

doi: 10.7541/2023.2022.0049

紫黑翼蚌钩介幼虫在不同规格寄主鱼寄生效果及 对寄主鱼营养指标的影响

马学艳^{1,2,3} 梁建超² 金武^{1,2,3} 吕国华^{1,3} 顾若波^{1,2,3*}
徐跑^{1,2,3} 华丹³ 闻海波^{1,2,3*}

(1. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 农业农村部稻渔综合种养生态重点实验室, 无锡 214128; 2. 南京农业大学无锡渔业学院, 无锡 214128; 3. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 中美淡水贝类种质资源保护及利用国际联合实验室, 无锡 214128)

摘要: 为提高紫黑翼蚌(*Potamilus alatus*)繁殖效率, 探讨寄生对淡水石首鱼(*Aplodinotus grunniens*)营养指标的影响, 实验通过比较钩介幼虫脱落数量, 测试了不同规格寄主鱼的寄生效果, 分析了寄生对寄主鱼血清生化指标及肌肉中氨基酸、脂肪酸含量的变化。结果显示: 大规格组每尾鱼脱落数显著高于小规格组($P<0.05$), 小规格组每千克寄生鱼平均脱落稚贝数显著高于大规格组($P<0.05$); 寄生导致肌肉中肌酐显著升高($P<0.05$), 谷丙转氨酶、谷草转氨酶和乳酸脱氢酶显著降低($P<0.05$), 血糖、总蛋白、白蛋白、甘油三酯、总胆固醇、高密度脂蛋白和低密度脂蛋白与对照组无显著性差异($P>0.05$); 寄生组灰分与对照组无显著性差异($P>0.05$), 寄生组肌肉水分和粗脂肪含量显著高于对照组($P<0.05$), 粗蛋白显著低于对照组($P<0.05$); 寄生组天冬氨酸、丙氨酸、谷氨酸、酪氨酸、甘氨酸和精氨酸含量显著低于对照组($P<0.05$), 非必需氨基酸含量显著低于对照组($P<0.05$), 其他氨基酸之间无显著性差异($P>0.05$); 寄生组月桂酸(C12:0)和花生一烯酸(C20:1)含量显著高于对照组($P<0.05$), 其他无显著性差异($P>0.05$)。结果表明: 小规格寄主鱼更适合实际生产使用; 寄生对淡水石首鱼营养指标的影响较小。

关键词: 紫黑翼蚌; 钩介幼虫; 寄生; 营养因子; 生化指标; 淡水石首鱼

中图分类号: S941.5

文献标识码: A

文章编号: 1000-3207(2023)06-0910-07



紫黑翼蚌(*Potamilus alatus*)也称紫踵劈蚌、翼溪蚌, 隶属于珠蚌科, 是培育紫黑色珍珠的一种优秀珍珠蚌^[1, 2], 其所产珍珠珍珠层厚实、呈紫黑色、光滑细腻、富有光泽。紫黑翼蚌钩介幼虫需寄生在合适的寄主鱼上才能变态发育成稚蚌, 淡水石首鱼(*Aplodinotus grunniens*)被认为是紫黑翼蚌唯一的天然寄主鱼^[3, 4], 闻海波等^[5]对紫黑翼蚌寄主鱼的筛选结果也印证了这一结论。

淡水石首鱼俗称淡水大黄鱼, 其具有生长快、肉质好、无肌间刺、适应力强等优点, 是水养殖的

优良品种^[6]。在钩介幼虫寄生过程中, 寄主鱼体内脂肪、蛋白质和碳水化合物是影响寄生虫宿主关系的主要因素^[7]。在成功寄生后, 寄生虫会适应并调节寄主体内营养代谢活动及营养组分结构, 以达到满足自身生长和发育的需求^[8]。关于钩介幼虫寄生对寄主鱼营养指标的研究, 仅见本课题组研究了三角帆蚌寄生罗非鱼(*Oreochromis mossambicus*)^[9]、黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)^[10], 关于紫黑翼蚌寄生对淡水石首鱼营养指标的相关研究未见报道。

本研究通过比较钩介幼虫脱落数量, 测试了不

收稿日期: 2022-02-10; 修订日期: 2022-08-10

基金项目: 中国水产科学研究院长江特色水生动物繁养创新团队项目(2020TD62); 江苏省农业科技自主创新项目(CX(20)2025); 无锡市科技发展资金(N20203008); 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心中央基本业务费(2020JBFR02, 2020JBFR03和2021JBFR13)资助 [Supported by the Innovation Project of Chinese Academy of Fishery Sciences (2020TD62); Innovation Project of Jiangsu Agricultural Science and Technology (CX(20)2025); Science and Technology Development Fund of Wuxi City (N20203008); Central Public-interest Scientific Institution Basal Research Fund, Freshwater Fisheries Research Center, CAFS (2020JBFR02, 2020JBFR03 and 2021JBFR13)]

作者简介: 马学艳(1989—), 女, 硕士研究生; 主要从事淡水贝类繁育保护与利用研究。E-mail: maxy@ffrc.cn

通信作者: 顾若波(1963—), E-mail: gurb@ffrc.cn 闻海波(1980—), E-mail: wenhb@ffrc.cn *共同通信作者

同规格寄主鱼的寄生效果, 分析了寄生对寄主鱼血清生化指标及肌肉中氨基酸和脂肪酸含量的影响, 为紫黑翼蚌的人工繁育提供相关借鉴, 为淡水石首鱼的健康养殖提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用淡水石首鱼来自江阴市申港三鲜养殖有限公司, 实验前选取体表无伤、活力良好和规格均匀的个体暂养在淡水蚌类钩介幼虫寄主鱼人工筛选系统^[11]中并进行强化培育, 每日早晚投喂青虾碎肉, 实验前1天停止喂食。暂养及实验用水均为充分曝气自来水, 水温(21±1)℃。

实验用紫黑翼蚌取自中国水产科学研究院淡水渔业研究中心扬中养殖基地, 选择个体健壮、活力良好的母蚌作为实验材料, 检查雌蚌外鳃, 发现成熟幼虫后, 参照华丹等^[12]的方法进行人工采苗, 参照闻海波等^[9]方法进行钩介幼虫寄生。根据预实验可知, 寄生数量较多会导致鱼体死亡, 寄生时应控制钩介幼虫密度及寄生时间。

1.2 寄主鱼规格对紫黑翼蚌钩介幼虫寄生的影响

取两种规格淡水石首鱼, 其中大规格组[体质量: (80±10) g; 体长: (16±1) cm]随机分为A、B两组, 小规格组[体质量: (15.5±3.0) g; 体长: (9.5±0.5) cm]为C组, 每组设置3个重复, 每个重复30尾。A组为对照组, B组为大规格寄生组, C组为小规格寄生组。B、C组寄生后, 3组鱼放回淡水蚌类钩介幼虫寄主鱼人工筛选系统^[11]中养殖, 实验过程中3组实验鱼均不喂食。寄生后每天收集出水口处幼虫及稚蚌在Oilmpus CH型号显微镜下计数, 当脱落的幼虫或稚蚌数量降为零时, 脱落结束。每天对养殖系统中的鱼进行观察, 若发现死鱼, 及时清理。

1.3 寄生对血清生理指标、常规营养成分及氨基酸、脂肪酸的影响

由预实验可知, 在温度(21±1)℃时, 钩介幼虫17d全部脱落完成, 第19天, A、B组每个重复取3条鱼, 每个重复中3条鱼合成一个样本做检测, 其中:

采用尾静脉采血法^[13]采集血清, 在cobas 501型号生化分析仪测定血清总糖(GLU)、血清总蛋白(TP)、白蛋白(Alb)、血清肌酐(Scr)、甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)、高密度脂蛋白(HDL)、低密度脂蛋白(LDL)、乳酸脱氢酶(LDH)、谷丙转氨酶(ALT)和谷草转氨酶(AST); 采集淡水石首鱼肌肉测定水分、灰分、粗脂肪、粗蛋白、17种氨基酸(未检测色氨酸)和脂肪酸含量。其中水分含量采用直接干燥法测定; 灰分含量采用灼烧称重法测定; 粗脂肪含量采用索氏抽提法测定; 粗蛋白含量采用凯氏定氮法测定; 氨基酸含量测定用酸水解法; 脂肪酸测定采用气相色谱法。

1.4 数据处理

采用SPSS 22.0统计软件进行试验数据分析, 采用 T 检验($P=0.05$)对两组间指标差异性分析。在WPS Office上绘制相关图表。

2 结果

2.1 寄主鱼规格对紫黑翼蚌钩介幼虫寄生的影响

如表1所示, 两种规格的鱼存活率无显著差异, 大规格组每尾鱼脱落数显著高于小规格组($P<0.05$), 小规格组每千克寄生鱼平均脱落稚贝数显著高于大规格组($P<0.05$)。

从图1可以看出, 大规格鱼组与小规格鱼组均从幼虫寄生第11天开始脱落, 在第14天达到脱落高峰, 在第17天脱落结束。在13d、14d、15d大规格寄主鱼脱落数量显著高于小规格组($P<0.05$)。

2.2 寄生对淡水石首鱼血清生化指标的影响

由表2可知, 实验组血糖、总蛋白、白蛋白、甘油三酯、总胆固醇、高密度脂蛋白和低密度脂蛋白与对照组无显著性差异($P>0.05$), 实验组肌酐显著高于对照组($P<0.05$), 谷丙转氨酶、谷草转氨酶和乳酸脱氢酶显著低于对照组($P<0.05$)。

2.3 寄生对淡水石首鱼肌肉常规营养成分的影响

如表3所示, T 检验表明: 寄生组灰分与对照组无显著性差异($P>0.05$), 寄生组肌肉水分、粗脂肪含量显著高于对照组($P<0.05$), 粗蛋白显著低于对

表1 寄主鱼规格对钩介幼虫成活变态发育的影响

Tab. 1 Effects of the size of host fish on survival and metamorphosis of glochidia

组别 Croup	平均体重 Average body weight (g)	存活率 Survival rate (%)	脱落稚贝(数/尾) Average number of transformed juveniles each fish	每千克寄生鱼平均脱落稚贝数(只) Average number of transformed juveniles per unit body weight (ind.)
小规格Small size	15.47±1.69	95.55±1.92	107±21 ^b	6926±5 ^a
大规格Large size	84.15±3.95	95.55±5.09	274±59 ^a	3261±0 ^b

注: 同列不同字母表示差异显著($P<0.05$); 同行无标注表示无显著性差异($P>0.05$); 下同

Note: Values within the same row with different minuscule letters are significantly different ($P<0.05$), the same row with unlabeled means no significant difference ($P>0.05$). The same applies blow

照组($P<0.05$)。

2.4 寄生对淡水石首鱼肌肉氨基酸含量的影响

如表 4 所示, 两组淡水石首鱼肌肉中均测出 17 种氨基酸, 色氨酸未检测。寄生组 17 种氨基酸含量平均值均低于对照组。T 检验表明: 寄生组天冬氨酸(Asp)、丙氨酸(Ala)、谷氨酸(Glu)、酪氨酸(Tyr)、甘氨酸(Gly)和精氨酸(Arg)含量显著低于对照组($P<0.05$), 非必需氨基酸含量显著低于对照组($P<0.05$), 其他氨基酸之间无显著性差异($P>0.05$)。

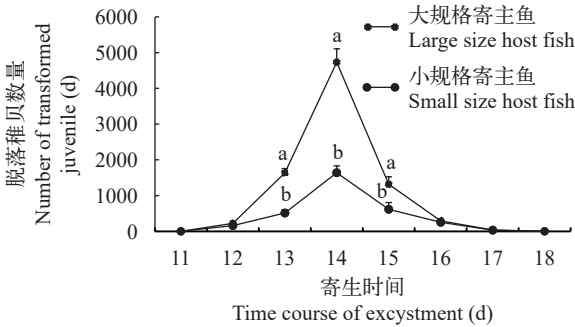


图 1 钩介幼虫在不同规格寄主鱼上脱落时间

Fig. 1 The time of glochidia dropped the host fishes of different sizes

表 2 寄生对淡水石首鱼血清生化指标的影响

Tab. 2 Effect of parasitism by glochidia on serum biochemical indexes in freshwater drum

组别Group	对照组Control	实验组Test
肌酐Gre (μmol/L)	4.67±0.58 ^a	6.00±0 ^b
血糖Glu (mmol/L)	2.21±0.69	1.43±0.66
总蛋白TP (g/L)	31.8±2.44	34.1±2.36
白蛋白Alb (g/L)	12.87±0.87	13.17±0.90
甘油三酯TG (mmol/L)	1.95±0.63	2.49±0.71
总胆固醇TC (mmol/L)	8.16±1.98	7.52±1.79
高密度脂蛋白HDL (mmol/L)	2.68±0.42	2.04±0.34
低密度脂蛋白LDL (mmol/L)	2.37±1.10	1.92±0.95
谷丙转氨酶ALT (IU/L)	10±1.00 ^a	4.67±1.53 ^b
谷草转氨酶AST (IU/L)	59.67±10.60 ^a	33±11.53 ^b
乳酸脱氢酶LDH (IU/L)	288±43.49 ^a	188.33±26.69 ^b
碱性磷酸酶ALP (IU/L)	55.33±9.07	55.67±14.98

表 3 寄生对淡水石首鱼肌肉常规营养成分的影响

Tab. 3 Effect of parasitism by glochidia on common nutrition component in muscle of freshwater drum

组分Composition	基本营养成分含量(鲜重) Basic nutrient content (fresh weight) (%)	
	对照组Control	寄生组Test
水分Water	77.81±0.10 ^b	77.94±0.02 ^a
灰分Ash	0.59±0.00	0.59±0.02
粗蛋白Protein	18.22±0.07 ^a	17.88±0.12 ^b
粗脂肪Fat	0.53±0.02 ^b	0.60±0.02 ^a

表 4 寄生对淡水石首鱼肌肉氨基酸的影响

Tab. 4 Effect of parasitism by glochidia on amino acid in muscle of freshwater drum (g/100 g)

组分Composition	氨基酸含量Content of amino acid (dry weight)	
	对照组Control	寄生组Test
天冬氨酸Asp	4.01±0.04 ^a	3.81±0.07 ^b
丙氨酸Ala	2.46±0.04 ^a	2.36±0.03 ^b
丝氨酸Ser	1.34±0.05	1.31±0.06
谷氨酸Glu	6.35±0.05 ^a	6.15±0.06 ^b
酪氨酸Tyr	1.00±0.02 ^a	0.93±0.03 ^b
甘氨酸Gly	2.45±0.10 ^a	2.25±0.05 ^b
脯氨酸Pro	1.20±0.18	1.14±0.04
精氨酸Arg	2.37±0.03 ^a	2.27±0.02 ^b
胱氨酸Cys-s	0.11±0.02	0.10±0.02
组氨酸His	0.83±0.07	0.75±0.02
苏氨酸Thr*	1.59±0.06	1.53±0.02
缬氨酸Val*	2.05±0.09	1.99±0.08
蛋氨酸Met*	0.98±0.05	0.96±0.06
异亮氨酸Ile*	1.98±0.09	1.94±0.09
亮氨酸Leu*	3.09±0.13	3.02±0.13
苯丙氨酸Phe*	1.63±0.08	1.59±0.08
赖氨酸Lys*	3.67±0.03	3.60±0.03
氨基酸总量TAA	37.11±0.60	35.71±0.72
必需氨基酸	14.99±0.40	14.62±0.48
非必需氨基酸	22.12±0.28 ^a	21.09±0.28 ^b

注: *表示必需氨基酸
Note: *represents essential amino acids

2.5 寄生对淡水石首鱼肌肉脂肪酸含量的影响

如表 5 所示, 淡水石首鱼肌肉中共检测出 26 种脂肪酸, 其中饱和脂肪酸 8 种, 单不饱和脂肪酸 6 种, 多不饱和脂肪酸 12 种。T 检验表明: 寄生组月桂酸(C12:0)和花生一烯酸(C20:1)含量显著高于对照组($P<0.05$), 其他无显著性差异($P>0.05$)。

3 讨论

3.1 寄主鱼规格对紫黑翼蚌钩介幼虫寄生的影响

蚌科钩介幼虫在人工繁育时, 选择的寄主鱼规格不同, 其寄生效果也存在差异。Hua^[1]研究结果表明寄生在成鱼鳃丝上的钩介幼虫会出现提前脱落现象, 脱落的钩介幼虫未能变态发育, 幼鱼寄生变态发育的稚贝数量显著高于成鱼。Hsatie 等^[14]在野外环境调查相关河流时也发现有相似结果, 而对不满一龄(0+)和一龄(1+)的鲑寄生实验中, 1+ 的鲑获得稚贝的数量显著多余 0+ 鱼。大多研究者^[15-18]认为野外中大鱼寄生数量减少的原因是具有获得性免疫。也有研究者认为是由于大鱼免疫系统更加完善, 导致钩介幼虫不能成功变态发育而脱落^[19,20]。

本实验中两种规格寄主鱼均为第一次寄生, 大规格鱼每尾脱落稚贝数要显著高于小规格鱼, 这可能是由于所选两种规格石首鱼均属于幼鱼, 免疫系统发育不够完善, 大规格鱼鳃丝表面积要更大, 因此大规格与每尾脱落稚贝数显著高于小规格鱼, 也可能是在一定规格的淡水石首鱼中, 规格越大, 每尾寄生数量越多。然而, 在实际生产中寄主鱼的数量一般不精确到尾而是以重量作单位, 在本实验中, 小规格鱼每千克鱼脱落稚贝数显著高于大规格鱼, 因此小规格淡水石首鱼寄生效果要优于大规格鱼。

表 5 寄生对淡水石首鱼肌肉脂肪酸的影响

Tab. 5 Effect of parasitism by glochidia on fatty acid in muscle of freshwater drum

组分Composition	脂肪酸含量Contents of fatty acids (dry weight, %)	
	对照组Control	寄生组Test
月桂酸C12:0	0.05±0.00 ^a	0.06±0.01 ^b
肉豆蔻酸C14:0	1.37±0.14	1.46±0.09
十五碳酸C15:0	0.18±0.01	0.21±0.03
棕榈酸C16:0	21.11±0.26	20.75±0.44
十七碳酸C17:0	0.19±0.05	0.18±0.03
硬脂酸C18:0	5.96±1.01	4.82±0.74
花生酸C20:0	0.15±0.03	0.15±0.02
山嵛酸C22:0	0.10±0.02	0.09±0.01
肉豆蔻烯酸C14:1	0.06±0.01	0.06±0.01
棕榈油酸C16:1	9.96±2.41	12.20±1.54
银杏酸C17:1	0.41±0.03	0.52±0.08
油酸C18:1	24.61±3.10	28.14±2.48
花生一烯酸C20:1	1.29±0.03 ^a	1.51±0.08 ^b
芥酸C22:1	0.19±0.01	0.20±0.04
亚油酸C18:2	7.33±0.68	7.53±0.55
花生二烯酸C20:2	0.61±0.10	0.63±0.10
γ-亚麻酸C18:3n-6	0.13±0.03	0.12±0.01
α-亚麻酸C18:3n-3	0.74±0.17	0.70±0.29
二十碳三烯酸C20:3	0.12±0.02	0.09±0.01
二十二碳三烯酸C22:3	0.48±0.08	0.38±0.08
C18:4	0.17±0.02	0.18±0.05
花生四烯酸C20:4	4.78±1.15	3.59±0.83
二十二碳四烯酸C22:4	0.42±0.08	0.35±0.06
EPA C20:5	9.19±1.28	7.18±0.90
DPA C22:5	2.74±0.34	2.35±0.31
DHA C22:6	7.66±1.13	6.56±0.87
ΣSFA	29.11±0.77	27.72±0.78
ΣMUFA	36.51±5.55	42.62±3.95
ΣPUFA	34.38±4.80	29.66±3.21

注: ΣSFA. 饱和脂肪酸总量; ΣMUFA. 单不饱和脂肪酸总量; ΣPUFA. 多不饱和脂肪酸总量

Note: ΣSFA. total saturated fatty acids; ΣMUFA. total mono-unsaturated fatty acids; ΣPUFA. total poly-unsaturated fatty acids

3.2 寄生对淡水石首鱼血清生化指标的影响

血液中葡萄糖、蛋白质和脂肪等营养物质是钩介幼虫能否变态成功的决定性因素之一^[21]。肌酐(Scr)是生物体肌肉组织中储能物质代谢的最终产物, 有研究表明, 每20 g肌肉完全分解可产生1 mg的肌酐^[22]。杜兴伟^[23]在三角帆蚌寄生罗非鱼实验中发现, 寄生后罗非鱼血清中高密度脂蛋白和低密度脂蛋白明显低于对照组, 其他指标无显著性变化。闻海波等^[9]研究显示寄生导致甘油三酯和低密度脂蛋白显著低于寄生前水平, 其他指标无显著性变化, 并推测低密度脂蛋白是钩介幼虫变态发育的影响因子。本实验中实验组血糖、总蛋白、白蛋白、甘油三酯、总胆固醇、高密度脂蛋白和低密度脂蛋白与对照组无显著性差异, 肌酐含量要显著高于对照组。这表明紫黑翼蚌钩介幼虫寄生会诱导淡水石首鱼肌肉分解, 实验组低密度脂蛋白平均数虽低于对照组, 但未达到显著差异水平。这与杜兴伟^[23]和闻海波等^[9]结果不同, 这可能是紫黑翼蚌钩介幼虫寄生在淡水石首鱼数量较少, 对寄主鱼的影响较小。

乳酸脱氢酶(LDH)是机体各组织细胞内, 催化乳酸氧化脱氢生成丙酮酸完成糖酵解过程中的重要酶^[24], 谷丙转氨酶(ALT)和谷草转氨酶(AST)主要存在肝细胞中, 参与体内转氨基作用, 肝功能正常时, 血浆中ALT和AST含量很低, 血清乳酸脱氢酶、谷丙转氨酶、谷草转氨酶含量升高往往伴随着肝细胞的受损^[25, 26]。有研究表明, 鱼类脂肪肝修复时, 血清ALT、AST和LDH含量会随着脂肪肝的修复同步降低^[27]。迄今, 钩介幼虫寄生对鱼类血清血清乳酸脱氢酶、谷丙转氨酶和谷草转氨酶影响的研究相对较少。目前, 仅有徐云涛等^[28]对钩介幼虫寄生对鲤血清LDH的影响有过研究, 发现褶纹冠蚌寄生鲤时, 鲤组乳酸脱氢酶在幼虫寄生后显著上升, 而在钩介幼虫脱落后恢复正常。推测LDH是抑制钩介幼虫寄生变态发育发挥作用的因素之一。在本实验中紫黑翼蚌钩介幼虫寄生淡水石首鱼后, 寄主鱼血清血清乳酸脱氢酶、谷丙转氨酶和谷草转氨酶的含量均显著低于对照组, 推测原因: (1)寄生组淡水石首鱼肝功能显著优于对照组; (2)酶活性降低, 有利于钩介幼虫寄生发育的完成。这也表明了紫黑翼蚌钩介幼虫寄生过程中肝脏提供了较多营养物质, 这与马学艳等^[10]结果相似。

3.3 寄生对淡水石首鱼肌肉常规营养成分的影响

钩介幼虫寄生到合适的寄主鱼上后, 须从寄主鱼体内摄取变态发育所需的营养物质, 才能完成变态发育过程^[29]。在这个过程中, 寄主鱼的蛋白质、

脂肪和碳水化合物对其发育起到非常重要的作用^[7]。蚌科钩介幼虫寄生对寄主鱼耗氧率和排氨率的研究也显示, 寄生会导致寄主鱼含氮物质代谢增加^[30]。马学艳等^[10]研究结果显示三角帆蚌钩介幼虫寄生对黄颡鱼肌肉中糖原、游离脂肪酸、总蛋白和游离氨基酸无显著影响。本实验结果显示, 寄生导致水分和粗脂肪含量增加, 粗蛋白含量减少。产生差异的原因可能是不同钩介幼虫需求的营养不同。

3.4 寄生对淡水石首鱼肌肉氨基酸成分的影响

蛋白质是一种大分子物质, 只有分解成氨基酸和短肽后, 才能被寄生的钩介幼虫摄取利用^[31]。寄主在受到寄生后会产生“寄主制御”现象, 生理变化会朝着有益于寄生者的方向进行变化^[32]。澳洲赤眼蜂(*Trichogramma confusum* Viggiani)、松毛虫赤眼蜂(*T. dendrolimi* Matsumura)和玉米螟赤眼蜂(*T. ostrinae*)寄生导致米蛾卵(*Corcyra cephalonica* Stainton)体内氨基酸含量出现先上升后下降的变化^[33]; 二化螟绒茧蜂(*Apanteles chilonis*)寄生在二化螟幼虫(*Chilo suppressalis*)后, 血淋巴游离氨基酸总浓度先上升, 后随着蜂幼虫发育而逐渐下降^[8]; 菜蛾盘绒茧蜂(*Cotesia vestalis*)寄生小菜蛾(*Plutella xylostella*)之后, 小菜蛾幼虫血淋巴中游离氨基酸总量显著增加, 推测是由菜蛾盘绒茧蜂寄生诱导所致^[34]。马学艳等^[10]研究结果显示, 三角帆蚌钩介幼虫寄生后期黄颡鱼血浆、肝脏及肌肉中总蛋白含量无显著性变化, 游离氨基酸在血浆及肝脏中显著低于对照组, 肌肉中无显著性变化。在本实验中, 寄生组17种氨基酸含量均低于对照组, 这与一般营养成分中粗蛋白含量降低相对应, 但仅天冬氨酸、丙氨酸、谷氨酸、酪氨酸、甘氨酸、精氨酸及非必需氨基酸总量显著低于对照组, 氨基酸总量和必需氨基酸无显著性差异。钩介幼虫寄生会吸取寄主鱼体内营养物质, 但短期寄生对肌肉中氨基酸影响较小。

3.5 寄生对淡水石首鱼肌肉脂肪酸成分的影响

多不饱和脂肪酸是影响钩介幼虫变态发育的关键因子之一^[35], 闻海波^[5]在紫黑翼蚌钩介幼虫变态和发育的研究中发现, 血浆多不饱和脂肪酸中的DPA(C22:5)和DHA(C22:6)的含量可能是影响幼虫变态率的关键营养限制因子。在本实验中, 寄生组仅C12:0、C20:1两种脂肪酸显著高于对照组, EPA、DPA、DHA及多不饱和脂肪酸总量平均值虽低于对照组, 但无显著性差异。这表明寄生对肌肉中脂肪酸影响较小, 可能是由于紫黑翼蚌寄生数量较少导致。多不饱和脂肪酸是否是限制紫黑翼蚌钩介幼虫变态发育的关键因子还需要通过进一步实验来确定。

参考文献:

- [1] Hua D. Biology, captive propagation, and feasibility of pearl culture in the pink heelsplitter (*Potamilus alatus*) (say, 1817) (Bivalvia: Unionidae) [D]. Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute and State University, 2005: 117-129.
- [2] Wen H B, Gu R B, Xu G C, *et al.* Morphological comparison and discriminating analysis in native American freshwater mussel *Potamilus alatus* and Chinese freshwater pearl mussels *Hyriopsis cumingii* and *Cristaria plicata* [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2007, **42**(3): 84-89. [闻海波, 顾若波, 徐钢春, 等. 美国紫踵劈蚌与三角帆蚌和褶纹冠蚌的形态比较与判别分析 [J]. *动物学杂志*, 2007, **42**(3): 84-89.]
- [3] Brady T, Hove Ms, Nelson C, *et al.* Suitable host fish species determined for hckorynut and pink heelsplitter [J]. *Ellipsaria*, 2004(6): 15-16.
- [4] Sietman B E, Bloodsworth K, Bosman B, *et al.* Freshwater drum confirmed as a suitable host for *Leptodea*, *Potamilus*, and *Truncilla* species [J]. *Ellipsaria*, 2009, **11**(3): 18-19.
- [5] Wen H B. Study on basic biological characteristics and metamorphosis and development of hook larva of purple black winged mussel [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2016: 1-13. [闻海波. 紫黑翼蚌养殖基础生物学特性与钩介幼虫变态发育研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2016: 1-13.]
- [6] Zhou L B. Approximate composition of muscles and dressed fish in *Aplodinotus grnnei* [J]. *Fisheries Science*, 2005, **24**(4): 18-20. [周立斌. 淡水石首鱼的含肉率和肌肉营养成分分析 [J]. *水产科学*, 2005, **24**(4): 18-20.]
- [7] Thompson S N, Redak R A, Wang L W, *et al.* Host nutrition determines blood nutrient composition and mediates parasite developmental success: *Manduca sexta* parasitized by *Cotesia congregata* (Say) [J]. *Journal of Experimental Biology*, 2005(208): 625-635.
- [8] Hang S B, Lu Z Q. Physiological and biochemical changes in the of hemolymph of *Chilo suppressalis* larvae parasitized by *Apanteles chilonis* [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1991, **34**(4): 427-432. [杭三保, 陆自强. 二化螟幼虫被二化螟绒茧蜂寄生后血淋巴的生理生化变化 [J]. *昆虫学报*, 1991, **34**(4): 427-432.]
- [9] Wen H B, Qiu L H, Gu R B, *et al.* The host efficiency of two kinds of fish for glochidia of *Hyriopsis cumingii* and impact on plasma biochemical indexes of host fish [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2009, **44**(5): 92-97. [闻海波, 邱丽华, 顾若波, 等. 三角帆蚌钩介幼虫在两种寄主鱼上的寄生效果及其对寄主鱼血浆生化指标的影响 [J]. *动物学杂志*, 2009, **44**(5): 92-97.]
- [10] Ma X Y, Du X W, Wen H B, *et al.* Effects of infection stress by glochidia of freshwater mussel *Hyriopsis*

- cumingii* on main nutritional indices in yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco* [J]. *Journal of Dalian Ocean University*, 2018, **33**(4): 472-476. [马学艳, 杜兴伟, 闻海波, 等. 三角帆蚌钩介幼虫寄生胁迫对黄颡鱼营养指标的影响 [J]. 大连海洋大学学报, 2018, **33**(4): 472-476.]
- [11] Gu R B, Wen H B, Xu P, *et al.* Artificial Screening System for Host Fish of Hookage Larvae of Freshwater Mussels [P]. Jiangsu: CN106489803A, 2017-03-15. [顾若波, 闻海波, 徐跑, 等. 淡水蚌类钩介幼虫寄主鱼的人工筛选系统 [P]. 江苏: CN106489803A, 2017-03-15.]
- [12] Hua D, Xu G C, Wen H B, *et al.* Study on the host efficiency of three kinds of fish for the *Anodonta woodiana pacifica* [J]. *Journal of Zhejiang Ocean University*, 2005(3): 20-23. [华丹, 徐钢春, 闻海波, 等. 三种寄生鱼对圆背角无齿蚌寄生效果的研究 [J]. 浙江海洋学院学报, 2005(3): 20-23.]
- [13] Gui M Y, Wu Q, Zhu H Q, *et al.* Changes of physiological and biochemical indexes for Chinese carps in winter-blood indexes and metabolism [J]. *Journal of Dalian Fisheries College*, 1994(3): 15-27. [桂远明, 吴巧, 祝画芹, 等. 几种养殖鱼类越冬生理生化指标的变化 I - 血液指标及代谢率 [J]. 大连水产学院学报, 1994(3): 15-27.]
- [14] Hastie L C, Young M R. Freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) glochidiosis in wild and farmed salmonid stocks in Scotland [J]. *Hydrobiologia*, 2001(445): 109-119.
- [15] Young M, Purser J, Al-Mousawi B. Infection and successful reinfection of brown trout *Salmo trutta* (L.) with glochidia of *Margaritifera margaritifera* (L.) [J]. *American Malacological Bulletin*, 1987(5): 125-128.
- [16] Bauer G, Voge C. The parasitic stage of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.) I. Host response to glochidiosis [J]. *Archiv fur Hydrobiologie*, 1987, **76**(4): 393-402.
- [17] Bauer G, Hochwald S, Silkenat W. Spatial distribution of freshwater mussels: the role of host fish and metabolic rate [J]. *Freshwater Biology*, 1991(26): 377-386.
- [18] Meyers T R, Millemann R E, Fustish C A. Glochidiosis of salmonid fishes. IV. Humoral and tissue responses of coho and chinook salmon to experimental infection with *Margaritifera margaritifera* (L.) (Pelecypoda: Margaritanidae) [J]. *Journal of Parasitology*, 1980, **66**(2): 274-281.
- [19] Dodd B J, Barnhart M C, Rogers-Lowery C L. Cross-resistance of largemouth bass to glochidia of Unionid mussels [J]. *Journal of Parasitology*, 2005, **91**(5): 1064-1072.
- [20] Rogers-Lowery C L, Dimock Jr R V, Kuhn R E. Antibody response of bluegill sunfish during development of acquired resistance against the larvae of the freshwater mussel *Utterbackia imbecillis* [J]. *Developmental and Comparative Immunology*, 2007(31): 143-155.
- [21] Reuling F H. Acquired immunity to an animal parasite [J]. *Journal of Infectious Diseases*, 1919, **24**(1): 337-346.
- [22] Yang J Z, Yu J G. Properties of creatinine and clearance of creatinine in patients with kidney disease [J]. *Tianjin Pharmacy*, 2001, **13**(5): 5-8. [杨冬芝, 于九皋. 肌酐的性质及肾脏病患者体内肌酐的清除 [J]. 天津药学, 2001, **13**(5): 5-8.]
- [23] Du X W. Effects of glochidia infection on respiratory metabolism, nutritional and immune response of host fish [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2015: 21-27. [杜兴伟. 钩介幼虫的寄生对寄生鱼呼吸代谢、营养指标及免疫指标的影响 [D]. 南京: 南京农业大学, 2015: 21-27.]
- [24] Li G L, Zhu C H. Comparative studies on LED and EST isozymes in different tissues of *Channa Argus* [J]. *Journal of Zhanjiang Ocean University*, 1999, **19**(1): 1-3. [李广丽, 朱春华. 月鳢不同组织中乳酸脱氢酶和酯酶同工酶的比较 [J]. 湛江海洋大学学报, 1999, **19**(1): 1-3.]
- [25] Boujard T, Gélinau A, Coves D, *et al.* Regulation of feed intake, growth, nutrient and energy utilisation in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed high fat diets [J]. *Aquaculture*, 2004, **231**(1-4): 529-545.
- [26] Feng J, Jia G. Studies on the fatty liver diseases resulted from different levels in *Sciaenops ocellatus* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2005, **29**(1): 61-64. [冯健, 贾刚. 饵料中不同脂肪水平诱导红姑鱼脂肪肝病的研究 [J]. 水生生物学报, 2005, **29**(1): 61-64.]
- [27] Du Z Y, Liu Y T, Tian L X, *et al.* Effects of starvation on visceral weight and main biochemical composition of the muscle, liver and serum in the Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*) [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 2003, **49**(4): 458-465. [杜震宇, 刘永坚, 田丽霞, 等. 饥饿对于鲈肌肉、肝脏和血清主要生化组成的影响 [J]. 动物学报, 2003, **49**(4): 458-465.]
- [28] Xu Y T. Preliminary study on the selective mechanism of two kinds of glochidia [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2016: 21-32. [徐云涛. 两种蚌类钩介幼虫选择性机制的初步研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2016: 21-32.]
- [29] Benjamin J D, Christopher B M, Rogers-Lowery C L, *et al.* Persistence of host response against glochidia larvae in *Micropterus salmoides* [J]. *Fish and Shellfish Immunology*, 2006, **21**(5): 473-484.
- [30] Du X W, Wen H B, Ma X Y, *et al.* Effect of infection stress by glochidia of *Hyriopsis cumingii* on respiratory metabolism in yellow catfish, *Pelteobagrus fulvidraco* [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2015, **24**(4): 496-502. [杜兴伟, 闻海波, 马学艳, 等. 三角帆蚌钩介幼虫寄生胁迫对黄颡鱼耗氧率和排氨率的影响 [J]. 上海海洋大学学报, 2015, **24**(4): 496-502.]
- [31] Yang X P, Xiao X H. Animal Physiology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2009: 187-192. [杨秀平, 肖向红. 动物生理学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2009: 187-192.]
- [32] Vinson S B, Iwantsch G F. Host Suitability for Insect

- Parasitoids [J]. *Annual Review of Entomology*, 1980, **25**(1): 397-419.
- [33] Li Y X, Dai G H, Fu W J. Suitability of *Corcyra cephalonica* to three trichogramma species and change of the content of free amino acids in its eggs parasitized [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2008, **51**(6): 628-634. [李元喜, 戴华国, 符文俊. 米蛾对三种赤眼蜂的适合性及被寄生后卵内游离氨基酸含量的变化 [J]. *昆虫学报*, 2008, **51**(6): 628-634.]
- [34] Cao Y F, Bai S F, He W, *et al.* Determination of free amino acids in the hemolymph of parasitized *Plutella xylostella* by ion chromatography [J]. *Journal of Henan Agricultural University*, 2009, **43**(3): 310-314. [晁云飞, 白素芬, 何璠, 等. 离子色谱法测定寄生后小菜蛾血淋巴游离氨基酸 [J]. *河南农业大学学报*, 2009, **43**(3): 310-314.]
- [35] Gatenby C M, Parker B C, Neves R J. Growth and survival of juvenile rainbow mussels, *Villosa iris* (Lea, 1829) (Bivalvia: Unionidae), reared on algal diets and sediment [J]. *American Malacological Bulletin*, 1997(14): 57-66.

THE HOST EFFICIENCY OF DIFFERENT SIZE FOR GLOCHIDIA OF *POTAMILUS ALATUS* AND IMPACT ON NUTRITIONAL INDEXES OF HOST FISH

MA Xue-Yan^{1,2,3}, LIANG Jian-Chao², JIN Wu^{1,2,3}, LÜ Guo-Hua^{1,3}, GU Ruo-Bo^{1,2,3}, XU Pao^{1,2,3},
HUA Dan³ and WEN Hai-Bo^{1,2,3}

(1. Key Laboratory of Integrated Rice-Fish Farming Ecology, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, China; 2. Wuxi Fisheries College, Nanjing Agricultural University, Wuxi 214081, China; 3. Sino-US Cooperative Laboratory for Germplasm Conservation and Utilization of Freshwater Mollusks, Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, China)

Abstract: In order to improve the reproductive efficiency of pink heelsplitter, *Potamilus alatus*, and explore the influence of parasitism on nutritive index of freshwater drum, *Aplodinotus grunniens*, this experiment measured the effect of parasitism of different scales through comparing the amount of glochidium falling from freshwater drum, and analyzed changes of serum biochemical indices of the host, and content of amino acid and fatty acid under stress of parasitism. Results indicated that the amount of glochidium falling from the hosts in group of big freshwater drum is significantly greater than that in group of small freshwater drum ($P < 0.05$), while the average amount of juvenile mollusk falling from the hosts in each kilogram in group of small freshwater drum is much bigger than that in group of big freshwater drum ($P < 0.05$); creatinine in muscles significantly increases under stress of parasitism ($P < 0.05$), and glutamic-pyruvic transaminase, glutamic oxalacetic transaminase and lactic dehydrogenase greatly drop ($P < 0.05$), while blood glucose, total protein, albumin, triglyceride, total cholesterol, high-density lipoprotein and low density lipoprotein barely change comparing with those in the control group ($P > 0.05$); ash content in the experimental group barely differs from that in the control group ($P > 0.05$), and water content and crude fat in muscle in the experimental group are significantly higher than those in the control group ($P < 0.05$), while content of crude protein in experimental group is obviously lower than that in the control group ($P < 0.05$); content of aspartic acid, alanine, glutamic acid, tyrosine, glycine and arginine in the experimental group are greatly lower than those in the control group ($P < 0.05$), and content of non-essential amino acid is notably lower than that in the control group ($P < 0.05$), while the content of other amino acids in two groups are barely different ($P > 0.05$); the content of lauric acid (C12:0) and arachidonic acid (C20:1) in the experimental group are remarkably higher than those in the control group ($P < 0.05$), while there is no other significant difference ($P > 0.05$). Results indicated that small size host fish is more suitable for practical production and parasitism had little influence on the nutritive index of freshwater drum.

Key words: Pink heelsplitter; Glochidia; Parasitic; Nutritional factors; Biochemical index; Freshwater drum