小清等比较螺蛭、河蚌、原生动物单独投喂以及螺蛭和原生动物混合投喂 3.00、8.00 g 的宽体金线蛭, 发现螺蛭是宽体金线蛭的主要饵料^[7]。人工养殖生产发现宽体金线蛭主要以方形环棱螺、梨形环棱螺、中华圆田螺、福寿螺等螺类为食, 不吸食高等动物血液。本研究采用方形环棱螺为主的螺蛭作为宽体金线蛭仔蛭的饵料, 比较了不同规格的蛭苗在摄食时对螺蛭大小的选择规律, 结果发现水蛭对饵料螺蛭的规格具有一定的选择偏好, 其中水蛭质量越大对饵料螺蛭大小选择范围越广, 但会优先选择质量较小的; 仔蛭质量越小对饵料螺蛭的选择谱越小, 会主动选择摄食小螺蛭且几乎不摄

食大螺蛳。谭恩光等观察野外光润金线蛭 (*Whitmania laevis*) 数量和食物量的变化规律时发现, 光润金线蛭一般取食中、小螺, 特别是幼蛭只能取食小螺^[8], 观察的结果和本研究的宽体金线蛭的情况相似。Lai 等对大规格光润金线蛭捕食化学感应能力研究发现, 其对不同种的螺类有一定的偏好, 但是对螺的大小不具有分辨能力^[9]。这与本试验观察的宽体金线蛭仔蛭摄食特点不一样, 但与较大规格水蛭摄食螺蛳规格谱较大的特性相似。

长江流域的宽体金线蛭每年 5 月前后在泥土中产卵, 5 月底 6 月初是水蛭幼体大量出蛭的时间, 这段时间正好也是螺蛳大量产仔的时间, 所以笔者推断长江中下游地区宽体金线蛭仔蛭饵料以 0.10 g 以下的仔螺为佳。李军等报道了宽体金线蛭仔蛭饲养成活率低至 22%, 个体质量差异较大, 推测这与饵料螺类的不适口有关, 部分仔蛭在没有适合饵料摄食的情况下会攻击大螺蛳, 但经常被大螺蛳甲壳夹住造成死亡^[10], 说明投喂的饵料不适口, 是造成苗种成活率低的一个重要原因。本试验投喂了不同规格的螺蛳, 水蛭苗均能正常摄食, 未观察到试验个体死亡, 所以充足和适口的饵料是保证成活率的重要因素。

3.2 宽体金线蛭的摄食量和摄食率

史红专等测定了体质量为 4.50 ~ 15.00 g 的宽体金线蛭饱食量, 发现其饱食量随体质量增加而增加, 摄食率随体质量增加而降低, 25 ℃ 条件下, 4.50 g 左右个体摄食率为 26.89%, 9.52 g 个体为 20.74%, 14.31 g 个体为 17.69%^[11]。本试验结果显示, 体质量 0.02 ~ 4.00 g 的苗种摄食量随着体质量的增大逐渐增加, 摄食率随着体质量的增加逐渐下降, 与史红专等的研究结果^[11]得出的规律一致。周维官等研究认为, 菲牛蛭每次进食量是其自身体质量的 1 ~ 4 倍, 计算其摄食率为 100% ~ 400%, 宽体金线蛭除苗种期摄食率较高外, 其他生长阶段比菲牛蛭摄食率低很多^[12]。姚永锋等试验发现 (4.77 ± 0.95) g 海参的在水温 12.5 ℃ 的日摄食率为 0.4% ~ 0.7%^[13]。丁涛等报道, 1 日龄的椭圆背角无齿蚌壳长 (8.53 ± 0.35) cm, 体质量 (73.36 ± 10.78) g 日摄食率为 0.01 ~ 0.02%^[14]。高小强等报道, 美洲西鲱 4 日龄仔鱼日摄食率为 20.08%、17 日龄为 29.48%、28 日龄稚鱼为 12.41%^[15]。肖善势等报道, 2.00 ~ 4.00 g 的南美白对虾日摄食率为 1.30% ~ 2.10%^[16]。所以, 水蛭苗种和鱼虾等其他水生动物相比, 其摄食量相对体质量的比重比其他动物大很多, 主要原因可能是水蛭消化道为嗦囊和侧盲囊结构, 占整个身体的比重很大, 所以摄食量较大^[17]。

3.3 宽体金线蛭苗种的饵料系数

饵料系数是计算动物养殖成本的重要指标, 能反映饵料质量和测算饵料用量。宽体金线蛭养殖过程中, 大部分养殖生产者不知道投喂多少饵料螺蛳合适, 本试验发现水蛭苗摄食螺蛳后的增质量率和饵料系数呈现出随水蛭苗体质量增大逐渐变小的趋势。苗种期增质量率高但相对摄食量大, 饵料系数较高, 0.02 g 的幼苗饵料系数高达 10.94, 3.00 g 以上的大规格苗种饵料系数减少到 1.20 左右, 所以在苗种培育期间, 饵料和水蛭体质量比要达到 11 : 1 以上才能满足幼苗的摄食需要。凡纳滨对虾人工养殖过程中饵料系数约为 1.01,

黄颡鱼人工养殖饵料系数在 1.10 ~ 1.49^[16]。宽体金线蛭除苗种外, 成体养殖过程中饵料系数和鱼虾相近。在实际生产中饵料螺蛳的投喂量约为总产量的 5 ~ 10 倍。在养殖过程中, 水蛭死亡率较高, 尤其在缺氧等环境条件较差的情况下, 大个体窒息点高^[18], 容易死亡, 导致最终产量较低, 所以饵料系数较高。本试验过程中及时更换被残饵粪便污染的水, 保证养殖水体水质始终处于一个较佳的环境, 试验水蛭也未出现死亡, 所以饵料系数比养殖生产中实际饵料系数低得多。但本试验主要研究了苗种期饵料系数, 养殖全过程饵料系数还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 杨 潼. 中国动物志·环节动物门·蛭纲[M]. 北京: 科学出版社, 1996: 136 ~ 139.
- [2] 甘我挺, 陈向阳, 郭宝林, 等. 水蛭茯苓等 7 种动物类及菌类药材商品电子交易规格等级标准[J]. 中国现代中药, 2016, 18(11): 1428 ~ 1435.
- [3] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010: 77 ~ 78.
- [4] 刘 飞, 杨大坚. 中国水蛭人工养殖的现行模式调研[J]. 世界科学技术(中医药现代化), 2014, 16(10): 2170 ~ 2173.
- [5] 熊良伟, 王帅兵, 王建国, 等. 宽体金线蛭繁殖性能及蛭苗生长特征研究[J]. 上海海洋大学学报, 2016, 25(3): 374 ~ 380.
- [6] 王宣朋, 王宣忠, 王信海, 等. 不同温度、饵料对宽体金线蛭仔蛭生长和存活的影响[J]. 福建水产, 2014, 36(3): 241 ~ 246.
- [7] 林小清, 徐海圣, 沈乃峰, 等. 不同饵料对宽体金线蛭生长的影响[J]. 浙江农业科学, 2014(9): 1447 ~ 1449.
- [8] 谭恩光, 潘志刚, 黄立英. 光润金线蛭种群数量动态与水体化学因子关系的研究[J]. 应用生态学报, 2002, 13(5): 593 ~ 595.
- [9] Lai Y T, Chen J H, Lee L L. The chemosensory ability of the predatory leech *Whitmania laevis* (Arhynchobdellida: Haemopidae) for prey searching[J]. Chemoecology, 2011, 21(2): 67 ~ 74.
- [10] 李 军, 于 翔, 宋文华, 等. 宽体金线蛭室内产蛭、孵化及仔蛭饥饿研究[J]. 中国现代中药, 2012, 14(11): 31 ~ 36.
- [11] 史红专, 刘 飞, 郭巧生. 温度对蚂蟥生长及摄食规律影响的初步研究[J]. 中国中药杂志, 2006, 31(24): 210 ~ 213.
- [12] 周维官, 李 玉, 周维海. 菲牛蛭人工越冬试验[J]. 中药材, 2009, 32(1): 17 ~ 18.
- [13] 姚永锋, 张继红, 方建光, 等. 温度、饵料质量对不同规格刺参摄食率、吸收效率的影响[J]. 水产学报, 2014, 38(7): 992 ~ 998.
- [14] 丁 涛, 李 林, 彭 亮, 等. 背角无齿蚌摄食率及对水中叶绿素 a 清除能力的研究[J]. 水生生物学报, 2010, 34(4): 779 ~ 785.
- [15] 高小强, 洪 磊, 刘志峰, 等. 美洲西鲱仔鱼不可逆点及仔、稚鱼摄食特性研究[J]. 水产学报, 2015, 39(3): 392 ~ 400.
- [16] 肖善势, 何 琳, 徐永健, 等. 不同饵料种类、投喂方式及环境条件对凡纳滨对虾相对摄食量的影响[J]. 海洋科学, 2016, 40(5): 36 ~ 42.
- [17] 刘 宏. 蚂蟥消化道及生殖器官发育的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2014: 15 ~ 24.
- [18] 史红专, 刘 飞, 郭巧生. 宽体金线蛭耗氧率与窒息点的初步研究[J]. 中国中药杂志, 2005, 30(23): 1817 ~ 1820.