

## 碱度和 pH 对西藏拟蚤存活、生长和生殖的影响

赵文 霍元子 薛东宁

(大连水产学院辽宁省省级高校水生生物学重点实验室, 大连 116023)

**摘要:**在温度为  $16 \pm 0.5^\circ\text{C}$  和盐度  $15.5 \pm 0.5$  的条件下, 研究了碱度和 pH 对西藏拟蚤 (*Daphniopsis tibetana* Sars) 存活、生长和生殖的影响。结果表明, 西藏拟蚤的 24h 半致死 pH 为 4.18 和 10.84; 48h 半致死 pH 为 4.37 和 10.71; 24h 和 48h 半致死碱度分别为  $529.43\text{mmol/L}$  和  $503.69\text{mmol/L}$ 。西藏拟蚤在培养液的 pH 7—8 时, 生长率和存活率显著高于其他各组。pH 7 时, 西藏拟蚤的内禀增长率最大, 为  $0.3014/\text{d}$ 。pH 8 时次之, 为  $0.2924/\text{d}$ 。西藏拟蚤在各碱度组中的生长率和存活率差异不显著。碱度为  $11.9\text{mmol/L}$  时, 西藏拟蚤产幼前发育期最短, 为  $18.70 \pm 0.65\text{d}$ 。在碱度  $11.9$  和  $18.9\text{mmol/L}$  时, 其产卵率为  $1.1671$  和  $1.1877$ , 高于其他各组。西藏拟蚤在碱度为  $7.54\text{mmol/L}$  组中的  $r_m$  最高, 为  $0.3425/\text{d}$ , 其他各组的  $r_m$  在  $0.2889$ — $0.3276/\text{d}$  之间。西藏拟蚤生存的最适 pH 为 7—8, 最适碱度为  $4.75$ — $18.9\text{mmol/L}$ 。

**关键词:** 西藏拟蚤; 碱度; pH; 存活; 生长; 生殖

**中图分类号:** Q959 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2007)03-0332-07

为了在海水养殖和海洋环境监测上加以利用, 盐水枝角类的生物学和生态学开始引人注意。目前, 对蒙古裸腹蚤 (*Moina mongolica* Daday) 的分类地位、分布、生物学、生态学 and 大量培养方面进行了较为深入的研究<sup>[1]</sup>, 而对其他盐水枝角类的研究报道较少。赵文等<sup>[2]</sup>在西藏采到了另一盐水枝角类——西藏拟蚤 (*Daphniopsis tibetana* Sars), 并进行了多方面的实验生态学研究。

西藏拟蚤主要分布于我国西藏、青海、新疆等地, 国外分布于前苏联、印度<sup>[3-6]</sup>、伊朗 (syn. *Daphnia fusca* Gurney)、帕米尔高原地区 (syn. *Daphnia pamirensis* Rylov) 和南极地带 (syn. *Daphnia studerri* Rhe)<sup>[7]</sup>。据调查<sup>[2]</sup>, 西藏拟蚤分布的自然水温为  $-2$ — $18^\circ\text{C}$ , 盐度  $9$ — $35$ , pH  $9$ — $10.4$ , 在碱度高达  $32.41$ — $34.19\text{mmol/L}$  的纳木卡错中发现了较高密度的西藏拟蚤种群 ( $7.8$ — $90$  个/L)。由于喜低温和耐较高盐度, 适合高海拔、高寒、贫营养型水体生活, 西藏拟蚤有可能成为北方海水养殖新的活饵料。另一方面, 我国北方地区内陆盐碱水域的碱度和 pH 均较高, 由于西藏拟蚤能耐较高的碱度和 pH, 将西藏拟蚤移植到这些水域,

对合理开发这些水域和利用西藏拟蚤这一生物资源都是大有裨益的。因此, 本文报道了在实验室内研究碱度和 pH 对西藏拟蚤存活、生长和生殖的影响。

## 1 材料和方法

**1.1 蚤种来源** 西藏拟蚤于 2001 年 12 月采自西藏纳木卡错, 培养于  $16^\circ\text{C}$ , 盐度为 20 的稀释海水中。所用西藏拟蚤的新生幼蚤 (龄期  $< 12\text{h}$ ) 是一只健康母蚤经孤雌生殖产生的同生群 (Cohort)。实验用蚤平均体长  $810(790$ — $850)\mu\text{m}$ 。

**1.2 实验方法** 试验用水系大连市黑石礁海区经沉淀和砂滤的海水, 用去离子水配成盐度  $15.5 \pm 0.5$ , pH  $7.15 \pm 0.05$ , ALK  $2.03 \pm 0.56\text{mmol/L}$ , TH  $13.6 \pm 1.23\text{mmol/L}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$   $2.35 \pm 0.21\text{mmol/L}$ , DO  $7$ — $8\text{mg/L}$  的实验用水。试验水温  $16 \pm 0.5^\circ\text{C}$ , 光强  $1800$ — $2000\text{lx}$ 。用 Olympus 显微镜测量蚤体长和观察其生长情况。

**1.2.1 碱度和 pH 对西藏拟蚤的急性毒性实验** 在碱度为  $1.98 \pm 0.25\text{mmol/L}$  的条件下, 分别设置两组共 12 个 pH 实验组, 实测为 3.60、3.81、4.04、

收稿日期: 2005-08-01; 修订日期: 2006-11-10

基金项目: 国家自然科学基金 (30371112, 30671625); 辽宁省自然科学基金项目 (20022100); 大连市科技基金项目 (2002) 资助

作者简介: 赵文 (1963—), 男, 吉林农安人; 博士, 教授, 博导; 从事水生生物学、水产养殖教学与科研工作

通讯作者: 赵文, E-mail: zhaowen@dlfu.edu.cn

4.28、4.52、4.80 和 9.80、10.08、10.34、10.65、10.95、11.25,用 1mol/L NaOH 和 1mol/L HCl 调节 pH。各组测定前后 pH 波幅平均小于  $\pm 0.051$ 。在 pH7.2—7.5 范围内,设置 479.3、505.6、523.7、540.6、559.6、580.3mmol/L 6 个碱度梯度,用  $\text{NaHCO}_3$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  调节碱度,静置一段时间后,取其上清液使用。两组实验的每一梯度均设置 3 个重复,每瓶中放入 10 只新生幼溞。每隔 2h 观察一次,测定并及时调节 pH,以实测的碱度值的平均值作为各梯度的真实值。

**1.2.2 碱度和 pH 对西藏拟溞存活、生长和生殖的影响** 碱度为  $2.03 \pm 0.56\text{mmol/L}$  的条件下,设置 pH 5.00、6.00、7.00、8.00、9.00、10.00 6 个实验梯度。在 pH  $7.20 \pm 0.05$  的条件下,设置 4.75、7.54、11.9、18.9、30.0、47.5 mmol/L 6 个碱度梯度和一个对照组。每一梯度均设置 15 个重复,每瓶里放新生幼溞一只。整个试验期间,TH 为 25.60—26.90mmol/L,  $\text{Ca}^{2+}$  浓度为 4.05—5.45mmol/L。

实验期间,每天三次观察西藏拟溞的生长和生殖情况并及时吸走新生幼溞,同时测定并调整 pH 和碱度,使 pH 波幅平均小于  $\pm 0.05$ ,碱度的波幅小于  $\pm 0.15\text{mmol/L}$ 。每天早晚投喂盐生杜氏藻 (*Dunaliella salina*),密度保持在 30 万/mL。每隔一

天换一次水,光照 14h:黑暗 10h。各实验组均进行到西藏拟溞全部死亡为止。实验期间测定了西藏拟溞的体长,记录了产幼前发育期、二次生殖间隔、生殖率、生殖量、一生生殖次数和寿命等参数。

**1.3 数据统计与分析** 根据试验观察结果,编制各试验梯度下的生命表,计算内禀增长率( $r_m$ )、生殖价( $V_x$ )和其他种群增长的参数。

应用 Excel2003 和 OriginPro7.5 对数据进行统计分析,并对结果进行单因素方差分析,当  $p < 0.05$  时,认为差异显著,并经 Duncan 多重比较。

## 2 结果

### 2.1 碱度和 pH 对西藏拟溞存活的影响

由表 1 可知,西藏拟溞在低 pH 下 24h 和 48h 的半致死 pH 为 4.18 和 4.37;在高 pH 下 24h 和 48h 的半致死 pH 为 10.84 和 10.71。pH 为 3.81 和 11.25 时,西藏拟溞在 24h 内已全部死亡,表明西藏拟溞存活的 pH 上限为 11.25,下限为 3.81。由图 1(a)可知,在 pH 为 7 和 8 条件下,西藏拟溞的存活率显著高于 pH 为 9 和 10 时( $p < 0.05, n = 15$ ),与 pH 为 5 和 6 下的存活率差异不显著。

表 1 碱度和 pH 对西藏拟溞的半致死浓度

Tab.1  $\text{LC}_{50}$  of *D. tibetana* under different pH and alkalinity

组别 Groups	时间 Time	回归方程 Regression equation	$\text{LC}_{50}$	相关系数 $R^2$ Correlation coefficient	95%置信区间 95% believe limit
低 pH(酸性)	24h	$Y = -36.586X + 22.712$	4.176	0.9946	4.175—4.177
Low pH(acidity)	48h	$Y = -38.642X + 24.745$	4.3692	0.9852	4.3676—4.3700
高 pH(碱性)	24h	$Y = 90.067X - 93.223$	10.84	0.9927	10.839—10.841
High pH (alkalescence)	48h	$Y = 68.385X - 70.417$	10.7081	0.9982	10.7079—10.7083
碱度(ALK)	24h	$Y = 59.872X - 163.08$	529.43	0.9304	528.99—529.88
mmol/L	48h	$Y = 51.492X - 139.14$	503.69	0.9581	503.49—503.89

由表 1 可知,碱度对西藏拟溞 24h 和 48h 的半致死浓度分别为 529.43 和 503.69mmol/L。在 48h 以内全部死亡的碱度值为 559.6mmol/L。由图 1(b)可知,低碱度组(7.54 和 11.9mmol/L)的存活率高于高碱度组(30.0 和 47.5mmol/L),但差异不显著。

### 2.2 碱度和 pH 对西藏拟溞生长的影响

从图 2(a)可知,西藏拟溞在 pH5—8 的生长率明显高于 pH9—10( $p < 0.05, n = 5$ ),从培养的第 10

天开始,pH7 组的西藏拟溞的生长率与其他各组西藏拟溞的生长率差异显著( $p < 0.05, n = 5$ ),pH8 组生长速度次之。产幼前西藏拟溞的最大体长出现在 pH7 组(2.58mm)。

西藏拟溞在碱度为 30mmol/L 的培养液中生长最快,47.5mmol/L 时生长最慢,但所有实验组间差异不显著(图 2(b))。最大体长出现在碱度为 18.9mmol/L 组中(2.61mm)。

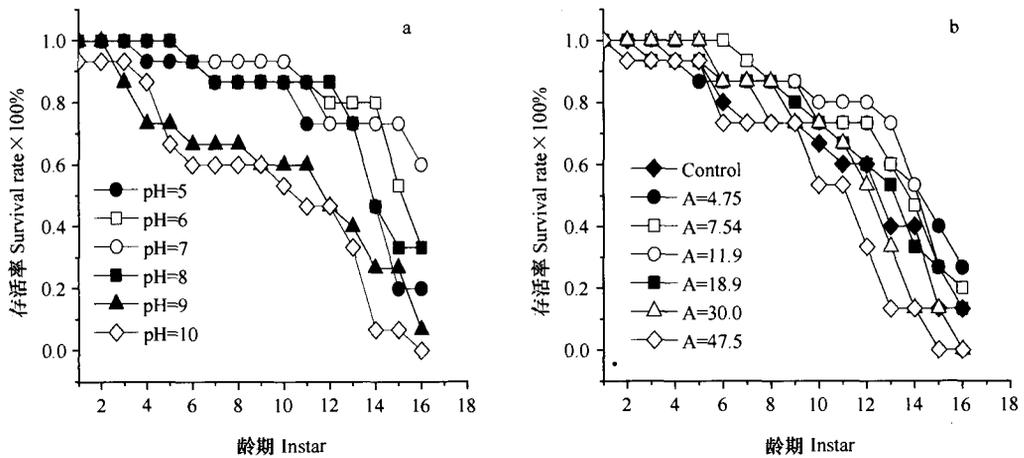


图1 西藏拟蚤在不同 pH(a)和碱度(b)的存活率

Fig.1 Survival rate of *D. tibetana* at different pH (a) and different alkalinities (b)

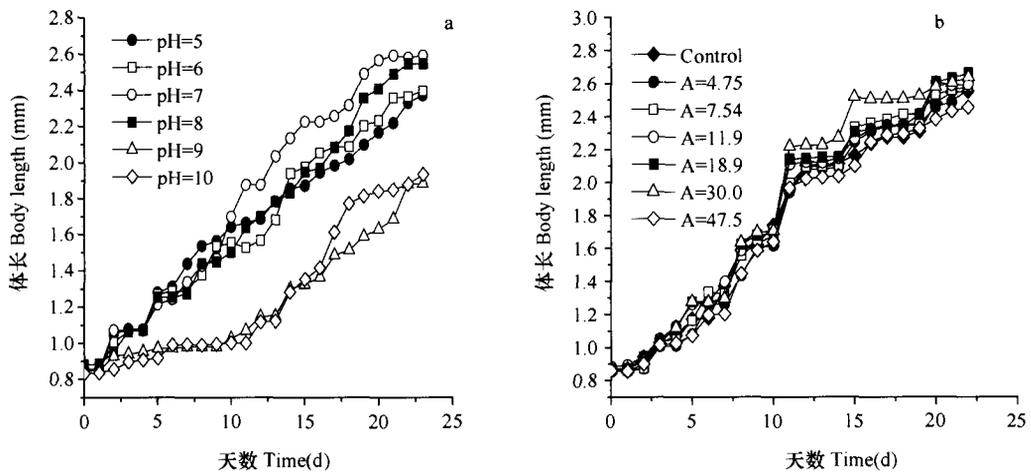


图2 西藏拟蚤在不同 pH (a)和碱度 (b)下体长的变化

Fig.2 Body length of *D. tibetana* at different pH (a) and alkalinities (b)

### 2.3 碱度和 pH 对西藏拟蚤生殖的影响

#### 2.3.1 pH 对西藏拟蚤生殖的影响

由表 2 可知,在 pH 为 7 的培养条件下,西藏拟蚤的平均寿命和一生生殖次数为  $81.9 \pm 24.6$ d 和  $7.9 \pm 1.98$  次,显著高于在其他 pH 组

( $p < 0.05, n = 15$ )。pH8 组的产幼前发育期和产幼间隔,分别为  $19.8 \pm 1.03$ d 和  $6.98 \pm 0.22$ d,短于其他各组,但差异不显著。pH6—8 组中西藏拟蚤的每胎生殖量均为 25.1 ind.,与其他各组差异显著( $p < 0.05, n = 15$ )。

表 2 pH 对西藏拟蚤生殖参数的影响

Tab.2 Reproductive measurements for *D. tibetana* at different pH

pH	产前发育期 (d) Age at first reproduction (days)	每胎生殖量 No. neonates per clutch (ind.)	平均寿命 (d) Mean lifespan (days)	一生生殖次数 No. clutch per female	产幼间隔 (d) Mean interval between clutch (days)
5	21.1 <sup>a</sup> (0.64)	21.4 <sup>b</sup> (5.73)	60.6 <sup>a</sup> (30.0)	6.6 <sup>a</sup> (2.69)	7.21 <sup>a</sup> (0.44)
6	21.2 <sup>a</sup> (0.83)	25.1 <sup>a</sup> (4.67)	74.3 <sup>a</sup> (25.7)	6.7 <sup>a</sup> (2.06)	7.16 <sup>a</sup> (0.27)
7	20.0 <sup>a</sup> (0.85)	25.1 <sup>a</sup> (6.06)	81.9 <sup>b</sup> (24.6)	7.9 <sup>b</sup> (1.98)	7.09 <sup>a</sup> (0.51)
8	19.8 <sup>a</sup> (1.03)	25.1 <sup>a</sup> (7.06)	73.8 <sup>a</sup> (23.4)	6.9 <sup>a</sup> (2.19)	6.98 <sup>a</sup> (0.22)
9	22.4 <sup>b</sup> (2.41)	16.3 <sup>c</sup> (3.14)	51.2 <sup>c</sup> (33.3)	5.4 <sup>c</sup> (2.19)	7.20 <sup>a</sup> (0.61)
10	26.0 <sup>c</sup> (6.06)	15.2 <sup>c</sup> (3.84)	46.7 <sup>c</sup> (31.5)	5.5 <sup>c</sup> (2.65)	7.25 <sup>a</sup> (0.50)

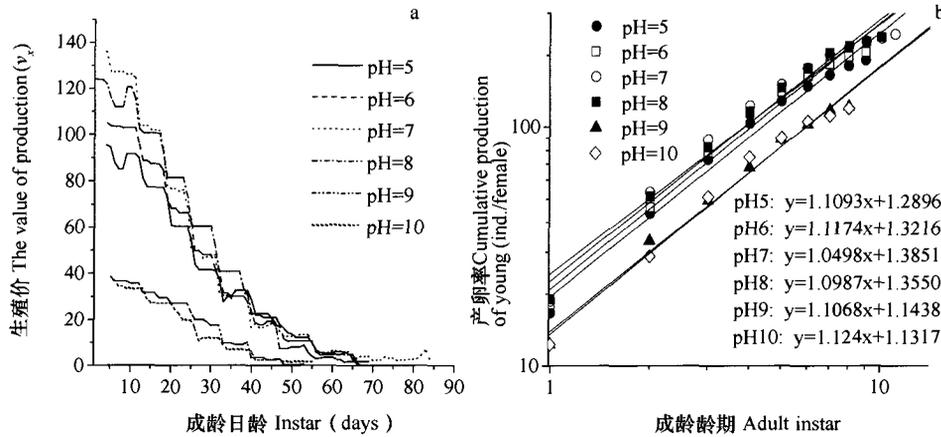


图 3 西藏拟蚤在不同 pH 下的生殖价(a)和产卵率(b)

Fig.3  $V_x$  (a)and rate of egg production (b) of *D. tibetana* at different pH

从图 3(a)可知,在一个生命周期中,pH5—8 组中西藏拟蚤的生殖价始终高于 pH9—10 组,同时,在前 40 日龄,西藏拟蚤在不同培养液中生殖价的高低顺序为:pH7 > pH8 > pH6 > pH5。

图 3(b)为不同 pH 下西藏拟蚤的成龄数和累计产卵量之间的关系,回归线之斜率即为产卵率。在 pH5—10 之间,西藏拟蚤的产卵率为 1.0987—1.124,无明显差异。

表 3 pH 对西藏拟蚤的种群变动参数的影响

Tab.3 The effects of pH on the population dynamics parameters of *D. tibetana*

种群变动参数 Population dynamics parameters	pH					
	5	6	7	8	9	10
净生殖率 Net reproduce rate ( $R_0$ )	89.07	98.07	130	115.93	25.93	22.27
内禀增长率 Intrinsic rate of increase( $r_m$ )	0.2643	0.2684	0.3014	0.2924	0.1732	0.1685
周限增长率 Finite rate of increase( $\lambda$ )	1.3025	1.3079	1.3517	1.3396	1.1891	1.1835
平均世代周期 Mean generation time( $T$ )	16.99	17.09	16.15	16.26	18.8	18.42

内禀增长率代表了在特定条件下具有稳定年龄组配种群的最高瞬时增殖速率,它能比较全面的概括种群的增长能力。西藏拟蚤在 pH7 的条件下, $r_m$  最大,为 0.3014/d,其次为 pH 8 组,为 0.2924/d,pH 5—6 组相近,为 0.2643—0.2648/d, pH 9—10 组最低。净生殖率、周限增长率和平均世代时间均有相同的趋势。综合看来,pH7—8 是西藏拟蚤生存与繁殖的最适 pH 范围。

2.3.2 碱度对西藏拟蚤生殖的影响

由表 4 可见,碱度为 11.9mmol/L 时,西藏拟蚤产幼前发育期为  $18.7 \pm 0.65d$ ,短于其他各组 ( $p < 0.05, n = 15$ )。碱度 47.5mmol/L 组西藏拟蚤的平均寿命和一生生殖次数均少于其他各组 ( $p < 0.05, n = 15$ ),为  $48.5 \pm 24.7d$  和  $5.7 \pm 1.34$  次。碱度 4.75—47.5mmol/L 各组之间的其他组参数之间差异均不显著。

表 4 碱度对西藏拟蚤生殖参数的影响

Tab.4 Reproductive measurements for *D. tibetana* at different alkalinities

ALK (mmol/L)	产前发育期(d) Age at first reproduction (days)	每胎生殖量 No. neonates per clutch (ind.)	平均寿命(d) Mean lifespan (days)	一生生殖次数 No. clutch per female	产幼间隔(d) Mean interval between clutch (days)
对照组 Control	20.3*(0.90)	25.6*(4.83)	62.0*(30.3)	6.9*(2.74)	6.98*(0.21)
4.74	19.8*(0.44)	24.2*(2.58)	72.5*(30.1)	7.4*(1.66)	7.02*(0.46)
7.54	19.5*(0.52)	26.0*(9.28)	71.7*(22.5)	6.9*(2.31)	6.96*(0.33)
11.9	18.7 <sup>b</sup> (0.65)	28.9*(4.85)	69.3*(28.1)	7.4*(1.21)	6.84*(0.23)
18.9	20.0*(0.41)	28.3*(8.53)	61.1*(25.3)	6.7*(2.32)	6.76*(0.36)
30	20.3*(0.45)	27.8*(2.69)	58.8*(22.1)	6.7*(1.87)	6.82*(0.34)

碱度 47.5mmol/L 组西藏拟蚤的生殖价在整个生活史中显著低于其他各实验组 ( $p < 0.05$ ,  $n = 15$ )。对照组和碱度 11.9 和 18.9mmol/L 组的西藏

拟蚤的生殖价高于其他各组,但差异不显著。西藏拟蚤在各碱度组中的产卵率为 1.1005—1.1877 (图 4)。

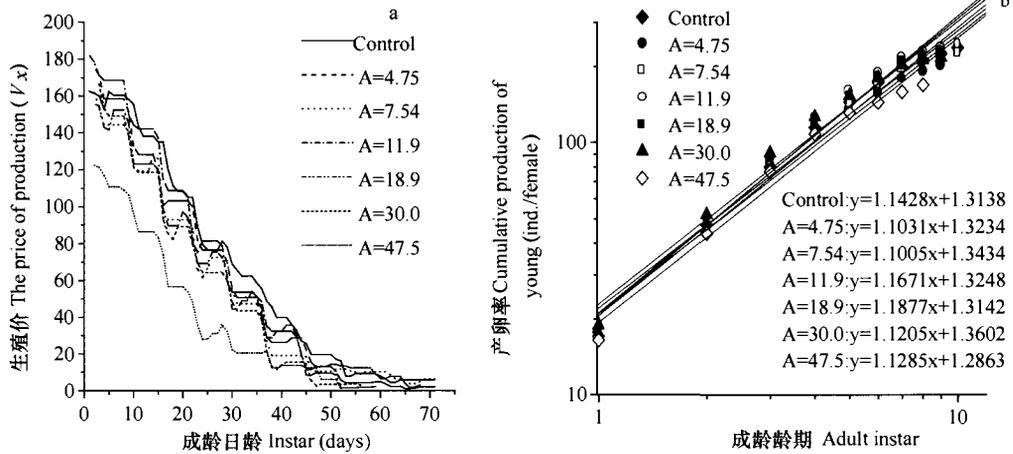


图 4 西藏拟蚤在不同碱度下的生殖价(a)和产卵率(b)

Fig.4  $V_x$  (a) and rate of egg production (b) of *D. tibetana* at different alkalinities

由表 5 可知,西藏拟蚤在对照组和各实验组中的  $r_m$  均较高,范围为 0.2889—0.3425/d,净生殖率为 89.80—162.0ind.。比较起来,西藏拟蚤在碱度为 7.54mmol/L 时,净生殖率、内禀增长率、周限增长率

和世代周期等种群增长参数均好于其他各组,其次是碱度 11.9mmol/L、4.75mmol/L 和 18.9mmol/L。综合看来,西藏拟蚤生活的最适碱度为 4.75—18.9mmol/L。

表 5 碱度对西藏拟蚤的种群变动参数的影响

Tab.5 The effects of alkalinity on the population dynamics parameters of *D. tibetana*

种群变动参数 Population dynamics parameters	碱度 ALK(mmol/L)						
	对照组 Control	4.75	7.54	11.9	18.9	30	47.5
净生殖率 Net reproduce rate ( $R_0$ )	130.13	152.4	162	158.13	145.27	144.33	89.8
内禀增长率 Intrinsic rate of increase ( $r_m$ )	0.2985	0.3276	0.3425	0.3248	0.321	0.3263	0.2889
周限增长率 Finite rate of increase ( $\lambda$ )	1.3478	1.3876	1.4085	1.3838	1.3785	1.3858	1.335
平均世代周期 Mean generation time ( $T$ )	16.31	15.34	14.85	15.59	15.51	15.24	15.57

### 3 讨论

#### 3.1 碱度和 pH 对西藏拟蚤的毒性

pH 的变化对水生生物的存活、生长和生殖有重要影响。pH 过低将降低血液的输氧机能,而过高则会腐蚀鳃组织,影响水生生物的呼吸机能。这两方面都将降低动物对氧的利用效率,并对代谢、营养、发育、生长和生殖各方面产生不利的影响。水生动物正常生活的 pH 值多在 4.5—5.0 到 9.0—10.0 之间。蚤 (*Daphnia*) 和裸腹蚤 (*Moina*) 等习见枝角类对低 pH(酸性)环境比较敏感,正常生活的 pH 下限常在 5—6 之间。大型蚤 (*Daphnia magna*) 甚至在

pH7.0 以下即不利生存。但也有很多种枝角类能耐受较低的 pH 环境,如虱形大眼蚤 (*Polyphemus pediculus*)、小头船卵蚤 (*Scapholeberis microcephala*)、矮小锐额蚤 (*Alonella nana*)、小型锐额蚤 (*Alonella exigua*)、镰角锐额蚤 (*Alonella excisa*) 等曾在 pH3.8 的酸性水体中出现,近亲网纹蚤 (*Ceriodaphnia affinis*)、圆形盘肠蚤 (*Chydorus sphaerious*) 等曾在 pH4.4 的水体中出现<sup>[8]</sup>。枝角类对碱性环境适应性较对酸性环境强,在我国北方内陆盐水中,平突船卵蚤 (*Scapholeberis mucronata*) 出现的水体 pH 达到 10.1,秀体尖额蚤 (*Alona diaphana*) 达 10.3,直额裸腹蚤 (*Moina rectirostris*) 达 10.0,大型蚤达 9.7<sup>[9]</sup>。长刺蚤 (*Daphnia*

*longispina*)、宽尾网纹溞 (*Ceriodaphnia laticaudata*) 可在 pH9.6 的水体中出现。蒙古裸腹溞可在 pH9.9 的水体中出现<sup>[8]</sup>。本文研究结果表明,低 pH 对西藏拟溞的 24h LC<sub>50</sub> 和 48h LC<sub>50</sub> 分别为 4.18 和 4.37,高 pH 对西藏拟溞的 24h LC<sub>50</sub> 和 48h LC<sub>50</sub> 分别为 10.89 和 10.71,生活的 pH 幅度明显较其他枝角类为宽。

碱度对水生生物的影响不仅与 pH 有关,高碱度本身对水生生物就有毒性。枝角类对高碱度的适应能力还很少有实验资料。据对内陆盐水的调查<sup>[5]</sup>,大型溞、长刺溞、棘爪网纹溞 (*Ceriodaphnia reticulata*) 出现的水体碱度可达 67.0mmol/L,宽尾网纹溞可达 48.9mmol/L,多刺裸腹溞 (*Moina macrocopa*) 出现的水体的碱度可达 35.9。而西藏拟溞对高碱度的 24h LC<sub>50</sub> 和 48h LC<sub>50</sub> 分别为 529.43 和 503.69mmol/L,远较其他枝角类为高。

看来,西藏拟溞是一种能耐受较宽幅度 pH 变化和高碱度的盐水枝角类,究其原因是与它的生境分不开的。西藏地处高海拔地区,寒冷干燥,湖泊多为碳酸盐型,蒸发量大于降水量,使得碱度和 pH 在一年当中发生缓慢而剧烈的变化,西藏拟溞在这种长期的自然驯化过程中,得以耐受较高的碱度和较宽的 pH 变幅。

本实验中,碱度浓度最高设置 580.3 mmol/L,加入了较高的 Na<sup>+</sup>。根据资料<sup>[10]</sup>,盐度 15 的海水 Na<sup>+</sup> 的含量约为 4.62g/L,加入的 Na<sup>+</sup> 的含量为 6.88 g/L,最高浓度组 580.3mmol/L 的 Na<sup>+</sup> 含量为 11.50 g/L。而西藏拟溞原栖息水域的 Na<sup>+</sup> 含量为 5.42—11.82 g/L。因此,不可能是 Na<sup>+</sup> 引起的毒性。

雷衍之等<sup>[11]</sup>研究表明,碱度和 pH 往往起着协同作用,在高 pH 下,碱度越高毒性越大,反之亦然。碱度致毒是个综合作用,在 pH9—9.5 之间可能主要是 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 致毒,在 pH 大于 9.5 时 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 和 OH<sup>-</sup> 起协同作用,在 pH 小于 9 时,可能是 CO<sub>2</sub>、盐度、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 共同作用。碱度对西藏拟溞存活率的影响也可能是 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 和 OH<sup>-</sup> 的综合致毒效应。本次碱毒实验是在 pH7.2—7.5 之间进行的,有关高 pH 条件下,碱度的致死作用还有待进一步研究。

### 3.2 碱度和 pH 对西藏拟溞生长和生殖的影响

关于 pH 对水生生物作用的生理机制研究较少。鱼类和其他水生动物多在中性和微碱性水体中生活良好。习见枝角类生存的最适 pH 都在 6—8 之间<sup>[12]</sup>。

Hasler<sup>[13]</sup>根据染料指示剂的颜色变化,得出大

型溞整个肠道由前端到后端的 pH 范围为 6.8—7.2。而应用荧光染料 (BCECF) 技术研究大型溞肠道基部的中间和末梢部分的 pH 变化时发现,其变幅为 8—9<sup>[14]</sup>。Eler 等<sup>[14]</sup>已经证明了大型溞体内胰蛋白酶和糜蛋白酶的存在,上述大型溞肠道内腔的 pH 范围同样也是胰蛋白酶和糜蛋白酶活力的最适 pH 范围。水环境的 pH 无疑会影响到枝角类肠道 pH 的变化,当水环境的 pH 和枝角类肠道内的 pH 相近时,其体内的消化酶活力就会大大提高,加快了食物的吸收转化效率,因而表现出个体生长较快,种群的内禀增长率较高。西藏拟溞生存的最适 pH 为 7—8,可能就是其体内的消化酶最适 pH 范围,表现出了较快的生长率。

碱度对水生动物作用的生理机制研究的更少,一般是通过对水质的作用而间接影响动物生活。本实验结果表明,碱度 4.75—47.5mmol/L 对西藏拟溞生长和生殖的影响较小,这点可能与长期处在较高碱度 (32.41—34.19mmol/L) 的环境里有关。雷衍之等<sup>[11]</sup>研究指出,10mmol/L 可以作为一般养鱼用水碱毒的危险指标,而西藏拟溞在碱度 4.75—47.5mmol/L 范围内表现出了较高的生长率和种群增长能力。可见,西藏拟溞是一种对碱度适应能力极强的盐水枝角类。

Truchot 等<sup>[15]</sup>指出,碳酸盐碱度增加,水生动物腮内 Pco<sub>2</sub> 经常维持在一个较低水平上,因而会导致血液低碳酸血症和碱中毒。另外,一些高碱度水体,由于在浓缩过程中不断的析出 CaCO<sub>3</sub> 或 CaCO<sub>3</sub>·MgCO<sub>3</sub> 结晶,不仅 pH 较高,且钾含量通常也增大而钙含量下降,离子系数常常很高,因此毒性加大。而西藏拟溞能够耐受这样高的碱度和 pH,并形成较大的种群密度,其机理很值得进一步的研究。

### 参考文献:

- [1] He Z H, Qin J Q, Wang Y, et al. Biology of *Moina mongolica* (Moinidae, Cladocera) and perspective as live food for marine fish larvae: review [J]. *Hydrobiologia*, 2001, 457: 25—37
- [2] Zhao W, Wang Q H, Zheng M P, et al. A preliminary study on the biology of *Daphniopsis tibetana* Sars [J]. *Journal of Dalian Fisheries University*, 2002, 17(3): 209—214 [赵文, 王巧晗, 郑绵平, 等. 西藏拟溞生物学的初步研究. 大连水产学院学报. 2002, 17(3): 209—214]
- [3] Jiang X Z, Du N S. Fauna Sinica: Crustacea: Freshwater Cladocera [M]. Beijing: Science Press. 1979, 122—124 [蒋燮治, 堵南山. 中国动物志-淡水枝角类. 北京: 科学出版社. 1979, 122—124]
- [4] Jiang X Z, Shen Y F, et al. Aquatic Invertebrates of Tibetan

- Plateau, Series of The Scientific Expedition to Qinghai-Xizang Plateau, China [M]. Beijing: Science Press. 1983, 443—492 [蒋燮治, 沈福芬, 等. 西藏无脊椎动物. 北京: 科学出版社. 1983, 443—492]
- [ 5 ] Zhao W, Jiang H, He Z H. Planktonic crustaceans of inland saline waters in SanBei District, Northern, China [J]. *Journal of Dalian Fisheries University*, 1996, **11**(1): 1—13 [赵文, 姜宏, 何志辉. 三北地区内陆盐水的浮游甲壳类. 大连水产学院学报. 1996, **11**(1): 1—13]
- [ 6 ] Zhao W. A review on the Cladocera in inland saline waters [J]. *Journal of Dalian Fisheries University*, 1992, **6**(2): 31—41 [赵文. 内陆盐水中枝角类研究述评. 大连水产学院学报. 1991, **6**(2): 31—41]
- [ 7 ] Shen J R, Song D X. A preliminary study of Cladocera from Tibet, China [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 1964, **16**(1): 61—69 [沈嘉瑞, 宋大祥. 西藏枝角类的初步研究. 动物学报. 1964, **16**(1): 61—69]
- [ 8 ] Мануйлова Е. Ф. 1964. Ветвистоусые Раки (Cladocera) Фауны СССР: 57—59. Издательство «НАУКА». Москва
- [ 9 ] He Z H, Qin J G, Wang H Q, *et al.* Studies on the saline and hyper-saline zooplankton from JinNan and YinChuan regions [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1989, **13**(1): 24—37 [何志辉, 秦建光, 王洪起, 等. 晋南和银川地区盐水和超盐水的浮游动物. 水生生物学报, 1989, **13**(1): 24—37]
- [ 10 ] Chen J M. Seawater chemistry [M]. Beijing: Agriculture Press. 1986, 355 [陈觉民. 海水化学. 北京: 农业出版社. 1986, 355]
- [ 11 ] Lei Y Z, Dong S L, Shen C G. Toxicity effects of the alkalinity of carbonate to fishes [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1985, **9**(2): 171—182 [雷衍之, 董双林, 沈成钢. 碳酸盐碱度对鱼类毒性作用的研究. 水产学报, 1985, **9**(2): 171—182]
- [ 12 ] Богатова И. Б. 1980. Рыбоводная гидробиология. «ПЦЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ». Москва
- [ 13 ] Hasler A D. The physiology of digestion of plankton Crustacea, I: Some digestion enzymes of *Daphnia* [J]. *Biology Bulletin*, 1935, **68**: 207—214
- [ 14 ] Elert E V, Agrawal M K, Gebauer C, *et al.* Protease activity in gut of *Daphnia magna*: evidence for trypsin and chymotrypsin enzymes [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology*, Part B, 2004, **137**: 287—296
- [ 15 ] Truchot J P, Fougere J. Effect of water alkalinity on gill CO<sub>2</sub> exchange and internal Pco<sub>2</sub> in aquatic animals [J]. *Comparative Biochemistry Physiology*, Part A, 1998, **119**: 131—136

## EFFECTS OF ALKALINITY AND PH ON THE SURVIVAL, GROWTH AND NEONATE PRODUCTION OF *DAPHNIOPSIS TIBETANA* SARS

ZHAO Wen, HUO Yuan-Zi and XUE Dong-Ning

(Key Lab of Hydrobiology in Liaoning Province's University, Dalian Fisheries University, Dalian 116023)

**Abstract:** *Daphniopsis tibetana* Sars (Crustacea: Cladocera: Daphniidae) is a low-medium saline lake cladoceran showing wide but patchy distribution in plateau saline lake in Asia. In China, *D. tibetana* widely distributes in saline waters in Tibet, Qinghai province and Xinjiang province. In the present paper, *D. tibetana* were collected from Lake Namuka Co. The animals can live in diluted seawater via acclimatization. Effects of alkalinity and pH on the survival, growth and neonate production of *D. tibetana* Sars were studied under  $16 \pm 0.5^\circ\text{C}$  and  $S = 15.5 \pm 0.5$ . The results showed that 24h LC<sub>50</sub> of pH on *D. tibetana* were 4.18 and 10.84, and 48h LC<sub>50</sub> of pH on it were 4.37 and 10.71; 24h LC<sub>50</sub> and 48h LC<sub>50</sub> of alkalinity on *D. tibetana* were 529.43mmol/L and 503.69mmol/L, respectively. When *D. tibetana* was reared at pH 7—8, growth and survival rate were significantly higher than those were reared at other groups. When *D. tibetana* was reared at pH7, intrinsic rate of increase ( $r_m$ ) was 0.3014/d, which was the highest of all tested groups. When at pH8,  $r_m$  was 0.2924/d. Survival rates and growth rate of *D. tibetana* who reared at ALK = 4.75—18.9 mmol/L did not significantly differ. When alkalinity was 11.9 mmol/L, age at first production (d) was  $18.70 \pm 0.65$  d, which was lower than other groups. The rate of egg production of *D. tibetana* who were reared 11.9 and 18.9 mmol/L of alkalinity were 1.1671 and 1.1877, which were higher than those were reared at other groups. When *D. tibetana* was reared at 7.54 mmol/L of alkalinity,  $r_m$  was 0.3425/d, which was the highest of all tested groups. At other tested groups,  $r_m$  of *D. tibetana* were 0.2889—0.3425/d. In terms of results, optimal pH and alkalinity of survival of *D. tibetana* were 7—8 and 4.75—18.9mmol/L, respectively.

**Key words:** *Daphniopsis tibetana* Sars; Alkalinity; pH; Survival; Growth; Neonate production