

温度、盐度对大型溞生长和生殖的影响

黄显清 王武

(上海水产大学渔业学院, 200090)

摘要 大型溞一般5个幼龄和12~17个成龄,幼龄龄期各1d左右,各成龄平均龄期在水温15℃、18℃、21℃、25℃下分别为3.5d、2.6d、2.5d、2.1d,龄期随温度降低和龄数增加而呈延长趋势。随温度升高大型溞生长加快,生长率在IV~V龄达到高峰,随后V~VI龄的生长率显著下降了约60%~70%。低温下生长率变化较高温相对平缓,后期低温下大型溞的生长与体长超过了高温。随温度升高,大型溞性成熟、产卵提前,生殖率加快,但生殖量显著下降。21℃是大型溞繁殖的最适温度,其总生殖量最高,达591.9个,未经低盐度驯化的大型溞其24h、48h、72h的半致死盐度(LS_{50})分别为9.65、9.45、8.98,生殖上限盐度为9.3左右。经低盐度短期驯化至8.5d,其 LS_{50} 分别提高到12.54、12.05、11.3,生殖上限盐度下的存活时间也得到了大幅度的延长。

关键词 温度,盐度,大型溞,生长,生殖

中图分类号 S963.2

The effects of temperature and salinity on growth and reproduction of *Daphnia magna*

Huang Xianqing, Wang Wu

(Fisheries College, SFU, 200090)

ABSTRACT There generally 5 pre-adult installs and 12 to 17 adult installs in *Daphnia magna*, the duration of every pre-adult install is about one day, the average duration of every adult install is 3.5 day at 15℃, 2.6 day at 18℃, 2.5 day at 21℃, 2.1 day at 25℃. The duration of the installs increase with temperature decreasing and age. The growth of *Daphnia magna* will accelerate with temperature rising, the growth rate arrives at peak between IV and V install, followed by a remarkable decrease of 60% - 70% between V and VI. The change of growth rate at lower temperature is relatively gentle when compared with that at higher temperature. Growth and body length of *Daphnia magna* at lower temperature in later period surpassed those at higher temperature. With temperature rising, *Daphnia magna* matures and reproduces earlier, the reproductive rate rises and reproductive number decreases remarkably. 21℃ is the optimum reproductive temperature of *Daphnia*, its total reproductive number was the highest at different temperatures and 591.9. The half-lethal salinity of *Daphnia magna* not trained is 9.65 in 24 h, 9.45 in 48 h, 8.98 in 72h, the reproductive upper salinity of *Daphnia* is about 9.3. When *Daphnia magna* was trained to the salinity 8.5 in shorter time, its half-lethal salinity respectively rose to 12.54, 12.05, 11.3, the reproductive upper salinity rose 9.8, the survival time also prolonged largely at higher salinity.

KEYWORDS *Daphnia magna*, temperature, salinity, growth, reproduction

第一作者简介:黄显清,男,1974年9月生,本校1997级硕士研究生。

收稿日期:1999-10-25

目前,在海水鱼、虾、蟹育苗活饵料生产中,继单胞藻、轮虫后,使用最广的是卤虫幼体。但卤虫价格昂贵、孵化工艺繁琐,而育苗后期常会出现饵料供应不足的问题。因此,研究开发卤虫的替代饵料成为当务之急。桡足类发育期长、生殖量小,不宜作为活饵料的大面积培养对象。但枝角类尤其是其中的大型溞发育期短、生殖量大、适应性强、易培养、在咸淡水中就能大量繁殖。何志辉等^[1,2]对咸淡水枝角类中蒙古裸腹溞的研究开发作了一系列的工作,惜未应用于生产。本文报道了盐度对大型溞生长和生殖的影响,以期为工厂化培养大型溞并将其较好地应用于海水鱼、虾、蟹育苗提供理论依据和技术参数。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验用大型溞从山西运城咸淡水湖泊引种,培养于实验室的玻璃缸中,用淡水培养,投喂单胞藻(如微绿球藻、小球藻等)或酵母。

1.2 温度对大型溞生长的影响试验

设置 15℃、18℃、21℃、25℃ 四组温度梯度,每组温度梯度重复 7 次,每个重复采用 18mm × 150mm 的试管,分装 50mL 单胞藻液,各接种一个来自同一母本同一世代的新生幼溞,试验期间每天分早、中、晚三次投喂单胞藻液,并用带目测微尺的解剖镜测量大型溞各龄的体长。生长率(mm/d)按公式 $(L_{n+1} - L_n)/t$ 进行计算,其中 L_n 表示某一龄的体长(mm), L_{n+1} 表示后一龄的体长,t 表示两龄之间的天数。

1.3 温度对生殖的影响试验

设置 15℃、18℃、21℃、25℃ 四组温度梯度,每组梯度重复 25 次,每个重复采用 18mm × 150mm 的试管,分装 50mL 单胞藻液,各接新生幼溞一只,试验期间每天观察 3 次,记录性成熟时间、产幼时间与数量。其中生殖率^[3](即每 10d 的产幼次数)按公式(产卵次数/产卵期天数) × 10 进行计算。

1.4 盐度试验

1.4.1 在盐度急剧变化条件下大型溞的耐盐性试验

设置 5、6、7、8、9、10、11、12 共 8 个盐度梯度,每个盐度梯度重复 3 次,每个重复采用 150mL 烧杯,分装 125mL 各盐度梯度的海水,接种 50 只纯淡水培养的大型溞(1.7 ~ 4mm),观察记录半致死时间、全致死时间及 24h、48h、72h 的死亡情况,采用直线内插法计算 24h、48h、72h 的半致死盐度(IS_{50})与全致死盐度,同时观察生殖情况,记录产幼数量和生殖上限盐度。

1.4.2 盐度驯化试验

在一玻璃中进行,盐度驯化至 6 以前,通过不断添加海水使盐度每天提高一个盐度梯度,盐度达到 6 以后,每 3 天提高一个盐度梯度。

1.4.3 在驯化盐度下大型溞的耐盐性试验

取上述盐度驯化到 8.5 的大型溞进行耐盐性试验。设置 9、11、12、13、14、17 六个盐度梯度。其余内容同 1.4.1。

2 结果与分析

2.1 温度对大型溞生长的影响

2.1.1 温度对大型溞生长的影响

在不同温度下,大型溞一般 5 个幼龄、12 ~ 17 个成龄。幼龄龄期(即每龄经历的天数)均为 1d 左右,各成龄平均龄期在 15℃、18℃、21℃、25℃ 下分别为 3.5d、2.6d、2.5d、2.1d,随温度升高而呈缩短趋势,且随龄数增加逐渐延长。

2.1.2 不同温度下大型溞的体长增长及生殖率

在相同饵料的水体条件下,大型溞在 15℃、18℃、21℃、25℃ 时 I ~ VII 龄的体长及生长率测定如图 1、2 所示(图中 I ~ V 龄为幼龄)。图 1、图 2 表明,温度愈高,大型溞生长愈快。这在幼龄期表现尤为突

出,水温在 25℃时的大型蚤各幼龄的生长率分别达到 24.1%、49%、51.3%、63%,与 15℃时各幼龄的生长率相比分别提高了 7.3%、18.8%、14.7%、10.9%,这与提高温度能加速新陈代谢有关。到了成龄以后,这种优势逐渐减弱,至后期生活在 15℃、18℃条件下的大型蚤其生长甚至快于 21℃、25℃组。在较低水温(15~18℃)条件下生活的大型蚤个体其最终体长明显大于较高水温(21~25℃)组,这在蚤状蚤^[4]和隆线蚤^[5]的研究中也有类似的结果。

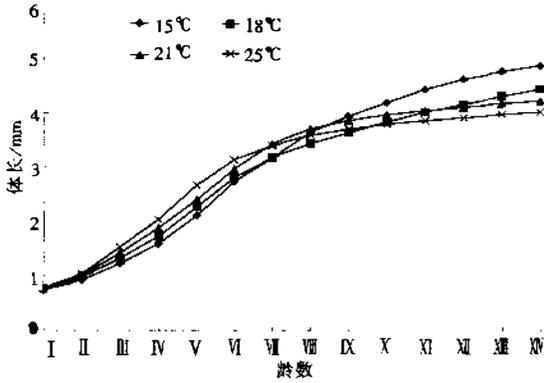


图 1 不同温度下大型蚤各龄的体长

Fig.1 Body length of *D. magna* during the installs at different temperatures

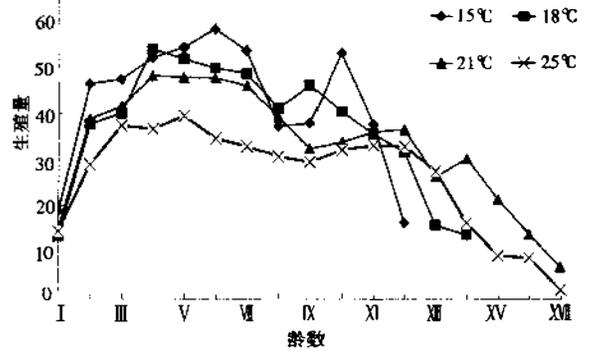


图 2 不同温度下大型蚤的生长率

Fig.2 Growth rate of *D. magna* during the installs at different temperatures

图 2 中生长率曲线的拐点出现在 IV~V 龄,生长率分别达 52.1%、55.1%、60.1%、63.0%,在拐点的左边是高速生长的幼龄期,大型蚤在这段时期要经历 5d 左右,可长至 2~3mm,在拐点右侧的 V~VI 龄生长率各显著下降约 60%~70%。长至 VII、VIII 龄时,大型蚤的生长已渐趋停止,生产上可选择这段时期进行采收。此时的大型蚤已达 3 周龄,长至 4mm 左右,产卵 7~8 次。21~25℃最适合大型蚤的生长。低于此温度范围,个体生长慢,种群密度高峰迟,周转时间长,对生产不利。

2.2 温度对大型蚤生殖的影响

2.2.1 温度与大型蚤的各项生殖指标的关系

在相同饵料(单胞藻)和水体条件下,分别测定大型蚤在水温 15℃、18℃、21℃、25℃组的各项生殖指标(表 1)。由表 1 可见,随温度升高大型蚤的性成熟时间和产幼时间明显缩短,自 15℃、18℃、21℃至 25℃,分别缩短 1d 左右。生活在 25℃下的大型蚤较 15℃下的大型蚤要早熟 2.26d,并提前 2d 产幼。大型蚤的生殖量(每胎的产幼数量)随温度升高而降低。生活在水温 15℃时的大型蚤其生殖量要比 25℃组高 63.5%,各温度的最高平均生殖量和最高生殖量也是低温高于高温。大型蚤的生殖率与温度呈正比相关,温度升高,生殖率加快,生殖间隔缩短,生活在水温 25℃的大型蚤每 10d 的产幼次数(4.77)要比 15℃组平均多两次左右。

表 1 不同温度下大型蚤的各项生殖指标

Tab.1 Reproduction indexes of *D. magna* at different temperatures

温度(℃)	性成熟时间(d)	产幼时间(d)	生殖量	最高平均生殖量	最高生殖量	总生殖量	生殖率(次/10d)
15	6.23 ± 1.02	8.26 ± 0.85	42.73 ± 13.08	58.3 ± 17.8	90	512.8	2.83 ± 0.20
18	5.57 ± 0.79	7.86 ± 0.56	37.14 ± 13.26	53.9 ± 14.9	87	519.8	3.89 ± 0.33
21	4.93 ± 0.25	7.11 ± 0.55	34.82 ± 9.99	48.0 ± 15.7	77	501.9	3.99 ± 0.82
25	4.06 ± 0.50	6.28 ± 1.14	26.14 ± 11.41	39.5 ± 13.5	73	447.8	4.77 ± 0.47

大型蚤在水温 15~18℃时生殖量虽高,但生殖率低;而在水温 25℃时生殖率虽高,但生殖量低。此外,试验表明大型蚤在 28℃以上几乎不繁殖;当温度超过 30℃生存受到威胁。水温在 21℃时该蚤的生

殖率和生殖量都较高,分别达 3.99 ± 0.28 和 34.82 ± 9.99 次。故其总生殖量最高,达 591.9。从生殖量和生殖率综合评价,21℃是大型蚤的最适生殖温度。

2.2.2 不同温度下大型蚤各成龄的生殖量

在相同饵料和水质条件下,大型蚤在水温 15℃、18℃、21℃、25℃ 条件下各成龄的生殖量随水温升高显著下降(图 3)。温度对生殖量影响的单因素方差分析得出: $F = 4.59 > F_{crit} = 2.77$ 与 $P = 0.006 < 0.01$,可见温度对生殖量有极显著的影响。由图 3 可见,大型蚤的生殖量在第 IV ~ VI 成龄出现一个明显的高峰,15℃ 下生殖量高峰出现在第 VI 成龄,自出生需经历 22 ~ 26d 时间,生殖量达 58.3 ± 17.8 ; 18℃ 下高峰的出现提前了两个成龄与 1 周龄左右的时间,而生殖量下降了 8%; 生长水温为 21 ~ 25℃ 的大型蚤比水温为 15℃ 提前了 10 天左右到达生殖量高峰,但生殖量下降了 15% ~ 30%。大型蚤的生殖高峰可持续到第 IX ~ XII 成龄(这一段大约持续 15 ~ 25d),此时大型蚤已达 30 ~ 40 日龄。当大型蚤超过 30 ~ 40 日龄时生殖量明显下降,对生产已无多大价值。

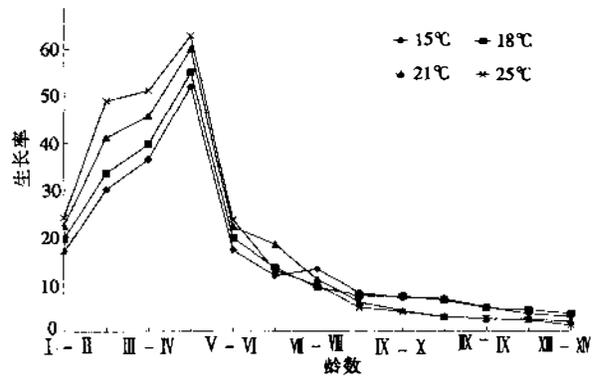


图 3 大型蚤在不同温度下各成龄的生殖量变化
Fig.3 The number of young released of *D. magna* during the adult instars at different temperatures

2.3 盐度对大型蚤生长、生殖的影响

2.3.1 大型蚤的耐盐性试验

在相同的温度和饵料条件下,对纯淡水养殖的大型蚤分别在不同的盐度梯度下进行耐盐性测定(表 2)。并利用直线内插法^[6]求得未经盐度驯化的大型蚤 24h、48h、72h 的半致死盐度 (IS_{50}) 分别为 9.65、9.45、8.89,生殖上限盐度在 9.3 左右,盐度自 6.1 上升至 7.0、8.0、9.3,大型蚤的产幼数逐渐下降,盐度在 10 以上大型蚤不能繁殖。在盐度为 10.4、11.1、12.0 时,大型蚤的半致死时间的差异相差不大,分别为 (1.3 ± 0.04) h、 (1.0 ± 0.02) h 和 (0.8 ± 0.02) h; 但全致死时间差异较大,当盐度达 10.4 时,大型蚤的全致死时间为 (59.0 ± 14.8) h,而盐度达 11.1 和 12 时,其全致死时间仅为 (2.6 ± 0.1) h 和 (0.2 ± 0.1) h。

表 2 在盐度急剧变化条件下大型蚤的耐盐性试验

Tab.2 Anti-salinity experiment of *D. magna* at the salinity varying remarkably

项目	盐 度						
	6	7	8	9	10	11	12
实测盐度	6.1	7.0	8.0	9.3	10.4	11.1	12.0
半致死浓度(h)	1.3 ± 0.04	1.0 ± 0.02	0.8 ± 0.02				
全致死浓度(h)	59.0 ± 14.8	2.6 ± 0.1	2.0 ± 0.1				
24(h)死亡率(%)	3.4 ± 1.0	4.6 ± 1.0	6.0 ± 1.6	26.0 ± 1.6	96.6 ± 1.8	100	100
48(h)死亡率(%)	8.0 ± 0.6	9.4 ± 3.4	10.0 ± 1.6	44.6 ± 6.6	98.0 ± 1.6	100	100
72(h)死亡率(%)	14.6 ± 2.6	18.0 ± 5.6	17.4 ± 2.6	58.6 ± 8.4	99.4 ± 1.0	100	100
24(h)产幼数(个)	19.7 ± 2.9	14.3 ± 3.3	7.0 ± 3.3	5.7 ± 0.5	0	0	0
48(h)产幼数(个)	26.0 ± 1.6	18.0 ± 3.7	12.3 ± 4.8	7.3 ± 1.3	0	0	0
72(h)产幼数(个)	28.0 ± 2.2	18.3 ± 2.9	11.7 ± 4.1	7.0 ± 1.4	0	0	0

2.3.2 经低盐度驯化后的大型蚤的耐盐性试验

大型蚤的盐度驯化试验:驯化盐度至 6 以前,大型蚤能正常生长和生殖。盐度由 6 驯化到更高的梯度时,大型蚤生长正常,但繁殖力逐渐下降。驯化到盐度 8 ~ 9 时,大型蚤的生殖量降至很低。当驯化到盐度为 9.8 时,生殖完全停止,而生长存活仍很正常。因此,大型蚤在驯化盐度下的生殖上限盐度约为

9.8左右。

驯化盐度至 8.5 时大型溞的耐盐性试验:大型溞经短期驯化,其耐盐性能得到较大的提高(表 3)。利用直线内插法可求得驯化盐度至 8.5 时的大型溞 24h、28h、72h 的半致死盐度(LS₅₀)分别提高到 12.54、12.06、11.3,与驯化前相比盐度分别提高了 2.89、2.60、2.32。而且在较高盐度下的存活时间也有了大幅度的提高。在盐度 12 时大型溞的半、全致死时间分别由驯化前的(0.8±0.02)h 和(2.0±0.1)h 提高到(48.8±2.1)h 和(67.8±2.7)h,提高了几十倍。甚至在更高的盐度 13、14.5、17 下它们也能存活较长的时间。但生殖上限盐度提高不大,盐度位于 9.2~11.2 之间。

表 3 驯化盐度 8.5 下的大型溞的耐盐性试验
Tab.3 Anti-salinity experiment of *D. magna* at training salinity 8.5

项 目	盐 度					
	9	11	12	13	14	17
实测盐度	9.2	11.2	12.0	13.0	14.5	17.0
起始死亡时间(h)		6.5±0.4	5.3±0.5	2.6±0.2	1.4±0.1	0.6±0.1
半致死时间(h)			4.8±2.1	16.2±0.6	10.5±1.3	4.1±0.2
全致死时间(h)			67.8±2.7	54.2±5.4	39.5±1.5	12.0±2.1
24(h)死亡率(%)	4.0±1.6	6.0±2.8	16.0±1.6	76.0±5.0	95.0±1.0	100
48(h)死亡率(%)	15.4±3.6	20.6±6.8	48.0±6.6	98.0±1.6	100	100
72(h)死亡率(%)	27.4±5.8	40.6±2.6	100	100	100	100
产幼情况	8.7±3.3			均不产卵幼		

3 讨论

3.1 温度与大型溞生长、生殖的关系

从试验的结果分析得出,15~25℃是大型溞生长繁殖期的适宜温度范围,其中 21℃是大型溞生长繁殖的最适温度。生长在 21℃组的大型溞,5d 性成熟,7d 开始产幼,较 15℃组分别提早了 1d 左右,每 10d 的产幼次数即生殖率也较 15℃组提高了 1 次多,达到 4 次,即平均每隔 2.5d 产幼 1 次。每胎产幼数量即生殖量较 25℃组提高了 35%左右,约 35 个,故其总生殖量在不同温度中是最高的,达 600 左右。生殖量大、生殖周期短对于工厂化培养大型溞尤为重要,这样可提高 P/B 系数(即单位生物量的生产能力)^[7],缩短周转时间,加快周转率。在此温度条件下经 2~3 周的培养即可达到繁殖高峰。群体生长与个体生长存在一定差异,除受温度的影响外,还受密度、饵料等因素的制约。当种群达到一定密度时大型溞几乎停止增殖,此时可通过不断提大留小,来调节种群密度和龄期,以保持种群连续增长。接种密度、接种个体大小和饵料种类不同,大型溞群体到达密度和生物量高峰期的时间也有差异。若每升水体接种成溞 25 只,在 21℃左右培养经两周左右即可达到高峰,密度可达 3 个/mL,当投喂单胞藻时最大密度可达 5 个/mL,每立方米每天就可产溞 50~100g(湿重)。

3.2 盐度对大型溞生长与生殖的影响

大型溞具有较强的耐盐性。直接用淡水培养的大型溞进行盐度试验,在盐度为 9.3 的水体中仍能繁殖。经短期驯化,其耐盐性能得到了较大的提高,且在较高盐度下的存活时间和生殖上限均有所延长和提高。据报道,大型溞在晋南和银川地区咸淡水水体中的最高盐度为 13.6^[8];在西班牙和阿尔及利亚能生活在盐度高达 30~40 的盐水中^[9],这些都说明大型溞还具有很强的耐盐性潜力。可以预期,若延长每一盐度梯度的驯化时间,其耐盐性还可能提高。大型溞的耐盐性之强为将其应用于海水鱼、虾、蟹育苗及幼体培育中提供了可靠的依据。

3.3 大型溞的应用前景及工厂化培育

大型溞作为活饵料培养具备下列优点:●发育期短,生殖量大,能在短期内迅速大量繁殖,经 2~3 周达到高峰,可做到及时定量供应优质健康的活饵料。与之相比,其它大多数淡水枝角类的生殖量要小

得多;桡足类发育期长,生殖量小;海洋枝角类生殖量小,这两个种类都不宜作为活饵料的培养对象。②大型蚤的工厂化生产设施与虾蟹育苗设施相似,能实行交叉培养,提前2~3周接种培养大型蚤,使高峰期的出现正值河蟹Ⅳ期蚤状幼体,可及时供应育苗后期饵料,替代价格昂贵的卤虫,并解决当前育苗后期饵料严重不足问题。③对温度要求较低,15~25℃都能正常生长繁殖,这与育苗后期的适温范围(20~25℃)基本一致,育苗期水温完全能满足大型蚤的正常生长繁殖。④耐盐性很强,盐度驯化至8.5左右的大型蚤能在河蟹育苗的适宜盐度17左右存活2h以上,故均能被蟹苗作为活饵料食净。

在大型蚤的工厂化培养过程中,水温应保持21℃左右,在15~25℃的范围内;盐度控制在6~8,投喂前再进行短期的盐度驯化以延长高盐度下的存活时间;采用单胞藻(如微绿球藻、小球藻、亚心形扁藻等)或酵母培养;微量充气,定期吸污、换水;高峰期适时适量采收以合理调节种群密度。大型蚤的生物量(B)经2~3周的培养即可达到高峰,此时的种群已包含3~4代大型蚤,按每mL水体平均3个大型蚤、每个大型蚤平均长2mm、重2mg计算,每m³水体的生物量可达6kg。高峰期通过采收保持合适的种群密度,大型蚤生产量(P)可达50~100g/m³,这产量可供应1~3万只/m³·d的后期蟹苗的日饵量。按上述计算大型蚤的日P/B系数约0.008~0.017。因此,大型蚤作为育苗幼体后期的活饵料,具有良好的生产前景。

参 考 文 献

- 1 何志辉. 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, 1988, 10(2):1~8
- 2 何志辉. 食物条件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, 1988, 11(3,4):21~28
- 3 陈明耀. 生物饵料培养. 北京:中国农业出版社, 1995. 137
- 4 黄祥飞. 温度对透明蚤和隆线蚤—亚种发育及生长的影响. 水生生物学集刊, 1984, 8(2):207~223
- 5 Venkatarane K, S V Job. Effect of temperature on the development, growth and egg production in *Daphnia curvata* King. *Hydrobiologia*, 1980, 68(3):217~224
- 6 刘建康, 何碧梧. 中国淡水鱼类养殖学. 北京:科学出版社, 1992. 739~742
- 7 刘健康. 高级水生生物学. 北京:科学出版社, 1999. 132~134
- 8 何志辉. 晋南和银川地区盐水和超盐水体的浮游动物. 水生生物学报, 1989, 13(1):14~37
- 9 Alonso M A. Cladocera and Copepoda of Spanish saline lakes. *Hydrobiologia*, 1990, 197:221~231