

碳酸氢钠在中国对虾人工育苗中 降低海水 pH 的实验*

张乃禹 孙桂枝

(中国科学院海洋研究所) (江苏省赣榆县海带育苗场)

在对虾 (*Penaeus orientalis*) 人工育苗中,水质管理至关重要。控制适宜的 pH 值是水质管理中不可忽视的一环。正常海水的 pH 值是 8.0—8.30 左右^[7]。对虾幼体最适宜的 pH 值是 7.8—8.6^[4,5],有些地方在一定情况下育苗池水往往由于 pH 值过高(9.0 上下)而导致育苗失败。

1981 年我们在江苏省赣榆县宋庄水产养殖场通过施用碳酸氢钠降低海水 pH 值,使对虾人工育苗取得较好的效果。该场离海较远(10 多公里),对虾育苗用的海水流经盐场三个大水库、海水渠及水库均处盐碱地,天旱时盐碱地泛碱,使海水 pH 值升高,又因水库内藻类(刚毛藻)繁生,利用了水中的部分二氧化碳^[6],故使海水 pH 值历来较高。1978 年该场育苗池水 pH 值达 9.0,使无节幼体全部死亡。该县下口场虽然临海,但因新建水泥池未经很好地浸泡就用于育苗,水泥中所含的碳酸盐使池水 pH 值升高^[10]到 9.0 左右,育苗也未成功,1981 年天旱,宋庄场蓄水池的海水 pH 在整个育苗期间(4 月 25 日—6 月 5 日)始终较高(> 8.80),特别是由于育苗池内藻类(硅藻类)的繁生, pH 值升高,使育苗工作难以进行。再用 1980 年通过换水降低 pH 的方法^[2]已不能解决问题,因此降低海水 pH 值就成了急待解决的问题。

在水产养殖中采用化学药物升高 pH 的报道较多^[7,8],而降低 pH 至今仍较少。

1981 年 3—4 月份,我们利用赣榆县海带育苗场室内越冬亲虾提前产卵的机会,针对宋庄场的水质用碳酸氢钠做了降低海水 pH 实验(海水 pH 值是用上海第二分析仪器厂产的 25 型酸度计测定),初步获得成功。后来在 4 月 25 日至 6 月 5 日在宋庄场进行了两茬生产性育苗实验,取得较好的效果,现将实验情况报告如下。

一、降低海水 pH 药物的选择

为了选择一种既能降低海水 pH 值又利于对虾幼体发育较理想的药物及确定其适宜用量,我们做了以下三个实验。

1. 用酸处理海水能降低其 pH 值,碳酸氢钠是一种缓冲剂,其 pH 值为 8.30^[11],用它也可以降低海水(pH 值在 8.30 以上) pH 值^[3]。因自然海水中含 CO_3^{2-} , Cl^- 及 Na^+ 离子较多^[6],故加入一定量的 NaHCO_3 或 HCl 对培育的对虾幼体无害,所以我们选用了

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 951 号。

本实验是在海洋研究所曾呈奎所长、刘瑞玉教授的启发指导下进行的。协助这项实验的有赣榆县水产养殖公司庄会沛、朱孔文、王为平等同志,特此致谢。

收稿日期: 1982 年 4 月 7 日。

NaHCO₃ 和 HCl 处理海水进行了对虾卵子孵化对比实验。

实验分三组，每组用一个烧杯注入 1000 ml 经 120 目筛绢过滤的取自宋庄场的海水 (pH 8.96)，第一组加 NaHCO₃ (化学纯) 0.2 克，pH 值由 8.96 降到 8.62；第二组加 HCl (分析纯) 0.02N, 10 ml, pH 降到 8.64；第三组为对照组 (未处理)。各组加入同一只亲虾产的卵子 50 粒，视其孵化率和幼体健康状况。

结果表明 (见表 1) 用 NaHCO₃ 处理的卵孵化率为 56%，无节幼体活泼健康趋光性强；用 HCl 处理的卵孵化率为 42%，幼体也活泼健康，但不如 NaHCO₃ 处理的；对照组孵化率为 30%，无节幼体粘满污物，活力差，均在水下层，从而初步确定了用 NaHCO₃ 降低海水 pH。

表 1 用 NaHCO₃ 与 HCl 处理海水进行对虾卵子孵化的对比实验

1981 年 4 月 1—4 日 (T = 20—21°C, S = 31.05‰)

项目 组别	药 物	pH	卵子数 (粒)	孵化数 (粒)	孵化率 (%)	幼 体 状 况
第一组	NaHCO ₃ 0.2 克	8.96→8.62	50	28	56	只有两个沉在水底,其他均在中上层,活泼健康趋光性强
第二组	HCl 0.02N 10 ml	8.96→8.64	50	21	42	只有三个沉在水底其他同上。
第三组	对照组	8.96	50	15	30	均在水底,身体粘满污物,刺毛弯曲。

2. 化学纯 NaHCO₃ 价格昂贵,在生产上大量施用不经济,故以医用 NaHCO₃ 进行了三组实验。方法同上。各组加入 1000 ml 宋庄场海水 (pH 8.80) 及 50 粒卵,第一组加医

表 2 利用医用 NaHCO₃ 处理海水进行对虾卵子孵化对比实验

1981 年, 4 月 6—10 日, (T = 20—21°C S = 31.02‰)

项目 组别	药 物	pH	卵子数 (粒)	孵化数 (粒)	孵化率 (%)	幼 体 情 况
第一组	NaHCO ₃	8.80→8.57	50	35	70	上层 25 个,下层 11 个
第二组	NaHCO ₃ EDTA	8.80→8.58	50	36	72	上层 26 个,下层 10 个
第三组	对照组	8.80	50	27	54	上层 15 个,下层 12 个

表 3

NaHCO ₃ 累积用量(克)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6
用药后海水 pH 值	8.82	8.62	8.49	8.42	8.37	8.35	8.33	8.32	8.32
NaHCO ₃ 用量每增加 0.20 克所降低的 pH 值	0	0.20	0.13	0.07	0.05	0.02	0.02	0.01	0

表 4 室外 1 号育苗池第一茬育苗记录 (1981 年 4 月 27 日—5 月 17 日;面积 425m²;水体 595m³)

项目 日期	水温 (°C)		水质		幼体发育 (百万尾)	水色	藻类密度 (千个细胞/ml)	饵料 (百万个)	施肥 (ppm)	NaHCO ₃ (ppm)	添 换 水 (cm)	水位 (cm)	备 注
	6:00	14:00	DO (mg/l)	pH									
4 月 27 日	19		8.80		放亲虾 430 只					29.4		100	加 EDTA 钠盐 2.5ppm
28	18.3		8.75	29.20		微黄	50					100	
29	18.9		8.62	29.20	N ₁₋₂ 30.72	褐色				64.71; 64.71	换水 15	100	
30	19.6	22	8.60 8.63	29.60 8.65	N ₂₋₃ 32.16	同上				35.29	同上 15	100	
5 月 1 日	20	21	9.20 9.70	8.60 8.62	N ₃₋₄ 14.81	微黄				25.53	加水 17; 吸污一次	117	每次吸污 10cm 左右
2	20	19.8	8.50 8.30	8.60 8.65	N ₃₋₅ 17.08	同上			KNO ₃ 0.5 KH ₂ PO ₄ 0.05		加水 10; 同上	127	
3	16	17.5	9.40 8.20	8.64 8.64	N ₄₋₆ 18.84				KNO ₃ 2 KH ₂ PO ₄ 0.2		加水 13	140	
4	16	18	9.60 9.60	8.64 8.63	N ₄₋₇ 21.53	淡褐色	100	通过在池内施肥繁殖 硅藻类, 故未投植物 性饵料。	KNO ₃ 1 KH ₂ PO ₄ 0.1			140	
5	17.2	19.0	9.60 9.80	8.63 8.69	N ₆₋₇ 28.60	同上					换水 10; 吸污一次	140	
6	18	20	8.20 9.40	8.70 8.80	Z ₁ 23.67	浓褐色	>200				换水 20; 15; 20 吸污一次	140	

7	19	21	7.80 8.79 9.00 8.82	30.51	Z ₁₋₂	23.36	淡褐色	10	B _{S-N} 25				同上 30	140
8	19	21.4	7.30 8.81 7.20 8.84	30.51	Z ₁₋₃	21.06	同上		B _{S-N} 21 34; 35; 55			同上 30; 10 吸污一次	138	
9	22	22.5	7.00 8.86 7.20 8.80	31.43	Z ₂₋₃	29.34	同上		B _{S-N} 44 60; 20			吸污一次	138	
10	20.5	21.5	7.40 8.80 7.00 8.79	31.43	Z _{3-M₁}	15.64	同上		B _{S-N} 11.5 30; 41.5; 22	KNO ₃ 0.5 KH ₂ PO ₄ 0.05		换水 20; 10 吸污一次	139	
11	19	20	6.90 8.79 7.80 8.79		Z _{3-M₂}	14.60	同上		B _{S-N} 63; 73; 38			同上 30; 吸污一次	139	
12	18.2	20	7.80 8.80 7.70 8.80	31.67	M ₁₋₃		同上		B _{S-N} 54			同上 40; 吸污一次	138	
13	19	21	6.70 8.81 6.80 8.78		M ₂₋₃	10.95	同上				35.29	同上 40; 吸污一次	139	
14	20	20	6.50 8.74 6.30 8.70		M _{3-PL}	10.10	同上		B _{S-N} 58; 47		35.29	同上 50; 吸污一次	140	
15	19	19	6.60 8.69 6.20 8.65	33.11	P _L	9.66	微褐色		B _{S-N} 65; 50; 70		25.53	换水 60; 同上	140	
16	19	22	6.80 8.74	34.30	P _L	10.71	同上		B _{S-N} 87; 67; 10			换水 70; 同上	140	
17	19		6.90 8.63 6.50	35.73	P _L	7.79			B _{S-N} 50; 70					

注: 5月17日下午出池仔虾 12.648 百万尾, 平均 21,300 尾/m³, 成活率 41%。
12.648 百万尾是仔虾出池时实际数, 育苗期间计数是用 250 ml 广口瓶随机取样计数, 当幼体变为仔虾时, 活动能力增强, 取到的较少, 故与虾苗出池实际数相差较大。

用 NaHCO_3 0.2 克;第二组同第一组,另加 5ppm EDTA 钠盐,第三组为对照组。结果表明(见表 2)医用碳酸氢钠效果也很好。加 EDTA 钠盐的卵子孵化率稍高于未加的,所以在生产性育苗中,亲虾产卵之前各池均加入了 2.5 ppm 的 EDTA 钠盐(见表 4, 5)。

3. 为了找出 NaHCO_3 降低海水 pH 最佳效果时的用量,进行了 NaHCO_3 用量与所降低的 pH 值关系实验。在一烧杯内注入 1000 ml 宋庄场海水,其 pH 值为 8.82, 每次向杯内放 0.2 克 (200 ppm) 的 NaHCO_3 , 待溶解后测海水 pH 值(其结果见表 3)。

将 NaHCO_3 累积用量与用药后的海水 pH 值做回归分析,成曲线回归 ($r = -0.919$; $Y = 8.36X^{-0.017436}$, 见图 1)。通过回归计算得出 NaHCO_3 的 pH 值为 8.305, 与 E. B 阿列克谢也夫斯基^[1]通过 $[H] = \sqrt{K_1K_2}$ 公式算出的 NaHCO_3 的 pH 值 8.30 相差甚微。

由表 3 可以看出, NaHCO_3 累积用量越大,缓冲能力越强,海水 pH 值下降越大。例如 NaHCO_3 累积用量为 0.2 克时, pH 由 8.82 降到 8.62;累积用量为 1.40 克时, pH 值降到 8.32, 但 NaHCO_3 用量每增加 0.2 克与其所降低的 pH 值(如 $8.82 - 8.62 = 0.20$) 随 NaHCO_3 相应累积量的增高而减少 ($r = -0.84$), 如 NaHCO_3 累积用量由 0.2 增加到 0.4 克时,所降低的 pH 值为 0.13, 用量由 1.2 增加到 1.4 时,所降低的 pH 值为 0.01, 相差 10 多倍。

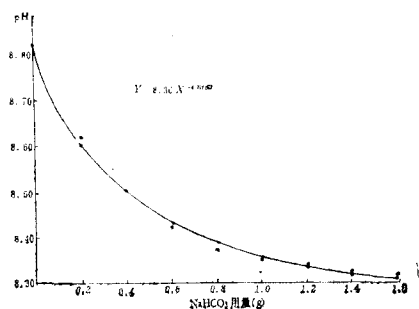


图 1 NaHCO_3 用量与用药后海水 pH 值的回归曲线图。

对虾无节幼体最适宜的 pH 值范围为 7.8—8.6^[4,5]。1980 年我们在宋庄场将海水 pH 控制在 8.65—8.60 (该场蓄水池 pH 值为 8.5, 育苗池水 pH 值达 8.8 以上, 通过换水将其降到 8.65—8.60, 幼体较顺利地变为仔虾) 育出 2426 万尾虾苗^[2]。根据对虾幼体最适宜的 pH 范围及 1980 年育苗经验^[2]和上述回归曲线, 初步确定了医用 NaHCO_3 (苏州前进化工厂出品) 用量以 100 ppm 左右为宜, 可将海水 pH 值由 8.8 降到 8.65 上下, 既满足了

对虾幼体适宜的 pH 值范围, 用药量也比较节省。

二、生产性实验

1. 实验方法

在上述实验的基础上, 4 月 25 日和 26 日分别先用两个较小的室外水泥池 (4 号及 5 号池, 面积均为 220 m²) 进行了中型实验, 结果表明施加适量的医用 NaHCO_3 有利于卵子孵化、幼体变态及藻类繁殖, 对亲虾产卵无不利影响。进而在三个 425 m² 室外水泥池、两个 300 m² 室内水泥池进行了大规模育苗实验。其操作管理见表 4, 表 5。

2. 实验结果

通过使用医用 NaHCO_3 降低海水 pH, 使原不能用于育苗的海水也能成功地育出虾苗。在 3234 m³ 水体中两茬共育出虾苗 94 百万尾。第一茬育出 61 百万尾, 平均单位水体出苗量为 18,900 尾/m³, 其中最高的为 37,200 尾/m³, 平均成活率 37%, 最高为 78%。在第二茬育苗中, 池水盐度较高 (34.04—36.13‰) 部分溞状幼体感染了发光细菌, 造成较大

表 5 室外 3 号池第二茬育苗记录 (1981 年 5 月 20 日—6 月 3 日面积 425 m² 水体 595 m³)

项目 日期	水温		水质		幼体发育 (百万尾)	水色	藻类密度 (千个细胞/ml)	饵料 (百万个)	施肥 (ppm)	NaHCO ₃ (ppm)	换水 (cm)	水位 (cm)	备注
	°C	6:00 14:00	DO (mg/l)	pH									
5月20日	20	23	6.5 6.7	8.86 8.70						70; 35		100	
21	20.5	23	6.4 6.6	8.69 8.67						33		100	加 EDTA 钠盐 2.5 ppm
22			6.4		N ₃₋₅ 21.24					41; 42		106	
23	21		6.5 8.66 8.64		N _{6-Z₁}	淡褐色	100	轮虫 30				125	
24	23	25	6.2 7.0	8.59 8.59	Z ₁₋₂ 31.33	同上		同上 50		33		125	在育苗池内 施肥繁殖硅 藻类,故未投 植物性饵料。
25	23	25	6.4 6.6	8.69 8.69	Z ₁₋₃ 34.47	同上		B _{8-N} 15		25	吸污换水 25	144	
26	24	25.5	6.2 7.4	8.65 8.66	Z ₂₋₃ 27.91	浓褐色	> 200	同上 20; 15	KNO ₃ 0.5 KH ₂ PO ₄ 0.05	34	同上 60	144	
27	25	25.8	5.9 9.7	8.66 7.0	Z _{3-M₁} 36.84	褐色		同上 20		30; 20	同上 70	144	因幼体感染发 光细菌,故进行 大换水。
28	24.1	25.2	6.0 8.4	8.68 8.64	M ₁₋₂ 11.84	同上		同上 20		19	同上 50	155	
29	24.2	24.5	6.1 7.1	8.70 34.04	M ₂₋₃ 7.95	淡褐色		同上 20			同上 30	155	
30	22.8	24	6.3 6.8	8.64 34.83	M _{3-P_L} 8.79	同上		同上 20 50		23; 19	35	160	
31	23	24	5.6 6.6	8.65 35.73	M _{3-P_L} 8.61	同上		同上 30; 30; 25; 40		19	30	160	
6月1日	21.8	24	5.7 5.0	8.62 8.64	P _L 5.59	同上		同上 30; 30; 30		19	30	160	
2	22		6.1	8.59	P _L	同上		同上 50; 50					
3					出池仔虾 10.3497 百万尾								

注: 平均 17400 尾/m³, 成活率 48.7%。N——无节幼体; Z——溞状幼体; M——糠虾幼体; P_L——糠虾幼体; P_L——仔虾; B_{8-N}——卤虫无节幼体。

损失,只育出 33 百万尾仔虾。

育苗实验结果还表明,施加 NaHCO_3 使未经长期浸泡的新建水泥池也能育苗。新建水泥池需经长期浸泡、冲洗,否则水泥中所含的碳酸盐使池水 pH 值升高^[10],无法育苗。室外一号水泥池(595m³)因历年漏水,故在原池内加筑 30 cm 厚的钢筋水泥层,等于是一个新建池,未经很好地浸泡就用于育苗,由于用 NaHCO_3 处理池水防止了 pH 值升高,从而育出仔虾 12.648 百万尾(见表 4),平均 21,300 尾/m³,成活率 41%。

实践证明,医用 NaHCO_3 价格低廉(0.2 元/斤,培育 10×10^3 尾仔虾需药费 0.05 元)、来源广,购买方便,使用安全,是对虾育苗中降低海水 pH 值的较好药物。

三、讨 论

有的文献报道对虾无节幼体对 pH 值的正常适应范围为 7.45—9.00,最适范围为 7.75—8.60;溞状幼体为 7.45—9.05,7.80—8.60;糠虾幼体为 7.25—9.30,7.60—9.00^[5]。通过 1978,1980,1981 年在赣榆县三年育苗生产实践,我们初步认为上述无节幼体和溞状幼体对 pH 值的最适范围是适宜的,但正常适应范围的上限过高,幼体难以适应。如前所述,宋庄场 1978 年对虾育苗池水盐度、溶解氧、温度等理化环境均在幼体适宜范围之内,但因 pH 过高(9.0 左右)无节幼体几乎全部死亡。下口场无节幼体也未幸免,致使育苗失败。1980 年育苗池水 pH 值达到 8.8 以上,池内无节幼体正像本文表 3 对照组的幼体一样,身体粘满污物,刺毛弯曲,均在水底,濒于死亡。通过换水使 pH 值降到 8.65—8.60,幼体较顺利地变态为仔虾。从而表明海水 pH 值达到 9.0 时,无节幼体很难变态。

通过 1981 年育苗,我们感到文献[5]所报道的糠虾幼体对 pH 值正常适应范围上限 9.30,最适范围上限 9.00 都有些过高。我们在宋庄场第一茬育苗期间由于在溞状幼体及糠虾幼体期中断施加 NaHCO_3 ,池水 pH 值又升到 8.8 以上,糠虾 III 期幼体不能蜕皮变态,致使最先育苗的两个池(4,5 号池)糠虾 III 期幼体大批死亡。其他池虽未出现大量死亡,但迟迟不能变态,尽管加大换水量、投饵量、充气量、吸污量都无济于事。经初步分析认为,糠虾幼体在短时间内或不蜕皮时或许可能适应 pH 9.0,但当其蜕皮时,池水 pH 值高于 8.8,超过其适应范围,影响了发育变态。故重新施加 NaHCO_3 将 pH 值降到 8.65 上下,次日晨糠虾 III 期幼体大量地蜕皮变态为仔虾(见表 4)。因而在第二茬育苗中始终不断施加 NaHCO_3 (见表 5)改善水质,保证了各期幼体顺利变态。为此我们认为糠虾幼体对 pH 值的适应范围以不影响它们发育变态为度。pH 值上限以 8.8 左右为宜。

参 考 文 献

- [1] E. B. 阿列克谢也夫斯基, P. K. 郭尔兹, A. K. 穆萨全, 1956. 定量分析(中册)。高等教育出版社, 308 页。
- [2] 中国科学院海洋研究所虾类实验生态组, 1982. 对虾工厂化育苗技术的初步研究。海洋科学 6: 1—3。
- [3] 上海水产学院、山东海洋学院, 1961. 水生生物学。农业出版社, 127—133 页。
- [4] 厦门水产学院养殖系虾蟹组, 1978 年。对虾。农业出版社, 48—49 页。
- [5] 黄海水产研究所养殖室对虾组, 1979. 人工养殖对虾。科学出版社, 36—37 页。
- [6] 陈国珍, 1965. 海水分析化学。科学出版社, 77—79 页。
- [7] Carol, E. B., T. David & S. Stephen, 1981. pH maintenance in closed seawater culture systems: Limitations of calcareous filtrants. *Aquaculture* 23(1—4): 211—217.
- [8] Hirayama, K., 1974. Water control by filtration in closed culture systems. *ibid.* 4(4): 369—385.
- [9] Morel, R., R. E. Meduff & J. J. Morgan, 1979. Theory of interaction intensities, buffer capaci-

- ties and pH stability in aqueous systems, with application to the pH of sea water and a heterogeneous model system. *Mar. Chem.* 4: 1—28.
- [10] Fredrick W. Wheaton, 1977, *Aquaculture Engineering*. A wiley-interscience publication. John wiley & sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto. pp. 437—439.

ON THE USE OF NaHCO_3 IN BUFFERING SEA WATER IN REARING THE POST LARVAE OF *PENAEUS ORIENTALIS**

Zhang Naiyu

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao*)

and

Sun Guizhi

(*Ganyu County Laminaria Sporeling Culture Station*)

ABSTRACT

The pH value of the sea water is an important parameter of sea water quality. In the artificial rearing of shrimp larvae, it is important to take into consideration the pH of the sea water which often decides its failure or success. In some places too high pH value (around 9.0) of the sea water leads to the failure in rearing shrimp post larvae. In order to solve this problem, we used NaHCO_3 to buffer the pH of sea water. Good results were obtained by the use of 100 ppm NaHCO_3 which effectively reduces the pH value (from 8.8 to 8.6). In a volume of 3234m^3 of sea water buffered with NaHCO_3 , 94 millions shrimp post larvae were obtained.

The pH value of NaHCO_3 solution is 8.3. The relation between the pH value and the amount of NaHCO_3 needed to effect a reduction of pH is expressed by the non-linear regression ($r = -0.919$; $Y = 8.36X^{-0.017436}$).

The water in newly built concrete rearing tanks, because of high pH, has to immerse for a long period before it can be used for larvae rearing, its utilization may be speeded up by adding suitable quantity of NaHCO_3 to lower the pH of water.

* Contribution No. 951 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.