

短钝溞(*Daphnia obtusa* Kurz) 在碳酸盐型水体中的移植驯化与培养^{*}

黄 诚¹ 谷孝鸿² 胡文英²

(1: 南京大学生物系, 南京 210093; 2: 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

提 要 利用斜生栅藻(*Scenedesmus obliquus*)对山东禹城地区碳酸盐水型瘦水与肥水两种水体进行生物改良后, 引种短钝溞(*Daphnia obtusa* Kurz)作室内培养试验. 研究结果表明, 短钝溞在有适宜种类微藻作开拓环境的前驱生物存在条件下, 可以耐受碳酸盐型水质, 并能成功地生长繁殖, 本文还对3种培养液(有机型、无机型、结合型)及两种培养模式(间收式与接种式)下种群增长的动态规律作了初步的探讨.

关键词 短钝溞 碳酸盐型水体 驯化培养

分类号 Q949.203

碳酸盐水型是低洼盐碱地的一种主要水质类型, 虽然富有大量无机盐, 但仍表现为水质瘦、营养物质和易被水产动物直接利用的饵料少, 浮游生物不易形成优势, 故对该水型水体的利用需先行改良, 一种是通过养鱼改水, 即投喂饵料或施播肥料, 养殖适宜盐碱地水体的经济鱼类, 从而使瘦水变肥, 但也会引起水质迅速恶化, 丧失渔业价值, 这就需要进一步利用微藻生物技术作水质调控; 另一种是直接利用微藻的光合作用吸收盐类. 作者经过几年的室内培养研究, “枝角类集约化培养”已获得一定的经验^[1-3]. 但还有待于在野外进行规模化养殖试验. 短钝溞是一种大型枝角类, 生活在江苏各地淡水水体中, 较耐寒冷, 在湖泊、池塘与河沟的结冰层下也能形成大种群, 故将短钝溞作为枝角类代表引种禹城生态站, 主要是通过先行微藻改良水质, 实现短钝溞的移植驯化与培养, 最终以藻-菌-溞工程技术进行碳酸盐水型渔业水质生物调控, 并结合水质调控项目进行枝角类的集约化培养.

1 材料与方法

1.1 材料

短钝溞(*Daphnia obtusa* Turp)引自江苏淮阴市河道湖塘; 斜生栅藻(*Scenedesmus obliquus*)引自南京大学藻菌工程实验室.

1.2 实验容器及分组设计

使用18只2000mL圆柱形有机玻璃标本瓶为试验容器, 分间收式与接种式两大组, 每一大组再分为无机型组(I组)、有机型组(O组)与结合型组(C组), 每组三个重复, 无机型组为加“盐”改良的地下盐碱水, 有机型组为不加“盐”的鱼塘肥水, 结合型组为加“盐”改良的鱼塘肥

* 国家“九五”攻关项目(96-008-04-02)和南京大学测试中心基金联合资助.

收稿日期: 1998-04-28; 收到修改稿日期: 1998-12-18. 黄诚, 男, 1963年生, 副教授.

水.

1.3 实验用水源及基本成分(表 1)

实验用水取盐碱低洼地地下水(瘦水)和高密度养殖的鱼塘水(养鱼污水).

表 1 养藻前后两种水体及栅藻培养液的主要成分

单位:mg·L⁻¹

Tab.1 Water samples ion concentrations (mg·L⁻¹) in pre-culture
and after culture and culture medium of *Scenedesmus obliquas*

主要成分		CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	TN	TP
地下水	养藻前	40	696	43	75	81	131	73	0	0	0
	养藻后	21	9	28	39	40	96	39	3	6	0
鱼塘水	养藻前	16	366	202	166	35	175	56	6	9	3
	养藻后	13	24	97	120	20	60	21	4	5	2
栅藻培养液		8	66	34	38	11	25	12	17	55	10

1.4 水温与光照

各组水温均控制在 25±3℃ 范围,光照为室外自然光,正上方架一遮光板以避免中午(11:00–14:00)强光直射.

1.5 水质改良

由表 1 可知两种水体中除 N,P,K 三种元素外,其他离子浓度大大高于栅藻生长所需,经测试需添加 KH₂PO₄ 44.4mg·L⁻¹及尿素 117mg·L⁻¹即可接种栅藻(2×10⁴ind·mL⁻¹),在有光条件下进行充气(或搅拌)培养,再依培养过程中营养盐的消耗,持续补加,以 H₃PO₄ 溶液补充磷并调节 pH.当栅藻生长到 70×10⁴ind·mL⁻¹时,水体滤液中的主要离子浓度可降低 70 倍,这时引种短钝溞进行培养.

1.6 溞种引种及培养方式

按 10ind·mL⁻¹密度接种,并停止充气,静置培养,待短钝溞种群长至相对高密度时(即种群增长速率缓慢时)分别按间收式方式和接种方式收获后再培养,间收式为每次收获现存量的 50% 然后继续培养,此方式又称动态条件下的培养;接种式则为一次性全收获,测水后再补肥,充气养藻,水质修复 1d 后再接种短钝溞培养,该方式称静态培养(即培养过程中不收获).

2 结果

2.1 原始静态条件下短钝溞的培养

各组短钝溞在静态培养条件下种群数量变动统计见表 2.

表 2 有机、无机及结合型三种介质静态培养条件下短钝溞种群数量

单位:ind·mL⁻¹

Tab.2 Population individuals of the *D. obtusa* under still culture
condition in three mediums (O: organic; I:inorganic; C: compound)

类 型	5 月 15 日	5 月 17 日	5 月 19 日	5 月 21 日	5 月 23 日	5 月 25 日
无机型(I)	10	40	150	400	860	1100
有机型(O)	10	80	450	860	1600	2060
结合型(C)	10	205	600	2700	3400	4040

静态条件下,种群增长模型为:

无机型
$$\ln N_t = 2.2700 + 2.0876 \ln t \quad (\text{双对数曲线})$$

有机型
$$\ln N_t = 2.5886 + 2.3128 \ln t \quad (\text{双对数曲线})$$

结合型
$$N_t = 4125/[1 + e^{5.7656 - 1.0112t}] \quad (\text{Logistic 曲线, 拐点 } t_0 = 5.76)$$

2.2 间收式各组短钝 蚤种群收获量及其累加收获量函数表达

在间收式过程中,每次按短钝 蚤种群现存量的 50 % 进行收获计数,统计于表 3.

表 3 三种介质中间收式动态培养条件下短钝 蚤种群收获量 单位:ind·mL⁻¹

Tab.3 Interval yield (individual numbers) of *D. obtusa* under the dynamic culture condition

类 型	5 月 25 日	5 月 27 日	5 月 29 日	6 月 1 日	6 月 3 日	6 月 5 日	6 月 7 日
无机型(I)	550	580	560	420	450	500	430
有机型(O)	1030	980	590	300	180	90	50
结合型(C)	2020	1600	1200	800	570	390	280

依表 3 数据计算得间收式累加收获量数学模型为:

无机型
$$N_t = 3539/[1 + e^{(1.7608 - 0.3665t)}]$$
正加速期为 4.804d

有机型
$$N_t = 3151/[1 + e^{(0.6506 - 0.5433t)}]$$
正加速期为 1.198d

结合型
$$N_t = 6723/[1 + e^{(0.8537 - 0.4423t)}]$$
正加速期为 1.930d

2.3 三种介质培养条件下接种式一次性全收获方式的比较

当各组短钝 蚤在静态培养条件下达相对高密度时,全部收获,补充 KH₂PO₄,充气修复 1d 再接种 20 只怀卵蚤,进行第二轮静态培养,其种群变动见表 4.

表 4 三种介质接种式的第二轮静态培养条件下短钝 蚤种群增长量 单位:ind·mL⁻¹

Tab.4 Population growth (individual numbers) of *D. obtusa* in the second round of inoculation dynamic culture condition in three mediums

类 型	5 月 25 日	5 月 27 日	5 月 29 日	6 月 1 日	6 月 3 日	6 月 5 日	6 月 7 日
无机型(I)	20	60	200	800	1400	1480	1600
有机型(O)	20	50	180	600	960	1220	1820
结合型(C)	20	20	40	90	170	330	280

3 小结与讨论

3.1 短钝 蚤引种条件

一个物种的引入与温度、光照等物理因素有关,也与引入地区的生物饵料以及水化学因子有关.对盐碱含量较高的地区来说,水体盐类含量及组成、水体总矿化度和水体中阴、阳离子比例对动物生命活动均有重大影响,且甲壳类对气体状况极其敏感^[4].关于枝角类耐盐适应能力何志辉等人已经作了不少有指导意义的研究^[5,6],本试验表明短钝 蚤能够适应禹城盐碱洼地春季水体的盐度,但必须在先驱生物——微藻改良作用后,尤其是在水体中重碳酸根离子浓度下降,溶解氧增加后,短钝 蚤方能生长良好,并最终适应该区域盐度的盐碱水体.但关于短钝 蚤及其他种类枝角类对盐碱化水体的耐受性及生物适应性的生理机制,还需进一步的试验阐明.

3.2 短钝蚤在三种介质静态及动态培养下种群增长比较

3.2.1 原始静态培养 种群增长速度依次为 $N_c > N_o > N_i$; 其中, 结合型介质中, 种群增长模型 N_c 为 Logistic 曲线, 表明种群密度上升时, 种群能实现的有效增长率逐渐降低, 即具有密度效应. 而在实际继续培养中种群并不稳定在最大值上, 而呈较大波动. 有机型 N_o 与无机型 N_i 种群增长模型均为双对数曲线, 这是由于在这两种条件下培养时, 种群增长不符合 Logistic 模型, 只能依原始数据的走向, 模拟出经验模型, 来客观地反映种群数量变化.

3.2.2 间收式收获静态培养 三种介质中的种群累加收获量数学模型均为 Logistic 增长, 最大收获量为: 结合型 > 无机型 > 有机型; 但从函数拐点位置计算, 可得种群增长曲线的正加速期(d), 比较结果为: 无机型 > 结合型 > 有机型.

3.2.3 接种式动态培养 种群增长速度为无机型 > 结合型 > 有机型, 这是由于本试验采用的反馈式培养, 无机型介质中水质清新, 短钝蚤接种后增长迅速, 培养周期也短; 结合型次之; 有机型最差. 这可能与含氧量有关, Green 曾报道过短钝蚤的生殖量有随含 O_2 量下降而减少的现象^[7]. 本试验用的有机介质中含大量细菌、轮虫、原生动物(纤毛虫)等生物, 消耗了大量 O_2 , 并排泄过量代谢废物, 使种群增长缓慢.

综上所述, 在无机型介质培养中的短钝蚤产品纯度高, 生产性能稳定, 周期短, 其缺点是产量低; 而结合型具有高产优质, 缺点是周期长; 有机型再培养效果最差, 可能需更长时间的生物(微藻)修复, 但由静态培养下有机介质中短钝蚤种群增长速度大于在无机介质中的培养, 即 $N_o > N_i$ 的结果可以推论接种式的培养, 有机型介质培养效果比无机型好.

3.3 栅藻的培养

栅藻是淡水藻类, 禹城辛店洼洼地盐碱瘦水碳酸盐型水体中各离子浓度已经远大于其生长所需, 但氮、磷、钾严重缺乏. 为利用水中各剩余元素, 必须先加“盐”, 即加相应所需的盐, 如 K_2PO_4 、尿素等, 使接种的栅藻能正常生长. 本实验依栅藻配方调整, 使贫营养地下水或富营养的鱼塘水中所补加的磷酸根和硝酸根的 N、P 比在 5.5:1 左右, 结果表明该配方的 N、P 比有利于栅藻生长, 试验组栅藻在此条件下, 充气培养一昼夜即可增殖 35 倍(由 $2 \times 10^4 \text{ ind} \cdot \text{mL}^{-1}$ 到 $70 \times 10^4 \text{ ind} \cdot \text{mL}^{-1}$), 这与 Gloyna^[8]提出的水中 N:P=5:1 时较适于藻类生长的结论相符.

3.4 鱼塘富营养化

肥水型鱼塘污水已属富营养化水体, 有一定量的总磷总氮, 但多属固态, 不能被有经济价值的绿藻吸收利用; 虽然鱼塘肥水能滋生大量藻类, 但大多为蓝藻, 不能直接用于短钝蚤的培养, 黄祥飞等^[9]已研究证实蓝藻对蚤类有毒害作用. 因此仅仅在该水体接种栅藻还不能使其形成优势, 必须补加栅藻生长所必需的营养盐, 再充气培养, 才能使栅藻迅速形成优势种, 抑制蓝藻生长.

3.5 水质调控的微藻生物作用

利用固定化栅藻生物富集作用净化污水的研究也是环境科学领域的研究热点^[10]. 作者利用悬浮栅藻对污水中 N、P 进行吸收、转化, 虽然净化效率不及固定化栅藻^[11], 但微藻光合作用可改良水体, 不仅可使碳酸盐型盐碱地水体中各种离子含量下降, 还可给水体增氧, 使水质更适合培养浮游动物, 转化的微藻本身可作优质饵料. 微藻生物工程技术不仅可对盐碱洼地瘦水型水进行改良, 还可以通过微藻活动, 对高密度养鱼肥水型水进行有效的改良, 达到污水

修复与水质调控的目的.

参 考 文 献

- 1 黄 诚, 陈 勤, 孟文新. 人工培养中拟老年低额蚤的种群消长模型的研究. 河海大学学报, 1996, **24**(9): 131 – 136
- 2 黄 诚, 郭晓明, 陈建秀. 大型蚤培养中栅藻密度的几种临界值研究与应用. 水产学报, 1997, **21**(1): 80 – 83
- 3 陈 勤, 黄 诚, 陈建秀. 渔业污水中大型蚤反馈养殖的研究. 南京师大学报(自然科学版), 1997, **20**(3): 45 – 49
- 4 A Φ 卡尔彼维奇著. 水生生物移植驯化理论与实践. 北京: 科学出版社, 1986
- 5 何志辉, 蒋向生. 不同温度下蒙古裸腹蚤对盐度变化的适应能力. 大连水产学院学报, 1990, **5**(2): 4 – 7
- 6 何志辉, 刘治平, 韩 英. 盐度和温度对蒙古裸腹蚤生长生殖和内禀增长率的影响. 大连水产学院学报, 1990, **3**(2): 1 – 8
- 7 Green J. Size and reproduction in *Daphnia Obtusa*. *Proc Zool Soc Lond*, 1956, **126**: 173 – 203
- 8 Gloyna E F. Facultative waste stabilization pool design, in pool as waste water treatment alternative center for research in water resource. Austin: Univ Texas, 1976. 143 – 157
- 9 黄祥飞, 陈雪梅, 伍焯田等. 武汉东湖浮游动物数量和生物变动的研究. 水生生物学集刊, 1984, **8**(3): 345 – 358
- 10 Darnall D W, *et al*. Selective recovery of gold and other metal ions from an algal biomass. *Environmental Science Technology*, 1986, **20**(2): 206 – 208
- 11 严国安等. 固定化栅藻对污水的净化及其生理特征的变化. 中国环境科学, 1995, **15**(1): 10 – 12

Transplantation and Domestication Culture of *Daphnia obtusa* Kurz in the Carbonate Hard Water

HUANG Cheng¹ GU Xiaohong² HU Wenying²

(1: Department of Biology, Nanjing University, Nanjing 210093;

2: Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

Abstract

Daphnia obtusa Kurz were cultured in 3 kinds of carbonate hard water, treated by micro-algae (*Scenedesmus obliquus* Turp). The water fleas were harvested in two ways – interval and inoculating harvests. The results were shown as follows after comparison. In the presence of the algae severed as the pioneer organisms in the water, the water fleas could be inoculated. During the still culture stage without harvest, the population growth curves (N) show that N_c (in the improves fish-farming sewage) $> N_o$ (in the pure fish-farming sewage) $> N_i$ (in the improved ground water). During the stage of interval harvest, the mathematical functions of yield (the regression of the general number ranks accumulated from original data gathered each time) in the three kinds of culture medium were all shown to be Logistic growth curve and the population yields shown as $N_c > N_i > N_o$ and during the stage of inoculation harvest: $N_i > N_c > N_o$.

Key Words *Daphnia obtusa*, carbonate hard water, transplant and domestication culture