

不同温度下蒙古裸腹溞对盐度变化的适应能力*

何志辉 蒋响生
(养殖系)

摘 要 根据24小时半致死盐度值,测定了不同温度下蒙古裸腹溞(*Moina mongolica*)生存和生殖的盐度上限和下限,试验表明这种溞可能是枝角类中最广盐性的种类,当直接从天然海水移到高盐水中时,其耐盐上限为53.6~55.45‰。当逐渐提高盐度时其耐盐上限达到65.5~74.5‰。两种情况下的耐盐下限分别为1.3~0.40‰和0.67~0.3‰。

试验表明蒙古裸腹溞在低温下耐盐幅度较宽,但从海水直接移到高盐水中时以24℃下耐高盐能力最强。

关键词 蒙古裸腹溞, 温度, 盐度适应能力

蒙古裸腹溞(*Moina mongolica* Daday)是1982年从晋南采到的一种盐水枝角类并已驯养于海水中生活^[1]。为了培养利用作为海水鱼虾类养殖的活饵料,我们对这种溞的生物学进行了广泛的实验研究。本文报道在不同温度下蒙古裸腹溞对盐度变化的适应能力。

1 材料和方法

1.1 溞种

种溞采用自晋南硝池盐度10‰~13‰的半咸水中。运回后用海水驯化到盐度为31.8‰的海水中生活并投喂海水小球藻。所有试验材料均系已在海水中繁殖100~200世代后的个体。

1.2 恒温水槽装置

用容积60升的水浴槽4个,内盛50升自来水。由晶体管继电器、电接点水银温度计(误差 $\pm 0.5^\circ\text{C}$)和2个30W电热棒组成恒温装置。温度分别控制在20℃, 24℃, 28℃和30℃4个梯度(后期由于室温升高,20℃组改为22℃)。每个水浴槽放入 $3\sim 4$ 厘米长的罗非鱼20~30尾和安装充气装置搅拌水体,以保持温度的均匀性。

1.3 试验材料在各温度梯度下的驯养

用容积500毫升广口瓶多个,内盛消毒海水350升并放入20~50个健康成溞(♀),分别置于上述不同温度的恒温水槽中。每日投喂海水小球藻2次,投饵量以使培养液达到淡绿色

* 国家自然科学基金资助项目38970589 996
本文于1990年6月13日收到。

为度(每升1000万个以上)。每隔3~5天更换培养液1次。在不同驯温下培养5~10天,当浮游密度达到2000个/升以上时取子一代体长平均1毫米(0.7~1.2毫米)的健康个体供作试验。

1.4 盐度急变下耐盐性的测定

取在前述各温度下驯养的健康成蚤(♀)100个(81~123个)直接投入各盐度梯度的培养液中,在同温度下放置24小时后观察其死亡数。然后以直线内插法求出各温度下的半致死盐度值。

蒙古裸腹蚤在淡水到盐度50‰的浓缩海水中都能正常生长繁殖^[1],因此选择50‰作为盐度上限试验起点,1.5‰作为盐度下限试验的起点。盐度上限试验用浓缩海水和经高盐驯养的海水小球藻为培养液,盐度下限试验用经蒸馏水稀释的低盐海水和在5‰盐度下培养的海水小球藻为培养液。培养液以达到淡绿色为度(小球藻密度约1000~2000万个/升)。

每一温度下设4~5个盐度梯度。每1盐度组试验的100个浮游分置于5个内盛20毫升培养液的指管瓶中(平均20个/瓶)。指管瓶悬挂于恒温水槽中。以动物下沉停止游泳活动作为浮游的死亡标准。

1.5 盐度缓变下生存和生殖盐度幅度的测定

取各温度下在海水中驯养的健康成蚤(♀),经40‰→50‰→55‰的逐日转移并繁殖。3天后从各温度组各选取幼蚤10个,按5个/20毫升的密度分置于2个指管瓶中用海水小球藻培养。按计算好的剂量逐时微量地向指管瓶中滴加浓缩海水,使培养液的盐度在24小时后增加2‰,同时观察其生活和繁殖状况。如果3~4天后产出第一胎幼蚤,即以新产出的幼蚤为材料按同样方式提高盐度继续观察。如果提高盐度后7~8天尚未见生殖和怀卵,此盐度即作为生殖盐度上限。

每一温度组取100个以上蚤个体,以生殖盐度上限为起点,按同样方式继续提高盐度并观察其生存情况,当发现蚤大量死亡(50%以上),这时的盐度即作为生存盐度上限。

按同样方式滴加蒸馏水稀释,以确定生殖和生存的盐度下限。

2 结 果

2.1 盐度急变时的耐盐上限

从海水直接转到高盐度时,4种温度下的24小时死亡率列于表1。根据表1不同盐度梯度的死亡率按图解法得出的24小时半致死盐度值以24℃最高——55.45‰,28℃次之——54.15‰,20℃和30℃均为53.60‰。

所有4组试验都未达到全致死盐度值,24℃组盐度58‰时尚有9%存活,20℃和28℃两组盐度56‰时分别有12%和20.4%存活,30℃组盐度55‰时尚有7.5%存活。

2.2 盐度急变时的耐盐下限

从海水直接转到低盐度时,4种温度下的24小时死亡率列于表2,按图解法得出的24小

表 1 20℃、24℃、28℃、30℃温度下在海水中驯养的*Meina mongolica*在盐度突变下24h致死盐度上限

温度	预配盐度‰	实测盐度‰	实验鱼数	编号	逐数/瓶	24h后死亡数	死亡率%	总死亡数	平均死亡率%	温度	预配盐度‰	实测盐度‰	实验鱼数	编号	逐数/瓶	24h后死亡数	死亡率%	总死亡数	平均死亡率%
20℃	52	52.5	107	1	23	9	39			28℃	52	51.5	109	1	21	2	9.5		
				2	23	6	26							2	17	4	23.5		
				3	20	7	35	39	36.45					3	27	15	55.6	37	34
				4	24	9	37.5							4	22	7	31.8		
				5	17	8	47							5	22	9	41		
	54	54.6	97	1	19	12	63				54	54.2	102	1	20	10	50		
				2	20	15	75							2	19	9	47.4		
				3	8	6	75	64	66					3	19	12	63.2	52	51
				4	23	16	69.6							4	23	10	43.5		
				5	27	15	55.6							5	21	11	52.4		
	56	55.6	119	1	33	28	84.8				56	55.6	108	1	21	17	80.9		
				2	23	21	91							2	24	19	79		
				3	24	22	91.6	105	88					3	19	14	73.7	86	79.6
				4	19	18	94.7							4	25	20	80		
				5	20	16	80							5	19	16	84.2		
24℃	54	54.9	108	1	22	9	41			30℃	50	50.1	112	1	22	6	27.3		
				2	24	8	33.3							2	25	6	24		
				3	16	8	50	41	38					3	21	7	33.3	26	23.2
				4	23	8	34.8							4	20	3	15		
				5	23	8	34.8							5	24	4	16.7		
	56	53.6	107	1	21	18	85.7				52	52.9	117	1	17	9	53		
				2	21	17	80.9							2	26	13	50		
				3	20	12	60	75	70					3	25	7	28	47	40
				4	20	7	35							4	26	8	30.8		
				5	25	21	84							5	23	10	43.5		
	58	58.4	100	1	20	19	95				55	55.3	107	1	22	22	100		
				2	20	17	85							2	24	20	83.3		
				3	20	19	95	91	91					3	25	25	100	99	92.5
				4	20	18	90							4	21	18	85.7		
				5	20	18	90							5	15	14	93.3		

时半致死盐度值如下：

20℃—0.40‰，24℃—0.59‰，28℃—1.13‰，30℃—1.36‰

可见，随着温度升高，半致死盐度下限均升高，亦即耐低盐能力与温度成负相关。如果 y 表示半致死盐度（‰）， x 表示温度（℃），则两者的回归方程为： $y = -1.663 + 0.0993x$ ($r = 0.98, n = 4$)。

1. 组低盐试验也未达到全致死盐度值，20℃组盐度0.2‰时尚有5.5%存活，24℃组盐度0.4‰时尚有5.3%存活，28℃组盐度0.5‰时尚有3%存活，30℃组盐度0.7‰时尚有5.8%存活。

2.3 盐度缓变时生殖和生存的盐度上限

从表 3 可见：生殖盐度上限以24℃最高，其余依次为22℃、28℃和30℃。

表2 20℃、24℃、28℃、30℃温度下在海水中驯养的*Meina mongolica*在盐度突变下24h致死盐度下限

温度	预配盐度‰	实测盐度‰	实验鱼数	编号	逐数/瓶	24h后死亡数	死亡率%	总死亡数	平均死亡率%	温度	预配盐度‰	实测盐度‰	实验鱼数	编号	逐数/瓶	24h后死亡数	死亡率%	总死亡数	平均死亡率%
20℃	0.2	0.19	109	1	23	20	87			28℃	0.5	0.1	103	1	20	19	95		
				2	21	20	95.2							2	18	17	94.4		
				3	22	22	100	103	94.5					3	22	22	100	100	97
				4	15	23	92							4	20	20	100		
				5	18	18	100							5	23	22	95.6		
	0.4	0.41	115	1	22	11	50				0.8	0.52	81	1	18	13	72.2		
				2	25	13	52							2	22	16	72.7		
				3	26	12	46	58	50.4					3	19	15	79	63	77.8
				4	22	10	45.5							4	22	19	86.4		
				5	20	12	60							5					
	0.8	0.52	104	1	20	7	35				1.0	1.0	101	1	20	14	70		
				2	20	8	40							2	19	15	79		
				3	25	10	40	4	45					3	21	12	57	65	64.4
				4	19	10	52.6							4	21	11	52.4		
				5	20	12	60							5	20	13	65		
	1.0	1.0	95	1	20	9	45				1.3	1.27	111	1	20	8	40		
				2	18	7	38.9							2	23	5	21.7		
				3	19	5	26.3	40	42					3	22	5	22.7	29	26.1
				4	18	11	61							4	24	5	20.8		
				5	20	8	40							5	22	6	27.3		
24℃	0.4	0.40	113	1	20	20	100			30℃	0.7	0.72	103	1	21	18	85.7		
				2	23	21	91.3							2	19	19	100		
				3	25	24	96	107	94.7					3	19	13	68.4	97	94.2
				4	24	24	100							4	21	21	100		
				5	21	18	86							5	23	21	91.3		
	0.6	0.58	100	1	20	9	45				1.0	1.0	111	1	22	15	68.2		
				2	20	9	45							2	20	16	80		
				3	20	13	65	52	52					3	20	15	75	82	73.9
				4	20	12	60							4	21	16	76.2		
				5	20	9	45							5	23	20	87		
	0.8	0.61	100	1	20	8	40				1.3	1.27	93	1	22	14	63.6		
				2	20	12	60							2	23	13	56.5		
				3	20	10	50	45	45					3	25	15	60	56	60.2
				4	20	8	40							4	23	14	61		
				5	20	7	35							5					
	1.0	1.0	114	1	23	3	13				1.5	1.51	123	1	24	5	21		
				2	24	3	12.5							2	27	6	22.2		
				3	22	5	22.7	17	35					3	24	7	29	26	21.1
				4	22	3	13.6							4	24	5	20.8		
				5	23	3	13							5	24	3	12.5		

生存的盐度上限($y\%$)随温度($x^{\circ}\text{C}$)的升高而降低,其回归方程为:

$$y = 98.375 - 1.1x \quad (r = -0.99, n = 4)$$

表3 盐度缓变下蒙古裸腹蚤生殖和生存的盐度上限 盐度:‰

温度 盐度‰	22℃	24℃	28℃	30℃
生殖盐度上限	58.4	58.7	56.3	55.3
开始死亡盐度	72	70	65.1	62.0
50%以上死亡的盐度	74.5	71.4	68.9	65.2

2.4 盐度缓变时生殖和生存的盐度下限

从表4可见:生殖和生存的盐度下限均随温度的升高而上移,亦即耐低盐的能力与温度成负相关。设 y_1 表示生殖盐度下限, y_2 表示生存盐度下限, x 表示温度,则回归方程为:

$$y_1 = -0.6520 + 0.0445x \quad (r = -0.99, n = 4)$$

$$y_2 = -0.9680 + 0.0505x \quad (r = -0.98, n = 4)$$

表4 盐度缓变下蒙古裸腹蚤生殖和生存的盐度下限(‰)

温度 盐度‰	22℃	24℃	28℃	30℃
生殖盐度下限	0.30	0.45	0.60	0.67
开始死亡盐度	0.23	0.25	0.40	0.58
50%以上死亡的盐度	0.15	0.20	0.32	0.50

3 讨 论

1) 从试验结果可以看出:在海水中生活的蒙古裸腹蚤可以适应31.8‰→55.45‰和31.8‰→0.4‰间的盐度突变以及31.8‰→71.5‰和31.8‰→0.15‰间的盐度缓变。当盐度缓变时(每日增减2‰)在0.30‰到58.7‰盐幅内都可以进行单性生殖。可见,这是一种非常广盐性的盐水枝角类,以淡水到超盐水体都可以正常生活和繁殖。

关于蒙古裸腹蚤的耐盐幅度国外已有过一些试验报道(表5)。由于水生动物对盐度变化的适应能力受到一系列内因和外因的影响以及测定方法上的差异,各作者的数据难免有较大的差别。其中Алади́н的材料也是在室内实验观察下得到的,并且盐度上限也是经过10~12天的逐渐过渡后测定的,因此用他的数据和我们盐度缓变下(经8~13天过渡)的数据相比较很能说明问题。

据Алади́н的试验,蒙古裸腹蚤在普通海水中的耐盐上限为60‰,在咸海水中的耐盐上限则达到88‰。前一数值较我们的结果(65.2~71.5‰)为低,主要原因应是试验样品原先生活的盐底较低,(咸海海水盐度仅11.5‰),因而耐盐性也较差;后一数值较我们的为高,原因是咸海海水中氯离子的相对含量较低。如所周知,在水生生物与环境的渗透关系中氯离

表 5 蒙古裸腹溞和其他枝角类的盐度幅度

枝 角 类	盐度下限	上 限		作 者
	‰	盐 度	‰ Cl ⁻	
蒙古裸腹溞 <i>Meina mongolica</i> (突变)	0.4	55.45	29.06	本文
蒙古裸腹溞 <i>Meina mongolica</i> (缓变)	0.5	74.5	41.27	本文
蒙古裸腹溞 <i>Meina mongolica</i> (生殖)	0.3	58.7	30.6	本文
蒙古裸腹溞 <i>Meina mongolica</i> (大洋水)		60	33.22	Аладин(11)
蒙古裸腹溞 <i>Meina mongolica</i> (咸海水)		83	31.44	Аладин
蒙古裸腹溞 <i>Meina mongolica</i>	4	165.2		何志辉等(2)
蒙古裸腹溞 <i>Meina mongolica</i>		34	17.6	Löffler(6)
蒙古裸腹溞 <i>Meina mongolica</i>		97		Löffler(6)
蒙古裸腹溞 <i>Meina mongolica</i>	15	73		Hammer(3)
赫钦逊裸腹溞 <i>M. hutchinson</i>	5.5	50		Hammer
赫钦逊裸腹溞 <i>M. hutchinson</i>		39	23.7	Löffler(6)
短型裸腹溞 <i>M. brachiata</i>		36.4	8.3	Löffler(6)
短型裸腹溞 <i>M. brachiata</i>		40.6		Hammer(3)
相似溞 <i>Daphnia similis</i>	<3	167		Hammer(3)
长头溞 <i>D. dielrichcephala</i>	12	41		Hammer(3)
大型溞 <i>D. magna</i>		40		Hammer(3)
小拟溞 <i>Daphniopsis pusilla</i>	3~5	71		Hammer(3)
澳大利亚拟溞 <i>D. australis</i>	3~5	30		Hammer(3)
平突船卵溞 <i>Scephalobes mucronata</i>		40		Hammer(3)
刷角粗毛溞 <i>Macrothrix hirsuticornis</i>				Hammer(3)
圆形盘肠溞 <i>Hydrus sphaericus</i>		59		Hammer(3)
一种家鼻溞 <i>Bosmina sp</i>	47.1	98.5		何志辉等(2)
点滴尖额溞 <i>Alona guttata</i>		119.9		何志辉等(2)

子的浓度通常决定着生物所能适应的盐度范围。若按氯离子浓度计,则在海水中驯养的蒙古裸腹溞的适应能力(Cl41.27‰)仍然高于咸海种群(31.44‰)。

表5中Löffler的第二个盐度上限(97‰)是在动物不断繁殖情况下逐渐提高盐度得到的,可能盐度提高速率极慢,所以耐盐上限较我们为高。

其余关于蒙古裸腹溞生存盐幅的材料多属于自然界分布的记录。Hammer(3)总结全球资料得出这种溞的盐度上限为73‰,与我们盐度缓变下的耐盐上限(74.5‰)十分接近。但据我们对晋南和银川地区内陆盐水的调查(2),蒙古裸腹溞出现的最高盐度高达165.2‰,远高于其他地区的记录。这点应归咎于该地区盐水多属硫酸盐型以及在干燥气候条件下盐度的周期性变化对水生物所起自然驯化(2)。

关于蒙古裸腹溞生存的盐度下限报导不多,据Hammer的记载为15‰,我们(2)曾在晋南和银川地区盐度4‰的水中见到。据Мануйлова的材料这种溞在苏联间歇性的淡水水体中曾有出现。我们的实验观察表明:在盐度缓变条件,蒙古裸腹溞甚至在0.2‰的淡水中都可以进行生殖。

从表5还可看到:蒙古裸腹溞可能是枝角类中最广盐性的种类,其耐高盐能力仅次于卤虫。当前随着海水养殖业的迅速发展,盐田中卤虫资源已日见枯竭,引进其他饵料动物利用生态空间以提供新的活饵料资源,无疑具有重要意义。在这方面,繁殖快、耐盐性极强的蒙

古裸腹蚤是最有希望的对象。

2) 关于温度对水生动物耐盐性的作用,存在着几种不同的观点, Panikkar⁽⁷⁾ (1940)发现某些对虾在高温时更能忍耐不适的盐度; Kinne(1957)⁽⁴⁾也认为高温能增强动物的耐盐能力。Muus(1967)⁽⁸⁾则认为在温带区域水温的升高将降低水生动物对盐度变化的适应能力; Константинов(1979)⁽¹²⁾在其综合性著作中也提出同样观点。最近Nagaraj (1988)⁽⁹⁾对一种桡足类 (*Eurytemor velox*) 的试验也表明低温增强动物的耐盐变的能力。但是 Lance (1963)⁽⁵⁾认为原先生活环境的温度条件将影响温度与耐盐性的关系。据该作者的研究,当试验水温与原环境的水温相近时, *Acartia clausi* 的耐盐能力增强。近年 Von Oertzen (1985)⁽¹⁰⁾对白鲢幼鱼的试验也指出:这种鱼对高盐度的适应能力以水温18~22℃间最强。高于或低于这个温度耐盐能力都降低,而18~22℃正是白鲢生活水体夏季的正常水温。

我们对蒙古裸腹蚤的试验表明:这种蚤耐低盐能力和盐度缓变下耐高盐能力均随温度的降低而增强,也就是说支持 Muus 关于温带地区水温升高将减弱耐盐能力的观点,但在盐度急变下的耐盐上限和盐度缓变下的生殖盐度上限又以24℃时最高,这方面又证实了Lance 关于原先生活环境温度条件影响的观点,因为我们的试验材料是长期生长25℃恒温条件下培养的。看来,温度对水生动物耐盐性的影响是比较复杂的一个问题。

参 考 文 献

- 1 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,1988;(2):1~8
- 2 何志辉,秦建光,王洪起,王志远,夏昕.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)24~37
- 3 Hammer, U.T. Saline Lake Ecosystem of the World. Dr. W. Jank Publishers. 1986
- 4 Kinne, O. A programmatic study of comparative biology of marine and brackish water animals. Annee biol 1957; 33:87~92
- 5 Lance, J. The salinity tolerance of some estuarine copepodas. Limnol. Oceanogr 1963; 8:440~449
- 6 Löffler, H. Zur Systematik und Ökologie der chilenischen wassere tomos-traken. Beitrage zur Neotropischen fauna 1962; 11(3):143~222
- 7 Macan, T.T. Freshwater ecology. Longmans. 1963
- 8 Muus, B.J. The fauna of Danish estuaries and lagoons. Middelton Danmarks Fiskeri-og Havundersogelser. Ny Serie 1967; 5:1~316
- 9 Nagaraj, M. Combined effects of temperature and salinity on the complete development of *Eurytemora velox* (Crustacea:Calanoidea). Marine Biology 1988; (99):353~358
- 10 Van Oestjen, J.A. Resistance and capacity adaptation of juvenile silver carp. *Hypophthalmichthys molitrix* (Val) to temperature and salinity. Aquacul-

ture 1985, 44:321~332

- 11 Аладин Н.В. Соленостные адаптации и осморегуляторные способности ветвистоусых ракообразных э. формы из солоноватых и пресных вод. Зоологический Журнал Том LXI вып.1982; 6:851~860
- 12 Константинов А.С. Общая гидробиология. Москва «Высшая школа» 1979
- 13 Мануйлова Е.ф. Ветвистоусые рачки (Cladocera) фауны СССР Издательство «Наука» Москва. 1961.

SALINITY ADAPTABILITY OF *MOINA MONGOLICA* UNDER DIFFERENT TEMPERATURES

He Zhihui, et al
(Dalian Fisheries College)

Abstract

The upper and lower tolerance limits of *Moina mongolica* to salinity under different temperatures were tested. Tolerance limit is defined as the salinity at which 50% of mortality was occurred within 24 hours.

It has been shown that this cladoceran may be the most euryhaline species. If they are transferred directly from the natural seawater to the water with higher salinities, their lethal upper salinity limit is resulted as 53.6—55.45‰. If they are treated with gradually increasing salinity, it has got another result as 65.2—71.5‰. The lethal lower salinities limits of them were also tested as 1.36—0.40‰ and 0.67—0.30‰ respectively.

The present study revealed a better tolerance of animal to a wider range of salinity at the lower temperatures, but their maximum salinity resistance is at 24℃ when the animal were directly transferred to the water with higher salinities.

Key words: *Moina mongolica*, temperature, salinity adaptability