

## 6 种功能性添加剂组合对克氏原螯虾生长和繁殖的影响

宋光同<sup>1</sup>, 王芬<sup>1</sup>, 蒋业林<sup>1\*</sup>, 陈祝<sup>1</sup>, 李正荣<sup>2</sup>, 麻嘉浩<sup>3</sup>, 叶圣陶<sup>4</sup>, 王佳佳<sup>1</sup>, 徐彬<sup>1</sup>, 周翔<sup>1</sup>

(1. 安徽省农业科学院水产研究所, 水产增养殖安徽省重点实验室, 安徽合肥 230031; 2. 安徽省水产技术推广总站, 安徽合肥 230601; 3. 安徽熙岸现代农业服务有限公司, 安徽太湖 246400; 4. 定远县锦鸿种养殖专业合作社, 安徽定远 233248)

**摘要** 在饲料中拌喂高稳  $V_c$  应激宝(A组)、免疫多糖(B组)、EM菌(C组)、高稳  $V_c$  应激宝+EM菌(D组)、免疫多糖+EM菌(E组)、高效生物离子钙(F组), 不喷涂任何功能性添加剂的颗粒饲料组作为对照组(G组), 研究6种功能性添加剂组合对克氏原螯虾生长和繁殖的影响。结果表明, F组克氏原螯虾特定生长率最高(0.918%/d), G组次之, C组最低(0.552%/d); D组克氏原螯虾成活率最高(84.4%), A组次之, E组最低; G组克氏原螯虾抱卵率最高(81.6%), C组次之, F组最低。由此可见, 在高温和克氏原螯虾繁殖季节, 适量拌喂离子钙可以有效促进克氏原螯虾的生长; 拌喂  $V_c$  和 EM菌可以提高克氏原螯虾的成活率; 用于繁殖的克氏原螯虾不需要饲养任何功能性添加剂, 就可以取得不错的繁殖效果。

**关键词** 克氏原螯虾; 功能性添加剂; 生长; 繁殖

**中图分类号** S966.12 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2021)23-0118-03

**doi:** 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.23.031



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Effects of Six Combinations of Functional Additives on the Growth and Reproduction of *Procambarus clarkii*

SONG Guang-tong, WANG Fen, JIANG Ye-lin et al (Fisheries Research Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Aquaculture and Stock Enhancement in Anhui Province, Hefei, Anhui 230031)

**Abstract** Gaowen  $V_c$  Yingjibao (group A), immunity polysaccharide (group B), effective microorganisms (EM, group C), Gaowen  $V_c$  Yingjibao+EM (group D), immunity polysaccharide + EM (group E), highly efficient biological ionic calcium (group F) were added in the feed, no functional additive was added in control group (group G). The effects of 6 combinations of functional additives on the growth and reproduction of *Procambarus clarkii* were studied. The results showed that the specific growth rate of *P. clarkii* in group F was the highest (0.918%/d), followed by group G, that in group C was the lowest (0.552%/d). The survival rate of *P. clarkii* in group D was the highest (84.4%), followed by group A, and that in group E was the lowest. The spawning rate of *P. clarkii* in group G was the highest (81.6%), followed by group C, that in group F was the lowest. Therefore, during high temperature and breeding season, the growth rate of *P. clarkii* could be effectively promoted by adding appropriate amount of ionic calcium, and the survival rate of *P. clarkii* could be improved by adding  $V_c$  + effective microorganisms. Good reproduction effect of *P. clarkii* could be achieved without adding any functional additive for the reproduction of *P. clarkii*.

**Key words** *Procambarus clarkii*; Functional additives; Growth; Breeding

克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*), 俗称淡水小龙虾、小龙虾等, 属于节肢动物门甲壳纲十足目爬行亚目螯虾科原螯虾属, 是我国重要的淡水经济虾类之一, 2020年全国总养殖面积达145.63万 $hm^2$ , 总产量达239.37万t。小龙虾适宜生长温度为15~30 $^{\circ}C$ , 最适宜温度为21~28 $^{\circ}C$ , 每年上半年温度适宜, 小龙虾生长速度快; 下半年随着温度升至30 $^{\circ}C$ 以上, 且性腺发育开始加速, 小龙虾生长速度普遍下降<sup>[1-3]</sup>。徐进等<sup>[4]</sup>认为30和35 $^{\circ}C$ 高温能引起克氏原螯虾机体产生应激反应, 并对机体的生理机能产生影响。多糖类(如 $\beta$ -葡聚糖等)、寡糖类(如甘露寡糖等)、维生素(如 $V_c$ 等)、益生菌(如光合细菌等)等免疫增强剂可以有效提高水产动物的免疫力、抗病性和抗应激能力等。洪徐鹏等<sup>[5-6]</sup>认为, 在饲料中添加0.8%的黄芪多糖后克氏原螯虾存活率提高26.67%, 且对克氏原螯虾的生长和非特异性免疫具有明显的促进作用, 对克氏原螯虾抗WSSV感染有很好的提高效果; 田立立等<sup>[7]</sup>认为, 饲料中添加适量的 $V_c$ (120 mg/kg)可以促进克氏原螯虾的生长, 提高机体免疫水平和抗氧化能力; 张秀霞等<sup>[8]</sup>认

为, 按照饲料重量的3%添加光合细菌(PSB)可以促进红螯虾幼虾的生长, 提高蛋白质消化活力和抗氧化活力。但是, 目前国内外关于夏季高温后 $V_c$ 、益生菌、免疫多糖及离子钙功能性添加剂对克氏原螯虾生长、成活率以及繁殖的影响报道较少。为此, 笔者研究了6种功能性添加剂组合对夏季高温后克氏原螯虾生长和繁殖的影响, 旨在为今后高温季节克氏原螯虾的养殖管理提供理论依据。

#### 1 材料与方法

**1.1 试验地选择及相关设施** 在安徽省农业科学院水产研究所试验基地, 选择14口面积2 $m^2$ 的玻璃缸作为试验池, 配备2台功率120W的旋涡式充气增氧机, 每个试验池设置气头2个, 保障试验缸水体溶解氧充足。

**1.2 试验材料** 选择通威股份有限公司合肥分公司生产的淡水小龙虾专用膨化颗粒饲料, 粗蛋白含量 $\geq 30\%$ , 粗纤维含量 $\leq 8\%$ , 粗脂肪含量 $\geq 5.0\%$ , 水分含量 $\leq 12\%$ , 赖氨酸含量 $\geq 1.4\%$ , 粒径2.0 mm。选择江西亿隆达生物科技有限公司生产的高稳 $V_c$ 应激宝(主要成分为 $V_c$ 、葡萄糖等)、亿隆达EM(主要包含乳酸菌、芽孢杆菌、光合细菌、消化细菌、反硝化细菌、粪链球菌等)、高效生物离子钙(主要成分为葡萄糖酸钙、生物酶、多种促生长因子、氨基酸、维生素 $D_3$ 等)产品。选择盐城百诺生物科技有限公司生产的免疫多糖(甘露聚糖10%~20%,  $\beta$ -葡萄糖20%~40%, 蛋白质含量 $\leq 35\%$ ,

**基金项目** 安徽省重点研究与开发计划项目(201904a06020032); 安徽省水产产业技术体系项目(皖农科[2016]84号)。

**作者简介** 宋光同(1979—), 男, 安徽肥东人, 副研究员, 硕士, 从事虾类健康养殖研究。\*通信作者, 研究员, 从事特种水产养殖研究。

**收稿日期** 2021-08-30

水分含量 $\leq 9\%$ ,总多糖含量 $\geq 40\%$ )。由舒城县羽泉生态农业有限公司选购淡水小龙虾 10 kg,小龙虾运回后,首先在 30 m<sup>2</sup> 的水泥池中暂养 7 d,然后选择规格基本一致的虾作为试验虾,体重为(11.44±1.55)g。

### 1.3 试验方法

**1.3.1 试验饲料与分组。**用高稳 V<sub>c</sub> 应激宝、免疫多糖、EM 菌、高效生物离子钙 4 种功能性添加剂进行组配,形成高稳 V<sub>c</sub> 应激宝、免疫多糖、EM 菌、高稳 V<sub>c</sub> 应激宝+EM 菌、免疫多糖+EM 菌、高效生物离子钙 6 个功能添加剂处理组,分别记作 A、B、C、D、E、F 组。功能性添加剂用清水化成水浆后,与淡水小龙虾专用膨化颗粒饲料充分混匀,并放在阴凉通风处阴干,使添加剂黏附于饲料上,每组设置 2 个平行,并设置 1 组不喷涂任何功能添加剂的颗粒饲料组,作为对照组,记为 G 组。各组 6 个功能性添加剂配比见表 1。

表 1 各组 6 个功能性添加剂配比

Table 1 Mixing ratio of 6 kinds of functional additives in each group %

组别 Group	高稳 V <sub>c</sub> 应激宝 Gaowen V <sub>c</sub> Yingjibao	免疫多糖 Immunopolysaccharide	EM 菌 Effective microorganisms	高效生物离子钙 Highly efficient biological ionic calcium
A	1	—	—	—
B	—	0.1	—	—
C	—	—	4	—
D	1	—	4	—
E	—	0.1	4	—
F	—	—	—	0.8
G	—	—	—	—

**1.3.2 生长及繁殖试验设计。**2020 年 8 月 25 日,往 14 口玻璃缸中分别加水 50 cm 深,每个试验缸设置 6 个网袋作为隐蔽物,每个功能性添加剂处理组的 2 个试验缸共投放亲虾 90 尾,每个试验缸放养虾苗 45 尾。按照试验设计,每天

17:30 投喂 1 次,日投饲率 2%,首次每个试验缸投喂饲料 10 g,此后根据试验虾采食情况酌情增减,每天 19:00 至次日 07:00 开启增氧机,保持试验玻璃缸夜间溶解氧含量在 5 mg/L 以上,每隔 15 d,分别于 9 月 10 日、9 月 25 日、10 月 10 日、10 月 25 日从每个试验缸中随机抽样试验虾 20 尾,利用电子秤称量体重,精确至 0.001 g。每次测定后立即将试验虾放回原试验池继续养殖。10 月 25 日,统计雌虾抱卵、试验虾成活数量。

**1.4 数据处理与分析** 试验虾生长参数按照以下公式计算:

$$\text{成活率} = (\text{终末尾数} / \text{初始尾数}) \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{特定生长率 SGR}(\%/d) = [\ln(\text{养殖天数内终末体重}) - \ln(\text{养殖天数内开始体重})] / \text{养殖天数} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{抱卵率} = \text{抱卵虾尾数} / \text{雌虾总尾数} \times 100\% \quad (3)$$

## 2 结果与分析

**2.1 不同功能性添加剂对克氏原螯虾生长的影响** 经过 2 个月的精心饲养,试验期间(8 月 25 日至 10 月 25 日)试验虾特定生长率表现为 F 组>G 组>D 组>E 组>A 组>B 组>C 组,其中 F 组克氏原螯虾特定生长率最高(0.918%/d),对照组(G)次之,C 组最低(0.552%/d)。试验期间,正值高温季节,不同养殖阶段试验虾的生长速度存在一定差异,其中 8 月 25 日—9 月 10 日各试验组试验虾的特定生长率明显高于其他时间段,以 F 组最高(2.546%/d),对照组(G)次之,C 组最低(1.094%/d);9 月 10 日至 9 月 25 日,各组试验虾的特定生长率相较于 8 月 25 日至 9 月 10 日皆大幅度下降,尤其 E 组、F 组和对对照组(G)出现体重下降的现象,可能与该阶段温度高、小龙虾摄食量少且消耗大有关;9 月 25 日至 10 月 10 日,相较于 9 月 10—25 日,除 B、D 组特定生长率下降外,其他试验组皆有所上升,G 组最高,C 组次之,B 组最低;10 月 10—25 日较 9 月 25 日至 10 月 10 日 F、B 组特定生长率上升,A、C、D、E、G 组特定生长率皆有不同幅度的下降(表 2~3)。

表 2 不同时间各组克氏原螯虾的体重

Table 2 The body weight of *P. clarkii* in each group at different time

组别 Group	日期 Date				
	08-25	09-10	09-25	10-10	10-25
A	11.44±1.55	14.90±2.42	15.53±2.39	16.34±2.38	17.09±2.61
B	11.44±1.55	14.97±1.69	15.22±2.38	15.17±1.75	17.03±3.11
C	11.44±1.55	13.48±3.68	14.28±2.72	16.55±4.24	15.93±2.15
D	11.44±1.55	15.31±1.81	16.59±2.03	17.71±4.20	17.87±3.65
E	11.44±1.55	14.39±2.59	14.08±2.22	16.02±1.50	17.77±2.36
F	11.44±1.55	16.76±2.60	15.23±2.63	15.86±2.05	19.85±3.07
G	11.44±1.55	15.88±2.14	15.58±1.90	19.33±3.45	17.89±2.74

**2.2 不同功能性添加剂对克氏原螯虾成活率和抱卵率的影响** 由表 4 可知,各试验组克氏原螯虾成活率表现为 D 组>A 组>B 组=C 组>G 组>F 组>E 组,其中 D 组克氏原螯虾成活率最高(84.4%)。各试验组克氏原螯虾抱卵率表现为 G 组>C 组>A 组>D 组>B 组>E 组>F 组,其中 G 组克氏原螯虾抱卵率最高,达 81.6%。

## 3 讨论

甲壳动物周期性的蜕壳需要大量的钙,这些钙必须从饵料中或生长环境中通过体表吸收得到补充<sup>[9]</sup>。该试验结果表明 F 组克氏原螯虾的特定生长率最高,达 0.918%/d,但其成活率、抱卵率皆较低,分别为 63.6%和 58.3%;试验过程中,8 月 25 日至 9 月 10 日 F 组克氏原螯虾的特定生长率高

于其他试验组;10月10—25日,F组克氏原螯虾的特定生长率也最高。这表明离子钙能刺激小龙虾蜕壳生长,但会降低克氏原螯虾培育的成活率和繁殖力。但是,9月10日至9月25日,F组克氏原螯虾的特定生长率迅速下降,可能与试验玻璃缸面积空间小,导致蜕壳虾遭到其他虾残食有关。

表3 不同时间段各组克氏原螯虾的特定生长率

Table 3 Specific growth rate of *P. clarkii* in each group in different time periods %/d

组别 Group	日期 Date				
	08-25— 09-10	09-10— 09-25	09-25— 10-10	10-10— 10-25	08-25— 10-25
A	1.762	0.276	0.339	0.299	0.669
B	1.793	0.110	-0.022	0.771	0.663
C	1.094	0.384	0.984	-0.255	0.552
D	1.943	0.535	0.436	0.060	0.743
E	1.529	-0.145	0.861	0.691	0.734
F	2.546	-0.638	0.270	1.496	0.918
G	2.186	-0.127	1.438	-0.516	0.745

表4 各组克氏原螯虾抱卵率和成活率

Table 4 The spawning rate and survival rate of *P. clarkii* in each group %

组别 Group	抱卵率 Spawning rate	成活率 Survival rate
A	62.5	76.7
B	61.5	72.2
C	71.0	72.2
D	62.2	84.4
E	58.9	62.1
F	58.3	63.6
G	81.6	70.0

$V_C$  作为甲壳动物的一种必需添加素,可通过多种途径影响其机体的生长发育、健康和繁殖,如  $V_C$  可激活吞噬细胞,使之发挥更大的吞噬能力,而吞噬作用在甲壳动物免疫防御中具有极其重要的意义<sup>[10-12]</sup>。该试验中拌喂  $V_C$ +EM 菌的 D 组和拌喂  $V_C$  的 A 组试验虾的成活率分别为 84.4% 和 76.7%,明显高于其他试验组。这表明高温季节  $V_C$  可增

强克氏原螯虾的免疫力和抗应激能力,提高其养殖成活率。田立立等<sup>[7]</sup>认为,饲料中添加适量的维生素 C (120 mg/kg) 可以促进克氏原螯虾的生长,提高机体免疫和抗氧化能力。艾春香等<sup>[13]</sup>认为,饲料中添加 0.5%~1.0% 的  $V_C$  可以有效增强河蟹的非特异性免疫能力。

该试验中不喷喂任何功能性添加剂的 G 组喂养试验虾抱卵率最高,拌喂 EM 菌的 C 组次之,表明 6 种功能性添加剂对于提高克氏原螯虾的繁殖力不具有积极作用。

#### 4 结论

在高温和克氏原螯虾繁殖季节,适量拌喂离子钙可以有效促进克氏原螯虾的生长速度;拌喂  $V_C$  和 EM 菌可以提高克氏原螯虾的成活率;用于繁殖的克氏原螯虾,无须喂养任何功能性添加剂,就可以取得不错的繁殖效果。

#### 参考文献

- [1] 周鑫,徐增洪,赵朝阳.克氏原螯虾人工繁殖及无公害养殖技术(二)[J].科学养鱼,2009(2):12-14.
- [2] 方春林,邓勇辉,余智杰,等.克氏原螯虾生物学特性的研究[J].江西水产科技,2010(3):18-20.
- [3] 刘其根,李应森,陈蓝荪.克氏原螯虾的生物学[J].水产科技情报,2008,35(1):21-23.
- [4] 徐进,魏开金,徐滨,等.克氏原螯虾对高温应激的生理学响应[J].淡水渔业,2017,47(6):9-13.
- [5] 洪徐鹏,陆宏达,张庆华,等.黄芪多糖对克氏原螯虾抗白斑综合征病毒(WSSV)感染的效果研究[J].上海海洋大学学报,2014,23(3):423-428.
- [6] 洪徐鹏,夏思瑶,唐嘉苒,等.黄芪多糖对克氏原螯虾生长和非特异性免疫指标的影响[J].上海海洋大学学报,2013,22(4):571-576.
- [7] 田立立,王金娟,孟祥龙,等.维生素 C 对克氏原螯虾生长及非特异性免疫机能的影响[J].水产养殖,2021,42(6):29-34.
- [8] 张秀霞,汪蕾,李军涛,等.饲料添加光合细菌对红螯螯虾幼虾生长、消化酶活力与免疫力的影响[J].饲料研究,2021,44(6):62-65.
- [9] BOURGET E,CRISP D J. Factors affecting deposition of the shell in *Balanus balanoides*(L.)[J]. Journal of the marine biological association of the UK, 1975,55:231-249.
- [10] BACHÈRE E,MIALHE E,NOËL D,et al. Knowledge and research prospects in marine mollusc and crustacean immunology[J]. Aquaculture, 1995,132(1/2):17-32.
- [11] VADSTEIN O. The use of immunostimulation in marine larviculture: Possibilities and challenges[J]. Aquaculture, 1997,155(1/2/3/4):401-417.
- [12] SMITH V J,CHISHOLM J R S. Non-cellular immunity in crustaceans[J]. Fish & shellfish immunology,1992,2(1):1-31.
- [13] 艾春香,陈立侨,高露霞,等.  $V_C$  对河蟹血清和组织中超氧化物歧化酶及磷酸酶活性的影响[J]. 台湾海峡,2002,21(4):431-438.
- [14] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [15] 曲博,李敏,其美,等. 外源植酸酶对野鸭湖湿地土壤有机磷转化的影响研究[J]. 生态环境学报,2015,24(2):250-254.
- [16] 彭沛林,叶华香,臧淑英,等. 扎龙湿地克钦湖表层沉积物中有机质、全氮和全磷含量分布特征[J]. 湿地科学,2021,19(1):110-116.
- [17] 朱芸芸,李敏,曲博,等. 湿地植物根际土壤磷酸酶活性变化规律研究[J]. 环境科学与技术,2016,39(10):106-112.
- [18] 刘鸣亮,金相灿,荆一凤. 湖泊底泥环境疏浚工程技术[J]. 中国工程科学,1999,1(1):81-84.
- [19] 谢莹,肖蓉,崔圆,等. 黄河三角洲天然和恢复盐沼土壤磷分布特征[J]. 湿地科学,2015,13(6):735-743.
- [20] 马双丽,倪兆奎,王圣瑞,等. 鄱阳湖沉积物有机磷形态及对水位变化响应[J]. 环境科学学报,2016,36(10):3607-3614.
- [21] SUZUMURA M,KAMATANI A. Mineralization of inositol hexaphosphate in aerobic and anaerobic marine sediments: Implications for the phosphorus cycle[J]. Geochimica et cosmochimica acta, 1995,59(5):1021-1026.
- [22] 梁海清. 湖泊沉积物有机磷、有机碳形态及其迁移、转化[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2007.
- [23] 李楠,单保庆,张洪,等. 北运河下游典型灌渠沉积物有机磷形态分布特征[J]. 环境科学,2010,31(12):2911-2916.
- [24] 韩年,袁旭音,周慧华,等. 洪泽湖入湖河流沉积物有机磷分布特征及外源输入对其形态转化的影响[J]. 湖泊科学,2020,32(3):665-675.

(上接第 75 页)