

# 饵料增强剂对褶皱臂尾轮虫 *Brachionus plicatilis* 培育的影响研究

陈瑜<sup>1</sup>, 刘飞<sup>2</sup>, 王爱民<sup>2</sup>, 於叶兵<sup>2</sup>, 杨文平<sup>2</sup>, 田红艳<sup>2</sup>

(1. 射阳县陈瑜水产养殖有限公司, 江苏 射阳 224300;  
2. 盐城工学院海洋与生物工程学院, 江苏 盐城 224051)

**摘要:** 在小球藻的基础上分别添加鱼黏液、鸡蛋黄和鲜豆浆, 以常规小球藻培育为对照组, 采用3种不同强化剂培育轮虫20 d, 研究不同饲料组轮虫的密度和怀卵量的差异。结果表明, 不同的饵料组, 轮虫密度各组间差异显著, 鲜豆浆组轮虫的密度最高, 达到600个/mL, 其次是鸡蛋黄组, 最高达到480个/mL, 鱼黏液组最高为250个/mL, 小球藻对照组最高为200个/mL。对照组与鱼黏液组、鲜豆浆组、鸡蛋黄组差异显著( $P < 0.05$ )。不同组轮虫怀卵量差异显著, 鲜豆浆组出现两次高峰, 分别为第10 d达到910个/mL, 第18 d达到最高920个/mL, 其次为鸡蛋黄组, 也出现两次高峰, 分别为第13 d达到630个/mL, 第20 d达到660个/mL, 鱼黏液组和小球藻对照组最高分别为400个/mL和310个/mL。研究表明, 投喂鸡蛋黄和鲜豆浆对轮虫的繁殖和生长有显著促进作用, 能够提高轮虫质量和营养价值。

**关键词:** 营养原料; 褶皱臂尾轮虫; 生长; 影响

**中图分类号:** S963      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1671-5322(2018)04-0059-04

褶皱臂尾轮虫 (*Brachionus plicatilis*) 广泛分布于世界各地的海洋、湖泊、河流中, 是一种非常小的水生多细胞动物(0.04 ~ 4.0 mm), 更是水域生态系统中重要的浮游生物之一。自从 Ito 1960 年发现褶皱臂尾轮虫可用作海水鱼类育苗活饵料, 并在生产中广泛运用之后, 它就成为很多鱼类和甲壳类的开口饵料。目前, 轮虫可以作为 60 多种海水鱼类和近 20 种甲壳动物的育苗活饵料。由于轮虫具有繁殖速度快、营养丰富、适口性强等优良特征<sup>[1]</sup>, 所以, 对轮虫进行批量化养殖是很多水产养殖工作者近些年非常关注的课题之一。

随着国内养殖技术和规模的快速发展, 轮虫的需求也愈来愈大, 对轮虫的质量和密度要求也愈来愈高。近年来为满足水产动物鱼苗的生长需求, 研究人员研究了微藻<sup>[2]</sup>、牛磺酸<sup>[3]</sup>、乳化油<sup>[4]</sup>、鱼油<sup>[5]</sup>、青鱼甘油<sup>[6]</sup>、南极大虾粉<sup>[7]</sup>、维生素<sup>[8]</sup>、乌贼肝油<sup>[9]</sup>等对轮虫快速培育的影响。

小球藻隶属于小球藻科 (Chlorellaceae) 小球藻

属 (Chlorella), 是一种普生性单细胞绿藻, 一般为椭圆形或球形, 大小依种类差异而变化。大部分小球藻是淡水藻类, 直径约 2 ~ 12  $\mu\text{m}$ , 依靠光合自养的方式生长繁殖, 是水产养殖动物常见的生物饵料<sup>[10]</sup>。鱼黏液是由鱼皮肤上皮组织分泌, 且大量覆盖在鱼体外表, 在鱼的生命过程中发挥着极其重要的作用<sup>[11]</sup>。鱼黏液不仅可以润滑鱼体表面以减少游动时与水的摩擦, 还可以调节鱼的渗透压来适应水环境的变化, 同时它也是轮虫的天然饲料。蛋黄含有丰富的脂肪, 包括卵磷脂、胆固醇、中性脂肪等, 还含有丰富的 Fe、Ca、P 等矿物元素, 以及高生物价蛋白质、多种维生素。蛋黄来源广泛且方便, 成本适中, 很适合用来培养轮虫。鲜豆浆含有丰富的优质蛋白质以及丰富的磷、钙、铁等矿物质和多种维生素, 是唯一与动物蛋白相似的全植物蛋白<sup>[12]</sup>, 也是非常好的轮虫饲料。

关于以小球藻、鱼黏液、鸡蛋黄以及鲜豆浆作为原料对轮虫生长影响的研究较少。本课题研究

收稿日期: 2018-09-14

基金项目: 江苏省政策引导类计划(苏北科技专项)(SZ-YC2017016)

作者简介: 陈瑜(1967—), 男, 江苏盐城人, 高级工程师, 主要研究方向为水产动物营养与饲料研究。

小球藻、鱼黏液、鸡蛋黄以及鲜豆浆对褶皱臂尾轮虫繁殖的影响,旨在用更小的空间、更低的劳动力成本以及更短的时间,在生产中进行高密度培育,以提高褶皱臂尾轮虫的繁殖能力,保证水产动物开口活饵料的供应。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

褶皱臂尾轮虫(*Brachionus plicatilis*),采集自江苏省射阳县海边。

小球藻培养液,购自 Reed Mariculture 公司,浓度为  $2 \times 10^8$  个/mL。

鱼黏液,采集自异育银鲫(*Carassius auratus gibelio*),由市场直接购得。

熟蛋黄的制备:将新鲜鸡蛋煮熟,冷水中浸泡,冷却后去掉蛋白,将蛋黄放在干净容器中,置于风口下自然风干;将风干后的熟蛋黄放进研磨器中,研磨成细小颗粒后放回原干净容器中备用。

豆浆的提取:直接将保质期内的永和豆浆放进干净容器中备用。永和豆浆生产地点为黑龙江,产品标准号为 GB/T 18738,生产日期为 2017 年 3 月 1 日。

### 1.2 试验仪器设备

实验用主要仪器设备见表 1。

表 1 实验主要仪器设备  
Table 1 Main instruments and equipment for experiment

仪器名称	生产厂家
格力空调 KFR-72LW/E1	珠海格力电器股份有限公司
显微镜 CK40	OLYMPUS
照相显微镜 XSZ-107CCD	Panasonic
盐度计 WZ201/211	北京万成北增精密仪器有限公司
电子天平 AY-220	SHIMADZU CORPORATION JAPAN

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 培养条件

试验在盐城工学院海洋与生物工程学院实验室内进行。分别向 12 个玻璃纤维缸注入 100 L 经过消毒的海水,控制水温在  $28\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,水体盐度设置为 25,水缸内放置散气石。

#### 1.3.2 试验分组

试验设鲜豆浆、小球藻、鸡蛋黄、鱼黏液 4 组,

每组分别设 3 个平行。

对照组投喂小球藻,试验组分别在小组藻基础上增加投喂鱼黏液、鸡蛋黄以及鲜豆浆。轮虫投放初始密度为 50 个/mL,连续培育 20 d。

#### 1.3.3 饵料投喂方法和投喂量

每天分别于 6:00、12:00、18:00、24:00 投喂轮虫 4 次,小球藻、鱼黏液、鸡蛋黄以及鲜豆浆每次分别注入 10 mL,并根据轮虫的密度适当调整投喂量。试验缸定期更换 15% ~ 20% 的水,每天在换水前分别测试并记录氨氮、溶解氧(DO)和 pH 等指标。

#### 1.3.4 测量方法

每天中午 12:00 随机吸取 1.0 mL 的培养液,用甲醛(1%)固定,再用显微镜多个角度观察并统计轮虫的数量和怀卵量。实验平行重复 3 次。

轮虫抱卵率( $R$ ) = (轮虫卵的总数/轮虫总数)  $\times 100\%$

## 2 结果分析

对各试验组轮虫的密度和怀卵量等指标采用 SPSS 18.0 软件进行单因子方差分析,并用 LSD 多重检验比较各试验组间的差异( $P < 0.05$ ),得到图 1、图 2 所示的饵料源对轮虫密度及怀卵量的影响。

### 2.1 饵料源对轮虫密度的影响

由图 1 可知,鲜豆浆、鱼黏液、鸡蛋黄 3 个组的轮虫密度与小球藻对照组相比均呈上升趋势,其中豆浆组和鸡蛋黄组的轮虫密度的上升速度均显著高于鱼黏液组和对照组;15 d 后,各组轮虫密度趋于稳定,鸡蛋黄组和豆浆组的轮虫密度总体来说呈增加趋势,但上升速度明显放缓。

由图 1 还可以看出,鲜豆浆组轮虫的密度最高,达到 600 个/mL;其次是鸡蛋黄组,最高达到 480 个/mL;鱼黏液组最高为 250 个/mL,而小球藻对照组最高为 200 个/mL。显然,对照组与鱼黏液组、鲜豆浆组、鸡蛋黄组差异显著( $P < 0.05$ )。由此表明,鲜豆浆和鸡蛋黄在培育褶皱臂尾轮虫生长方面具有较好的优势。

### 2.2 饵料源对轮虫怀卵量的影响

由图 2 可知,各组轮虫怀卵量的变化情况不一致,鲜豆浆组和鸡蛋黄组数据出现了波动,且较早地出现最高峰,而小球藻对照组和鱼黏液组呈现上升的趋势。总体来说,褶皱臂尾轮虫怀卵量增长趋势与其密度变化趋势一致,且轮虫怀卵量

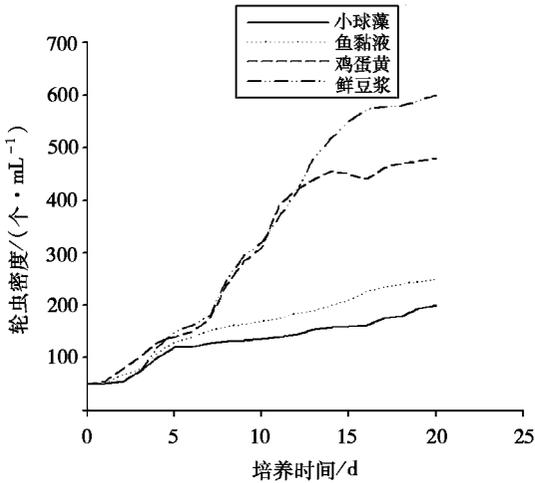


图1 饵料源对轮虫密度的影响

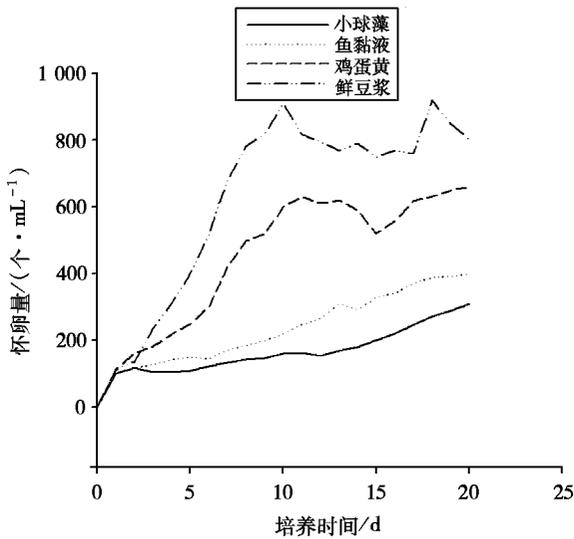
Fig. 1 Effects of food sources on the density of *Brachionus plicatilis*

图2 饵料源对轮虫怀卵量的影响

Fig. 2 Effects of food sources on the brood amount of *Brachionus plicatilis*

在各组之间差异显著 ( $P < 0.05$ )。由图2还可以看出,鲜豆浆组和鸡蛋黄组怀卵量增长迅速,且出现2次高峰,鲜豆浆组分别为第10 d达到910个/mL,第18 d达到最高920个/mL;鸡蛋黄组分别为第13 d达到630个/mL,第20 d达到了660个/mL,而鱼黏液组和小球藻对照组最高分别为400个/mL和310个/mL。

### 3 讨论

#### 3.1 饵料的选择

褶皱臂尾轮虫在规模化培育过程中受到很多条件的限制,如接种密度、温度、盐度、光照、水质、饵料等,且各种条件之间相互制约<sup>[13]</sup>。作为褶皱臂尾轮虫培育常用饵料,小球藻还存在培育成本

高、培育速率低等不足,小球藻人工培育已经无法满足褶皱臂尾轮虫的生长需求<sup>[14]</sup>。有研究报道,在面包酵母中添加脂溶性维生素A、D后作为褶皱臂尾轮虫的饵料,可促进褶皱臂尾轮虫的增长<sup>[15]</sup>;还有研究报道,脂肪酸型的营养强化剂可强化褶皱臂尾轮虫生物培育<sup>[16]</sup>。本试验选用小球藻作为对照组,数据可靠,同时在此基础上增加了鱼黏液、鸡蛋黄、鲜豆浆作为强化剂,以促进轮虫的培育。

鸡蛋黄、鲜豆浆和鱼黏液均含有大量的多不饱和脂肪酸,结合基础饵料小球藻使饵料营养更加丰富。与对照组相比,褶皱臂尾轮虫的密度及怀卵量均有显著增加。

蛋白质和游离氨基酸含量是生物饵料营养评价的重要指标,本研究采用鸡蛋黄促进褶皱臂尾轮虫生长,以探索寻找适宜的营养强化剂,结果表明,添加鲜豆浆和鸡蛋黄的培养效果要优于对照组和鱼黏液组。因此,可将其作为褶皱臂尾轮虫培育的营养强化剂。

#### 3.2 饵料对轮虫怀卵量和密度的影响

由图1、图2可知,褶皱臂尾轮虫的密度和怀卵量首先呈显著的增长趋势,但是轮虫怀卵量最高峰的时间要早于其密度最高峰的时间,因此,可根据褶皱臂尾轮虫的怀卵量提前预测其密度的变化。鲜豆浆组和鸡蛋黄组褶皱臂尾轮虫密度的增长速度高于鱼黏液组和对照组,且鲜豆浆组和鸡蛋黄组的怀卵量均较高,褶皱臂尾轮虫怀卵量与其密度的变化呈正相关。

褶皱臂尾轮虫的密度和怀卵量各组间差异显著,表明饵料的营养含量差异导致其培育效果的差异。本试验在小球藻饵料的基础上适当添加一定的营养强化剂可为褶皱臂尾轮虫提供更加全面的营养供应。而对照组中仅有单一的小球藻作为营养来源,饵料来源和营养方面均相对单一,不能完全满足轮虫培育的营养需求,并且小球藻自身的繁殖速度远低于轮虫摄食小球藻的速度,小球藻培育数量不足影响了褶皱臂尾轮虫的繁育和生长。

虽然褶皱臂尾轮虫在培育过程中密度快速增长,但随着培育时间的延长,后期增长速度逐步下降。研究结果表明,鸡蛋黄组和鲜豆浆组的轮虫怀卵量和密度相对较高,其中鲜豆浆组的最高密度为小球藻对照组的3倍,上述研究与陈学豪等<sup>[17]</sup>的研究结果基本一致。由此表明,生物饵料的组合配方明显优于对照组的单一饵料。

## 参考文献:

- [1] 成永旭. 生物饵料培养学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [2] 李磊, 朱小明, 方芳, 等. 几种单胞藻对褶皱臂尾轮虫的营养强化研究[J]. 水产科学, 2012, 31(2): 68-72.
- [3] 王秋荣, 竹内俊郎, 陈振湘. 牛磺酸强化轮虫对眼斑拟石首鱼仔鱼的投喂效果[J]. 集美大学学报(自然科学版), 2006, 11(4): 301-304.
- [4] 尹彦强, 黄旭雄, 李伟微, 等. 不同强化剂及其剂量对褶皱臂尾轮虫成活率和脂肪酸组成的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2009, 18(5): 532-538.
- [5] 刘忠优, 张健东, 周晖, 等. 不同饵料强化剂对龙虎斑仔稚鱼生长、存活率、消化酶活力及体成分的影响[J]. 广东海洋大学学报, 2014, 34(4): 27-32.
- [6] 张道南, 白利平, 张毅, 等. 利用啤酒酵母活菌株培养褶皱臂尾轮虫的研究[J]. 水产学报, 1983, 7(2): 113-124.
- [7] 陆建学, 林听听, 黄艳青, 等. 南极大磷虾粉对褶皱臂尾轮虫生长及脂肪酸组成的影响[J]. 中国水产科学, 2012, 19(6): 1018-1026.
- [8] GAPASIN R S J, BOMBEO R, LAVENS P, et al. Enrichment of live food with essential fatty acids and vitamin C: effects on milkfish (*Chanos chanos*) larval performance[J]. *Aquaculture*, 1998, 162(3/4): 269-286.
- [9] 叶金聪, 蔡良候, 林向阳, 等. 营养强化的轮虫在鲷鱼育苗中的效用[J]. 台湾海峡, 2003, 22(1): 53-58.
- [10] 华汝成. 单细胞藻类的培养与利用[M]. 北京: 农业出版社, 1986: 62-65.
- [11] 黄智慧, 马爱军, 汪岷. 鱼类体表黏液分泌功能与作用研究进展[J]. 海洋科学, 2009, 33(1): 90-94.
- [12] 林旭东, 潘巨忠, 凌建刚. 豆浆的保健功能及研究进展[J]. 现代农业科技, 2007(24): 146.
- [13] 刘建国, 丛威, 欧阳藩, 等. 轮虫培养的影响因素及产业化途径[J]. 生物工程进展, 2000, 20(6): 30-33.
- [14] 周立斌, 周桂英. 2 种饵料及其混合物对 L-型褶皱臂尾轮虫生长繁殖的影响[J]. 惠州学院学报(自然科学版), 2014, 34(6): 8-12.
- [15] 刘东超, 施军, 邓超. 面包酵母悬浮液中添加脂溶性维生素对褶皱臂尾轮虫增殖率的影响[J]. 湛江水产学院学报, 1996, 16(2): 33-36.
- [16] 张利民, 常建波, 张秀珍, 等. n-3 多价不饱和脂肪酸营养强化轮虫技术研究[J]. 水产学报, 1997, 21(4): 415-421.
- [17] 陈学豪, 吴钟强. 小球藻营养液投喂轮虫效果的研究[J]. 福建农业学报, 2005, 20(S1): 21-24.

## Effects of Bait Enhancers on the Growth of *Brachionus Plicatus*

Chen Yu<sup>1</sup>, LIU Fei<sup>2</sup>, WANG Aiming<sup>2</sup>, YU Yebing<sup>2</sup>, YANG Wenping<sup>2</sup>, TIAN Hongyan<sup>2</sup>

(1. Sheyang Chenyu aquaculture Co., Ltd., Sheyang Jiangsu 224300, China;  
2. School of Marine and Bioengineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng Jiangsu 224051, China)

**Abstract:** On the basis of chlorella, fish mucilage, egg yolk and fresh soybean milk were added respectively. The conventional chlorella was used as the control group. Three different fortifiers were used to grow the rotifers for 20 days. The density of rotifers and the number of eggs conceived in different feed groups were studied. The results showed that there were significant differences in rotifer density among different diet groups. The density of rotifers in fresh soybean milk group was the highest, reaching 600/mL. Followed by the egg yolk group, up to 480/mL. Fish mucus group up to 250/mL. The chlorella control group has a maximum of 200/mL. The control group was significantly different from the fish mucus group, fresh soybean milk group and egg yolk group ( $P < 0.05$ ). Different groups of rotifers have significant difference in brood amount. There were two peaks in the fresh soybean milk group, reaching 910/mL on the 10d and 920/mL on the 18th day respectively. Followed by the egg yolk group, there were also two peaks, reaching 630/mL on the 13th and 660/mL on the 20th respectively. The fish mucus group and the chlorella control group had a maximum of 400/mL and 310/mL respectively. The results showed that feeding egg yolk and fresh soybean milk could significantly promote the reproduction and growth of rotifers and improve the quality and nutritional value of rotifers.

**Keywords:** Nutritional raw materials; *Brachionus plicatus*; growth; influence

(责任编辑:张英健)