

几种培养方法对萼花臂尾轮虫(*Brachionus calyciflorus*)种群密度及其环境因子影响的比较研究

杨家新^{1,2}, 黄祥飞¹

(1. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072; 2. 南京师范大学生命科学学院, 南京 210097)

摘要: 分别利用泥鳅-藻-轮虫和罗非鱼-藻-轮虫共生隔离培养的方法, 研究萼花臂尾轮虫(*Brachionus calyciflorus*)的种群密度和主要环境因子的变化。研究结果表明: 加入泥鳅的培养缸中, 有 11d 轮虫数量超过 100 ind/ml, 其中有 5d 超过 200 ind/ml, 最高密度达 250 ind/ml; 在罗非鱼的培养缸中, 在整个实验过程中, 种群密度超过 100 ind/ml 以上的时间有 6d (第 5~10 天); 单纯利用藻类培养轮虫时, 种群密度较低, 且维持时间较短, 最高种群密度不足 100 ind/ml, 利用藻类-轮虫-鱼类共存同一生态系统中, 并使鱼类和轮虫隔离进行生态培养时, 能提高轮虫种群密度, 延长种群高峰期。

关键词: 轮虫; 鱼; 藻类; 培养

The effects of different methods of cultivation on the densities of *Brachionus calyciflorus* (rotifer) and its environmental conditions

YANG Jia-Xin^{1,2}, HUANG Xiang-Fei¹ (1. Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China; 2. Life & Sciences College, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

Abstract: The density of rotifer *Brachionus calyciflorus* and the changes of environmental conditions were studied in aquarium, in which both rotifer and fish (*Tilapia nilotica* and *Misgurnus anguillicaudatus*) separated from each other were grown in medium of algae in outdoor. Results show that density of rotifer cultured with *Misgurnus anguillicaudatus* exceeds 100 individual per ml in 11 days. There are 5 days in which rotifer densities attain 200 ind./ml and the highest density attain 250 individual per ml. The time in which rotifer densities exceeds 100 individual per ml is 6 days in aquarium cultured with *Tilapia nilotica*. In contrast, the density of rotifer is lower than that cultured with fish, and lasting time is shorter than that in aquarium with fish. The highest density of rotifer is under 100 ind./ml. The authors suggest that the lasting time of higher density of rotifer could be prolonged when it cultured with fishes.

Key words: *Brachionus calyciflorus*; ecological culture; *Tilapia nilotica*; *Misgurnus anguillicaudatus*

文章编号: 1000-0933(2000)02-0728-05 中图分类号: Q178.1, Q958.1 文献标识码: A

轮虫在淡水水体生态系统结构组成、能量传递及物质转换上具有重要意义, 轮虫的繁殖速度迅速、周转快, 它能摄食一些微小、不能被鱼类直接利用的细菌和碎屑, 近而被鱼类消化利用, 在渔业生产的育苗过程中, 当鱼、蟹苗刚被孵出时, 卵黄囊已被消耗殆尽而尚不能消化个体较大的外源性食物时, 轮虫是“水花”阶段的良好开口饵料^[1~5]。随着养殖品种结构的调整, 名特水产品养殖业的迅速发展, 轮虫资源的开发利用势在必行。

由于轮虫培养易受外界环境因子的影响, 在实际生产中, 单种培养轮虫时常常很难使轮虫维持在较高

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (No. 39270098)

收稿日期: 1999-09-15 修订日期: 1999-11-21

作者简介: 杨家新 (1964~), 男, 河南信阳人, 博士, 副教授。主要从事浮游动物生动研究和水产饵料生物研究。

的密度下快速繁殖^[3],同时还需占用一定地方培养藻类作为轮虫的饵料生物。黄进光^[8]曾报道用筛绢隔离轮虫和小球藻,使之共存同一水体培养轮虫,朱祖培^[9]利用泥鳅和小球藻共存的方法培养小球藻均取得了较好的轮虫密度。

本研究旨应用生态系统中物种共生与物质循环再生原理,结构与功能协调原则,使鱼、轮虫相互隔离与藻类共存于一个生态系统中的方法培养轮虫,探讨使轮虫维持在较高的密度、种群高峰期延长的简便实用培养方法。

1 材料和方法

1.1 鱼类浸出液的处理

在体积为 65L 的容器中,加入 50L 自来水,放入 5kg 已死的鲢、鳙鱼,密闭容器。5~7d 后水呈红褐色,敞开盖子曝气 3~4d,曝气时忌雨水淋入,待异味消失后既可用于培养小球藻。

1.2 小球藻培养

取死鱼浸出液按 1:40(V/V)比例稀释,并用孔径 65μm 的滤网重复过滤 3~4 次,1d 后接入小球藻,在室外自然光照和温度下培养 3~4d 时间,每天镜检一次小球藻浓度。

1.3 实验培养

3~4d 后,待小球藻处于指数增长期,藻类浓度为 $2 \times 10^6 \sim 4 \times 10^6$ cells/ml 时,把容器挪置到遮阳篷下,使实验组和对照组的光照强度相同。在容器中置入用 40 目尼龙筛绢做成的圆柱型筛网($d=40\text{cm}$ $V=20\text{L}$),筛内接种萼花臂尾轮虫(密度 2.0ind/ml),筛绢与容器间中分别放入 500g 泥鳅(*Misgurnus anguillicaudatus*) $L=13.5 \pm 1.12\text{cm}$,另一个容器放 500g 罗非鱼(*Tilapia nilotica*) $L=5.4 \pm 0.75$,对照组不放鱼类,实验共进行 15d,为便于比较不同培养方式的效果,在整个实验阶段不再添加鱼类浸出液,不充气。共设 3 组重复。

1.4 主要理化因子的测定

每天早、晚用 YSI-6000 自动测定仪测定温度、溶解氧、pH 值和电导率。 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 和 $\text{PO}_4\text{-P}$ 的测定则采用常规方法。

2 结果

2.1 轮虫的种群变动

从图 1 可看出:在添加罗非鱼的培养缸中,前 9d 轮虫的种群平均密度呈直线上升,第 9 天密度最大,为 189.00 ind/ml,随后种群密度迅速下降,但种群密度仍然维持在 60.00 ind/ml 左右,在整个实验过程中,平均密度超过 100 ind/ml 以上的时间有 6d(第 5~10 天);加入泥鳅的培养缸中,轮虫平均密度一开始就比加罗非鱼者增长迅速,第 3 天就进入指数增长期,第 7 天就形成数量高峰,在 15d 的培养时间内有 11d 轮虫数量超过 100 ind./ml,其中有 5d 超过 200 ind/ml,最高密度达 250 ind/ml;在对照组中,轮虫数量增加较为缓慢,指数增长期短,仅为 2d,峰值不突出,最高种群密度不足 100ind/ml,而且种群密度下降速度也极迅速。

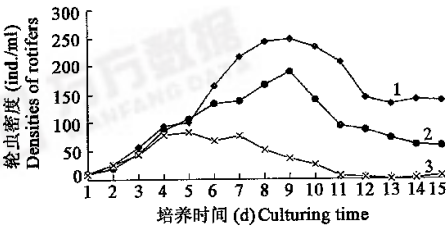


图 1 有鱼培养缸和对照组轮虫密度的变化
Fig.1 Variation in density of rotifer in aquariums with fish and in contrast
1◆加泥鳅组,2●加罗非鱼组,3×对照组

从以上实验结果可以看出,鱼(泥鳅或罗非鱼)-轮虫隔离共存的培养方法,不仅能使轮虫密度在短期内迅速上升而且高密度持续时间亦较长,尤其以泥鳅-轮虫为最佳。

2.2 主要理化因子的变化

2.2.1 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{NO}_2\text{-N}$ 浓度的变化 培养缸中加入罗非鱼后, $\text{NO}_3\text{-N}$ 的浓度从开始的 0.096mg/L 逐渐上升,第 6 天为最高数据 1586mg/L,随后逐渐降至 0.1296mg/L(第 10d),第 11、12 天又上升至 0.1441mg/L 和 0.1442mg/L,整个实验阶段均较高; $\text{NO}_2\text{-N}$ 的浓度在接种轮虫的当天最高,达 0.0140mg/L,除 5~7d 略

有较小幅度的回升到 0.013mg/L 和 0.0133mg/L 以外,其余各天均低于 0.01mg/L,第 14 天降至最低,仅为 0.0046mg/L(图 2a)。

加入泥鳅的培养缸,NO₃-N 浓度 1d 的 0.0960mg/L,第 2d 降至 0.0576mg/L,第 5d 又上升至 0.0801mg/L,试验后期 NO₃-N 浓度一直高于 0.065mg/L,NO₂-N 在实验开始的当天最高,为 0.014mg/L,然后逐渐下降,11d 降至最低,为 0.004mg/L(图 2b)。

对照组(图 2c)的 NO₃-N 浓度 1d 最高,为 0.096mg/L,2d 降至 0.0592mg/L,4d 又上升到 0.0673mg/L。5d 后均在 0.06mg/L 左右波动;NO₂-N 浓度 1d 最低,为 0.0140mg/L,2d 上升到 0.0289mg/L,第 7 天逐渐降至 0.019mg/L,然后又逐渐上升到 0.0288mg/L(13 d,14 d)。

2.2.2 NH₄-N 的变化动态 图 3 可看出:在实验开始前,各组 NH₄-N 均为 1.2339mg/L。随后罗非鱼组 NH₄-N 急剧上升至 5.0689mg/L,随后整个培养阶段在 5.0ml/L 上下波动;泥鳅组的培养缸中 NH₄-N 浓度的变化较为平缓,5d 的浓度最高,为 1.5177mg/L,其余几天均在 1.3~1.5mg/L 左右波动;对照组的 NH₄-N 浓度第 3~8 天较低,从第 1 天的 3.1897mg/L 降至 1.4712mg/L,然后又逐渐上升,12~14d 分别达到 3.2019,3.2009 和 3.2111mg/L。

从 NH₄-N 浓度变化可看出,加入鱼后,NH₄-N 浓度均有不同程度的增加。加入罗非鱼的培养缸中的 NH₄-N 浓度,明显高出加入泥鳅的培养缸和对照组。据分析,罗非鱼为碎屑食性鱼类,营底栖生活,活动代谢快、活动能力强,从而使沉积到培养缸底的代谢排泄物被其搅动带到水中,致使该组 NH₄-N 含量较高。泥鳅个体较小,活动范围小且大部分时间在培养缸底部,在整个过程中 NH₄-N 含量较罗非鱼培养缸低,而且变化不大,对照组和加入泥鳅的培养缸相近中,只是在第 10 天,含量才高于泥鳅缸。

2.2.3 PO₄-P 的变化动态 从图 4 可看出:在加入罗非鱼的容器中,第 2~6 天均维持在 0.45mg/L 较高水平,第 4 天 PO₄-P 的浓度达 0.511mg/L,第 7~11 天呈下降趋势,其后呈波动状态,但 PO₄-P 的含量较其它培养缸高。在加入泥鳅的容器中,PO₄-P 的浓度从 1d 的 0.0242 上升到 0.1556(第 4 天),之后的几天一直维持在 0.13~0.15mg/L 左右,PO₄-P 浓度的变化较为平缓;对照组中,第 2~10 天的 PO₄-P 浓度在 0.03~0.042mg/L 左右,第 11 天后才上升至 0.18mg/L 以上。

2.2.4 溶解氧的变化动态 与以上各营养元素含量变化的试验组比较,有鱼和无鱼培养缸中溶解氧的变化较为平稳,而且两者间差别较小(图 5)。加罗非鱼的容器中的溶解氧第 1 天为 6.45mg/L,第 2 天上升到 6.81mg/L,3~8 天在(3.71~5.4mg/L 之间),但在实验后期又上升到 6.0mg/L 以上。加泥鳅的容器中也以第 2 天溶解氧最高(8.5mg/L)。接入轮虫和泥鳅后降至 5.47mg/L,第 3~8 天在 6.0~7.0mg/L 之间

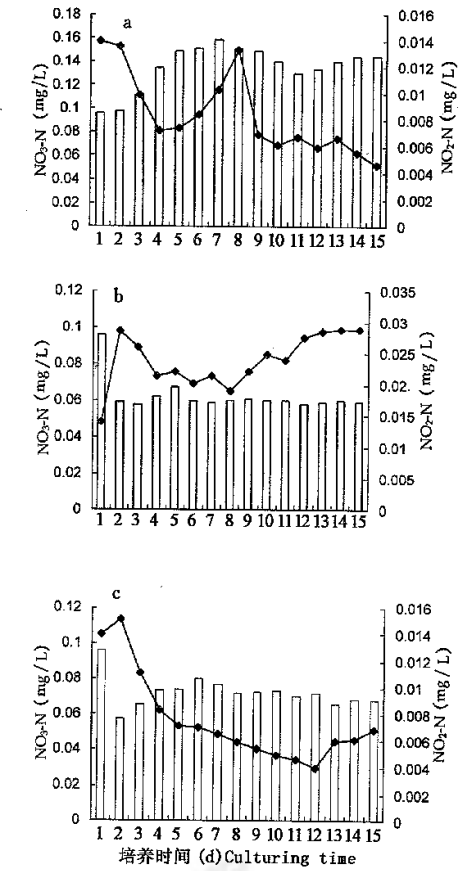


图 2 培养缸中 NO₂-N,NO₃-N 浓度的变化
Fig. 2 Variation in concentration of NO₂-N and NO₃-N in aquarium with fish and in contrast
a. 加入罗非鱼 with *Tilapia nilotica*; b. 加入泥鳅 with *Misgurnus anguillicaudatus*; c. 对照组 contrast
□ NO₃-N, ◆ NO₂-N

变动,第11天最低(5.0mg/L),在整个培养阶段的溶解氧均高于5.0mg/L。对照组1d最高(10.85mg/L),第2天降至5.8mg/L,4~11d又呈微弱上升趋势,达到7.25mg/L。最后4d在5.0左右变化。

2.2.5 pH值的变化 各培养容器中的pH值均在7.5以上波动(图6),从开始时的9.5第4天降至7.5左右,实验后期变幅较小。罗非鱼组pH变化幅度较大,从第1天的9.5降至7.66(第4天),而后渐渐回升到8.56(第6天)。第9d降至7.62,9~12d逐渐又升至9.5,但在最后几天再次降至8.5(第15d);加和泥鳅的容器中pH值变化稍平缓。第4天到第10天逐渐上升到8.77,培养后期一直在8.5~9.0之间变动。

2.2.6 温度 图7为培养缸中温度的变化。整个实验期间的温度在20℃~33℃之间。除第3天外,各培养缸前11d温度均在25℃以上,且第9天温度最高,为33.5℃,第12天温度降至20℃~21℃左右。尽管试验期间培养容器中轮虫种群密度、理化因子变化迥异,但各培养缸中的温度趋势基本接近。

3 讨论

轮虫的批量培养始于60、70年代,最初培养的目的主要是用于轮虫生理生态学的研究,80年代,由室内培养转向室外培养,主要为幼鱼苗提供适口的饵料。这种培养需要一定的pH、盐度、光照和温度。培养轮虫的同时必须预先或同步培养轮虫的食物(如:小球藻或其它藻类)。在实际操作往往需要一定的场地,而且还要投入一定的人力和财力,同时,由于种种原因敌害生物(如桡足类和原生动物)污染,造成培养失败,给生产带来损失^[6,10]。

利用轮虫和鱼类隔离并与微藻共存的培养方法,利用生态工程的原理,应用生态系统中物种共生与物质循环再生原理,结合系统工程的最优化方法设计的分层,多级利用物质的生产工艺系统。使微藻、轮虫和鱼类共存于一个生态系统中,避开了彼此间的直接接触(用滤网隔开)又不影响物质交换和能量流动。微藻直接作为培养轮虫的饵料和鱼类的食物,鱼类和轮虫排泄的有机废物又为微藻提供了营养盐,而且鱼类游泳搅动水体起到充气增氧的作用,利于藻类的生长。鱼类的摄食和轮虫的滤食调节藻类的生长,三者相互影响相互促进使培养生态系统中的物质循环和能量流动处于动态平衡状态。朱祖培^[9]发现利用泥鳅,可促进小球藻的增殖的主要原因,是泥鳅可促进水的循环使小球藻处于悬浮状态,黄进光^[8]也发现小球藻和轮虫可以解决培养环境的水质、进而促进轮虫增殖。

目前,对于轮虫的多种混合的方式培养淡水轮虫。单种培养的最大密度与种类有关,利用恒化连续培养方式培养红臂尾轮虫(*B. rubens*)最大密度可达302 ind/ml,平均密度在200 ind/ml左右,而萼花臂尾轮

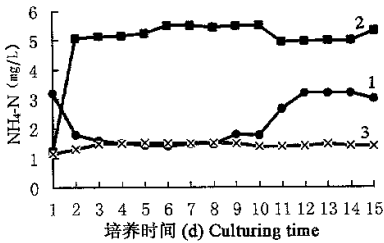


图3 有鱼培养缸和对照组 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度的变化
Fig. 3 Variation in concentration of $\text{NH}_4\text{-N}$ in aquariums with fish and in contrast
1●对照;2■罗非鱼;×泥鳅

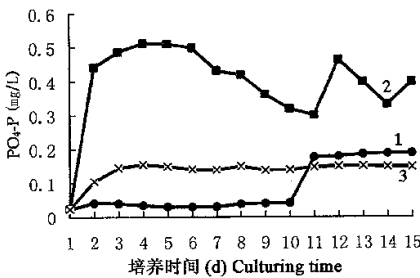


图4 有鱼培养缸和对照组 $\text{PO}_4\text{-P}$ 浓度的变化
Fig. 4 Variation in concentration of $\text{PO}_4\text{-P}$ in aquariums with fish and in contrast
1●对照;2■罗非鱼;3×泥鳅

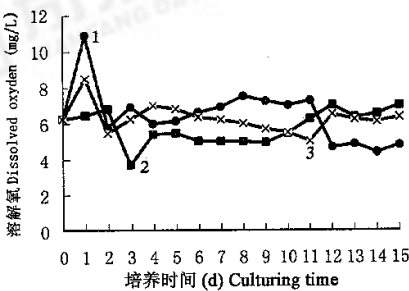


图5 有鱼培养缸和对照组溶解氧的变化
Fig. 5 Variation in dissolved oxygen in aquariums with fish and in contrast
1●对照;2■罗非鱼;3×泥鳅

虫最大密度则为 150 ind/ml,一般在 100 ind/ml 左右^[12]。本研究结果表明:单纯培养轮虫时,轮虫的最大密度不到 100 ind/ml,且超过 50 ind/ml 的时间仅有 5 d(第 4~8 天),种群在后期趋于崩溃。加入罗非鱼后能提高培养种群密度,在整个实验阶段(15 d),密度超过 50 ind/ml 的时间有 12 d(第 4~5 天),而且第 5~10 天轮虫密度超过 100 ind/ml;加入泥鳅后轮虫种群增长趋势和加入罗非鱼类似,但轮虫密度更高,最大密度可达到 248 ind/ml(第 9 天),高峰时间亦加长,第 7~11 天轮虫密度维持在 200 ind/ml 以上。在 5d 的培养实验阶段,密度超过 100 ind/ml 的时间占 11d。

由此可见,利用生态培养的方法,既减少了单独培养轮虫时配制专用培养基的繁琐过程又可节省能源和营养盐类。对提高轮虫种群密度和延长种群密度高峰时间具有明显效果。

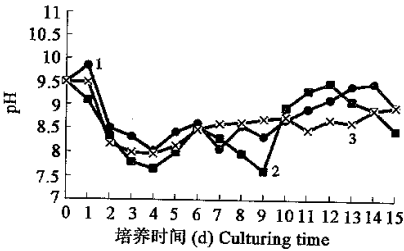


图 6 有鱼培养缸和对照组 pH 值的变化
Fig. 6 Variation in pH value in aquariums with fish and in contrast
1●对照;2■罗非鱼;3×泥鳅

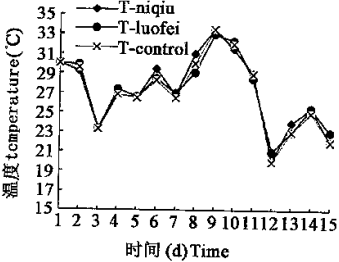


图 7 有鱼培养缸和对照组中温度的变化
Fig. 7 Variation in temperature in aquariums with fish and in contrast

参考文献

[1] 王家楫. 中国淡水轮虫志. 北京:科学出版社,1961. 288.
[2] 黄祥飞,胡春英,伍灼田. 武汉东湖的轮虫. 水生生物学报,1985,9(2):129~143.
[3] Hyman L H. Rotifera. In: *The Invertebrates* Vol. III, *Acanthocephala, Aschelminthes and Entoprocta*, McGraw-Hill book Comp. Inc. New York. 1951. 52~151.
[4] Pennak R W. *Freshwater invertebrates of the United States*(3rd). The Ronald Press Company, New York, 1991. 157~207.
[5] Lubzens E, Tandler A and Minkoff G. Rotifers as food in aquaculture. *Hydrobiologia*, 1989, 186/187: 387~400.
[6] 赵玉珩. 萼花臂尾轮虫的培养. 河南水产, 1994, 3: 29~31.
[7] 马世骏. 生态工程: 生态系统系统原理的应用. 环境保护, 1985, 12: 331~335.
[8] 黄进光. 简易小球藻和轮虫生态培养法. 国外水产, 1988, 3.
[9] 朱祖培. 泥鳅促进小球藻的增殖. 科学通报, 1980, 7: 330~331.
[10] Fulks W & Main K L. Rotifer and microalgae culture systems. Proceedings of a U. S-Asia workshop. Honolulu. Hawaii, 1991. 388.
[11] Hirayama K & Nakamura K. Fundamental studies on the physiology of rotifers in mass culture. V: Dry *chlorella* power as a food for rotifers. *Aquaculture*, 1976. 8: 301
[12] Walz N. Plankton Regulation Dynamics. Berlin: Springer Verlag. 1993. 1~308.