

文章编号: 1000- 0615(2002)06- 0498- 05

连续孤雌生殖对蒙古裸腹 繁殖能力的影响

陈桃英, 王 岩

(上海水产大学农业部水产增养殖生态、生理重点开放实验室, 上海 200090)

摘要: 在实验室内采用单个体培养方法对蒙古裸腹 进行了 105d 的连续孤雌生殖培养。在适宜而稳定的温度、盐度和食物条件下, 连续孤雌生殖 24 个世代后, 蒙古裸腹 的繁殖能力未出现明显的下降趋势。实验中, 74.1% 的蒙古裸腹 生殖窝数超过 4 窝, 产幼前发育时间为 4.28 ± 0.37 d, 两次生殖间隔期为 2.30 ± 0.41 d, 前 4 窝平均每窝生殖量为 7.52 ± 1.39 个。本实验结果表明: 在适宜环境条件下, 连续孤雌生殖 24 个世代不会对蒙古裸腹 繁殖能力产生明显的负影响。

关键词: 蒙古裸腹 ; 孤雌生殖; 繁殖能力

中图分类号: S963.2 **文献标识码:** A

The effect of continuous parthenogenesis on reproduction capacity of *Moina mongolica*

CHEN Tao-ying, WANG Yan

(Key Laboratory of Ecology and Physiology in Aquaculture Certified by the Ministry of Agriculture, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract: *Moina mongolica* continuously reproduced 24 generations through parthenogenetic reproduction in 105 days during which *M. mongolica* were individually reared in laboratory under constant temperature (25°C), salinity (10), and food condition ($3 \times 10^6 \text{ cell} \cdot \text{ml}^{-1}$ *Chlorella* spp.). There was not significant decline in reproduction capacity for the progenies that were parthenogenetically reproduced. 74.1% individuals in the experiment reproduced four broods. Time for the first brood was 4.28 ± 0.37 days (mean \pm SD). Interval between two broods was 2.30 ± 0.41 days within 1 to 4 broods while number of offspring per brood was 7.52 ± 1.39 . This experiment indicated that there was not significantly negative effect on reproduction capacity of *M. mongolica* following 24 generations of continuously parthenogenetic reproduction.

Key words: *Moina mongolica* Daday; parthenogenesis; reproduction capacity

枝角类针对光照、温度、食物和自身种群拥挤程度等环境条件变化可采取不同的繁殖对策, 当环境适宜时主要以孤雌生殖 (parthenogenesis) 方式繁衍后代; 当环境恶化时则转为有性生殖。生活在小型水体中的枝角类, 一年中生殖方式随季节变化可经历数次孤雌生殖与有性生殖的转换^[1]。蒙古裸腹 (*Moina mongolica* Daday) 为旧大陆上分布的一种盐水枝角类, 20 世纪 80 年代在我国被首次报道^[2]。该耐温、耐盐幅度广^[3,4], 繁殖能力强^[5,6], 营养价值高^[7], 容易大量培养^[8], 是海水和半咸水经济动物人

收稿日期: 2002-01-21

资助项目: 教育部骨干教师资助计划(1462) 和国家自然科学基金(30070584) 资助

作者简介: 陈桃英(1975-), 女, 湖南安乡人, 在读硕士生, 主要从事水域生态学的研究。Tel: 021- 65710764, E-mail: tyehlp1@sohu.com

通讯作者: 王 岩(1965-), 男, 北京市人, 教授, 主要从事水域生态学的研究。Tel: 021- 65710764

工育苗中理想的活饵料培养对象^[9,10]。有关蒙古裸腹 的生长和繁殖已作过较系统的研究,但王岩等与郭东晖等在孤雌生殖对蒙古裸腹 后代繁殖能力影响的问题上结论存在分歧。前者^[6]认为在海水中长期孤雌生殖保种对蒙古裸腹 的种群增长能力不会产生明显的不良影响,后者^[11]指出经过连续孤雌生殖后蒙古裸腹 的生殖力呈衰退趋势。查明孤雌生殖对蒙古裸腹 繁殖能力的影响,有助于了解天然水域中蒙古裸腹 种群的发生、发展机制,并完善其保种和生产培养技术。本文报道了蒙古裸腹 在连续孤雌生殖期间生殖频率和生殖量的变化,旨在确定孤雌生殖对蒙古裸腹 后代繁殖能力的影响。

1 材料和方法

1.1 实验材料

实验于2001年2-6月在上海水产大学农业部水产增殖生态、生理重点开放实验室内进行。所用蒙古裸腹 系1982年采自晋南半咸水湖,在大连水产学院水生生物学研究室内长期在海水中培养保存下来的 种。实验前3个月将 种驯养在盐度为10、温度为20~25℃的半咸水(盐卤加自来水配制)中,以小球藻(*Chlorella* spp.)为蒙古裸腹 的食物。

实验在25℃的恒温水浴中进行。所用半咸水盐度为10,使用前经脱脂棉和200目双层筛绢过滤并煮沸消毒。光照为自然光。以单种培养的小球藻液作为蒙古裸腹 的食物,浓度约为 $3 \times 10^6 \text{ cell} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。培养蒙古裸腹 的藻液配制采用吸光度方法^[12],具体步骤如下:(1)分别用血球计数板和722分光光度计($\lambda = 800 \text{ nm}$)确定藻细胞浓度和藻液吸光度,建立回归方程: $C = 3.795 \times 10^5 + 7.823 \times 10^7 A$, $r = 0.991$,其中C为小球藻浓度($\text{cell} \cdot \text{mL}^{-1}$),A为藻液吸光度;(2)根据上述回归方程,用分光光度计确定藻液浓度,用煮沸消毒的半咸水将藻液稀释至实验所需浓度。

1.2 实验方法

实验前挑选1个运动活泼的孤雌生殖 置于含有20mL藻液的试管中培养,将其产出的第1窝幼 作为第1世代实验 ,转入含有20mL藻液的试管中进行单个体培养。待该批 产出第1窝幼 后,将所有幼 混合,从中随机取10只幼 作为第2世代实验 ,按上述方法培养。依次类推进行连续多代培养。实验共进行了105d,连续观察了24个世代。鉴于蒙古裸腹 前4窝生殖量较高且稳定,第4窝后生殖量开始下降且死亡率较高^[6],本实验仅观察了实验 前3个世代的全部生活史,从第4个世代开始只观察 前4窝的繁殖状况。为了检验不同窝产出的幼 在繁殖能力上是否存在差异,分别培养观察了第1、3、5、9、12、14、15、17、18、20、21世代的前3窝幼 后代的繁殖情况。为了保证蒙古裸腹 有充足的食物,并避免代谢产物的积累,实验期间每天更换培养液。

枝角类的繁殖能力主要反映在生殖量和生殖频率两方面。本实验中观测指标包括蒙古裸腹 的产幼前发育时间、两次生殖间隔期、每窝生殖量和存活时间。

1.3 数据分析

连续孤雌生殖对蒙古裸腹 产幼前发育时间、两次生殖间隔期、每窝生殖量的影响用方差分析方法检验。用Duncan检验比较各世代之间的差异;用相关分析方法分析孤雌生殖世代数与蒙古裸腹 产幼前发育时间、两次生殖间隔期和每窝生殖量之间的关系。取 $P < 0.05$ 为差异显著标准。

2 结果

2.1 蒙古裸腹 各窝生殖量的变化

从图1可见,随着蒙古裸腹 生殖窝数增

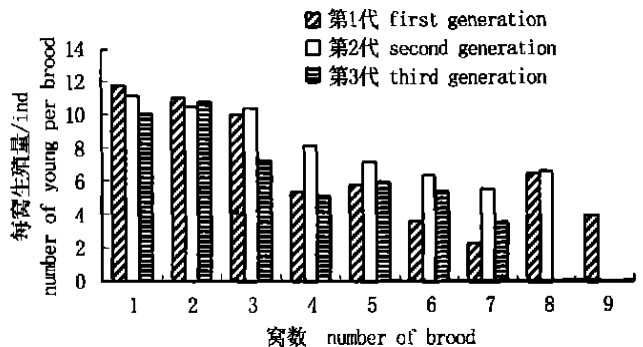


图1 第1~3世代蒙古裸腹 的每窝生殖量
Fig. 1 Number of young per brood of *Moina mongolica* in 1-3 generations

加,每窝生殖量呈下降的趋势,但Duncan 检验发现前3个世代蒙古裸腹 的各窝平均生殖量之间无显著差异。相关分析表明:前4窝的生殖窝序数与每窝生殖量显著相关(第1代: $n=4, r=0.91$, 第2代: $n=4, r=0.90$, 第3代: $n=4, r=0.91$)。

从表1可见蒙古裸腹 在第1、3、5、9、12、14、15、17、18、20、21世代前3窝幼 的产幼前发育时间、两次生殖间隔期、每窝生殖量及其前4窝累计生殖量方面均无显著差异。第2窝和第3窝 的累计生殖量略高于第1窝。

表1 蒙古裸腹 第1、3、5、9、12、14、15、17、18、20、21世代前3窝幼 的繁殖能力比较

Tab.1 Comparison on reproduction capacity of progenies of 1, 2 or 3 brood of *Moina mongolica* in 1, 3, 5, 9, 12, 14, 15, 17, 18, 20, 21 generation

生殖窝数 number of brood	产幼前发育时间(d) time for the first brood	两次生殖间隔期(d) duration between two broods	每窝生殖量 number of young per brood	前四窝总生殖量 fecundity of 1 to 4 broods
第一窝 brood 1	4.28±0.37	2.30±0.41	7.52±1.39	29.05±5.73
第二窝 brood 2	4.09±0.28	2.12±0.17	8.86±2.83	35.42±5.17
第三窝 brood 3	4.17±0.51	2.21±0.25	9.62±2.16	36.00±4.88

2.2 蒙古裸腹 连续孤雌生殖过程中生殖频率的变化

在25℃下,蒙古裸腹 的产幼前发育时间和前4窝的生殖间隔期分别为4.28(3.41~5.0)d和2.30(1.97~3.89)d(图2),不同世代的产幼前发育时间和前4窝两次生殖间隔期无显著差异。相关分析表明,蒙古裸腹 的产幼前发育时间($n=24, r=0.17, P=0.441$)和前4窝两次生殖间隔期($n=24, r=0.20, P=0.340$)与孤雌生殖的世代数不相关。

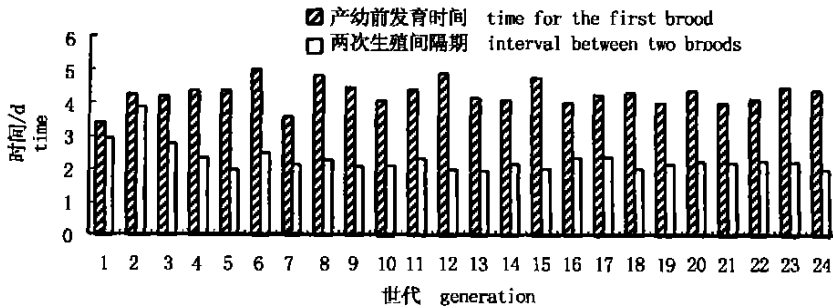


图2 不同世代蒙古裸腹 的产幼前发育时间和前4窝生殖间隔期

Fig.2 Time for the first brood and interval between two broods of *Moina mongolica* in different generations

2.3 蒙古裸腹 连续孤雌生殖过程中生殖量的变化

本实验中74.1% 的生殖窝数超过4窝。对蒙古裸腹 进行连续24个世代的孤雌生殖培养,其每窝生殖量未呈明显的下降趋势,第19~24世代的每窝生殖量反而略高于第2~7世代(图3)。第6世代前4窝的平均每窝生殖量明显低于第14世代和22世代。第6世代的死亡率较高,仅25% 产了3窝,观察结束时 全部死亡,每窝生殖量仅为4.44个;而第14世代和22世代的存活率达99%,每窝生殖量均在9.6个以上。在观察的24个世代中,蒙古裸腹 前4窝的每窝生殖量平均为7.52±1.39个,累计生殖量平均为29.05±5.73个。

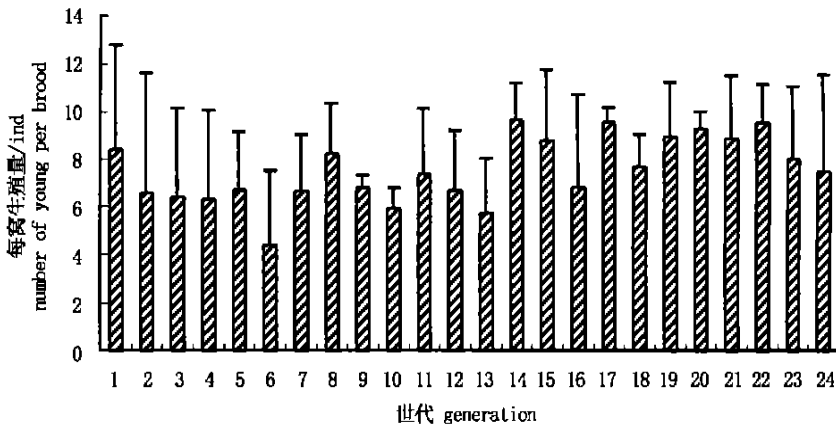


图3 不同世代蒙古裸腹 的每窝生殖量

Fig. 3 Number of young per brood of *Moina mongolica* in different generations

3 讨论

有关枝角类孤雌生殖和有性生殖两种生殖方式对其后代生殖能力影响的报道尚不多见。王岩等^[6]比较了在室内海水中保种 10 年前后蒙古裸腹 种群内禀增长率的变化,指出在海水中长期以孤雌生殖方式保种对其种群增长能力无明显的不良影响。但王岩等所谓的“孤雌生殖”系根据保种时 种群密度通常较低,食物通常较充足这一特点而推断得出的,并不真正意味着蒙古裸腹 在漫长的保种过程中绝对未出现过有性生殖。本实验中蒙古裸腹 培养到第 14 世代时曾产出过雄 ,但雄 产出后立即被移出,不足以对本实验结果产生影响。并且雄 的出现与产生混交雌体或诱发有性生殖的关系尚无定论^[12-14]。但该事实至少表明,即使在适宜的温度和食物条件下,群体培养的蒙古裸腹 有可能出现有性生殖。郭东晖等^[11]指出经过 15 个世代孤雌生殖后蒙古裸腹 的生殖量呈下降趋势。但郭东晖等的实验未控制温度,实验期间温度逐渐由 27℃ 降至 23℃。枝角类的生殖与温度、食物等外界环境条件存在着密切关系^[15]。在 20~25℃ 范围内,随着温度的升高,蒙古裸腹 的发育加快^[16],生殖和种群增长能力增强^[5,6]。本实验在恒温下对蒙古裸腹 进行了 24 个世代的连续孤雌生殖培养,发现第 19~24 世代的每窝生殖量不仅未明显下降,反而略高于第 2~7 世代的。这表明较长时间的孤雌生殖不会对蒙古裸腹 的生殖能力产生明显的负影响。郭东晖等所观察到的蒙古裸腹 种群内禀增长率在实验后期出现下降初步分析主要是温度降低所致。

枝角类在漫长的进化过程中针对不同生境所发展起来的孤雌生殖和有性生殖两种生态对策对其种群的延续与发展具有重要意义。孤雌生殖有助于枝角类在适宜环境中迅速扩大种群,占据生态位;有性生殖有助于枝角类度过恶劣环境^[15,17]。有关枝角类能否无限期地进行孤雌生殖,经过一段时间的孤雌生殖后是否必须通过有性生殖来恢复其物种的繁殖能力,目前尚无明确结论。早期研究表明,在人工培养下大型 能够保持孤雌生殖长达 4 年,直额裸腹 连续孤雌生殖时间可达 3 年^[17]。热带湖泊中枝角类种群通常由孤雌生殖个体组成,两性生殖很少出现,即使出现,雄体和混交雌体在种群中所占比例也极低,但湖泊底部的沉积物中有大量的枝角类休眠卵^[18]。Grebely^[1]认为枝角类在稳定环境条件下可进行较长时间的孤雌生殖,孤雌生殖后代的基因型与母体相同;并指出仅进行单性生殖,没有基因重组的物种和基因具有高度杂合性但变异很小的物种一般只能形成短期优势,一旦环境发生变化,种群很快消失。Rossi 等^[19]与 Frey^[18]指出枝角类有性生殖形成休眠卵时发生基因重组导致的变异,可增加单性繁殖系的多样性。郭东晖等^[11]根据 Hayflick 学说中正常细胞不能无限分裂的原理,认为枝角类孤雌生殖降低了物种内部遗传物质交流与变异的机会,不能无限期持续下去,其必须进行有性生殖来维持物种

的延续。本实验发现当环境适宜时,蒙古裸腹 连续孤雌生殖 20 个世代后其后代繁殖能力未下降,同时种群内也出现过少量雄体。这不仅意味着孤雌生殖一段时间后蒙古裸腹 的繁殖能力不会下降,还表明在正常的环境中,蒙古裸腹 种群内孤雌生殖和有性生殖方式有可能并存。因此可以推断群体培养保种的蒙古裸腹 繁殖能力一般不会出现衰退的现象。至于在繁殖能力不受影响的前提下蒙古裸腹 可维持孤雌生殖多久,此问题还有待今后深入探讨。

1990 年前,蒙古裸腹 仅限于在大连水产学院水生生物研究室内培养和研究,此后作为生物活饵料逐年推广应用于海水和半咸水经济动物的人工育苗生产中^[8-10],目前辽宁、广东、广西、福建、浙江、江苏和上海等沿海地区均有应用。在不同地理区域生活一段时间后,蒙古裸腹 的生殖能力是否会发生变化值得关注。我们比较了历年对蒙古裸腹 繁殖研究的结果,发现在相似温度(25℃)条件下,该的产幼前发育时间和每窝生殖量无明显变化^[5,6,11,16],这在一定程度上证实了蒙古裸腹 的繁殖能力在较长时期内可保持相对的稳定。

参考文献:

- [1] Grebelhy S D. Influence of parthenogenetic reproduction on the genotypic constitution and evolutionary success of population and species[J]. Hydrobiologia, 1996, 320(1~3): 55- 61.
- [2] He Z H, Qin J G, Wang Y. Occurrence and distribution of *Moina mongolica* Daday in China[J]. Journal of Dalian Fisheries College, 1988, 10(2): 9- 13. [何志辉,秦建光,王 岩. 蒙古裸腹 在我国的发现与分布[J]. 大连水产学院学报, 1988, 10(2): 9- 13.]
- [3] He Z H, Jiang X S. Salinity adaptation of *Moina mongolica* under different temperature[J]. Journal of Dalian Fisheries College, 1994, 5(2): 1- 8. [何志辉,蒋响生. 不同温度下蒙古裸腹 对盐度变化的适应能力[J]. 大连水产学院学报, 1994, 5(2): 1- 8.]
- [4] He Z H, Zhang X L, Ayigull. Lethal and optimum temperatures of *Moina mongolica* in seawater[J]. Journal of Dalian Fisheries College, 1994, 9(3): 1- 7. [何志辉,张雪亮,阿依古丽. 蒙古裸腹 在海水中的极限温度和最适温度[J]. 大连水产学院学报, 1994, 9(3): 1- 7.]
- [5] He Z H, Liu Z P, Han Y. Effects of salinity and temperature on the growth, reproduction and intrinsic increasing rate of increase of *Moina mongolica* Daday[J]. Journal of Dalian Fisheries College, 1988, 10(2): 1- 8. [何志辉,刘治平,韩 英. 盐度和温度对蒙古裸腹 生长、生殖和内禀增长率(r_m)的影响[J]. 大连水产学院学报, 1988, 10(2): 1- 8.]
- [6] Wang Y, He Z H. Effect of temperature and salinity on intrinsic increasing rate of *Moina mongolica* Daday (Cladocera: Moinidae)[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2001, 12(1): 91- 94. [王 岩,何志辉. 温度和盐度对蒙古裸腹 种群内禀增长能力的影响[J]. 应用生态学报, 2001, 12(1): 91- 94.]
- [7] Tong S Y, Lin C H, Wang X T. Appraisalment and analysis of nutrient composition for *Moina mongolica* Daday[J]. Journal of Dalian Fisheries College, 1988, 11(3~4): 29- 35. [童圣英,林成辉,王雪涛. 蒙古裸腹 营养成分分析与评价[J]. 大连水产学院学报, 1988, 11(3~4): 29- 35.]
- [8] He Z H, Wang Y, Cai Hong, et al. Studies on the mass culture of *Moina mongolica* [J]. Journal of Fisheries of China, 1998, 22(suppl.): 17- 23. [何志辉,王 岩,崔 红,等. 海水中大量培养蒙古裸腹 的研究[J]. 水产学报, 1998, 22(增刊): 17- 23.]
- [9] Chen X H, Zhou L H. Study on the marine fishes breeding using *Moina mongolica* [J]. Marine Sciences, 1999, 6(6): 14- 16. [陈学豪,周立红. 蒙古裸腹 在海水鱼育苗上的应用[J]. 海洋科学, 1999, 6(6): 14- 16.]
- [10] He Z H, Jiang H, Jiang Z Q, et al. Use *Moina mongolica* as live food for marine fish larvae[J]. Journal of Dalian Fisheries College, 1997, 12(4): 1- 8. [何志辉,姜 宏,姜志强,等. 蒙古裸腹 做为海水鱼苗活饵料的试验[J]. 大连水产学院学报, 1997, 12(4): 1- 8.]
- [11] Guo D H, Cao W Q, Lin R S. Comparative study on growth and reproduction of multi- generations *Moina mongolica* [J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 1998, 17(suppl.): 49- 51. [郭东晖,曹文清,林元烧. 多世代培养蒙古裸腹 生长与生殖的比较[J]. 台湾海峡, 1998, 17(增刊): 49- 51.]
- [12] Hobaek A, Larsson P. Sex determination in *Daphnia magna* [J]. Ecology, 1990, 71(6): 2255- 2268.
- [13] Madhupratap M, Nehring S, Lenz J. Resting eggs of zooplankton (Copepoda and Cladocera) from the Kiel Bay and adjacent waters (Southwestern Baltic) [J]. Mar Biol, 1996, 125(1): 77- 87.
- [14] Inner D J. Sexual reproduction of *Daphnia pulex* in a temporary habitat [J]. Oecology, 1997, 111(1): 53- 60.
- [15] Carvalho G R, Hughes R N. The effect of food availability, female culture- density and photoperiod on ephippia production in *Daphnia magna* Straus (Crustacea: Cladocera) [J]. Freshwater Biology, 1983, 13: 37- 46.
- [16] Wang Y, He Z H, Cai Y. Effects of temperature and salinity on development of *Moina mongolica* Daday (Cladocera: Moinidae) [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2000, 31(1): 8- 14. [王 岩,何志辉,蔡 云. 温度和盐度对蒙古裸腹 发育的影响[J]. 海洋与湖沼, 2000, 31(1): 8- 14.]
- [17] Jiang X Z, Du N S. Fauna Sinica, Crustacea, Freshwater Cladocera [M]. Beijing: Science Press, 1979. 24- 35. [蒋燮治,堵南山. 中国动物志, 节肢动物门, 甲壳纲, 淡水枝角类 [M]. 北京: 科学出版社, 1979. 24- 35.]
- [18] Frey D G. Contrasting strategies of gamogenesis in northern and southern populations of Cladocera [J]. Ecology, 1982, 111(1): 223- 241.
- [19] Rossi V, Rossetti G, Benatti M, et al. Ephippial eggs and dynamics of the clonal structure of *Daphnia longispina*. (Crustacea: Cladocera) in a mountain lake (Lago Scuro Parmense, Northern Italy) [J]. Adv limnol, 1998, 52: 195- 206.