

海水中某些化学因子对魁蚶幼虫、稚贝及成体的影响*

陈觉民 王恩明¹⁾ 李何²⁾
(大连水产学院)

提要 本文报道了 $S\%$, $\text{NH}_3\text{-N}$, pH 及 O_2 对魁蚶幼虫、稚贝及成体影响的初步研究结果,求得魁蚶幼虫、稚贝及成体对 $S\%$, $\text{NH}_3\text{-N}$, pH 和 O_2 的适应浓度范围和最适范围。结果表明:魁蚶随年龄的增长,对 $S\%$ 的适应能力逐渐减弱;对 $\text{NH}_3\text{-N}$, pH 及 O_2 的适应能力则逐渐增强。

魁蚶 *Scapharca broughtonii* (Schrenck) 是一种重要海产经济贝类,主要分布于中国、日本与朝鲜沿海。它生活在 3—50m 深度的软泥或泥沙底质中^[1]。随着我国水产事业的发展,魁蚶将被作为海珍品进行大规模人工育苗与增养殖。

对于魁蚶的研究工作,高见东洋^[3,4]、松吉定昭^[5]、井上道郎^[6]等在魁蚶苗种生产、天然采苗,增养殖方法及形态结构发育等方面有过报道。但在魁蚶幼体与成体生态价 (Ecological value) 方面的实验报道,尚属少见。为了研究海水化学环境对魁蚶幼体、稚贝及成体的影响,我们分别进行了在不同 $S\%$, $\text{NH}_3\text{-N}$, pH 及 O_2 的水中饲养魁蚶壳顶幼虫、稚贝和成体的实验。通过观察,得出魁蚶幼虫、稚贝和成体对各因子的适应范围,半数耐受时间 (TL_{50}) 和各化学因子对稚贝足丝分泌的影响等初步结果。

一、材料与方 法

实验用魁蚶幼体取自大连水产学院育苗室,选用上浮的健壮壳顶期幼虫,平均壳长为 $150 \pm 10 \mu\text{m}$ 。稚贝及 2 龄魁蚶采捕于大连黑石礁沿海,3 龄魁蚶采捕于大连其他沿海。1, 2, 3 龄魁蚶于实验前暂养 10 天,然后选健康个体做实验样本。

幼虫实验使用经陶瓷膜过滤之大连黑石礁海水,稚贝与成体实验使用经沙滤罐及 200 目筛绢过滤的庄河县观驾山海水。水质的理化条件见表 1。

海水中 pH 用 $\text{pH}_3\text{-29A}$ 型酸度计测定,总铵氮用 Nessler 法测定,溶解氧用 Winkler 法测定, COD 用碱性 KMnO_4 法测定, $\text{Cl}\%$ 用 Kundsén 法测定,碱度 (Alk) 用酸碱滴定法测定, CO_2 , HCO_3^- 及 $S\%$ 为计算值。

实验过程中,壳顶期幼虫每日喂经离心洗去原培养液的海水小球藻 (*Chlorella* sp.),

* 本文承蒙王子臣教授指导,特此志谢。

1) 王恩明是我院毕业生,现为上海水产大学硕士研究生。

2) 李何是我院毕业生,现在东海水产研究所工作。

收稿日期: 1987 年 2 月 25 日。

表 1 黑石礁与观驾山海水水质

Tab. 1 Sea-water quality of Guanjiashan and Heishijiao

项 目	黑石礁海水	观驾山海水
水温(°C)	25±1	12.5±2.5
Cl‰	16.89±0.1	14.11±0.1
S‰	30.13±0.1	25.49±0.1
Alk (me/L)	2.45±0.05	2.52±0.05
HCO ₃ ⁻ (mg-atc/L)	1.76±0.05	1.70±0.05
CO ₂ (mg-atc/L)	0.016±0.002	0.013±0.002
pH	8.02±0.10	8.10±0.10
NH ₄ ⁺ (NH ₃)-N(μg/L)	68±10	48±10
COD (mg/L)	2.09±0.1	5.12±0.1
O ₂ (mg/L)	6.90±0.5	8.97±0.5

密度达 10^5 Cells/ml; 稚贝与成体每日投喂三角褐指藻 (*Phaeodactylum tricornutum*), 密度达 10^6 Cells/ml^[2]。

壳顶期幼虫的实验进行 24 小时, 结束时用 NX-103 筛绢滤出幼虫, 浓缩于容器中, 随机取样 10 次, 于显微镜下观察生存与死亡情况, 在观察时视野幼虫量不得少于 15 只, 然后计算平均值及标准差 (S)。稚贝与成体的实验, 每隔 2 小时观察一次, 并记录各龄贝的生活异常现象, 直至发生死亡为止。

各种实验均在恒温条件下进行, 并间歇充气, 稚贝与成体要隔日换水, 以保持水质清新^[2]。

二、实验与结果

1. 幼虫、稚贝与成体对盐度的耐受力

蒸发海水或在海水中加入粗制盐制成高盐度海水, 海水中加入适量蒸馏水制成低盐度海水, 经充气使 pH 稳定于 8.10 ± 0.10 , 配成不同盐度梯度海水。

壳顶期幼虫实验盐度范围在 8.68—39.62‰, 水温保持于 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 每个水槽加实验海水 1L, 饲养健壮幼虫 300 只。

稚贝与成体的实验盐度范围为 6.0—51.7‰, 配成 10 个梯度, 水温保持在 $23 \pm 1^\circ\text{C}$, 选 1 龄魁蚶各 100 只, 2, 3 龄魁蚶各 20 只, 分别饲养于盛有 20L 水的水槽中。实验结果见表 2—4。

表 2 不同盐度水中壳顶期幼虫 24 小时成活率(%)

Tab. 2 Survival rate (%) of the larvae within 24h in different salinities

S‰	8.68	9.86	11.09	12.32	14.15	15.38	21.50	24.57	30.69	39.62
平均成活率(%)	5.4±6.1	22.8±3.4	43.3±6.9	70.1±2.5	82.2±6.8	85.1±4.3	93.8±3.6	93.8±4.2	100	95.8±2.1

2. 幼虫、稚贝及成体对非离子氨的耐受力

将壳顶期幼虫分别暂养于 $25 \pm 0.2^\circ\text{C}$, pH 为 7.50, 8.20, 8.50 的不同梯度总铵氮量的

表 3 在不同盐度水中魁蚶的 TL₅₀ (小时)Tab. 3 TL₅₀ duration (h) of *Scapharca broughtonii* (Schrenck) in different salinities

年龄	TL ₅₀	S‰							
		6.0	12.5	19.6	25.5	32.0	38.7	45.2	51.7
1	60	—	—	—	—	—	—	84	36
2	24	36	—	—	—	—	84	48	14
3	12	24	—	—	—	—	60	36	12

表 4 不同盐度水中稚贝 24 小时附着率¹⁾(%)Tab. 4 Setting attachment rate of larvae *Scapharca broughtonii* (%) within 24h in different salinities

S‰	6.0	12.5	19.6	25.5	32.0	38.7	45.2	51.7
24 小时稚贝附着率 (%)	0	10	90	100	100	70	0	0

1) 附着基为玻璃水槽壁,以下同。

各实验水槽中,密度为 300 只/L,经 24 小时后观察急性中毒死亡情况,结果见表 5—7。不同年龄魁蚶在非离子氨中的 TL₅₀ 见表 8。非离子氨对稚贝的附着率影响见表 9。

表 5 7.50 pH 组不同非离子氨浓度中幼虫的生存率(%)

Tab. 5 Survival rate(%) of larvae in different concentrations of non-ionized ammonia (NH₃) in 7.50 pH

项目	编号							
	1	2	3	4	5	6	7	8
总铵氮的浓度 ¹⁾ (ppb)	20 (空白海水)	16 000	18 000	20 000	22 000	24 000	26 000	28 000
非离子氨浓度 ²⁾ (ppb)	0.35	279.3	314.3	349.2	384.2	419.1	454.0	488.9
平均幼虫生存率 (%)	90.13± 4.81	68.44± 9.33	63.74± 6.08	60.40± 5.72	49.94± 9.98	39.50± 0.79	34.50± 11.7	10.27± 2.29

1) 总铵氮指 NH₄⁺-N 与 NH₃-N 之和,由分析纯 NH₄Cl 配制,以下同。

2) 非离子氨为计算值即:

$$\text{NH}_3\text{-N(ppb)} = \frac{\Sigma\text{NH}_4^+(\text{NH}_3)\text{-N}}{1 + 10^{-\text{pH}}/K_a} \xrightarrow{25^\circ\text{C}} \frac{\Sigma\text{NH}_4^+(\text{NH}_3)\text{-N}}{1 + 10^{-7.50}/5.62 \times 10^{-10}}$$

3. 幼虫对溶解氧的耐受力

取经处理后的海水充入氮气,以 CY-2 型测氧仪监视溶解氧下降指标,分别取出溶解氧下降到 6.6, 1.6, 0.51, 0.25, 0.21mg/L 的海水各 0.5L 于三角瓶中,每瓶投入饱胃幼虫 150 只,封闭瓶口,在水温为 24±1.5℃ 恒温水槽中放置 24 小时,然后打开瓶塞,用虹

表 6 8.02 pH 组不同非离子氨浓度中幼虫的生存率(%)

Tab. 6 Survival rate(%) of larvae in different concentrations of non-ionized ammonia (NH₃) in 8.02 pH

项目 \ 编号	9	10	11	12	13	14	15
总铵氮浓度 (ppb)	60 (空白海水)	4500	5000	5500	6000	6500	7000
非离子氨浓度 (ppb)	3.43	250.1	277.9	305.7	333.5	366.3	389.0
平均幼虫生存率 (%)	91.40±2.12	60.75±5.68	59.77±14.1	49.70±6.62	35.38±2.38	31.27±6.31	21.72±6.10

表 7 8.50pH 组不同非离子氨浓度中幼虫的生存率(%)

Tab. 7 Survival rate(%) of larvae in different concentrations of non-ionized ammonia(NH₃) in 8.50 pH

项目 \ 编号	16	17	18	19	20	21	22
总铵氮浓度 (ppb)	1900	2200	2500	2800	3100	3400	120 (空白海水)
非离子氨浓度 (ppb)	286.7	332.0	377.3	423.5	467.8	513.1	18.10
平均幼虫生存率 (%)	92.12	78.10±9.01	63.57±7.53	59.64±13.3	39.20±4.67	42.74±11.0	96.52±3.77

表 8 不同非离子氨浓度中魁蚶的 TL₅₀ (小时)¹⁾Tab. 8 TL₅₀(h) of *Scapharca broughtonii* (Schrenck) in different concentrations of non-ionized ammonia (NH₃)

年龄 \ TL ₅₀	NH ₃ -N 浓度 (ppm)									
	0	0.168	0.448	0.673	1.40	1.68	2.24	2.52	2.80	3.36
1	—	—	—	—	—	168	80	60	60	36
2	—	—	—	—	—	180	92	72	72	60
3	—	—	—	—	—	192	—	92	84	72

1) 本试验是经 8 天观察所得的结果。

表 9 不同非离子氨浓度中稚贝24小时的附着率(%)

Tab. 9 Setting attachment rate(%) of spate *Scapharca broughtonii* (Schrenck) within 24h in different concentrations of non-ionized ammonia (NH₃)

NH ₃ -N 浓度 (ppm)	空白	0.04	0.056	0.120	0.168	0.561	0.785	0.890	1.12	1.40	1.92
24小时附着率 (%)	100	100	100	100	100	100	83.3	75.0	50.2	25.0	0

表 10 不同 pH 值中壳顶幼虫24小时成活率(%)

Tab. 10 Survival rate (%) of larvae within 24h in different pH values

pH ¹⁾	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5
幼虫成活率 (%)	88.0±6.5	96.1±4.2	100±3.7	96.5±6.8	21.4±7.3	0

1) 用分析纯 HCl 及 NaOH 溶液调配, 每间隔 6 小时测定调配一次, 以下同。

表 11 不同 pH 值中稚贝 24 小时附着率(%)

Tab. 11 Setting attachment rate(%) of spate *Scapharca broughtonii* (Schrenck) within 24h in different pH values

pH	6.0	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	10.0
稚贝附着率 (%)	0	50	100	100	100	83.3	0

表 12 不同 pH 值中 1, 2, 3 龄魁蚶 TL₅₀ (小时)¹⁾

Tab. 12 TL₅₀(h) of 1, 2, 3 age *Scapharca broughtonii* (Schrenck) in different pH values

TL ₅₀ 年龄	pH									
	5.0	6.0	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	10.0	11.0	
1	120	144	168	—	—	—	120	96	72	
2	144	156	170	—	—	—	163	120	108	
3	168	180	—	—	—	—	—	144	130	

1) 本试验为 8 天的观察结果。“—”为未达到半数死亡。

表 13 不同溶解氧浓度中壳顶期幼虫 24 小时的成活率(%)

Tab. 13 Survival rate of larvae within 24h in different concentrations of dissolved oxygen

24小时后测定 O ₂ 值 (mg/L)	6.57	1.58	0.503	0.245	0.203
幼虫成活率 (%)	97.6±4.1	96.8±4.6	77.2±6.9	36.2±8.3	0

吸法取水样,以 Winkler 法测定溶解氧含量,并滤出幼虫置于镜下观察成活情况(见表 13)。

三、结论与讨论

1. 盐度变化对魁蚶幼虫、稚贝及成体均有一定影响。从表 2 可看出,壳顶期幼虫在盐度为 21.50—39.62‰ 范围内成体成活率大于 93%,生活正常,面盘外伸,上浮游动活泼,消化盲囊因摄食小球藻而呈深褐绿色。盐度低于 21.5‰ 时,幼虫随盐度下降而逐渐出现上浮率减少,运动不活泼,胃中食物减少等不适反应。盐度低于 12.32‰ 时,死亡率增大,其幼虫表现为面盘吸水膨胀凸出,纤毛摆动缓慢而无力,盲囊颜色变淡。当盐度下降到 8.64‰ 时,绝大数幼虫死亡解体,只有个别幼虫的胃与纤毛还有微动。经计算幼虫 24 小时 TL_{50} 的盐度为 11.58‰¹⁾。

1, 2, 3 龄魁蚶的短期最适盐度范围是 19.5—32.0‰,在此范围内各龄贝生活正常,对外界刺激反应敏捷。当盐度低于 19.5‰ 或高于 32.0‰ 时,除 1 龄贝外,均表现对外界刺激迟钝,而后逐渐死亡。高盐度下死亡个体,肌肉失水萎缩;低盐度下死亡个体,肌肉吸水肿胀。

盐度不适导致魁蚶死亡的原因,主要是海水渗透压超出自身调节能力造成的,其表现是:鳃纤毛不能正常摆动水流,甚至停止摆动。这与富田观察结果相似^[2]。

魁蚶对盐度的适应范围随贝龄增大而减小,在不适应盐度中,其忍受时间也随贝龄的增大而缩短(见表 3),这种现象与 Clark 和 Wells^[7] 的结论是一致的,前者发现巨蚶亚属的 *Crassostrea Virginica* 早期幼虫对盐度忍耐力的下限远远低于同一地区或成体对盐度忍耐力的下限;后者实验认为,两种腹足纲贝类即荔枝螺 (*Thais floridana*) 和蟹守螺 (*Cerithium floridanum*) 的幼虫,其盐度死亡点的上限比成体要高。

盐度对稚贝的附着有一定影响。盐度在 19.6—32‰ 时,稚贝足丝分泌较快,附着牢固,24 小时附着率达 90% 以上(见表 4)。当盐度低于 19.6‰ 或高于 32‰ 时,附着率开始逐渐下降;当盐度低于 12.5‰ 或高于 45.2‰ 时,稚贝不能正常分泌足丝,个别稚贝虽然能分泌足丝,其附着力也很差。

2. 由表 5—7 的数据计算, pH 分别为 7.50, 8.02, 8.50 三个组的幼虫对非离子氨氮的 TL_{50} 分别为 369, 298, 430 ppb。平均 24 小时的 TL_{50} 为 366 ± 66 ppb。

幼虫在 $NH_4^+(NH_3)$ -N 溶液中急性中毒的表现是:游泳速度减慢,下沉,面盘萎缩不能完全伸出,最后死亡。但壳长较大者比壳长较小的幼虫有较强的耐氨能力。

1 龄贝在 1.40 ppm NH_3 -N 的海水中暂养 8 天,死亡未达半数,可见耐 NH_3 -N 能力比幼虫有显著增强。1, 2, 3 龄贝的耐 NH_3 -N 时间,是随贝龄增大而增加的(见表 8)。此外, NH_3 -N 对稚贝的附着也有一定影响,当 NH_3 -N 浓度低于 0.566 ppm 时,稚贝均能正

1) TL_{50} 的计算方法采用下述公式,以下同。

$$\log TL_{50} = \frac{(M - N)(S - B)}{A - B} + N$$

式中, M 表示高盐度的对数; N 表示低盐度的对数; A 表示在高盐度时的机率单位; B 表示在低盐度时的机率单位。

常附着; $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度高于 0.785ppm 时,其附着率随 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度增加而减少;当 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度达 1.92ppm 时,稚贝无一附着(见表 9)。

实验得出,总铵氮对魁蚶的毒性是随其海水 pH 上升而增加的,例如在 pH 为 7.50 组中总铵氮浓度为 22ppm 时,幼虫 24 小时平均生存率为 49.94%; 而 pH 为 8.50 组中总铵氮浓度为 3.40ppm 时,幼虫平均 24 小时生存率仅为 42.74%。前者的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度为 384.2ppb; 后者 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度为 513.1ppb(见表 5, 7)。可见海水中总铵氮对魁蚶的毒性主要决定于 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度之高低。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 是无脊椎动物的主要排泄物质,据我们实验推算每只魁蚶壳顶期幼虫平均每天排出的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 为 $8.3 \times 10^{-3} \mu\text{g}$ 。当然随其幼虫的生长,排 $\text{NH}_3\text{-N}$ 量也不断增加,因此在高密度育苗时应注意幼虫排泄、有机质腐解及投饵等产生的氨积累。

3. 海水 pH 一般变化于 8.1 ± 0.2 之间,沿海水质 pH 变化幅度要大于此范围。据实验结果看, pH 在 7.5—8.5 范围内,壳顶期幼虫均能正常生活, 24 小时内成活率达 95% 以上,幼虫活动正常,胃均饱满(见表 10)。1, 2, 3 龄魁蚶在上述范围内暂养 7 天,基本生活正常(见表 12)。稚贝在此 pH 范围内 24 小时均 100% 附着(见表 11)。

实验还表明,魁蚶随年龄增长而耐受 pH 的变化幅度也增大。例如 pH 为 10 时,壳顶期幼虫经 24 小时无一存活,而 1, 2, 3 龄魁蚶的 TL_{50} 分别为 96, 120 和 144 小时。

总之,经短期观察,在海水 pH 为 7.5—8.5 范围内,魁蚶的生长发育基本正常。

4. 魁蚶有很强的耐低氧能力。成体在低氧条件下长期观察未见死亡,它可靠自身碳水化合物和脂肪的糖酵解作用获得氧气,此时新陈代谢缓慢,表现为完全闭壳,二三个小时才出现一次滤水动作。

幼虫对低氧环境的耐力也很强(见表 13)。溶解氧为 1.58mg/L 时,虽然消化盲囊呈淡黄色,胃中只有很少食物,但在 24 小时后尚有 96.8% 的成活率。当溶解氧下降到 0.503 mg/L 时,消化盲囊无色、纤毛摆动缓慢, 24 小时后仍有 77.2% 成活率。溶解氧下降到 0.245mg/L 时,幼虫面盘基本不外伸,少数胃尚微动,成活率为 36.2%。

根据计算,壳顶期幼虫 24 小时的 TL_{50} 为 0.31mg/L 溶解氧。

上述实验,都是在单因子条件下进行的,实际上理化因子之间都有相关性。例如 $\text{NH}_3\text{-N}$ 对魁蚶的毒性与水温、溶解氧、pH 等也有关系,所以实验所获得的数据是有条件的,另外由于时间与条件的限制,没有做平行实验,也是本文的不足之处。

参 考 文 献

- [1] 大连水产学院主编,1979。贝类养殖学。农业出版社,35 页。
- [2] 吴玉霖,1963。毛蚶对汞积累和排出的室内实验。海洋与湖沼 14(1): 30。
- [3] 高见东洋,1981。アカガイの増殖の研究江関すゝ-1。水产养殖(日) 29(1): 38—46。
- [4] 高见东洋,1982。アカガイの増殖。养殖(日) 3: 50—56。
- [5] 松吉定昭,1979。アカガイの種苗生産实验。番川县水产实验报告(日) 3: 55—56。
- [6] 井上道郎,1978。アカガイの野外采苗实验。养殖(日) 3: 55—59。
- [7] Wells, H. W., 1961. The fauna of oyster beds with special reference to the salinity factor. *Ecological Monographs* 31: 239—269。

THE EFFECTS OF SOME CHEMICAL FACTORS ON THE LARVAE AND ADULTS OF *SCAPHARCA BROUGHTONII* (SCHRENEK)

Chen Juemin, Wang Enming and Li He

(Dalian fisheries College)

ABSTRACT

The effects of $S(\text{‰})$, $\text{NH}_3\text{-N}$, pH and dissolved oxygen on the larvae and adults of the *Scapharca broughtonii* were studied. The survival rate of the larvae is more than 93(%) in the salinities 21.50—39.60(‰) within 24h exposure. For 1—3 year-old groups the medium lethal time in the same salinities reduces along with the increase of the ages. The $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration for larvae TL_{50} is 366 ± 66 ppb. The medium lethal time increases with age for 1 to 3 year-old groups in same TL_{50} of $\text{NH}_3\text{-N}$. More than 95(%) larvae survived in pH 7.5—8.5 within 24h. However, beyond the range of these pH values the mortality of the larvae increases. As pH value is 6.0 or 9.0, the TL_{50} increases with the age for 1—3 year-old groups. the dissolved oxygen in 24 h and TL_{50} is 0.21 mg/L. Both adult and larvae can endure the low dissolved oxygen. The relationship between the attachment, metamorphosis and $S(\text{‰})$, $\text{NH}_3\text{-N}$ and pH have been studied also.