

文章编号: 1674-5566(2024)03-0615-08

DOI: 10.12024/jsou.20230804297

折叠萝卜螺卵粒孵化时间及不同饵料对仔螺生长的影响

王帅兵¹, 熊良伟¹, 曹又文¹, 宋扬¹, 王海华², 刘波³

(1. 江苏农牧科技职业学院, 江苏 泰州 225300; 2. 江西省水产科学研究所 南昌市特种水产繁育与健康养殖重点实验室, 江西 南昌 330039; 3. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心 农业农村部淡水渔业和种质资源利用重点实验室, 江苏 无锡 214081)

摘要: 为了研究折叠萝卜螺(*Radix plicatula*)卵粒孵化时间和生菜叶、水生生物附着物、微囊料3种饵料及其部分组合对仔螺生长的影响, 其中, 生长分0~2、3~5周龄2个阶段, 在室内条件下, 统计10条新产卵袋卵粒孵化时间, 分析投喂不同饵料及组合仔螺体质量等生长参数差异。结果显示: 水温25.0~32.5℃, 折叠萝卜螺卵粒孵化时间6.0~7.5 d, 平均孵化率96.37%; 水温22.5~32.5℃, 不同饵料及组合0~5周龄仔螺成活率差异不显著、生长速度差异显著; 0~2周龄仔螺投喂水生生物附着物+微囊料生长速度最快, 投喂水生生物附着物次之; 初始体质量0.005 g的3~5周龄仔螺投喂生菜叶+微囊料生长速度显著快于生菜叶和微囊料; 初始体质量0.026 g的3~5周龄仔螺投喂生菜叶和生菜叶+微囊料生长速度快, 之间差异不显著。研究表明: 水温25.0~32.5℃, 折叠萝卜螺卵粒孵化时间6.0~7.5 d, 平均孵化率96.37%; 0~2周龄仔螺投喂水生生物附着物生长速度快, 3~5周龄螺投喂生菜叶生长速度快, 同时投喂微囊料对0~5周龄螺有促生长作用。本研究可为折叠萝卜螺规模化生产提供依据。

关键词: 折叠萝卜螺; 卵粒孵化; 饵料开发; 生长; 成活率

中图分类号: S 966.2 **文献标志码:** A

蚂蟥(*Whitmania pigra*), 亦称宽体金线蛭, 是我国经典活血化瘀类中药材, 其干燥全体中医入药具有活血化瘀、逐瘀消症的功效^[1]。临床应用效果表明, 以蚂蟥为核心原料生产的中成药治疗心脑血管疾病疗效好、副作用小^[2-3], 成为当前心脑血管疾病防治的主要药物。近年来, 药材市场蚂蟥需求量逐年增大, 供需矛盾日益突出, 蚂蟥成为最具养殖潜力的水产品种之一。由于蚂蟥幼苗饵料(特别是开口饵料)缺乏, 幼苗培育是当前人工养殖急需攻克的技术瓶颈^[4]。

量足质优且适口性好的饵料是水产动物养殖的物质保障。据杨潼^[5]报道, 在自然水体中, 蚂蟥主要以螺类为食; 吴雷明等^[6-7]和吴建国等^[8]研究发现, 摄食耳萝卜螺(*Radix auricularia*)的蚂蟥幼苗生长速度和成活率显著优于摄食方形环棱螺

(*Bellamya quadrata*)的幼苗, 蚂蟥摄食螺类时先将其前吸盘从螺壳口处钻入螺体内, 再吸食螺体内组织, 耳萝卜螺无厣组织, 蚂蟥幼苗捕食萝卜螺难度小、消耗能量少。上述研究结果为蚂蟥幼苗饵料开发提供了参考。为了开发蚂蟥幼苗饵料, 促进蚂蟥人工养殖产业持续发展, 前期以江苏地区分布广泛的折叠萝卜螺(*Radix plicatula*)为研究对象, 研究发现, 折叠萝卜螺3月中旬至5月中旬平均一只成螺产卵超过1 000枚, 繁殖力强, 蚂蟥幼苗捕食折叠萝卜螺的大小与其体质量呈正相关, 刚出茧蚂蟥幼苗捕食壳高<6.00 mm折叠萝卜螺仔螺生长速度快, 成活率高^[9]。结果表明萝卜螺无厣、易被蚂蟥捕食, 作为蚂蟥幼苗饵料具有促生长效果好、繁殖力强的突出优势。

萝卜螺是椎实螺科常见淡水螺类, 研究^[10-12]

收稿日期: 2023-08-19 修回日期: 2024-01-02

基金项目: 江苏省“青蓝工程”项目(苏教师函数[2023]27号); 江西省重点研发计划项目(20212BBG73040); 2023年泰州市科技支撑计划(农业)项目(TN202303); 江苏农牧科技职业学院横向科研项目(S20220124)

作者简介: 王帅兵(1979—), 女, 硕士, 副教授, 研究方向为中药资源开发与应用。E-mail: shuaibingwine@163.com

通信作者: 熊良伟, E-mail: xlwei2002@163.com

版权所有 ©《上海海洋大学学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)

Copyright © Editorial Office of Journal of Shanghai Ocean University (CC BY-NC-ND 4.0)

<http://www.shhydx.com>

表明成螺选择性牧食沉水植物叶片;也有学者研究认为萝卜螺虽然牧食沉水植物,但沉水植物叶片表面的附着生物是其主要的食物来源^[13];而有关初生仔螺摄食的饵料种类和规模化培育研究报告甚少。本研究以我国淡水水体中常见螺——折叠萝卜螺为研究对象,研究其卵粒孵化时间和不同饵料对仔螺生长影响,为折叠萝卜螺规模化生产提供科学依据,助力蚂蟥苗种培育实践,亦为其他种类的萝卜螺仔螺生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

折叠萝卜螺野生成螺2022年5月中旬采自江苏省泰州市人民公园内河道,运至实验室暂养,1周后挑选24只活力好、体质量0.50~1.00 g的成螺养殖于带盖透明塑料盒(体积4 888 mL)内,每盒饲养2只,盒盖中央开1个直径约16 cm的孔,盒内盛约3 000 mL经曝气3 d以上自来水,参考TER等^[14]静水椎实螺(*Lymnaea stagnalis*)室内养殖方法定期投喂新鲜生菜叶。

1.2 方法

1.2.1 新产卵袋收集与孵化

6月8日,将各养殖盒内卵袋全部移出,以后间隔不超过8 h检查1次各养殖盒内是否有卵袋,发现新产卵袋即用塑料匙轻轻从盒壁上刮下并取出,在解剖镜下观察卵粒胚胎发育情况,参考胡宗福等^[15]卵萝卜螺(*Radix ovata*)胚胎发育时序选择桑葚期前卵袋,置于240 mL一次性透明塑料杯中室内孵化;同时,统计收集卵袋内卵粒数,每条卵袋随机选择10枚卵粒用测微尺测量其卵径长和卵径宽。每天观察1~2次卵袋内卵粒发育情况,分别记录每条卵袋稚螺首次和最后出卵袋日期,孵化期间每天19:00~21:00用乙醇温度计测量1次孵化杯中水温。

1.2.2 不同饵料对0~2周龄折叠萝卜螺仔螺生长的影响

选择卵粒数超过60枚且产期间隔不超过3 d的4个卵袋,分别放置容积240 mL一次性塑料杯中室内孵化,待稚螺全部出膜后开展仔螺生长试验。试验分生菜叶组、附着物组、微囊料组和附着物+微囊料组共4个饲养组,分别投喂新鲜生菜叶、水生生物附着物、30目人工微囊料和水生生物附着物+30目人工微囊料;每个饲养组设3个重复,

每个重复20只稚螺,每个卵袋取5只稚螺。取螺时为了避免稚螺受伤,用手术剪剪碎塑料孵化杯,将附着在杯壁上稚螺和塑料杯壁一起移到4 888 mL塑料盒中,塑料盒加经曝气3 d以上自来水3 000 mL,塑料盒盖中央开1个直径约16 cm的孔。

生菜叶组每个养殖盒投喂1块3 cm×3 cm新鲜生菜叶,3~5天更换1次;附着物组每盒投放2个在池塘中浸泡2周以上240 mL一次性塑料杯,塑料杯每4天全部更换1次;微囊料组每盒每天投喂1次约0.01 g 30目人工微囊料。附着物+微囊料组每个养殖盒投放2个在室外池塘浸泡2周以上的240 mL一次性塑料杯,每4天更换1次;同时,每盒每天投喂1次约0.01 g 30目人工微囊料。人工微囊料由中国水产科学研究院淡水渔业研究中心水产病害与饲料研究室惠赠,其中粗蛋白50.08%、粗脂肪11.06%、无氮浸出物17.23%;水生生物附着物主要为附着藻类、细菌和原生动物^[16]。养殖期间每次更换生菜叶和塑料杯时仔细检查,发现有仔螺附着在上面时用塑料匙将附着仔螺刮下。

稚螺投放时每盒随机取稚螺5只,用测微尺参考杨丽敏^[17]的方法测量壳高和壳宽;此后,每周用同样的方法测量1次仔螺壳高和壳宽;2周龄时用精确度0.001 g便携式电子秤称量抽样的5只仔螺总体质量,计算仔螺平均体质量。实验时间2周,其间间隔1~3 d 19:00~21:00用乙醇温度计测量1次养殖盒水温。

1.2.3 不同饵料对3~5周龄折叠萝卜螺生长的影响

由于附着物组和附着物+微囊料组2周龄仔螺体质量之间差异显著,不同饵料对3~5周龄折叠萝卜螺生长的影响根据仔螺初始体质量不同分大小2种规格,每种规格的仔螺根据投喂饵料不同设生菜叶组、微囊料组和生菜叶+微囊料组,大小规格仔螺每组设置3个重复,每个重复10只螺。生菜叶组每盒投喂1片新鲜生菜叶,3~5 d更换1次;微囊料组每天每盒投喂1次0.02 g左右30目人工微囊料,生菜叶+微囊料组中生菜叶和微囊料投喂方式分别同生菜叶组和微囊料组。各组螺的壳高等生长参数和水温等测量方法参考1.2.2节,当壳高超过1.10 cm时,改用游标卡尺测量壳高和壳宽;同时,每周观察2次养殖盒内是否有新产卵袋,并记录新产卵袋数。

1.2.4 统计分析

所有实验数据均用平均值±标准误(Mean±SE)表示。折叠萝卜螺壳高、壳宽、体质量及成活率用 Microsoft Excel 2013 进行初步整理,用 IBM SPSS Statistics 20.0 软件进行单因素 ANOVA 分析,当 $P<0.05$ 为显著差异;并采用 LSD 法进行两两比较, $P<0.05$ 表示存在显著性差异。

2 结果与分析

2.1 野生折叠萝卜螺卵粒孵化

先后收集折叠萝卜螺桑葚期前 10 条卵袋,各

条卵袋内卵粒数量、大小和孵化情况见表 1。折叠萝卜螺每批产出的卵粒由一层透明胶质状物质包裹,形成半囊状卵袋,每条卵袋有卵粒 39~70 枚,平均 53.8 枚。卵粒卵圆形,长径长和短径长分别为 0.81~0.88 mm 和 0.53~0.58 mm,平均值分别为 0.84 mm 和 0.56 mm。折叠萝卜螺胚胎在卵粒内发育成稚螺后爬出卵袋。10 条收集卵袋孵化水温为 25.0~32.5 °C,孵化时间 6.0~7.5 d,同一卵袋内的卵粒孵化时间相差 0.5~1.5 d;卵粒孵化率 84.75%~100.00%,平均孵化率 96.37%。

表 1 折叠萝卜螺卵袋内卵粒数量、大小和孵化情况
Tab. 1 Egg number, size and hatching time of *R. plicatula*

序号 No.	产卵日期 Egg laid date	卵粒数 Egg number	卵长径 Egg major diameter/ mm	卵短径 Egg minor diameter/ mm	水温 Water temperature/°C	首出膜日 期 First hatching date	未出膜日 期 Last hatching date	孵化天数 Hatching time/d	稚螺数 Neonate snail number	孵化率 Hatching percentage/%
1	6月8日	39	0.83 ± 0.07	0.58 ± 0.01	25.0~27.5	6月14日	6月14日	6.5	35	89.74
2	6月10日	58	0.83 ± 0.05	0.58 ± 0.02	25.0~32.5	6月16日	6月18日	7.5	58	100.00
3	6月10日	42	0.81 ± 0.04	0.56 ± 0.04	25.0~32.5	6月17日	6月18日	7.5	42	100.00
4	6月10日	70	0.83 ± 0.05	0.55 ± 0.03	25.0~32.5	6月17日	6月18日	7.5	70	100.00
5	6月11日	60	0.84 ± 0.01	0.55 ± 0.02	25.0~32.5	6月17日	6月18日	7.5	59	98.33
6	6月11日	48	0.82 ± 0.01	0.55 ± 0.01	25.0~32.5	6月17日	6月18日	7.0	46	95.83
7	6月11日	48	0.88 ± 0.04	0.59 ± 0.04	25.0~32.5	6月17日	6月18日	7.0	48	100.00
8	6月11日	59	0.84 ± 0.01	0.53 ± 0.03	25.0~32.5	6月18日	6月18日	7.0	50	84.75
9	6月12日	60	0.81 ± 0.01	0.54 ± 0.04	25.0~32.5	6月18日	6月18日	6.0	57	95.00
10	6月12日	54	0.88 ± 0.04	0.55 ± 0.04	25.0~32.5	6月18日	6月18日	6.0	54	100.00

2.2 不同饵料对 0~2 周龄折叠萝卜螺仔螺生长的影响

由表 2 可知,不同饵料及组合 1、2 周龄仔螺壳高、壳宽、体质量之间差异显著($P<0.05$),成活率之间差异不显著($P>0.05$)。生菜叶组 1、2 周龄仔螺壳高、壳宽和体质量显著小于其他组($P<0.05$),仔螺生长速度最慢;附着物组和微囊料组 1、2 周龄仔螺壳高等居中,二者之间 2 周龄螺壳高等参数之间差异不显著($P>0.05$);附着物+微囊料组 1、2 周龄仔螺壳高、壳宽和体质量均显著大于其他组($P<0.05$),仔螺生长速度最快。生菜叶组稚螺在第 3 天开始附集在生菜叶上,实验期间用解剖镜观察菜叶未见牧食痕迹,养殖盒底部和菜叶上均未见细柱状粪便;附着物组稚螺实验 3 天后在杯壁上附着,壳高和壳宽不断增加,1 周

后养殖盒底部可见细柱状粪便;微囊料组和附着物+微囊料组实验第 2 周在投喂人工微囊料 30 min 后观察到仔螺在投喂区集群,微囊料组 1 周后养殖盒底部可见少量细柱状粪便,附着物+微囊料组 1 周后养殖盒底部可见大量细柱状粪便。结果表明,不同饵料对 0~2 周龄仔(稚)螺促生长效果差异明显,生菜叶促生长作用效果差,水生生物附着物和人工微囊料促生长效果较好,同时投喂水生生物附着物和人工微囊料仔螺生长速度最快。

2.3 不同饵料对 3~5 周龄螺生长的影响

在水温 25.0~32.5 °C 情况下,小规格仔螺[初始体质量(0.005±0.001) g]和大规格仔螺[初始体质量(0.025±0.004) g]不同试验组 3~5 周龄螺的壳高、壳宽、体质量及养殖成活率分别见表 3 和表 4。

表2 不同饵料组0~2周龄折叠萝卜螺生长情况
Tab. 2 Growth performance for the 0~2 weeks old *R. plicatula* at different diet groups

饵料 Diets	0周龄 0 week old		1周龄 1 week old		2周龄 2 weeks old		体质量 Body mass/g	成活率 Survival rate/%
	壳高 Shell height/mm	壳宽 Shell width/mm	壳高 Shell height/mm	壳宽 Shell width/mm	壳高 Shell height/mm	壳宽 Shell width/mm		
生菜叶 Lettuce	0.851± 0.014 ^a	0.538± 0.014 ^a	1.277± 0.128 ^d	0.751± 0.073 ^d	1.751± 0.074 ^c	1.004± 0.050 ^e	<0.001	93.33±2.89 ^a
附着物 Aquatic periphyton	0.851± 0.037 ^a	0.538± 0.014 ^a	2.104± 0.114 ^b	1.233± 0.058 ^b	3.865± 0.174 ^b	1.897± 0.088 ^b	0.008± 0.001 ^a	91.67±7.64 ^a
微囊料 Artificial pellets	0.872± 0.042 ^a	0.554± 0.000 ^a	1.735± 0.159 ^e	0.996± 0.057 ^e	2.903± 0.526 ^b	1.562± 0.207 ^b	0.003± 0.000 ^a	93.33±11.55 ^a
附着物+微囊料组 Aquatic periphyton + artificial pellets	0.887± 0.061 ^a	0.563± 0.075 ^a	3.373± 0.176 ^a	1.706± 0.090 ^a	6.889± 0.905 ^a	3.484± 0.393 ^a	0.028± 0.011 ^b	90.00±5.00 ^a

注:同列上标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

Notes: Different letters in the same line indicate significant differences according to the AVONA test ($P<0.05$).

表3 小规格折叠萝卜螺不同饵料组3~5周生长情况
Tab. 3 Growth performance for the small sizes of 3~5 weeks old *R. plicatula* at different diet groups

饵料 Diets	2周龄 2 weeks old			3周龄 3 weeks old			4周龄 4 weeks old			5周龄 5 weeks old			
	壳高 Shell height/ cm	壳宽 Shell width/ cm	体质量 Body mass/g	壳高 Shell height/ cm	壳宽 Shell width/ cm	体质量 Body mass/g	壳高 Shell height/ cm	壳宽 Shell width/ cm	体质量 Body mass/g	壳高 Shell height/ cm	壳宽 Shell width/ cm	体质量 Body mass/g	成活率 Survival rate/%
生菜叶 Lettuce	0.337± 0.022 ^a	0.173± 0.005 ^a	0.006± 0.001 ^a	0.540± 0.051 ^b	0.271± 0.040 ^a	0.017± 0.001 ^c	0.832± 0.025 ^b	0.410± 0.014 ^b	0.059± 0.002 ^b	1.126± 0.003 ^b	0.569± 0.003 ^a	0.149± 0.004 ^b	100.00± 0.00 ^a
微囊料 Artificial pellets	0.336± 0.008 ^a	0.164± 0.008 ^a	0.005± 0.000 ^a	0.676± 0.054 ^a	0.324± 0.034 ^a	0.033± 0.005 ^b	0.871± 0.027 ^b	0.438± 0.007 ^b	0.073± 0.000 ^b	1.138± 0.007 ^b	0.576± 0.013 ^a	0.152± 0.018 ^b	100.00± 0.00 ^a
生菜叶+微囊料 Lettuce+artificial pellets	0.334± 0.008 ^a	0.162± 0.001 ^a	0.005± 0.002 ^a	0.695± 0.027 ^a	0.329± 0.027 ^a	0.044± 0.000 ^a	0.952± 0.000 ^a	0.481± 0.007 ^a	0.108± 0.014 ^a	1.220± 0.042 ^a	0.689± 0.086 ^a	0.213± 0.013 ^a	100.00± 0.00 ^a

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

Notes: Different letters in the same line indicate significant differences according to the AVONA test ($P<0.05$).

表4 大规格折叠萝卜螺不同饵料组3~5周生长情况
Tab. 4 Growth performance for the large sizes of 3~5 weeks old *R. plicatula* at different diet groups

饵料 Diets	2周龄 2 weeks old			3周龄 3 weeks old			4周龄 4 weeks old			5周龄 5 weeks old			
	壳高 Shell height/ cm	壳宽 Shell width/ cm	体质量 Body mass/g	壳高 Shell height/ cm	壳宽 Shell width/ cm	体质量 Body mass/g	壳高 Shell height/ cm	壳宽 Shell width/ cm	体质量 Body mass/g	壳高 Shell height/ cm	壳宽 Shell width/ cm	体质量 Body mass/g	成活率 Survival rate/%
生菜叶 Lettuce	0.657± 0.041 ^a	0.319± 0.020 ^a	0.029± 0.001 ^a	0.893± 0.079 ^a	0.462± 0.044 ^a	0.073± 0.005 ^b	1.126± 0.022 ^a	0.635± 0.023 ^b	0.142± 0.003 ^b	1.416± 0.091 ^a	0.776± 0.036 ^a	0.312± 0.002 ^a	100.00± 0.00 ^a
微囊料 Artificial pellets	0.611± 0.013 ^a	0.309± 0.011 ^a	0.025± 0.003 ^a	0.890± 0.042 ^a	0.429± 0.040 ^a	0.067± 0.006 ^b	0.964± 0.064 ^b	0.488± 0.010 ^e	0.101± 0.005 ^c	1.215± 0.021 ^b	0.665± 0.021 ^b	0.188± 0.016 ^b	100.00± 0.00 ^a
生菜叶+微囊料 Lettuce+artificial pellets	0.612± 0.031 ^a	0.307± 0.032 ^a	0.024± 0.001 ^a	1.000± 0.103 ^a	0.510± 0.053 ^a	0.093± 0.002 ^a	1.251± 0.001 ^a	0.713± 0.018 ^a	0.166± 0.009 ^a	1.376± 0.036 ^{ab}	0.801± 0.001 ^a	0.301± 0.006 ^a	100.00± 0.00 ^a

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

Notes: Different letters in the same line indicate significant differences according to the AVONA test ($P<0.05$).

从表3可以看出初始体质量0.005 g折叠萝卜螺3个试验组壳高等生长参数增加明显,养殖成活率均为100.00%。生菜叶组和微囊料组螺在3周龄时壳高和体质量之间差异显著($P<0.05$),

4、5周龄时壳高、壳宽和体质量之间差异不显著($P>0.05$);生菜叶+微囊料组3、4、5周龄螺体质量均显著大于生菜叶组和微囊料组($P<0.05$)。实验第3天,生菜叶组和生菜叶+微囊料组肉眼可见

生菜叶上明显的牧食痕迹,生菜叶上和养殖盒底清晰可见大量细柱状粪便(图1);微囊料组在投喂人工微囊料30 min后螺在投喂区集群,养殖盒底亦清晰可见细柱状粪便(图2)。结果表明,初始体质量0.005 g仔螺能正常摄食生菜叶和人工微囊料;单独投喂生菜叶或人工微囊料仔螺生长效果差异不大,同时投喂生菜叶和人工微囊料仔螺生长效果更好;投喂生菜叶和人工微囊对仔螺成活率无影响。



图1 小规格折叠萝卜螺摄食生菜叶

Fig. 1 Leaves of *L. sativa* grazed by the small sizes of *R. plicatula*



图2 小规格折叠萝卜螺投喂人工微囊料30分钟后集群
Fig. 2 Small sizes of *R. plicatula* clustered together 30 minutes after feeding artificial pellets

从表4可以看出初始体质量0.025 g仔螺生菜叶组、微囊料组和生菜叶+微囊料组生长明显,养殖成活率均达100.00%。3个试验组螺3周龄壳高和壳宽之间差异不显著($P>0.05$);微囊料组螺4、5周龄时壳宽和体质量显著小于生菜叶组和生菜叶+微囊料组($P<0.05$);生菜叶组和生菜叶+微囊料组螺5周龄时壳高、壳宽和体质量差异不显著($P>0.05$)。实验第2天,生菜叶组和生菜叶+

微囊料组生菜上螺的牧食痕迹十分明显,3个试验组均观察到螺排泄的细柱状粪便。结果表明,初始体质量0.025 g仔螺能正常摄食生菜叶和人工微囊料,单独投喂人工微囊料实验中后期螺生长缓慢,单独投喂生菜叶螺生长速度快,同时投喂人工微囊料和生菜叶与单独投喂生菜叶螺生长速度差异不明显。

2.4 不同饵料对折叠萝卜螺产卵影响

实验期间,1、2周龄螺在养殖盒中未发现卵袋;初始体质量0.025 g仔螺生菜叶+微囊料组在3周龄时发现有新产卵袋,5周龄时除微囊料组1个养殖盒外其他各组养殖盒中均发现新产卵袋,见表5。根据表5,2周龄仔螺单独投喂生菜叶或人工微囊料2~3周开始产卵,同时投喂生菜叶和人工微囊料约1周时间开始产卵。结果表明,2周龄折叠萝卜螺单独摄食生菜叶或人工微囊料2周左右开始产卵,同时摄食生菜叶和人工微囊料产卵时间较单独摄食提前1周左右。

3 讨论

螺类是一种常见的软体动物,分布广泛,其生物学习性研究报道较多。SARKE等^[18]报道,1月份平均水温17.77℃尖椎实螺(*Lymnaea acuminata*)胚胎发育平均时间17.50 d,平均孵化率77.99%;7月份平均水温30.90℃尖椎实螺胚胎发育平均时间仅为6.90 d,平均孵化率97.28%。胡宗福等^[15]报道,通辽市科尔沁地区卵萝卜螺在25.0℃条件下孵化时间需要175 h(约7.3 d)。黄艳艳等^[19]在室内条件下研究折叠萝卜螺卵粒孵化,结果从卵袋产出到首只幼螺出膜需要7~10 d,从卵袋产出到最后一只幼螺出膜需要12~15 d,孵化率89.5%~100.0%。螺类是一群变温无脊椎动物,在一定水温范围内,其胚胎发育时间与水温呈负相关。本研究在水温25.0~32.5℃情况下,折叠萝卜螺孵化时间6.0~7.5 d,卵粒孵化率84.75%~100.00%;卵粒孵化率与SARKE等和黄艳艳等研究结果相近;卵粒孵化时间与SARKE等和胡宗福等研究结果相近,略短于黄艳艳等研究结果,可能是本研究卵粒的孵化水温较高的原因。结果表明,折叠萝卜螺的卵粒孵化率较高,提高水温可以有效缩短孵化时间。

表5 不同实验组折叠萝卜螺繁殖情况
 Tab. 5 Reproduction performance for the 3~5 weeks old *R. plicatula* at different diet groups

规格 Size	组别 Group	3周龄 3 weeks old		4周龄 4 weeks old		5周龄 5 weeks old	
		平均卵袋数 The average number of egg masses	产卵率 Reproduction rate/%	平均卵袋数 The average number of egg masses	产卵率 Reproduction rate/%	平均卵袋数 The average number of egg masses	产卵率 Reproduction rate/%
小 Small	生菜叶 Lettuce	-	-	-	-	2.67 ± 0.77	100.00 ± 0.00
	微囊料 Artificial pellets	-	-	-	-	5.00 ± 0.50	100.00 ± 0.00
	生菜叶+微囊料 Lettuce + artificial pellets	-	-	1.33 ± 0.29	100.00 ± 0.00	7.67 ± 0.29	100.00 ± 0.00
大 Large	生菜叶 Lettuce	-	-	2.67 ± 0.29	100.00 ± 0.00	9.33 ± 0.29	100.00 ± 0.00
	微囊料 Artificial pellets	-	-	-	-	1.67 ± 0.77	66.67 ± 57.74
	生菜叶+微囊料 Lettuce + artificial pellets	5.00 ± 2.29	66.67 ± 57.74	6.00 ± 2.00	100.00 ± 0.00	10.67 ± 0.29	100.00 ± 0.00

在螺类食物的研究中, XIONG等^[20]研究发现体质量超过0.50 g耳萝卜螺喜食原著水生植物; LI等^[21]研究发现体质量0.38 g左右耳萝卜螺牧食苦草(*Vallisneria spiralis*)叶片, 优先选择外附水生生物附着物的苦草叶片; 李宽意等^[13]研究认为椭圆萝卜螺(*Radix swinhoei*)仔螺(约0.02 g/只)和成螺(约0.20 g/只)尽管牧食水生植物, 但附着生物是其主要的食物来源; 李宽意等^[10]和卓帅等^[11]研究表明椭圆萝卜螺对沉水植物牧食率与螺大小成反比; 有研究^[22-23]发现椎实螺科螺类喜摄食干物质含量较高的水生植物, 植物体内酚类复合物抑制其摄食。上述研究表明, 在自然水体中, 水生植物及其叶片附着物是萝卜螺成螺的主要食物。而有关萝卜螺稚螺食物及人工饵料对螺的生长影响研究甚少。为了开发折叠萝卜螺稚螺适合饵料, 为折叠萝卜螺规模化培育提供依据, 本研究对比分析生菜叶、水生生物附着物、人工微囊料及混合物(水生生物附着物+人工微囊料、生菜叶+人工微囊料)对0~2周龄和3~5周龄折叠萝卜螺生长的影响, 结果投喂不同饵料折叠萝卜螺成活率差异不显著, 但对其生长影响差异显著, 0~2周龄折叠萝卜螺投喂生菜叶生长缓慢, 单独投喂水生生物附着物和人工微囊料生长速度较快, 二者之间差异不显著, 同时投喂水生生物附着物和人工微囊料生长速度最快; 3~5周龄螺投喂生菜叶后期生长速度较快, 投喂人工微囊料或人工微囊料+生菜叶前期生长速度快。综合上述研究结果, 初生的折叠萝卜螺主要以水生附着

生物为食物, 随着螺的生长, 植物叶片逐渐成为其主要食物, 人工微囊料干物质含量高、营养丰富, 人工培育折叠萝卜螺仔螺时添加微囊料可促进仔螺快速生长。

水产动物性成熟年龄与种类有关, 同时受环境温度、营养水平等条件因素影响。据报道, 稻田养殖的铜锈环棱螺(*Bellamya aeruginosa*)2月龄达到性成熟^[24]; 尖膀胱螺(*Physa acuta*)一般情况下60 d达到性成熟, 25 °C、24 h连续光照条件下, 40 d就可性成熟并产卵^[25]。本研究中, 水温22.5~32.5 °C, 94.44%折叠萝卜螺养殖盒在第5周发现卵袋, 其性成熟时间与尖膀胱螺接近; 研究还发现, 3~5周龄折叠萝卜螺生菜叶+微囊料组产卵时间较生菜叶组和微囊料组提前1~2周, 可能是人工微囊料干物质含量高、营养丰富, 提高了折叠萝卜螺营养水平。本研究结果表明, 人工培养条件下, 折叠萝卜螺3~5周龄开始产卵, 人工微囊料可缩短产卵时间1~2周。

参考文献:

- [1] 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, 2020.
National Pharmacopoeia Editorial Committee. Pharmacopoeia of the People's Republic of China-part I: 2020 edition [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2020.
- [2] 孙塑伦, 高颖, 孙建宁, 等. 疏血通注射液治疗缺血性脑血管病临床应用专家共识[J]. 中医杂志, 2018, 59(2): 175-180.
SUN S L, GAO Y, SUN J N, et al. Expert consensus on

- the clinical application of Shuxuetong injection in the treatment of ischemic cerebrovascular disease [J]. *Journal of Traditional Chinese Medicine*, 2018, 59(2): 175-180.
- [3] 黄秋阳, 冷静, 甘奇超, 等. 水蛭及其制剂在心脑血管疾病中的应用[J]. *中成药*, 2019, 41(8): 1915-1920.
HUANG Q Y, LENG J, GAN Q C, et al. Application of leech and its preparation in cardiovascular and cerebrovascular diseases [J]. *Chinese Traditional Patent Medicine*, 2019, 41(8): 1915-1920.
- [4] 熊良伟, 王帅兵, 王海华, 等. 我国蚂蟥人工养殖技术研究进展、存在问题及应对措施[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2021(15): 46-50.
XIONG L W, WANG S B, WANG H H, et al. Research progress, existing problems and countermeasures on artificial rearing techniques of *Whitmania pigra* in China [J]. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2021(15): 46-50.
- [5] 杨潼. 中国动物志-环节动物门-蛭纲[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
YANG T. *Fauna Sinica-Annelida-Hirudinea* [M]. Beijing: Science Press, 1996.
- [6] 吴雷明, 韩光明, 寇祥明, 等. 3种生物饵料对宽体金线蛭幼蛭生长性能、消化酶活性及免疫力的影响[J]. *动物营养学报*, 2019, 31(7): 3383-3390.
WU L M, HAN G M, KOU X M, et al. Effects of three species of live food on growth performance, digestive enzyme activities and immunity of *Whitmania pigra* larvae [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(7): 3383-3390.
- [7] 吴雷明, 王守红, 张家宏, 等. 不同孵化基质和开口饵料对宽体金线蛭生长发育的影响[J]. *水产科学*, 2019, 38(2): 260-265.
WU L M, WANG S H, ZHANG J H, et al. Effects of different incubation matrices and weaning foods on growth and development of leech *Whitmania pigra* [J]. *Fisheries Science*, 2019, 38(2): 260-265.
- [8] 王建国, 熊良伟, 陶桂庆, 等. 宽体金线蛭苗对萝卜螺和方形环棱螺仔螺摄食及生长特征研究[J]. *中药材*, 2018, 41(5): 1022-1026.
WANG J G, XIONG L W, TAO G Q, et al. Ingestion and growth characteristics of *Whitmania pigra* larvae feeding with *Radix auricularia* and larvae of *Bellamya quadrata* [J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2018, 41(5): 1022-1026.
- [9] XIONG L W, ZHENG Y, WANG S B, et al. Production of juveniles of the freshwater, egg-laying lymnaeid snail *Radix plicatula* as prey for the juveniles of Whitman leech (*Whitmania pigra*) [J]. *Invertebrate Reproduction & Development*, 2023, 67(1/2): 47-57.
- [10] 李宽意, 刘正文, 胡耀辉, 等. 椭圆萝卜螺 *Radix Swinhoei* (H. Adams) 对三种沉水植物的牧食选择[J]. *生态学报*, 2006, 26(10): 3221-3224.
LI K Y, LIU Z W, HU Y H, et al. Snail *Radix swinhoei* (H. Adams) herbivory on three submerged plants [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(10): 3221-3224.
- [11] 卓帅, 何文辉, 彭自然, 等. 椭圆萝卜螺对3种沉水植物的牧食特性[J]. *上海海洋大学学报*, 2020, 29(3): 339-345.
ZHUO S, HE W H, PENG Z R, et al. Grazing characteristics of three kinds of submerged plants for *Radix swinhoei* [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2020, 29(3): 339-345.
- [12] ZHI Y W, LIU Y, LI W, et al. Responses of four submerged macrophytes to freshwater snail density (*Radix swinhoei*) under clear-water conditions: a mesocosm study [J]. *Ecology and Evolution*, 2020, 10(14): 7644-7653.
- [13] 李宽意, 刘正文, 李传红, 等. 太湖椭圆萝卜螺的食物来源分析[J]. *湖泊科学*, 2008, 20(3): 339-343.
LI K Y, LIU Z W, LI C H, et al. Food sources of snail *Radix swinhoei* in lake Taihu [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2008, 20(3): 339-343.
- [14] MAAT A T, ZONNEVELD C, DE VISSER J A G M, et al. Food Intake, Growth, and reproduction as affected by day length and food availability in the pond snail *Lymnaea stagnalis* [J]. *American Malacological Bulletin*, 2007, 23(1): 113-120.
- [15] 胡宗福, 李树国, 杨景峰. 科尔沁地区卵萝卜螺胚胎发育的观察[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2013(3): 136-138, 171.
HU Z F, LI S G, YANG J F. Embryonic development of *Radix ovata* in Keerqin region [J]. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2013(3): 136-138, 171.
- [16] BRÖNMARK C. How do herbivorous freshwater snails affect macrophytes? A comment [J]. *Ecology*, 1990, 71(3): 1212-1215.
- [17] 杨丽敏. 椎实螺科(Lymnaeidae)分类及系统发育研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2019.
YANG L M. Taxonomy and phylogeny study of Lymnaeidae [D]. Nanchang: Nanchang University, 2019.
- [18] SARKER M M, NESA B, JAHAN M S. Embryonic developmental ecology of freshwater snail *Lymnaea acuminata* (Lymnaeidae: Gastropoda) [J]. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 2007, 10(1): 23-31.
- [19] 黄艳艳, 薛喜文, 欧阳珊. 折叠萝卜螺生物学初步研究[J]. *南昌大学学报(理科版)*, 2002, 26(1): 96-99.
HUANG Y Y, XUE X W, OUYANG S. Primary studies on biology of *Radix plicatula* (Gastropoda: Lymnaeidae) [J]. *Journal of Nanchang University (Natural Science)*, 2002, 26(1): 96-99.
- [20] XIONG W, YU D, WANG Q, et al. A snail prefers native over exotic freshwater plants: implications for the enemy

- release hypotheses [J]. *Freshwater Biology*, 2008, 53 (11): 2256-2263.
- [21] LI K Y, LIU Z W, GU B H. Density-dependent effects of snail grazing on the growth of a submerged macrophyte, *Vallisneria spiralis* [J]. *Ecological Complexity*, 2009, 6 (4): 438-442.
- [22] ELGER A, LEMOINE D. Determinants of macrophyte palatability to the pond snail *Lymnaea stagnalis* [J]. *Freshwater Biology*, 2005, 50(1): 86-95.
- [23] 李永科. 沉水植物与牧食性螺类的关系研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2004.
- LI Y K. Study on the relationship between submerged plants and herbivorous snails [D]. Wuhan: Wuhan University, 2004.
- [24] 杨学芬, 罗福广, 黄杰, 等. 稻田养殖铜锈环棱螺繁殖与仔螺生长特性[J]. *水生生物学报*, 2022, 46(11): 1748-1753.
- YANG X F, LUO F G, HUANG J, et al. The reproduction and growth pattern of larvae of *Bellamya aeruginosa* cultured in rice field [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2022, 46(11): 1748-1753.
- [25] 马军国, 李效宇. 尖膀胱螺的生物学特征及光照对其生长繁殖影响的初步研究[J]. *四川动物*, 2012, 31(5): 763-767.
- MA J G, LI X Y. Biological characteristics of *Physa acuta* and the effects of light on their growth and development [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2012, 31(5): 763-767.

Study of egg hatching time for snail *Radix plicatula* and effects of different diets on growth performance to juvenile snails

WANG Shuaibing¹, XIONG Liangwei¹, CAO Youwen¹, SONG Yang¹, WANG Haihua², LIU Bo³

(1. Jiangsu Agri-animal Husbandry Vocational College, Taizhou 225300, Jiangsu, China; 2. Nanchang Key Laboratory of Special Aquatic Breeding and Healthy Aquaculture, Jiangxi Fisheries Research Institute, Nanchang 330039, Jiangxi, China; 3. Key Laboratory of Freshwater Fisheries and Germplasm Resources Utilization, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, Jiangsu, China)

Abstract: In order to study the egg hatching time and the effects of lettuce leaves, aquatic periphyton, artificial pellets, as well as their partial combinations on growth performance to the juvenile snails *Radix plicatula*, a subset of 10 newly laid egg masses were collected and their hatching time were record under indoor conditions. In addition, the shell length, shell width, body weight and survival rate for the juvenile snails feeding with different diets were analyzed. The results showed that the egg hatching time was 6.0-7.5 days with a 96.37% hatching rate when the water temperature ranged from 25.0 °C to 32.5 °C. There was no significant difference in the survival rate for the 0-5 week old snails feeding with different diets, however, significant difference in the growth performance was found among the snail in different diet groups. The growth rate for 0-2 weeks old snails feeding with lettuce + aquatic periphyton was the fastest, followed by the snails feeding with aquatic periphyton. The growth rate for 3-5 weeks old snails with an initial body mass of 0.005 g feeding with lettuce + artificial pellets was greater than that feeding with lettuce or artificial pellets. Furthermore, no significant differences were found between the 3-5 weeks old snails with an initial body mass of 0.026 g fed by lettuce or lettuce + artificial pellets for their shell height, shell width and body mass. The results indicated that the *R. plicatula* egg hatching time is 6.0-7.5 days with a mean hatching rate of 96.37% with the water temperature ranging from 25.0 °C to 32.5 °C. Aquatic periphyton and the leaves of lettuce are ideal food sources for 0-2 weeks old and 3-5 weeks old *R. plicatula*, respectively, and artificial pellets have a promoting effect on the growth of juvenile snails. The results of this study will provide a basis for large-scale production of *R. plicatula*.

Key words: *Radix plicatula*; egg hatching; diet developing; growth; survival rate