

利用啤酒酵母活菌株培养 褶皱臂尾轮虫的研究

张道南 白利平 张毅* 穆景安*

(上海水产学院)

乔振国

(东海水产研究所)

提 要

本文介绍了用啤酒酵母活菌株培养褶皱臂尾轮虫的试验成果。试验表明: (1) 轮虫接种的适宜密度是14—70个/毫升; (2) 投喂量对水环境因子有一定影响, 但在充分充气条件下, pH和溶氧量变化对轮虫增殖没有明显影响, 而化学耗氧量的变化在超过100ppm时, 对轮虫增殖有严重影响。 (3) 投喂量应根据水温和轮虫的数量来确定, 在水温30°C时, 投喂率3(克酵母/克轮虫), 连续采收使轮虫密度保持在200个/毫升左右, 可望长时间获得轮虫高产稳产的培养效果; (4) 除啤酒酵母外, 投喂适当经乳化处理的清鱼肝油, 不会影响轮虫的产量, 但可以提高轮虫作为幼鱼饵料的营养效果。

前 言

褶皱臂尾轮虫 (*Brachionus plicatilis*) (以下简称轮虫) 是一种小型的多细胞浮游动物, 在咸淡水和海水中生活, 由于它具有生活力强、繁殖快、大小适宜等优点, 近年来已被国内外一致认为认为是人工培育海水鱼类幼鱼及甲壳类幼体的优良饵料生物。

至今已有许多人对轮虫的繁殖生态条件及其培养方法进行了研究。王瑄(1980)^[1]用亚心形扁藻 (*Platymonas subcordiformis*)、小球藻 (*Chlorella* sp.) 等单细胞藻类作为轮虫饲料, 并就温度、盐度、饲料的种类和密度对轮虫增殖的影响等问题作过探讨。何进金等(1981)^[2]除了观察在投喂单细胞藻条件下温度、光照等因子对轮虫繁殖的影响外, 还探讨了轮虫接种密度对轮虫增殖的影响。然而, 正如许多学者在报告中提到的那样^{[10][11]}, 由于轮虫的摄食速度远远大于单细胞藻类的繁殖速度, 在生产规模的培养过程中, 要依靠所投喂藻类自身繁殖来维持轮虫的高产, 显然是很困难的。六十年代后期, 日本开始研究用啤酒酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) 培养轮虫, 使轮虫的培养密度从原来用单胞藻培养时的40—60个/毫升, 提高到400—600个/毫升^{[9][11]}。

在国内, 有关利用啤酒酵母培养轮虫的报导甚少, 郑严(1979)^[8]曾进行过利用食用酵

* 本院海养专业82届学生, 已毕业离校。

母培养轮虫的试验,由于投喂量难以控制,其结果不甚理想。为达到稳定、高产培养大量活体轮虫以解决海水鱼和虾的苗种培育的目的,几年来,我们进行了用啤酒酵母培养轮虫的试验。对轮虫的接种密度和酵母投喂量对培养轮虫效果的影响,以及对用投喂酵母连续性培养轮虫的方法等技术问题进行了初步探讨,取得了一些较有规律性的结果。

材 料 和 方 法

(1) 培养用水 用上海奉贤盐场的浓缩海水加自来水稀释而成。其比重为 1.015 ($S\% = 19.61$), pH 为 8.44—8.46, 化学耗氧量 (COD_{Mn}) 为 8.65ppm。煮沸冷却后备用。

(2) 轮虫 为国内外广泛用于海水鱼、虾类苗种生产的褶皱臂尾轮虫 (*Brachionus plicatilis*)

(3) 酵母 上海酵母厂大量生产的啤酒酵母 *Saccharomyces cerevisiae*, 即市售鲜酵母块(含水量 70%), 平时贮存在冰箱中, 4°C 保存。

(4) 培养装置 实验容器采用 3 升锥形瓶, 培养过程中通过温控仪水浴恒温, 沙滤头细小气泡连续充气(300 毫升/分)。

(5) 轮虫计数 在充气条件下取样 2 毫升, 经福尔马林固定后, 用浮游动物计数框计数全部轮虫数量及抱卵量。

(6) 投喂啤酒酵母的方法和投喂量 在一般情况下, 每天于 8 时、14 时、20 时投喂三次, 个别情况下因投喂量大, 则每天分四或五次投喂。投喂时先将酵母用蒸馏水稀释成 5% 的悬浊液, 从充气处投下。

投喂酵母量是根据培养轮虫的湿重来确定的。在试验过程中, 我们将试验分成若干组, 按培养水体的容量、轮虫密度, 再根据大原修平(1980)^[17]以每个轮虫湿重 2 微克, 计算出各组所培养的轮虫总湿重。然后根据轮虫总湿重通常以四种不同的投喂率计算各组的投喂量, 分别投予。通过四个试验组比较, 来确定较适的投喂率。在我们试验中各组的投喂率分别是 1、2、3、4。各组的投喂量按下式计算。

$$W(\text{克/日}) = D \cdot V \cdot B_w \cdot R \times 10^{-6}$$

式中: W —日投喂量(克)

D —轮虫培育密度(个/毫升)

V —培养水体容量(毫升)

B_w —每个轮虫的湿重(按 2 微克计)

R —投喂率*

(7) 轮虫生产力的表示方法 为了客观地反映培养系统中轮虫的增殖情况, 本文中除采用轮虫的密度变化表示轮虫增殖情况外, 还采用清水秀夫等(1977)^[7]提出的用增殖速度(μ)来表示轮虫生产力。增殖速度 μ 的计算式为:

$$\mu = \frac{1}{t_1 - t_0} \ln \frac{N_1}{N_0}$$

* 投喂率 = $\frac{\text{酵母投喂量(克)}}{\text{轮虫总湿重(克)}}$

式中: N_0 —开始培养时的轮虫密度

N_t — t 时间时的轮虫密度

t_0 和 t_1 —分别表示增殖速度计算时和试验开始时的时间(天)。

(8) 饵料生产力 F 的计算

$$\text{饵料生产力 } (F) = \frac{\text{培养轮虫个数} (\times 10^4)}{\text{耗用鲜酵母重量(克)}}$$

(9) 轮虫营养强化剂的制作和使用 参照有关文献^[15],按重量比将水 95 份、清鱼肝油⁽¹⁾ 5 份、鸡蛋黄 1 份混合一起后用 XW-80 型旋涡混合器乳化 15 分钟,然后按需要量直接加入轮虫培养水体中。

(10) 水质分析溶解氧含量于每天下午 3 时取样,用 Winkler 法测定; pH 值在每天上午 8 时用 pHs-2 型酸度计测定; COD 值于每天上午投饵前取样,水样经网目为 0.132 mm 的 SP38* 筛绢滤除轮虫后用碱性高锰酸钾法测定。

结 果

1. 轮虫接种密度(个/毫升)和酵母投喂量(克/升)对轮虫增殖的影响

(1) 接种密度对轮虫增殖的影响 我们在 25°C 恒温条件下,设投喂率为 2,采用生长良好的轮虫种(怀卵率 30—40%),按五种不同的接种密度进行培养,培养结果如表 1 所示。

表 1. 不同接种密度条件下轮虫的培养结果

| 培养天数 接种 密度(个/ml) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 平均增殖速度 ($\bar{\mu}$) |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|---------------------------|
| 8 | 6 | 4 | 6 | 0 | — | — | — | — | — | — | — |
| 14 | 21 | 36 | 43 | 97 | 223 | 282 | 440 | 720 | 1305 | 1325 | 0.455 |
| 28 | 34 | 48 | 68 | 101 | 242 | 366 | 514 | 779 | 1187 | 1723 | 0.412 |
| 70 | 95 | 98 | 100 | 190 | 300 | 418 | 614 | 1010 | 1514 | 2230 | 0.346 |
| 140 | 140 | 224 | 299 | 408 | 662 | 885 | — | — | — | — | 0.307 |

实验结果表明:接种密度为 8 个/毫升的实验组,轮虫不仅不能很好增殖,而且个体数逐渐减少,在培养第四天全部死亡;接种密度为 140 个/毫升的实验组,在培养的最初几天,轮虫增殖情况尚好,但培养周期(指从轮虫接种开始至轮虫密度下降这一期间)短,轮虫的最高培养密度也比接种密度在 14—70 个/毫升的组低;接种密度分别为 14、28、70 的三个实验组在整个培养过程中都增殖良好,在培养第九天时,轮虫密度都超过 1000 个/毫升。从各组轮虫的日平均增殖速度,我们也可明显地看出这种差异。

(1) 市售商品,由上海东海制药厂用马面鲈肝油精制。

据此,我们认为采用投喂酵母活菌株的方法培养轮虫时,轮虫的接种密度以每毫升14—70个为宜。

(2) 投喂量对轮虫增殖的影响 投喂量的多少不仅直接影响轮虫的增殖,而且残饵分解后还可能通过pH、溶氧量、COD值等水环境因子影响轮虫的生长和繁殖。此外,在高密度培养条件下,轮虫排泄物的分解产物也将成为污染轮虫培养环境的一个重要因子。为此,我们试图从pH、溶氧量、COD值这几个直接与投喂量及轮虫增殖有关的因子着手,搞清酵母投喂量与这些环境因子的相关关系,进而找出不同温度条件下的最佳投喂量。

a) 不同投喂率条件下pH的变化及其对轮虫增殖的影响。

实验分四组进行,在水温30°C条件下培养,A、B、C、D各组投喂率分别为1、2、3、4。整个培养过程中各实验组pH值的变化情况见表2。

表2. 投喂率和pH值的关系

| 组别 | 投喂率 | 培 养 天 数 | | | | | | |
|----|-----|---------|------|------|-------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5** | 6** | 7 |
| A | 1 | 8.22 | 8.21 | 8.17 | 8.11 | 8.09 | 8.01 | 8.14 |
| B | 2 | 8.21 | 8.12 | 8.00 | 7.55* | 8.04 | 7.82 | 7.84 |
| C | 3 | 8.21 | 8.08 | 7.91 | 7.67 | 7.50 | 7.59 | 7.86 |
| D | 4 | 8.22 | 8.06 | 7.70 | 7.51 | 7.42 | 7.59 | 7.90 |

* 气泵故障,停止充气一天。

** 停止投喂。

由表中可见,培养开始时,四组的pH值基本相同,但随着培养时间的推延,培养水体中的pH值出现普遍下降趋势,当停止投喂时,pH值又趋回升。而且,在投喂率与pH值之间,存在着投喂率越高即投喂量越大,pH值也下降得越多的关系。不过在连续充气条件下,无论采用哪一种投喂率,其pH值的最大变化均不超过1。根据岩崎良教等人(1975)^[9]试验,pH7.0—8.0为轮虫的适宜生长范围。因而可以认为,在充气条件下,上述投喂量引起的pH值变化不会妨碍轮虫的增殖。

b) 不同投喂率条件下溶氧量的变化及其对轮虫增殖的影响。

实验方法及条件与上述pH值实验基本相同,分A、B、C、D四组,投喂率分别为1、2、3、4,在30°C水温下充气培养。培养结果见表3。

显而易见,投喂量对于轮虫培养水体中的溶氧量影响极大,投喂率分别为3和4的C、D两组,在培养第四天时,水体中的表观溶氧量为0⁽¹⁾,但是从表中所列的轮虫增殖情况可以看出,在连续充气条件下,即使培养水体中的表观溶氧量为0,轮虫的增殖情况仍很好。

伊藤(1971)^[10]在探讨轮虫与溶氧量关系时提出,当培养水体中溶氧量降低到0.38(毫升/升)时,轮虫会部分死亡。在0.07(毫升/升)时则大部分轮虫死亡。由此可见,轮虫对低氧的忍耐力是很强的。

(1) 由于溶氧量极低,用常规的化学滴定方法无法测其含量。

表 3. 不同投喂率条件下轮虫密度和溶氧量的变化

| 组别 | 投喂率 | 培 养 天 数 | | | | | | | | | | | | | |
|----|-----|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| | | 0 | | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | |
| | | 轮虫密度(个/毫升) | 溶氧量(毫克/升) | 轮虫密度(个/毫升) | 溶氧量(毫克/升) | 轮虫密度(个/毫升) | 溶氧量(毫克/升) | 轮虫密度(个/毫升) | 溶氧量(毫克/升) | 轮虫密度(个/毫升) | 溶氧量(毫克/升) | 轮虫密度(个/毫升) | 溶氧量(毫克/升) | 轮虫密度(个/毫升) | 溶氧量(毫克/升) |
| A | 1 | 43 | 4.77 | 57 | — | 37 | 4.38 | 122 | 4.15 | 114 | 2.70 | 195 | — | 220 | — |
| B | 2 | 43 | 4.77 | 44 | — | 62 | 4.12 | 128 | 3.52 | 218 | 0.23 | 479 | — | 1205 | — |
| C | 3 | 43 | 4.77 | 49 | — | 97 | 3.67 | 293 | 1.42 | 629 | 0 | 1542 | — | 1498 | — |
| D | 4 | 43 | 4.77 | 48 | — | 101 | 3.66 | 240 | 0.68 | 776 | 0 | 1442 | — | 2680 | — |

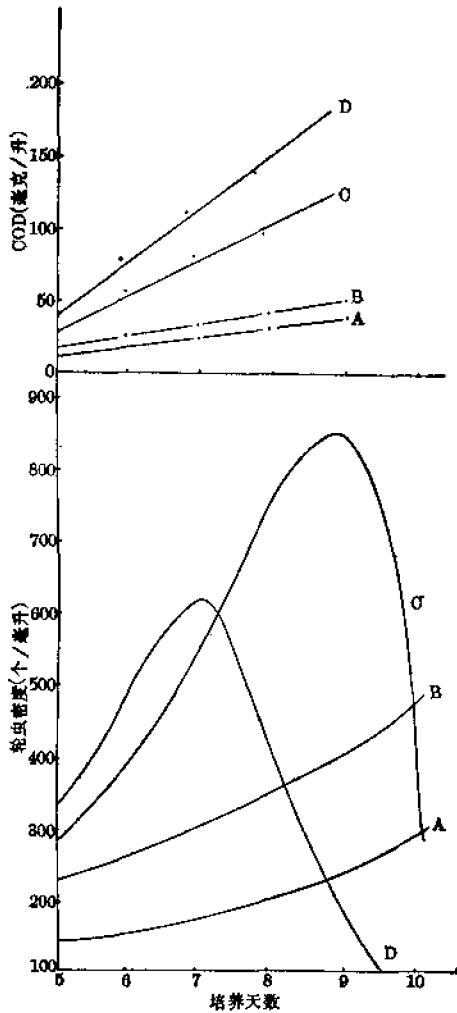


图1 水温 35°C,不同投喂率下 COD 值的变化及轮虫增殖情况。

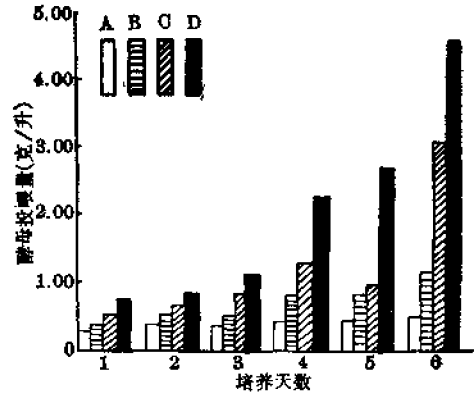


图2 各实验组日投喂量的变化(用 1 升培养水体的日投喂量表示)

投喂率: A=1, B=2, C=3, D=4

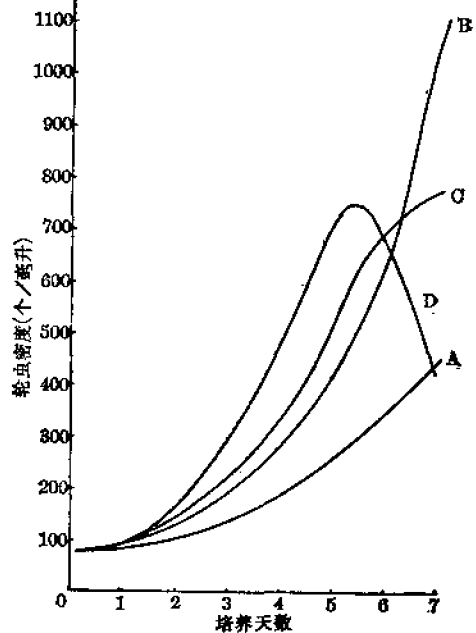


图3 水温 25°C,不同投喂条件下轮虫的增殖

* 准准状况体积,下同。

c) 不同投喂率条件下 COD 值的变化及其对轮虫增殖的影响

图 1、图 2 表示了在水温 35°C 条件下,对投喂率分别为 1、2、3、4 的四个实验组进行培养时,各实验组 COD 值的变化和轮虫增殖情况,以及各实验组的投喂情况。

从图中可见,日投喂量随培养时间的推延而不断增高,其中日投喂率为 3 和 4 的两实验组在培养第 6 天时 3 升培养水体中的日投喂量分别达到 9.6 克和 12.6 克之多,从 COD 值的变化规律来看,与投喂率成正比关系,投喂率越高, COD 值的上升速度越快。

关于 COD 值的变化对轮虫增殖的影响,从图 3 中可以清楚地看出。当培养水体中的 COD 值在 100ppm 以内时,对轮虫的增殖不会有太大影响,但当 COD 值超过 100ppm 时,则会引起轮虫密度的突然下降;此外,从图 3 中我们还可以发现,培养水体的培养周期长短与该培养水体内 COD 值的变化关系极大。如投喂率为 3 和 4 的两实验组的轮虫密度高峰分别出现在培养的第 7 天和第 9 天,其后则突然下降,这显然是由于培养水中的 COD 值超过了轮虫的适应范围而引起的。

(3) 不同温度条件下最适日投喂率的探讨 从上述一系列实验中,我们可以看出,选择合理的投喂率,使之不仅能满足轮虫增殖的需要,又能最大限度地维持水环境的相对稳定,对于高产、稳产培养大量轮虫无疑是极为必要的。为此,我们在水温 25°C、30°C、35°C 三种条件下,对用啤酒酵母活菌株培养轮虫的最适日投喂率进行了比较试验。图 3、图 4、图 5 和表 4 分别表示了这些实验的结果。其中 A 组投喂率为 1、B 组为 2、C 组为 3、D 组为 4。

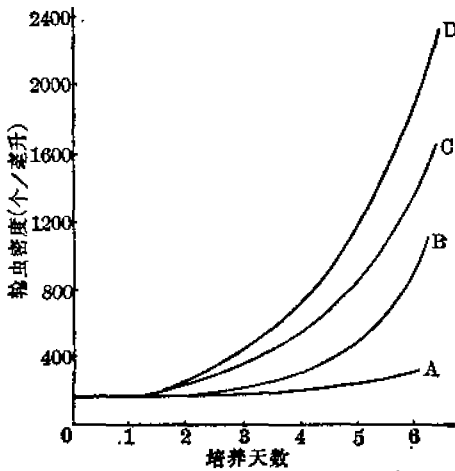


图4 水温 30°C,不同投喂条件下轮虫的增殖

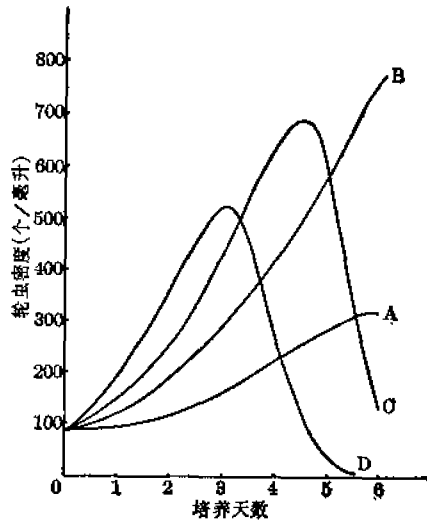


图5 水温 35°C,不同投喂条件下轮虫的增殖

表 4. 不同温度条件下投喂率对轮虫日平均增殖速度的影响

| 投喂率 μ | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| 25 | 0.243 | 0.378 | 0.338 | 0.242 |
| 30 | 0.271 | 0.541 | 0.598 | 0.670 |
| 35 | 0.232 | 0.379 | 0.542 | 0.626 |

根据培养结果，可以得出这样的结论：

a) 在 25°C 条件下，由于轮虫增殖速度缓慢，如采用 3—4 的高投喂率，不仅不能取得好的培养结果，相反由于残饵过多导致水质恶化，使培养周期缩短。一般在水温 25°C 条件下培养轮虫，投喂率为 2 比较适宜。

b) 在 30°C、35°C 条件下培养轮虫时，轮虫的增殖速度随投喂率的增高而加快。但在 35°C 水温时，过高的投喂率会使培养周期缩短，生产上可采用投喂率为 3。

c) 30°C 水温时，采用 3—4 的投喂率可望获得较好的培养结果。

2. 轮虫连续培养方法的探讨

为探讨在较长培养时期内稳定生产大量活体轮虫的方法，我们对交替式连续培养轮虫法在轮虫培养上的可行性进行了试验。交替式连续培养轮虫法就是通过每天采收部分轮虫个体，将轮虫

表 5. 轮虫连续培养中各实验组的投喂率及维持密度

| 组别 | A | B | C | D |
|---------------|-----|-----|-----|-----|
| 投喂率 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 轮虫维持密度 (个/ml) | 200 | 300 | 200 | 300 |

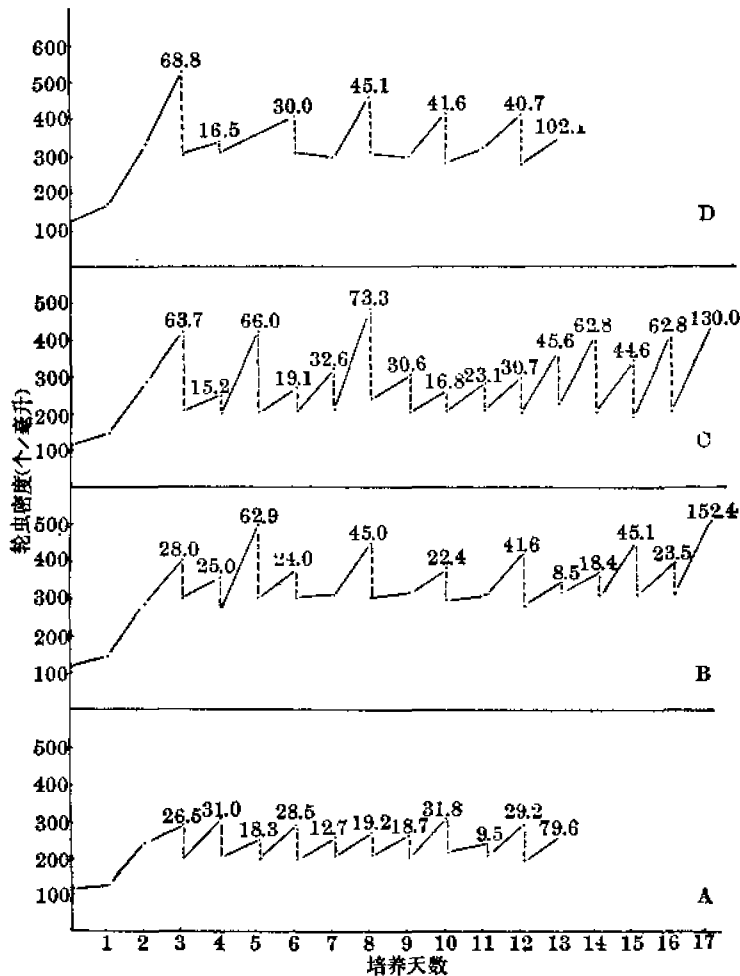


图6 30°C水温，投喂率、轮虫维持密度不同时轮虫连续培养结果(图中数字表示轮虫采收量，单位是 $\times 10^4$ 个，虚线表示由于采收引起的轮虫密度变化)

密度控制在一定范围内。实验采用表5所示的分组法。

培养实验共进行了17天,其中A、D两组于13天结束,B、C两组则连续培养了17天。实验均在水温30°C,连续充气条件下进行。图6和表6表示了培养过程中轮虫的增殖和采收情况。

表6. 连续培养过程中轮虫的增殖及采收情况

| 项目 组别 | 培养 天数 (天) | 采收 次数 (次) | 轮虫总产量 ⁽¹⁾ × 10 ⁴ 个 | 平均日产量 ⁽²⁾ × 10 ⁴ 个 | 饵料生产力 (轮虫个数 × 10 ⁴ /酵母克数) | 平均增殖速度 (μ) |
|----------|-----------------|-----------------|---|---|---|---------------------|
| A | 13 | 11 | 305.0 | 27.0 | 10.40 | 0.298 |
| B | 17 | 12 | 496.9 | 33.1 | 9.41 | 0.282 |
| C | 17 | 15 | 717.1 | 47.8 | 12.8 | 0.486 |
| D | 13 | 7 | 344.2 | 31.0 | 5.4 | 0.266 |

(1) 轮虫总产量包括最后一次总采收的轮虫数量在内。

(2) 平均日产量根据 $\frac{\text{轮虫总产量}}{\text{培养天数}}$ 算出。

由上述结果可以看出,在30°C水温,投喂率为3、轮虫维持密度为200个/毫升的C组,轮虫总产量、日产量、轮虫增殖速度、饵料生产力等方面均远远超过其他各组。从大量培养角度考虑,本研究在3升水体中的最好培养成绩为平均日产轮虫47万个,日产量最高达66万个。根据我们的观察,在充气量足够的条件下,采用500或1000升的培养容器,每天约可生产5000万个轮虫,足以用来培育100万尾对虾苗⁽¹⁾。与单细胞藻培养轮虫法相比,这种培养方法具有培养设施少,生产效率高的优点,而且轮虫培养的稳定性也好。

3. 酵母培养轮虫的营养强化技术

许多研究已经证实,用啤酒酵母培养的轮虫由于在营养上欠缺海产鱼类所必需的某些高度不饱和脂肪酸(20:5 ω 3和22:6 ω 3),故饵料效果不好^{[12][13][14]}。为了弥补酵母轮虫在这方面的不足,我们采用北村佐三郎等(1981)^[15]提出的浮游动物营养强化方法,将富含这两种脂肪酸的清鱼肝油^[4]乳化以后添加到轮虫培养水体中,以增加这两种脂肪酸在轮虫体内的含量,从而提高轮虫作为海产鱼、虾类饵料的营养价值。

实验将按前述方法制作的鱼油乳化剂分别以一次或分次加入的方式添加到轮虫培养水体中,然后按常规方法在水温25°C,投喂率2的条件下进行培养,培养结果如图7、图8。

试验结果表明,鱼油的一次添加量在80ppm时,对轮虫增殖无不良影响。添加鱼油的最初两天,轮虫的日平均增殖速度为0.60,而对照组仅0.37;鱼油的累计添加量达到100—120ppm时,实验组和对照组的轮虫增殖速度基本一致;鱼油累计添加量超过120ppm时,则对轮虫生长有明显的抑制作用。

(1) 引自山东省水产养殖研究所编《海水养殖》1980年第1期第10页。

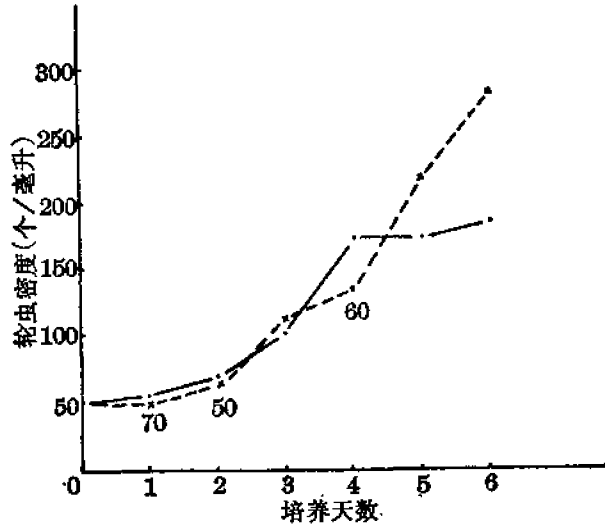


图7 营养强化剂对轮虫增殖的影响

--- 对照组(不添加强化剂); —— 实验组(图中数字表示加入鱼油浓度 ppm。与数字相对应的培养天数即为加入鱼油时间)

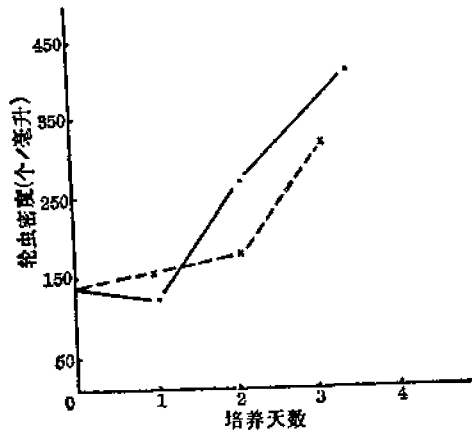


图8 营养强化剂对轮虫增殖的影响

--- 对照组(不添加强化剂); —— 实验组(图中数字表示加入鱼油浓度 ppm。与数字相对应的培养天数即为添加鱼油时间)

讨 论

(1) 关于轮虫的接种密度 前面在探讨轮虫接种密度对轮虫增殖的影响时,我们曾提到,采用啤酒酵母活菌株培养轮虫时,轮虫接种密度以 14—70 个/毫升为宜。这一结论与福所邦彦等(1976)^[6]在 40 吨容积的大水槽中采用混合投喂海水小球藻、啤酒酵母的方法大量生产轮虫时所得到的结果相一致,但是与何进金等(1981)^[2]用单胞藻培养轮虫时

所得到的结果(2—5个/毫升)相比,则要高得多。其原因,我们认为这是由于食物性质不同所引起的。采用单胞藻培养轮虫时,轮虫的最高培养密度一般取决于藻液的培养密度,而酵母培养法则可根据培养水体中轮虫个体的多少人为调节投喂数量。因此轮虫的最高培养密度要远远高于单胞藻培养法。此外,单胞藻在轮虫培养水体中仍可很好增殖,不存在所谓残饵问题,而酵母活菌株进入海水后,因培养基不适,一般不再生长繁殖,短时间内部分菌体即分解。因此,单胞藻培养法采用较低的轮虫接种密度,可获得较好的培养效果;而酵母培养轮虫时,如采用低密度接种轮虫的方法,由于轮虫是靠纤毛环旋动来游动和摄食的,活动范围较小,不可能在短时间内将投入的酵母全部食完,在高水温条件下,残饵很快分解,使水质恶化。

另外,伊藤(1971)^[40]在研究轮虫密度与耗氧量的关系时发现,当轮虫培养密度在20个/毫升以下时,轮虫的耗氧量随密度降低而增加,但轮虫密度在20个/毫升以上时,耗氧量则随密度增加而降低。在摄食量方面,平本(1972)^[40]采用啤酒酵母培养轮虫时发现,当个体密度在10—150个/毫升范围内,轮虫的日摄食量随轮虫密度的升高而增加。

综上所述,可以认为采用啤酒酵母培养轮虫时,适当提高轮虫的接种密度是符合轮虫生长繁殖的规律的。

(2) 投喂量与水质的关系 由于酵母培养轮虫法是通过不断向培养水中施加酵母活菌株使轮虫个体数增加的。随着轮虫密度的不断增加,单位水体的投喂量也将增加。在此同时,培养水体中的有机物含量也逐渐增高。在前述的实验中,我们已经看到投喂量的多寡与培养水体的水质关系极大。在这些水环境因子中,又以COD值的上升对轮虫的增殖影响最大。因此,要达到稳定、高产培养轮虫的目的,关键就在于能否将COD值控制在100ppm以内,远藤(1977)^[8]认为,在陈旧的轮虫培养液中存有许多参与水体净化的光合成细菌,由于这些细菌主要靠分解水中的有机物生长繁殖,因此对于改善培养水质起有极大的作用。在本研究中,我们试图采用前期高投喂率,后期低投喂率的方法来减缓COD值的上升速度,这已被实验证明是有效的(表7)。

表7. 30°C条件下轮虫的培养结果

| 培养天数 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------|----|----|-----|-----|-----|------|------|------|
| 投喂率 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 轮虫密度(个/ml) | 43 | 48 | 101 | 200 | 772 | 1442 | 2680 | 4256 |

在这一实验中,轮虫的最高培养密度达到4256个/毫升,饵料生产力为27.6万个/克酵母。

(3) 轮虫连续培养方式的探讨 通过对交替式连续培养和一次式培养这两种轮虫培养方式的探讨,我们认为一次式培养的特点是:轮虫培养密度高,培养水质变化大,培养时期短,产量高但不稳定;交替式连续培养则具有水质较稳定(COD一般可稳定在40ppm以下),培养时期长,每天可采收一定量轮虫等优点。在实际生产中可根据需要将这两种轮虫生产方式相结合,以连续培养为基础,以一次培养为补充,以达到根据育苗需要大量生产轮虫的目的。

(4) 酵母轮虫营养强化技术的探讨 目前在进行真鲷 *Pagrus major* 和石鲷 *Oplegnathus fasciatus* 等海水鱼种类苗生产时, 对啤酒酵母轮虫进行营养强化主要通过海产单细胞绿藻和鱼油这两条途径, 其目的都在于增加轮虫体内的 $\omega 3$ HUFA⁽¹⁾ 含量。渡边武(1978)^[9]在论述海水小球藻的营养强化效果时提出, 用啤酒酵母培养的轮虫如在投喂鱼苗前用海水小球藻强化培养6小时以上, 可大大提高其饵料效果。然而, 今田克(1980)^[12]却认为, 用海产绿藻强化营养的方法易受气候、光照等条件的影响, 难以进行稳定生产, 他们采用在啤酒酵母生产过程中添加鱼油的方法来提高酵母的 $\omega 3$ HUFA 含量, 再用这种油脂酵母培养轮虫。用油脂酵母培养的轮虫投喂真鲷、石鲷、香鱼等鱼苗的结果表明, 可使鱼苗的生长率和成活率大大提高^{[13][14][16]}。但是, 采用这种营养强化方式需要有整套的油脂酵母生产设施, 从普及和简便的角度考虑, 显然是不可取的。据此, 我们认为本研究采用的鱼油乳化剂方式还是切实可行的, 从轮虫培养效果来看, 据显微镜观察, 鱼油乳化后形成1—20 μ 的细小油滴, 加入水中后能均匀分散, 完全可以被轮虫摄食。而且实验已经证实, 鱼油添加量在120ppm以内, 均不会对轮虫增殖带来不利影响。北村佐三等以香鱼为材料所做的实验证实^[15], 经如此强化营养后, 轮虫的饵料价值提高。与对照组相比, 在香鱼成活率方面, 强化营养轮虫培育的鱼苗约高出一倍。

参 考 文 献

- [1] 王琦等, 1980. 褶皱臂尾轮虫 (*Brachionus plicatilis*) 繁殖和培养的研究. 海洋水产研究, 1: 27—48.
- [2] 何进金等, 1981. 若干因素对轮虫的繁殖影响. 水产科技情报, 5: 10—12.
- [3] 郑严等, 1979. 褶皱臂尾轮虫 (*Brachionus plicatilis*) 的繁殖和培养. 海洋科学, 1: 37—38.
- [4] 卢菊英, 1981. 鱼油的食用价值. 东海水产研究所研究报告, 1: 103—111.
- [5] 岩崎良教, 1975. シオミズツボワムシの培養. 北水試月報, 32(2): 1—7.
- [6] 福所邦彦等, 1976. 大型水槽でのクロシラ、イースト併用によるワムシの量産. 水産増殖, 24(3): 96—101.
- [7] 清水秀夫等, 1977. 動物性プランクトンの増殖に関する研究——I. 回分培養系の増殖速度. 水産増殖, 25(4): 134—137.
- [8] 遠藤和雄, 1977. 稚魚用餌料生物の培養. 養殖, 9: 94—95.
- [9] 渡边 武, 1979. 養魚と飼料脂質(水産学シリーズ, 22), 93—107. 恒星社厚生閣, 東京.
- [10] 山口正男, 1978. タイ養殖の基礎と実際, 197—217. 恒星社厚生閣, 東京.
- [11] 平田八郎, 1980. ミオミズツボワムシの作り方. 養殖, 3: 35—38.
- [12] 今田 克, 1980. ワムシ用餌料, 油脂酵母とその内容. 養殖, 4: 94—98.
- [13] 北岛 力等, 1980. マダイ仔魚に対する油脂酵母ワムシの餌料効果. 日本水産学会誌, 46(1): 43—46.
- [14] 北岛 力等, 1980. アユ仔魚に対する油脂酵母ワムシの餌料効果. 日本水産学会誌, 46(1): 47—50.
- [15] 北村佐三等, 1981. 動物性プランクトン用餌料. 特許公報, 1(1)—15[70]: 87—90.
- [16] 福所邦彦, 1978. 油脂酵母ワムシによるインダイの培養種苗量産. 水産増殖, 26(2): 71—81.
- [17] 大原信平等, 1980. ワムシの培養法. 特許公報, 1(1)—6[6]: 55—59.

(1) $\omega 3$ HUFA 为 $\omega 3$ 系列高度不饱和脂肪酸。

THE CULTIVATION OF *BRACHIONUS PLICATILIS* BY USE OF BEER YEAST

Zhang Daonan, Bai Liping, Zhang Yi, Mu Jingan

(Shanghai Fisheries College)

Qiao Zhenguo

(Dong Hai Fisheries Research Institute)

Abstract

This paper deals with the results of an experiment to cultivate *Brachionus plicatilis* by using beer yeast *Saccharomyces cerevisiae*. The cultivating water used is diluted solution of concentrated seawater from Fengxian Saltern. Its specific gravity is 1.015 (i.e. salinity is 19.61‰), pH value is 8.44—8.46, and 8.65 ppm in COD_{Mn}. The results are summarized as follows:

1. The optimum inoculational density of the rotifer is about 14—70 ind./ml at 25°C.
2. The feeding quantity can notably affect the pH value, dissolved oxygen, chemical oxygen demand and other environmental factors in the cultivating water, but there would be no any significant impacts for propagation of the rotifer if under well aerated condition.
3. The feeding quantity is determined on the rate of the total wet weight of the rotifer, with the weight of the yeast. It varies with the change of water temperatures. The experiment shows that the optimum feeding rate is 3 when the water temperature is 30°C. If the density of the rotifer is maintained at 200 ind./ml, a high and stable yield would be expected. In our experiment, the yield per day of the rotifer reached to 470 thousand in a 3 litre volume cultural bottle for seventeen days, and the maximum value per day reached to 660 thousand.
4. The emulsified fish liver oil is also used to feed the rotifer beside the yeast, the oil became minute granules with the size from 1 μ to 20 μ , they can be easily swallowed by the rotifer. In feeding of fish liver oil the concentration under 80 ppm (or the accumulation don't beyond 100 ppm), there will do no harm for reproduction of the rotifer. But the accumulative concentration excess 120 ppm, the reproduction would be restrained.