

多刺裸腹溞在不同盐度下的种群增长参数及其驯化

王丹丽 徐善良 彭仕伟

(宁波大学, 宁波 315211)

摘要: 在 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 及小球藻、酵母、牛粪 + 稻草 + 沃土 3 种食物条件下, 研究了多刺裸腹溞在海水盐度为 2‰、3‰、4‰、6‰ 和淡水 5 个浓度下的种群增长参数。实验表明: 无论投喂何种食物, 在淡水至 4‰ 盐度范围内, 多刺裸腹溞种群的内禀增长率 (r_m) 无显著差异为 $0.725 - 1.070 (\text{d}^{-1})$; 净增殖率 (R_0) 以小球藻组平均数最高为 55.13 (ind.); 世代时间 (T) 以酵母组最长, 平均为 5.38 (d)。6‰ 为多刺裸腹溞的生殖盐度上限。经过短期的海水驯化, 其生殖的盐度上限可达 9—10‰。

关键词: 多刺裸腹溞; 盐度; 食物; 种群增长参数; 驯化

中图分类号: Q179.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2000)01-09

多刺裸腹溞 (*Moina macrocopa* Straus) 是一种习见的淡水枝角类, 因其怀卵量高、易繁殖、适应性强, 故是鱼、虾类苗种培育中理想的活饵料。目前, 对淡水枝角类的耐盐性研究尚不多见, 国内仅何志辉等人^[1-3]对直额裸腹溞 (*Moina rectirostris* Leydig)、大型溞 (*Daphnia magna* Straus)、蒙古裸腹溞 (*Moina mongolica* Daddy) 进行了研究。本文作者^[4-5]曾对老年低额溞 (*Simocephalus vetulus* Straus) 和蚤状溞 (*Daphnia pulex* De Geer) 的耐盐性进行过初步研究。有关多刺裸腹溞的耐盐性研究尚未见报道。为了探究利用淡水枝角类供作海产动物人工育苗的活饵料的可能性, 以解决当前海水鱼虾类人工育苗中活饵料的不足或成本高等问题, 作者于 25°C 温度下, 通过投喂不同食物, 比较研究了该溞在不同海水盐度下的种群增长参数, 为今后大量培养提供科学的依据。

1 材料和方法

1.1 溞种和用水 1998 年 4—5 月采自宁波大学附近的池塘, 经鉴定分离后接种于 3 种不同的食物中进行多代培养。此间逐步提高水温至 25°C , 待大量繁殖后, 取新生幼溞作实验材料; 采用自然海水 (22‰、砂滤) 用原池水 (过滤、煮沸) 稀释成不同盐度作实验用水。

1.2 食物和实验条件 选用淡水小球藻 (A)、哈尔滨产的马利牌干酵母 (B)、1.5g 牛粪 + 2g 干稻草 + 20g 沃土 (C 以下简称牛粪组)。前二者培养液的浓度均为 $4.7 - 7.5 \times 10^5 \text{ cells} \cdot \text{mL}^{-1}$; 后者用 1000mL 的实验用水配制。培养温度为 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 自然光照。

收稿日期: 1998-09-28; **修订日期:** 1999-07-26

作者简介: 王丹丽 (1962-), 女, 浙江省宁波人, 讲师, 主要从事水产饵料生物学方面的研究。

1.3 生命表的编制方法 用海水和原池水配制 2‰、3‰、4‰、6‰4个盐度梯度组。每组均用 4 个 250mL 烧杯内盛 200mL 培养液和 10 个新生幼蚤,置于恒温水浴箱中培养,并设置淡水对照组。适时添加培养液以保持食物密度的相对稳定;加入适量培养液以补充蒸发的水分、保持培养液体积的稳定。每日观察和计算蚤的死亡数和产幼数,并将产出的幼蚤吸出。

根据林昌善^[6]详细介绍过的方法计算内禀增长率 r_m 的精确值和有关参数。所研究的参数如下: (1)内禀增长率(r_m); (2)特定年龄存活率(l_x); (3)特定年龄生殖率(m_x); (4)周限增长率(λ); (5)净生殖力(R_0); (6)世代时间(T); (7)瞬时出生率(b); (8)瞬时死亡率(d)。

1.4 海水驯化 实验同样分 A、B、C 三个食物组进行,每组均在 200mL 培养液中接种 10 个新生幼蚤。驯化的起始盐度为 2‰,按计算好的剂量每天定时定量向杯中滴加海水,使培养液每天增加一个盐度。适时添加食物,逐日计数蚤的存活数和产幼数,同时将幼蚤吸出。各组实验重复 3 次。

2 结果

2.1 多刺裸腹蚤的存活率与生殖率

不同盐度、食物下多刺裸腹蚤的存活率与生殖率曲线见图 1。从图中可看出,多刺裸腹蚤种群的存活率曲线接近 Deevey I 型,即在培养的前期种群的死亡率很低,以后死亡率增大。如图各组在培养的前 2—3d 内存活率均为 100%,从第 5—6d 开始存活率下降较快。在 3 种食物条件下,除盐度为 6‰组外,多刺裸腹蚤在盐度 2—4‰时存活率与淡水组不差

表1 不同盐度、食物条件下多刺裸腹蚤的 r_m 值及有关数值(T=25℃)
Tab.1 r_m and related numerical value of *M. macrocopa* at different salinity and food conditions

食物 Food	盐度 Salinity	r_m (d^{-1})	λ (d^{-1})	R_0 (ind.)	T (d)	b (d^{-1})	d (d^{-1})
小球藻 <i>Chlorella</i> sp.	淡水	1.070	2.915	86.71	5.11	1.073	0.003
	2	0.928	2.529	51.30	4.73	0.932	0.005
	3	0.784	2.190	32.84	4.81	0.800	0.017
	4	0.825	2.282	49.66	5.10	0.835	0.010
	6	0.240	1.270	2.93	4.43	0.366	0.126
酵母 Yeast	淡水	0.891	2.437	40.71	5.18	0.921	0.030
	2	0.885	2.422	56.18	5.82	0.902	0.018
	3	0.761	2.140	27.16	5.27	0.816	0.055
	4	0.725	2.065	31.92	5.25	0.743	0.018
	6			0			
牛粪+稻草+沃土 Cow dung+rice straw+good soil	淡水	0.850	2.341	38.92	4.97	2.003	1.153
	2	0.785	2.193	31.86	4.57	1.761	0.976
	3	0.785	2.193	30.35	4.73	1.775	0.990
	4	0.798	2.220	33.71	5.00	2.089	1.292
	6			0			

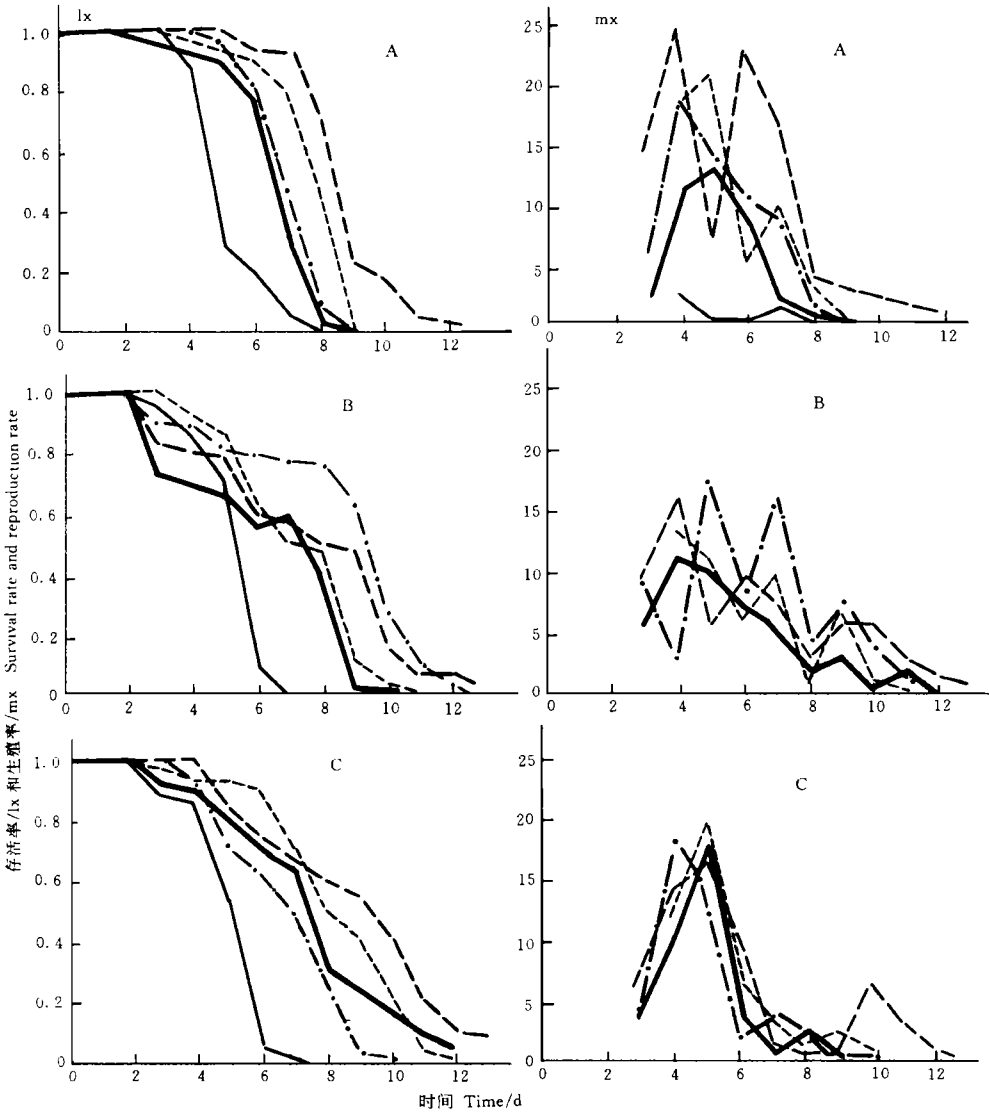


图 1 不同盐度、食物下多刺裸腹蚤的存活率(lx)和生殖率(mx)

Fig.1 Survival rate and reproduction rate of population of *M. macrocopa* in different salinity and food conditions

(A) 小球藻组 (B) 酵母组 (c) 牛粪组

— · — 2‰; — 3‰; --- 4‰; ——— 6‰; - - - 淡水对照组

上下,甚至好于淡水组。存活时间以 B 组盐度 2‰和 C 组盐度 3‰最长,12d 内尚未完全死亡,与淡水组相当;以盐度 6‰时存活时间最短,各组均在 7—8d 内全部死亡。从图中的生殖率曲线可看出,该蚤均在第 3—4d 进入生殖期。A 组在盐度 4‰时于第 5d 生殖率达最高峰为 20.47 个,高于其它各组,且在盐度 6‰时仍能生殖,B、C 两组生殖率则为 0。A 组在各盐度下一般有 2 次产仔高峰,B 组有 3 次,且都呈阶梯式下降,C 组虽有一次高峰值,但其峰值均在 15 个以上。

2.2 多刺裸腹溞种群增长参数

不同盐度、食物下种群的 r_m 、 λ 、 R_0 、 T 、 b 和 d 的计算结果列于表 1。从表中可看出： r_m 和 λ 以小球藻组盐度 2‰ 最大 (淡水组除外), 但从方差分析可知, 无论喂何种食物, 在淡水—盐度 4‰ 范围内, r_m 值均无显著差异 ($F_{\text{盐度}} = 4.25, F_{\text{食物}} = 2.50, < F_{0.05}$); R_0 以小球藻组最高平均为 55.13 (ind.); T 以酵母组最长平均为 5.38 (d), 小球藻与牛粪组无显著差异 ($|t| < t_{0.05}$); b 和 d 以牛粪组最大。

2.3 多刺裸腹溞的海水驯化

经过短期的海水驯化可提高溞对盐度的适应能力。由表 2 可见: 多刺裸腹溞的第一

表2 短期驯化下多刺裸腹溞对盐度的适应能力* (T=25℃)
Tab.2 The *M. macrocopa*'s adaptability to salinity at short-term acclimation

食物 Food	盐度 Salinity (‰)	存活率 Survival rate	第一次怀卵日 (天) The time of 1st pregnancy (d)	产仔时间 (天) Time of young produced (d)	产仔量 (个) Fecundity (ind.)	累计产仔量 Cumulative number
A	4	100	1.50-2			
	5	100		3	185	185
	6	100		4	281	466
	7	100		5	38	504
	8	95		6	99	603
	9	50		7	29	632
	10	0			0	632
B	4	100	1.5-2			
	5	100		3	144	144
	6	100		4	197	341
	7	90		5	52	393
	8	45		6	38	431
	9	0			0	431
C	4	100	1.5-2			
	5	100		3	125	125
	6	90		4	199	324
	7	85		5	55	379
	8	35		6	24	403
	9	0			0	403

* A、B、C3组中盐度为2及3时, 存活率为100%

次怀卵日仅需 1.5-2d。盐度 6‰ 以后, 存活率和产仔量开始下降。B、C 两组至盐度 9‰ 时虽能怀卵但不能产仔, 且陆续死亡; A 组则仍有 50% 存活, 产仔 29 个, 盐度 10‰ 时全部死亡。总产仔量以 A 组最多, 为 632 个, B 组次之 431 个, C 组略低 403 个。

3 讨论

3.1 食物种类和实验温度的选择

食物是生物生殖的物质基础。众所周知,枝角类最有价值的食物是小球藻之类的小型原球藻类和细菌。小球藻大小适口,且通过光合作用不断利用氮氮并放出氧,从而保持良好的水质条件;牛粪+稻草+沃土培养液中的主要成分是细菌,是滤食性枝角类最为重要的饵料,足以保证枝角类全部生命活动的正常进行;酵母则因为来源广、成本低、易保存,作为批量培养的饵料具有广泛的前景。因此本实验选择了以上3种具有代表性的食物。综合实验结果的各项指标,小球藻的饵料效果好于酵母和牛粪,但在淡水—盐度4%范围内,投喂3种食物的效果相差不大。作者认为,酵母作为饵料虽然使蚤的存活率和生殖量都不低,但酵母培养液水质易败坏,饵料易沉底,不易达到一种良性的循环。据何志辉等人^[7]的最新报道,用酵母培养的裸腹蚤不能保证海水鱼类的正常生长和存活,需经强化培养后方可提高食物价值。所以在生产性培养枝角类中,不宜用单一的酵母作为饵料。本实验的各组食物浓度只选择了一种常用的浓度,不同食物密度对多刺裸腹蚤生殖与存活的影响,有待于以后的研究。实验根据以往学者的研究结果,选择了多刺裸腹蚤的最适生长温度25℃^[8-9]。

3.2 蚤种的选择

裸腹蚤可能是淡水枝角类中繁殖力最强的一个属^[8]。多刺裸腹蚤和老年低额蚤、蚤状蚤一样是宁波地区的常见种,于每年的5—6月大量出现。该蚤怀卵日早、怀卵量高,而且耐盐性明显好于后二种蚤^[10],因此是室内培养很有前途的种类。本实验采用的是新生幼蚤进行接种,作者认为不同年龄的个体其生殖力及其对环境的适应能力有一定差异。所以,接种材料的年龄组成可能会对实验结果产生不同的影响,这也有待于以后的研究。

3.3 关于多刺裸腹蚤种群的 r_m

内禀增卡率(r_m)是反映特定条件下种群的最高增殖速率,是一个物种繁殖能力最重要的指标。关于枝角类在海水条件下种群增长的 r_m 数据,文献较少。现将有关资料列于表3。从表中可见,蒙古裸腹蚤是一种盐水产品,适盐范围很广。多刺裸腹蚤的 r_m 值与直额裸

表3 几种枝角类的内禀增长率(r_m)
Tab.3 The intrinsic increase rate (r_m) of several species of Cladocera

种类 Species	r_m (d^{-1})	温度(℃) Temperature	盐度 Salinity	食物种类和密度 Kind and densities of foods	文献来源 Source of literature
大型蚤 (<i>D. magna</i>)	0.239-0.450	20	1-5	<i>Chlorella</i> - 4×10^6 cells.ml ⁻¹	何志辉 ^[2]
直额裸腹蚤 (<i>M.rectirostris</i>)	0.214-1.024	22-26	1-6	马粪浸出液- $4g\cdot L^{-1}$	何志辉等 ^[1]
蒙古裸腹蚤 (<i>M. mongolica</i>)	0.322-0.455	25	2-50	<i>Chlorella</i> sp. - 2.5×10^4 cells.ml ⁻¹	何志辉等 ^[3]
多刺裸腹蚤 (<i>M. macrocopa</i>)	0.240-0.928	25	2-6	<i>Chlorella</i> - $4.7-7.5\times10^5$ cells.ml ⁻¹	本文
多刺裸腹蚤 (<i>M. macrocopa</i>)	0.725-0.885	25	2-4	酵母-同上	本文
多刺裸腹蚤 (<i>M.macrocopa</i>)	0.785-0.798	25	2-4	(1.5g牛粪+2g稻草+20g沃土).L ⁻¹	本文

腹蚤相近, 好于大型蚤。

3.4 海水驯化

淡水动物对盐度的适应能力受生物体内渗透压的控制, 在等渗环境中动物生长发育所消耗的能量最少^[11]。由于淡水动物必须吸盐排水以保持内液的高渗性和稳定性, 因此环境盐度的少许升高, 缩小了内外液的离子梯度, 使渗透调节耗能减少, 从而摄取的能量更多地用于生殖。因此出现了存活率和 r_m 值等在盐度 4‰ 时高于盐度 2(‰) 或盐度 3(‰) 时的现象或其它类似情况。根据本实验结果, 当盐度达 6(‰) 时, 用酵母和牛粪培养的多刺裸腹蚤均能怀卵但不能产仔, 因此, 6‰ 是其生殖的盐度上限。小球藻组在 6‰ 时能产仔, 说明其生殖的盐度上限大于 6(‰) 但小于盐度 8‰^[10]。经过短期的海水驯化, 多刺裸腹蚤生殖的盐度上限可提高到 9—10‰。而老年低额蚤和蚤状蚤的生殖盐度上限只达 5—7‰^[10]。作者认为, 选择适龄的接种材料和最佳驯化间隔时间及降低一定的温度等方法, 有望进一步提高该蚤的耐盐能力。因此, 综上所述多刺裸腹蚤作为海水鱼、虾类的饵料, 具有较大的挖掘潜力。

参 考 文 献

- [1] 何志辉等. 直额裸腹蚤对海水盐度的适应能力 [J]. 动物学杂志, 1986, (2): 25—27
- [2] 何志辉等. 海水盐度对大型蚤的存活和内禀增长率的影响 [J]. 大连水产学院学报, 1996, 11(3): 1—8
- [3] 何志辉等. 盐度和温度对蒙古裸腹蚤生长、生殖和内禀增长率的影响 [J]. 大连水产学院学报, 1988, (2): 1—8
- [4] 王丹丽、李明云等. 温度与盐度对老年低额蚤和蚤状蚤生长及生殖的影响. 水产学报 [J], 1996, 20(4): 379—383
- [5] 王丹丽、徐善良等. 老年低额蚤对海水盐度的适应能力 [J]. 华东师范大学学报(自然科学版)动物学专辑, 1998, 37—43
- [6] 林昌善. 动物种群数量变动的理论与试验研究 II, 杂拟谷盗 *Tribolium confusum* (H) 的内禀增长能力 (r_m) 的研究 [J]. 动物学报, 1964, 16: 323—338
- [7] 何志辉等. 蒙古裸腹蚤作为海水鱼苗活饵料的试验 [J]. 大连水产学院学报, 1997, 12(4): 1—7.
- [8] 何志辉. 温度对多刺裸腹蚤的繁殖力和内禀增长能力的影响 [J]. 大连水产学院学报, 1983, (1): 1—8
- [9] Terao T, et al. Influence of temperature upon the rate of reproduction in the water-flea, *Moina macrocopa* Straus [J] *Proc. Imp. Acad., Tokyo*, 1982, 4: 553—555
- [10] 徐善良、王丹丽等. 三种淡水枝角类海水驯化的比较研究 [J]. 上海水产大学学报, 1998, 7(3): 253—257
- [11] Morgan J D, et al. Effects of salinity on growth, metabolism, and on regulation in juvenile rainbow and Steelhead trout and Fall chinook salmon [J]. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1991, 8: 2083—2094

PRINCIPAL PARAMETERS OF POPULATION GROWTH AND SEAWATER ACCLIMATION OF *MOINA MACROCOPA* STRAUS AT DIFFERENT SALINITY AND FOOD CONDITIONS

WANG Dan-li, XU Shan-liang and PENG Shi-wei

(Ningbo University, 315211)

Abstract: The principal parameters of population growth of *Moina macrocopa* were studied by establishing the life table at $25 \pm 1^\circ\text{C}$ and under three kinds of food and four concentrations of seawater salinities. The intrinsic rate of increase (r_m) showed no difference in freshwater—4‰ and at three kinds of food. The net reproductive rate (R_0) was the highest when fed with *Chlorella* (average 56.18 ind.), and the generation time (T) was the longest when fed with yeast (average 5.38 d). The lethal upper salinity limit of reproduction was 6‰ and after short-term acclimation, was 9—10‰.

Key words: *M. macrocopa*; Salinity; Food; Principal parameters of population growth; Acclimation