

周文宗,张莺莺,涂尾龙,等. 网箱养殖密度对宽体金线蛭生长性能的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(24):194-197.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.24.053

网箱养殖密度对宽体金线蛭生长性能的影响

周文宗,张莺莺,涂尾龙,王洪洋,曹建国,吴华莉,吕巍巍,谈永松

(上海市农业科学院,上海 201106)

摘要:为研究养殖密度对宽体金线蛭(*Whitmania pigra*)生长性能的影响,将室外网箱养殖密度设计为30(D_1)、40(D_2)、50(D_3)、60(D_4) ind./m²,试验持续35 d,试验结束后测定各组宽体金线蛭的生长性能指标。结果表明,在本试验条件下,随着放养密度的增加,宽体金线蛭的体质量和体长增加量随之增加,达到一定的养殖密度后,又转而下降;在养殖密度为50 ind./m²的条件下,日增体质量最大;在养殖密度为40 ind./m²的条件下,终末体长、日增体长和存活率最大。综合前人研究结果与生产实践来看,宜将养殖密度控制为40 ind./m²,有助于保证宽体金线蛭虫体健康,并促进其较快地生长,结果可为网箱养殖宽体金线蛭适宜养殖密度的确定提供了科学依据。

关键词:宽体金线蛭;体质量;体长;存活率;养殖密度

中图分类号: S966.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)24-0194-03

宽体金线蛭(*Whitmania pigra*)隶属环节动物门(Annelida)、蛭纲(Hirudinea)、真蛭亚纲(Euhirudinea)、无吻蛭目(Arhynchobdellida)、黄蛭科(Haemopidae)、金线蛭属(*Whitmania*)。近年来,由于宽体金线蛭具有抗凝血、溶解血栓等特有的药用和保健价值^[1],其在心血管疾病药物开发方面有巨大的市场潜力。同时,由于其养殖周期短且效益好,其人工养殖规模越来越大,受到了养殖者、消费者和研究人员的青睐。目前国内研究人员对宽体金线蛭的养殖技术^[2-5]、生活习性^[6-7]、养殖模式^[8-10]、药理作用^[11-13]、环境适应性^[14-16]等领域作了一些报道。然而对于养殖密度对宽体金线蛭生长性能的影响还鲜有报道。宽体金线蛭是一种群居性水生动物,养殖密度的不同会对其生长性能造成不同的影响。本试验通过构建围隔系统研究不同的养殖密度对宽体金线蛭生长性能的影响,旨在筛选出最佳的宽体金线蛭养殖密度,以期为当地养殖人员提供参考依据,促进宽体金线蛭养殖业的发展。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验在上海市青浦区鑫盛水产养殖专业合作社进行,所用的宽体金线蛭为2016年繁殖的同一批青年苗种,体质饱满、体型正常,体表光滑且无伤病,初始体长为(5.74 ± 0.74) cm,初始体质量为(4.37 ± 0.83) g。

1.2 网箱

采用室外网箱养殖宽体金线蛭,网箱设在池塘中,为长方体,容积为60 m³(30 m × 3 m × 1 m)。

收稿日期:2018-08-07

基金项目:上海市农委科技兴农推广项目[编号:沪农科推字(2016)第2-2-4号];上海市科委项目(编号:15391912200、16391900500)。

作者简介:周文宗(1969—),男,湖北阳新人,博士,研究员,主要从事养殖生态工程和水体生态修复研究。E-mail:zhouwz001@163.com。

通信作者:谈永松,博士,研究员,主要从事动物健康养殖。E-mail:typine@163.com。

1.3 试验设计和养殖管理

共设置4个试验组(D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4),养殖密度分别为30、40、50、60 ind./m²,每组3个平行。饲养用的福寿螺(*Pomacea canaliculata*)是合作社在水泥池中培养的,中华圆田螺(*Cipangopaludina cahayensis*)购自附近的商贩,养殖用水从附近的河里抽取,经过沉淀和净化后使用。每隔2 d向网箱中投喂中华圆田螺和福寿螺1次,投喂72 h后捞出残余饵料,每隔3 d换水1/3。每隔100 m安装5 m高的防鸟网,防止飞鸟捕捉宽体金线蛭。每次投喂福寿螺和中华圆田螺前,先用2%的聚维酮碘溶液将其浸泡5 min再投喂。试验持续35 d。

1.4 测定指标

试验于2016年7月24日开始,自苗种放至围栏中饲养,每隔5 d测定1次体质量和体长指标,测定时间为08:30—10:30;试验历时35 d,于2016年8月27日结束。试验结束后,随机选取宽体金线蛭,先用纸吸干蛭体表面的水分,再用电子天平(精确到0.000 1 g)和电子数显游标卡尺(精确到0.01 mm)分别测量各试验组的终末体质量和终末体长。

在正常情况下,每条宽体金线蛭平均每日增加体质量的单位为克(g),生产上常以此作为统计宽体金线蛭生长速率的重要指标^[17-18]。日增体质量公式如下:

$$ADG = (m_t - m_0) / t_0 \quad (1)$$

在正常状态下,日增体长是指单条水蛭平均每日增加的体长,单位为厘米(cm)。日增体长(ADL)公式如下:

$$ADL = (L_t - L_0) / t_0 \quad (2)$$

存活率是指养殖一段时间后,捞出并且成活的条数占初始投放条数的百分比。存活率(SR)公式如下:

$$SR = N_t / N_0 \times 100\% \quad (3)$$

特定生长率是指生长率与生长天数的比值,是衡量生长状况的1个常用指标,特定生长率越大,代表每天体质量增长越快。特定生长率(SGR)公式如下:

$$SGR = (\ln m_t - \ln m_0) / t \times 100\% \quad (4)$$

体质量增加率是指体质量增加量与生长天数的比值。体

质量增加率(WGR)公式如下:

$$WGR = (m_t - m_0) / m_0 \times 100\% \quad (5)$$

公式(1)~公式(5)中: m_0 为试验开始时宽体金线蛭的平均体质量,g; m_t 为试验结束时宽体金线蛭的平均体质量,g; L_0 为试验开始时宽体金线蛭的平均体长,cm; L_t 为试验结束时宽体金线蛭的平均体长,cm; N_0 为试验开始时宽体金线蛭的条数,cm; N_t 为试验结束时宽体金线蛭的回捕条数,cm; t 为试验天数,d。

1.5 数据统计

试验数据用“平均值±标准差”表示,采用Excel与SPSS 20.0软件对试验数据进行单因素方差分析(One-way ANOVA),并进行多重比较(LSD法), $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 养殖密度对宽体金线蛭体长和体质量增加的影响

由图1可知,随着时间的延长,宽体金线蛭的体长和体质量在试验期内呈现明显的上升趋势。由表1可知,在30、60 ind./m²的养殖密度下,终末体长分别达到7.66、7.83 cm,分别较初始体长增加1.36、1.81 cm;在40 ind./m²

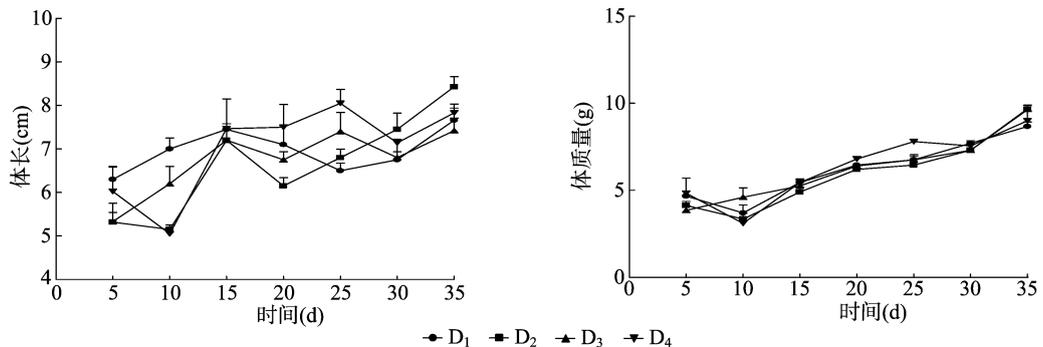


图1 不同养殖密度下宽体金线蛭体长和体质量的变化

表1 养殖密度对宽体金线蛭生长性能的影响

组别	初始体长 (cm)	终末体长 (cm)	初始体质量 (g)	终末体质量 (g)	体长增加 (cm)	体质量增加 (g)
D ₁	6.30 ± 0.48	7.66 ± 0.49ab	4.67 ± 0.50	8.67 ± 0.44a	1.36 ± 0.06b	4.00 ± 0.07b
D ₂	5.32 ± 0.39	8.43 ± 0.40a	4.13 ± 0.40	9.63 ± 0.45a	3.11 ± 0.62a	5.50 ± 0.05a
D ₃	5.33 ± 0.73	7.42 ± 0.35b	4.18 ± 0.43	9.69 ± 0.31a	2.09 ± 0.63ab	5.51 ± 0.67a
D ₄	6.02 ± 0.10	7.83 ± 0.54ab	4.83 ± 1.50	9.00 ± 0.90a	1.81 ± 0.90b	4.17 ± 1.08b

注:数值为“平均数±标准差”。同列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下表同。

表2 养殖密度对宽体金线蛭特定生长率和成活率的影响

组别	日增体长 (cm)	日增体质量 (g)	特定生长率 (%)	体质量增加率 (%)	存活率 (%)
D ₁	0.039 ± 0.002b	0.114 ± 0.002b	0.018 ± 0.002b	0.025 ± 0.003b	40.30 ± 1.97c
D ₂	0.089 ± 0.017a	0.157 ± 0.001a	0.024 ± 0.002ab	0.038 ± 0.004ab	62.17 ± 3.77a
D ₃	0.060 ± 0.018ab	0.167 ± 0.019a	0.027 ± 0.004a	0.044 ± 0.010a	53.78 ± 3.20b
D ₄	0.052 ± 0.026ab	0.119 ± 0.031b	0.019 ± 0.007ab	0.027 ± 0.015ab	54.74 ± 4.09b

3 讨论

由于宽体金线蛭是一种群居性动物,因此在人工养殖时适宜的养殖密度尤为重要。沈勤报道,采用池塘大网箱养殖宽体金线蛭,幼蛭的放养密度一般控制在 $9.00 \times 10^5 \sim 1.05 \times 10^6$ ind./hm²[19]。高明等报道,一般人工饲养池放养种蛭的

的养殖密度下,其体长在第10~15 d 生长速度最快,终末体长达到了8.43 cm,较初始体长增加了3.11 cm,显著高于D₃组,但与D₁和D₄组差异不显著。此外,D₃组体质量增加最为明显,在35 d 饲养期后其平均体质量达到9.69 g,较初始体质量增加5.51 g;D₁、D₂、D₄组的体质量虽然在第5~10 d 时有所减少,但在15~35 d 期间,体质量逐渐增加,其平均终末体质量也分别达到了8.67、9.63、9.00 g,分别较初始体质量增加4.00、5.50、4.17 g,但各组终末体质量无显著性差异。

2.2 养殖密度对宽体金线蛭特定生长率和存活率的影响

由表2可知,在养殖密度为30~60 ind./m²范围内,随着密度的增加,宽体金线蛭的日增体质量、日增体长、特定生长率、体质量增加率和存活率整体呈现先升高后降低的趋势。D₂组宽体金线蛭的日增体长指标显著高于D₁组,但与D₃和D₄组无显著差异。D₃组的日增体质量最高,达0.167 g,显著高于D₁、D₄组,与D₂组差异不显著;此外,D₃组宽体金线蛭的特定生长率和体质量增加率最高,均显著高于D₁组,但与D₂、D₄组相比差异不显著。D₂组宽体金线蛭的存活率最高,显著高于其他试验组,D₁组的存活率最低,显著低于其他试验组。

养殖密度为10~20 ind./m²[6]。从本试验可知,在养殖密度为40、50 ind./m²时,其日增体质量显著高于其他养殖密度组,说明养殖密度为40~50 ind./m²时,能够有效促进宽体金线蛭体质量的生长;其他组的宽体金线蛭的体质量虽有所增长,但增长速度较慢,不能适应实际生产的需要。本试验条件下,在养殖密度为40、50、60 ind./m²时,其日增体长均明显高于养殖密

度为 30 ind./m² 的试验组,但以 40 ind./m² 的养殖密度为最佳。在水蛭的实际生产中,体长指标与经济效益并不显著相关,但可作为衡量宽体金线蛭是否健康生长的指标。本试验结果与其他文献报道的最佳放养密度不尽相同,这可能是由不同养殖模式中宽体金线蛭的养殖池条件、养殖方式、饲养管理人员技术水平高低的不同引起的^[6]。此外,养殖温度、饵料、水质等因素不同也会影响宽体金线蛭生长性能^[20]。

宽体金线蛭具有很高的药用价值,尤其是在治疗心脑血管疾病和高血脂症方面具有很高的临床应用价值;国外在宽体金线蛭上的研究,多集中在生物学分类、生理机制、药理毒理、神经系统、活性物质提取和分析、耐受力等方面^[21-26]。受环境污染和过度捕捉的双重影响,野生药用水蛭资源越来越少,导致供不应求,价格不断攀升。因此,必须通过人工养殖来解决市场供需矛盾、恢复水蛭自然资源的群体数量。宽体金线蛭具有生长迅速、养殖周期短、个体大等优势特点,受到了大量养殖户的青睐。由于我国对于影响宽体金线蛭生长因素的研究还不够深入,导致技术尚不成熟,人工养殖成本高、成活率较低^[16]。人工养殖宽体金线蛭的关键技术之一是要把握好适宜的养殖密度和合适的养殖模式,这须要根据实际养殖环境来确定。宽体金线蛭的人工养殖模式很多,如“水泥池”“池塘+网箱+水泥池”“池塘+网箱”“池塘+水泥池+网箱+大棚”“水泥池+大棚”等 10 余种单一或复合的养殖模式^[27]。其中“池塘+网箱”养殖模式应用最为广泛,因为网箱本身就具有防逃、防敌害、节省劳力和易收获的优点。

养殖密度是影响水蛭生长性能的重要因素。由本试验可知,50 ind./m² 的养殖密度,宽体金线蛭的终末体质量较初始体质量明显增长;但养殖密度为 40 ind./m² 时,宽体金线蛭的日增体长和存活率都明显高于其他试验组。由此,笔者推测养殖密度可能通过间接影响环境温度、虫体耗氧率、水质等几个方面来影响宽体金线蛭的生长性能。宽体金线蛭是一种变温动物,它的生长速度与环境温度密切相关^[28]。研究表明,宽体金线蛭的最适生长水温在 25℃ 左右^[14-15];适宜温度下,宽体金线蛭用于适应环境和维持生命活动的能量少,用于生长的能量多,饲料转化效率高,生长速度快,而当温度超过临界值后,导致宽体金线蛭代谢紊乱、生长速度变缓^[16]。此外,随着水温的升高,宽体金线蛭的耗氧率也随之上升,窒息点与温度和体质量呈负相关关系,与耗氧量呈正相关关系^[29]。此外,水质对于水生动物的生长和存活影响非常大,当水体中无机盐含量在适宜浓度范围时,可增加浮游植物和其他水生生物的生物量,促进养殖生产;当水体中无机盐含量超过临界值后,水体易发生富营养化,对水生动物产生有害的影响^[30]。由此,笔者认为,养殖密度有可能通过影响宽体金线蛭的耗氧率和窒息点、水体质量、水体温度来影响其生长性能。因此,探索宽体金线蛭的养殖密度对水体质量、水体温度、虫体耗氧率、窒息点及体质量的影响,研究它们之间的相关性,对于阐明养殖密度影响宽体金线蛭生长性能的原理具有重要的意义。今后,需要加大样本量、拉大梯度范围、延长饲养期进行进一步深入研究。

综上所述,在本试验条件下,随着放养密度的增加,宽体金线蛭的体质量和体长的增加量呈现先增加后减少的特点。在养殖密度为 50 ind./m² 的条件下,宽体金线蛭生长速度最

快;在密度为 40 ind./m² 的条件下,终末体长、日增体长最大,存活率最高。综合研究结果与生产实践来看,宜将养殖密度控制为 40 ind./m²,有助于保证宽体金线蛭虫体健康,并促进其较快的生长。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中国药典(一部)[M]. 北京:化学工业出版社,2005:57,附录 20.
- [2] 张建军. 北方地区水蛭的人工养殖技术[J]. 黑龙江水产,2011(2):20-21.
- [3] 李顺,魏星,张艳春. 水蛭-藕混养技术[J]. 渔业致富指南,2005(17):35-36.
- [4] 曾颖婷. 宽体金线蛭的人工繁殖技术[J]. 水产养殖,2008(6):39-40.
- [5] 丁辰龙,王宣朋,王信海,等. 宽体金线蛭 4 个繁殖性状指标的相关性分析[J]. 福建水产,2012,34(6):488-492.
- [6] 高明,刘玉芝,李双安. 宽体金线蛭的生物学特性及养殖技术[J]. 宁夏农业科技,2012,53(7):54-55.
- [7] 杨成胜. 宽体金线蛭的生物学特性及人工繁殖技术[J]. 渔业致富指南,2005(24):47-48.
- [8] 王利庆,王建红. 微山湖宽体金线蛭养殖技术[J]. 齐鲁渔业,2004,21(4):27-28.
- [9] 王兴礼. 药用水蛭的养殖技术[J]. 黑龙江畜牧兽医,2003(11):56-57.
- [10] 吴凯,宫洪沛,赵淑贞,等. 宽体金线蛭池塘养殖试验[J]. 齐鲁渔业,2003,20(7):15-16.
- [11] 朱亚亮. 水蛭对大鼠坐骨神经损伤再生作用的研究[D]. 南京:南京中医药大学,2009:10-56.
- [12] 林建明,程世平,刘加林,等. 水蛭对狼疮性肾炎患者血浆内皮素和可溶性白介素-2 受体的影响[J]. 疑难病杂志,2009,8(9):231-233.
- [13] 陈秋月,黄米武,何绍发,等. 水蛭胶囊对颈动脉斑块稳定性及血小板膜糖蛋白分子表达的影响[J]. 中华中医药杂志,2009,24(12):1643-1645.
- [14] 高明,侯建华,李双安. 温度对宽体金线蛭繁殖的影响[J]. 安徽农业科学,2012,40(22):11305-11306.
- [15] 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(23):1944-1946.
- [16] 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率的影响[J]. 福建水产,2014,36(3):241-246.
- [17] 杨潼. 关于鱼蛭属及其一新种的记述(蛭纲:鱼蛭科)[J]. 动物分类学报,1984,9(1):30-33.
- [18] 沈嘉瑞. 蛭类的生态和习见的种类[J]. 生物学通报,1957(2):25-29.
- [19] 沈勤. 池塘大网箱养殖宽体金线蛭技术[J]. 河北渔业,2016(1):40-41.
- [20] 李战福,罗莉,李伟龙,等. 宽体金线蛭人工养殖技术研究进展[J]. 中国渔业质量与标准,2018,8(2):36-41.
- [21] Sawyer R T. Bloodsucking freshwater leeches; observations on control[J]. Journal of Economic Entomology,1973,66(2):537-537.
- [22] Sawyer R T. Ecology of freshwater leeches[M]// Hynes H B N. Pollution ecology of freshwater invertebrates. London: Academic Press,1974:81-142.
- [23] Sawyer R T. Leech biology and behavior[M]// Muller K J, Nicholls

秦 钦,陈校辉,陈炳耀,等. 黄颡鱼不同湖泊群体及其子代的生长性能评估[J]. 江苏农业科学,2018,46(24):197-200.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.24.054

黄颡鱼不同湖泊群体及其子代的生长性能评估

秦 钦^{1,2}, 陈校辉¹, 陈炳耀³, 王明华¹, 李闪闪³, 钟立强¹, 陈友明¹, 潘建林¹

(1. 江苏省淡水水产研究所, 江苏南京 210017; 2. 南京农业大学无锡渔业学院, 江苏无锡 214081;

3. 南京师范大学生命科学学院, 江苏南京 210023)

摘要:为了对巢湖(C)、涠湖(G)、洪泽湖(H)、石臼湖(S)和太湖(T)等5个湖泊群体的黄颡鱼种质进行生长性能评估并选择快长繁育组合,2012年利用来自5个湖泊的黄颡鱼亲本建立49个全同胞家系(包括17个群体间繁育组合和5个群体内繁育组合),各家系经仔稚鱼、幼鱼中间培育后植入电子标记混养,测定了120、460日龄鱼体质量性状及家系存活率。用混合线性模型估计不同群体和家系体质量最小二乘均值,计算不同繁育组合优势率。结果表明,黄颡鱼各群体体质量变异系数的变化范围为0.25~0.66;G、T、S作为亲本时,子代体质量最小二乘均值较高,分别比群体均值高2.98%、2.99%、0.98%,是体质量性状育种的优良亲本群体。各群体间繁育组合体质量均值(105.48 g)比群体内繁育组合均值(101.83 g)高3.58%。各组合以G(♂)×S(♀)、G(♂)×C(♀)、S(♂)×T(♀)组合收获的体质量最小二乘均值为高,分别为125.55、121.76、120.08 g。G(♂)×S(♀)、G(♂)×C(♀)、S(♂)×T(♀)繁育组合体质量存在较明显的中亲优势和超亲优势,中亲优势率分别为29.89%、22.36%、20.99%,超亲优势率分别为15.77%、11.50%、4.62%。本研究结果有助于提高黄颡鱼生长性能遗传选择的准确性,并为实现良种选育奠定基础。

关键词:黄颡鱼;湖泊群体;家系选育;存活率;混合线性模型;生长性能;超亲优势率;群体遗传潜力;育种方案

中图分类号: S917.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)24-0197-04

黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)隶属于鲇形目鲿科黄颡鱼属,为我国名优淡水养殖鱼类品种之一,自然分布于黑龙江、黄河、长江及珠江等各大水域,因其肉嫩味美、营养丰富、少肌间刺而深受国内外广大消费者喜爱。据统计,2014—2015年我国黄颡鱼年产量约30万t^[1]。目前,黄颡鱼的规模化繁殖技术已成熟,形成了优质高效的养殖模式,但黄颡鱼种质改良方面明显滞后。黄颡鱼苗种来源主要为野生种的家化利用,长期过度捕捞加之天然生态环境遭破坏等因素^[2-3],导致天然渔获产量下降,规格变小,野生资源衰退。养殖种苗缺少定向选育,出现生长缓慢、养殖周期延长、饵料转化率低和抗病力下降等近交衰退现象,给黄颡鱼养殖业带来了巨大的损失。亟须开展有

效的良种选育工作,促进养殖产业发展,加大市场供应,进而有效保护黄颡鱼野生资源,恢复并扩大其有效繁殖群体,保护良种种质资源,建立野生和养殖群体资源的良性互作。

不同湖泊群体间繁育可使基因重新组合,筛选出超过双亲的优良性状,是大幅提高产量、改进品质的有效途径,其中亲本种质的选择是最重要的一步,通过开展子代的生长性能评估可有效选择亲本群体。秦钦等研究了斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*)家系育种核心群的生长性能及亲本选择^[4]。田永胜等研究了牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)不同家系子代及亲本生长性能^[5]。阮晓红等评估了凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)引进群体的生长性能及杂种优势^[6-7]。刘红艳等采用分子生物学方法,探讨了巢湖、涠湖、洪泽湖、太湖等湖泊黄颡鱼群体的种群结构和进化关系,深入分析了各湖泊黄颡鱼种群的遗传背景和种质资源现状^[8-10]。本研究在此分析基础上选择5个湖泊群体黄颡鱼为亲本构建基础群体,大规模建立全同胞家系,混养测试生长和存活性状,统计分析黄颡鱼家系育种核心群生长性能,以期更好地发掘各群体遗传潜力,再获得生长性状最优繁育组合,为制定育种方案提供参考。

收稿日期:2017-08-01

基金项目:江苏省农业重大新品种创制项目(编号:PZCZ201742);现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-46);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(11)1036]。

作者简介:秦 钦(1980—),女,辽宁本溪人,副研究员,从事水产动物遗传育种及生态养殖研究。E-mail:qinqinapple1980@163.com。

通信作者:潘建林,研究员。E-mail:jianlinpan2006@126.com。

J G, Stent G S. Neurobiology of the leech. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Publications, 1981: 7-26.

[24] Wilkialis J, Davies R W. The population ecology of the leech (*Hirudinoidea: Glossiphoniidae*) *theromyzon tessulatum* [J]. Canadian Journal of Zoology, 1980, 58(5): 906-912.

[25] Wilkialis J, Davies R W. The reproductive biology of *Theromyzon tessulatum* with comments on *Theromyzon Rude* [J]. Journal of Zoology, 1980, 192(3): 421-429.

[26] Young W. Ecological studies of the Branchiobdellidae

(*Oligochaeta*) [J]. Ecology, 1966, 47(4): 571-578.

[27] 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.

[28] 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.

[29] 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.

[30] 雷衍之. 养殖水环境化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 68-80.