

乳山湾菲律宾蛤仔可溶性氮、磷排泄及其与温度的关系

蒋红^{1,2}, 崔毅², 陈碧鹃², 陈聚法², 辛福言², 马绍赛²

(1. 中国海洋大学环境科学与工程学院, 山东青岛266003; 2. 农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室, 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东青岛266071)

摘要: 菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)取自乳山湾东流区金港养殖区, 其壳长范围为2.86~3.21 cm。实验结果表明, 温度为20℃时, 菲律宾蛤仔氮的排泄率最大($11.381 \mu\text{g}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ind}^{-1}$), 是其他温度组(10℃、15℃、25℃、30℃)的2~8倍。菲律宾蛤仔代谢产物中 NH_4^+-N 占总无机氮的88%~91%, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 占总无机氮的比例很小, 分别为5.74%~7.89%和2.11%~4.01%, 表明菲律宾蛤仔是排氮动物, 氮的代谢终产物主要为氨。磷的排泄随温度的变化不是很明显, 排泄的磷中DOP的量明显小于DIP, 总体趋势是随温度的升高略有增高, 其中TDP和DIP变化幅度完全一致, DOP变幅相对较小, 但上述3种形态P的水平随温度变化与N相比要小得多。通过实验分析表明, 20℃时菲律宾蛤仔氮的排泄率最高。[中国水产科学, 2006, 13(2): 237~242]

关键词: 乳山湾; 菲律宾蛤仔; 氮、磷排泄; 温度

中图分类号: Q959.215 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8737-(2006)02-0237-06

海洋无脊椎动物N、P排泄对于海洋营养盐循环非常重要^[1]。双壳贝类系滤水能力很强的滤食性动物, 在沿岸生态系统中的能量流动和物质循环中起重要作用, 特别是在高密度大规模的沿岸贝类养殖海区, 双壳贝类的养殖可能对海区的生态动力学产生较大的影响。双壳类贝类N、P排泄对浮游植物生产具有重要意义, 特别是再循环无机形态的 $\text{N}(\text{NH}_4^+ - \text{N})$ 和 $\text{P}(\text{PO}_4^{3-} - \text{P})$ 对浮游植物生产的作用更加突出^[2]。Kautsky等^[3]通过对贻贝营养盐排泄的测定表明, 在瑞典Askø海区每年再生339 t无机氮和104 t无机磷, 这已超过底栖藻类的需求, 而且多余的氮和磷可以提供浮游藻类每年所需要的氮和磷的6%和17%。在自然海区中, 各种自然因素(如浮游植物的大量繁殖、海底沉积物的再悬浮作用等)以及人为因素(如人工养殖、海洋污染等)都会对海水中浮游生物量产生影响, 而浮游生物的变化直接影响到滤食性贝类的摄食、代谢等生理活动^[4]。

尽管对双壳贝类的N、P排泄已有一些报道, 但所研究的种类主要集中在贻贝^[5], 而对于中国广泛养殖的菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)、扇贝和牡蛎等的排泄研究较少。菲律宾蛤仔是一种分

布较广的滩涂贝类, 自然群体一般栖息于渤海、黄海、东海的潮间带中潮区至10 m水深的泥沙区域, 是中国北方海区滩涂的主要养殖经济贝类, 虽然关于它的繁殖生物学、生态学等规律已进行了深入的研究^[6], 但关于菲律宾蛤仔的氮、磷排泄研究很少。贝类像其他水生生物一样, 其含N排泄物主要包括氨、尿素、尿酸、氨基酸, 其中以氨所占比例最高, 占总排泄物的70%以上^[5,7]。本实验设计不同温度梯度对菲律宾蛤仔氮、磷排泄的变化进行研究, 以期了解其代谢规律, 为进一步研究贝类在海洋氮磷再循环过程中的作用提供依据。

乳山湾位于山东半岛南部, 为一构造成因的潮沙汉道型海湾, 自然形成东西两汉。乳山湾滩涂广阔, 平均水深仅3.5 m, 沿岸海水养殖业十分发达, 尤其是东汉区, 对虾养殖、菲律宾蛤仔、牡蛎及缢蛏等滩涂贝类养殖面积较大且比较集中, 形成非常重要的产业, 是山东省重要的贝类养殖基地之一。近年来由于对该海区的过度开发, 贝类的养殖数量已超过其养殖容量, 长期高密度养殖的贝类通过大量的滤水、摄食、排泄等生理活动, 对沿岸养殖生态系统中能量流动和物质循环产生一定影响。同样, 贝

收稿日期: 2005-06-09; 修订日期: 2005-10-19。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40376037); 山东省科技攻关计划资助项目(012110116)。

作者简介: 蒋红(1981-), 女, 硕士研究生, 研究方向为海洋环境与生态学。

通讯作者: 崔毅, E-mail: cui@ysfri.ac.cn

类养殖也面临着病害不断、死亡现象突出的威胁。因此,有必要系统地开展包括 N、P 排泄在内的贝类生理生态学研究,研究其 N、P 排泄规律,以揭示贝类养殖与环境之间的关系,为乳山湾滩涂贝类养殖的健康、可持续发展提供基础数据和科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

实验用菲律宾蛤仔于 2003 年 6 月取自乳山湾东流区金港养殖区,现场平均水温为 18.75℃。菲律宾蛤仔取出后,立即在现场用海水冲洗干净,装入塑料袋中后扎紧袋口,使菲律宾蛤仔在塑料袋中不

能张壳。1 h 内运回实验室,快速挑选大小规格均匀的个体立即进行温度影响实验。菲律宾蛤仔生物学数据见表 1。由于本实验目的是为了模拟乳山湾菲律宾蛤仔的实际排泄情况,因此不进行驯化,使之生长环境与乳山湾实际情况相符。

1.2 温度的控制

在菲律宾蛤仔运回实验室前,预先将实验用水加热或放置冰袋调节至所需温度,室温用空调控制在 20℃ 左右,然后将每组实验箱分别放入恒温水槽中,水温采用 WM2K-01 型控温仪控温,10~15℃ 实验组采用冰袋调节恒温水槽水温,定时观测水温,使实验水温均保持在设计温度 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

表 1 菲律宾蛤仔生物学数据($n=20$)

Tab.1 Biologic data of *R. philippinarum* ($n=20$)

温度/ $^\circ\text{C}$ Temperature	10	15	20	25	30
平均鲜肉重/ $(\text{g}\cdot\text{ind}^{-1})$ Average soft body weight (FW)	1.44 ± 0.10	1.39 ± 0.03	1.43 ± 0.25	1.76 ± 0.09	1.30 ± 0.15
平均干肉重/ $(\text{g}\cdot\text{ind}^{-1})$ Average soft body weight (DW)	0.32 ± 0.01	0.30 ± 0.04	0.32 ± 0.04	0.28 ± 0.02	0.31 ± 0.01

1.3 实验设计

实验在体积为 15 L 的塑料箱中进行,每个塑料箱中加入经脱脂棉过滤的海水 10 L,实验共设置 10℃、15℃、20℃、25℃、30℃ 等 5 个温度组,每个实验组放置菲律宾蛤仔 20 只,设 3 个平行组和 1 个对照组(不放菲律宾蛤仔),2 天后重复进行实验 1 次。

实验于实验室暗处进行,温度控制在设定温度的 $\pm 1^\circ\text{C}$,实验持续 4 h 后,取出实验生物,并取水样进行氨氮(NH_4^+-N)、亚硝酸盐(NO_2^--N)、硝酸盐(NO_3^--N)、总溶解态氮(TDN)、活性磷酸盐($\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$)、总溶解磷(TDP)的测定。根据实验组水体与对照组水体中各种成分的浓度差值计算实验生物 N、P 的排泄率。

1.4 分析方法

NH_4^+-N 采用次溴酸钠氧化法测定^[8]; NO_2^--N 采用萘乙二胺分光光度法测定^[8]; NO_3^--N 采用锌镉还原法测定^[9]; 总溶解态氮(TDN)采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法测定^[10]; 活性磷酸盐(DIP)采用钼蓝分光光度法测定^[8]; 总溶解态磷(TDP)采用钼酸铵分光光度法测定^[11]; 溶解有机磷(DOP)为 TDP 与 DIP 的差值。

1.5 数据分析

数据以平均值 $\pm$ 标准差($\bar{X}\pm\text{SD}$)表示,实验结果利用 SPSS 统计软件进行数据处理。对数据作单因素方差分析(ANOVA)和 t 检验法统计分析^[12]。

2 结果

2.1 温度对菲律宾蛤仔 N 排泄的影响

不同温度对菲律宾蛤仔 N 排泄的影响见表 2。结果表明,不同温度下菲律宾蛤仔排泄各种形态氮的速率不同,菲律宾蛤仔 N 的排泄率随着温度的升高有上升趋势,当水温达 20℃ 时各种形态的 N 排泄率达最大,其中在 20℃ 时 NH_4^+-N 的排泄率最高,为 $(8.15\pm 0.602)\mu\text{g}/(\text{h}\cdot\text{ind})$,15℃ 时排 NH_4^+-N 率最低,为 $(0.98\pm 0.62)\mu\text{g}/(\text{h}\cdot\text{ind})$,随着温度的继续升高,排 N 率呈迅速下降趋势,除 NO_2^--N 在 25℃ 下的排泄率比 20℃ 下的排泄率约 20% 外,其他形态 N 的排泄率,在 25℃ 下的排泄率均比 20℃ 下的排泄率降低 50% 以上(表 2)。这可能与低温时新陈代谢慢而温度较高时新陈代谢处于不正常状态有关。

经 t 检验,温度对菲律宾蛤仔 NH_4^+-N 、DIN、TDN 排泄率的影响均达极显著水平($P<0.01$),对

NO_3^- -N 排泄率的影响只有 10 ℃ 与 15 ℃ 以及 25 ℃ 与 30 ℃ 之间的差异不显著 ($P>0.05$), 而对 NO_2^- -N 排泄率的影响只有 20 ℃ 与 30 ℃ 之间的差异不显著, 其余各组之间的差异都达到极显著的水平(表3)。

表 2 温度对菲律宾蛤仔 N 排泄率的影响 ($n=20$)Tab.2 Temperature effects on N excretion rates of *R. philippinarum* ($n=20$) $\bar{X} \pm \text{SD}; \text{g}/(\text{h} \cdot \text{ind})$

温度/℃ Temperature	NH_4^+ -N	NO_3^- -N	NO_2^- -N	DIN	TDN
10	1.31 ± 0.05	0.083 ± 0.011	0.054 ± 0.012	1.447 ± 0.054	2.012 ± 0.126
15	0.98 ± 0.03	0.068 ± 0.007	0.031 ± 0.004	1.079 ± 0.028	1.386 ± 0.020
20	8.15 ± 0.13	0.651 ± 0.036	0.190 ± 0.004	8.991 ± 0.151	11.381 ± 0.166
25	3.36 ± 0.08	0.301 ± 0.043	0.153 ± 0.005	3.814 ± 0.099	5.321 ± 0.090
30	4.26 ± 0.08	0.282 ± 0.058	0.179 ± 0.005	4.721 ± 0.086	5.735 ± 0.184

表 3 温度对菲律宾蛤仔氮排泄率影响的方差分析

Tab.3 AVONA of temperature effects on N excretion rates of *R. philippinarum*

项目 Item	差异源 Source of variation	离差平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	F	P
NH_4^+ -N	组间 Between groups	199.799	4	49.950	7474.411	<0.01
	组内 Within groups	0.167	25	0.007		
	总计 Total	199.966	29			
NO_3^- -N	组间 Between groups	1.330	4	0.333	249.283	<0.01
	组内 Within groups	0.033	25	0.001		
	总计 Total	1.364	29			
NO_2^- -N	组间 Between groups	0.130	4	0.033	670.108	<0.01
	组内 Within groups	0.001	25	0.000		
	总计 Total	0.132	29			
DIN	组间 Between groups	243.954	4	60.988	7006.863	<0.01
	组内 Within groups	0.218	25	0.009		
	总计 Total	244.171	29			
TDN	组间 Between groups	379.609	4	94.902	5540.727	<0.01
	组内 Within groups	0.428	25	0.017		
	总计 Total	380.037	29			

排泄各种形态的 N 所占的百分比如表 4 所示, 菲律宾蛤仔在不同温度下 N 的排泄, 以排泄无机氮为主, DIN 占 TDN 的比例均在 70% 以上, 而所排泄的无机氮中又以 NH_4^+ -N 排泄占较大比例, NH_4^+ -N/DIN 比值在 88% 以上, NO_3^- -N 和 NO_2^- -N 排泄率很小, 平均排泄速率为 $0.277 \mu\text{g}/(\text{h} \cdot \text{ind})$ 和 $0.121 \mu\text{g}/(\text{h} \cdot \text{ind})$ 。在实验条件下菲律宾蛤仔排泄的 NH_4^+ -N 占总无机氮的 88.10%~90.82% (质量比), NO_3^- -N、 NO_2^- -N 分别占总溶解无机氮的 5.74%~7.89% 和 2.11%~4.01% (质量比), 而 DIN 则占 TDN 的 71.68%~82.32%。这进一步表明海水双壳贝类是排氮动物, 氮的代谢终极产物主要为氨^[13-14]。

表 4 不同形态 N 在菲律宾蛤仔排泄中所占百分比

Tab.4 Ratios of different forms of nitrogen to DIN or TDN %

温度/℃ Temperature	NH_4^+ -N /DIN	NO_3^- -N /DIN	NO_2^- -N /DIN	DIN/TDN
10	90.53	5.74	3.73	71.92
15	90.82	6.30	2.87	77.85
20	90.65	7.24	2.11	79.00
25	88.10	7.89	4.01	71.68
30	90.24	5.97	3.79	82.32

2.2 温度对菲律宾蛤仔P排泄的影响

实验结果表明,不同温度下菲律宾蛤仔P的排泄率变化不大,DIP的排泄率为 $0.633\sim 0.934\ \mu\text{g}/(\text{h}\cdot\text{ind})$,平均值为 $0.7162\ \mu\text{g}/(\text{h}\cdot\text{ind})$ 。TDP的排泄率为 $0.846\sim 1.258\ \mu\text{g}/(\text{h}\cdot\text{ind})$,平均值为 $0.990\ \mu\text{g}/(\text{h}\cdot\text{ind})$ (表5)。经 t 检验,温度对菲律宾蛤仔DIP排泄率的影响仅 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 组与其他4个温度梯度组分别比较出现极显著差异($P<0.01$),其余4个温度梯度组之间的差异则不显著($P>0.05$);对DIP排

泄率的影响只有 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 与 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间的差异不显著,其余各组之间的差异都达到极显著的水平($P<0.01$);温度对DOP排泄率的影响则不显著(表6)。

总体来看,菲律宾蛤仔P的排泄率随着温度的升高呈上升趋势, $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 实验组P排泄率达最高,DIP和TDP的排泄率分别为 $0.9341\ \mu\text{g}/(\text{h}\cdot\text{ind})$ 和 $1.258\ \mu\text{g}/(\text{h}\cdot\text{ind})$ 。其中TDP和DIP变化幅度完全一致,DOP变幅相对较小,但上述3种形态P随温度变化与N相比要小得多(表5)。

表5 温度对菲律宾蛤仔P排泄的影响($n=20$)

Tab.5 Temperature effects on P excretion rates of *R. philippinarum* ($n=20$)

$\bar{X}\pm\text{SD}$

温度/ $^{\circ}\text{C}$ Temperature	DIP/ $\mu\text{g}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ind}^{-1}$	TDP/ $\mu\text{g}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ind}^{-1}$	DOP/ $\mu\text{g}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ind}^{-1}$	DIP/TDP	DOP/TDP
10	0.639 ± 0.044	0.863 ± 0.016	0.224 ± 0.042	0.74	0.26
15	0.630 ± 0.063	0.846 ± 0.011	0.216 ± 0.062	0.74	0.26
20	0.745 ± 0.072	1.039 ± 0.064	0.294 ± 0.093	0.72	0.28
25	0.633 ± 0.068	0.941 ± 0.007	0.308 ± 0.070	0.67	0.33
30	0.934 ± 0.066	1.258 ± 0.047	0.324 ± 0.104	0.74	0.26

表6 温度对菲律宾蛤仔磷排泄率影响的方差分析

Tab.6 ANOVA of temperature effects on P excretion rates of *Rud. philippinarum*

项目 Item	差异源 Source of variation	离差平方和 Sum of Squares	自由度 df	均方 Mean square	F	P
DIP	组间 Between groups	0.410	4	0.103	25.453	<0.01
	组内 Within groups	0.101	25	0.004		
	总计 Total	0.511	29			
TDP	组间 Between groups	0.681	4	0.170	124.837	<0.01
	组内 Within groups	0.034	25	0.001		
	总计 Total	0.715	29			
DOP	组间 Between groups	0.060	4	0.015	2.484	>0.05
	组内 Within groups	0.150	25	0.006		
	总计 Total	0.209	29			

3 讨论

为了解和掌握乳山湾菲律宾蛤仔氮、磷的排泄情况,本实验研究采用周毅等^[15]的方法进行,主要目的是根据菲律宾蛤仔在乳山湾的摄食情况进行现场模拟实验,研究乳山湾菲律宾蛤仔氮磷排泄及其生态效应。

3.1 温度与菲律宾蛤仔N、P排泄的关系

有关温度对菲律宾蛤仔氮排泄的影响结果表明, $16\sim 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 是菲律宾蛤仔生长的最适温度,也是其生理活动最活跃的时期^[16],在 $8\sim 17\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度范围

内,氮氮的排泄率均随着水温的升高而增加;在 $9\sim 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度范围内菲律宾蛤仔滤食率、清滤率、吸收率均随温度的升高而增大;在 $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 达到最大值;当温度达到 $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,滤食率、清滤率、吸收率均有所下降。日本学者在实验中发现,当温度为 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时菲律宾蛤仔的纤毛摆动频率最高,滤食率最大^[10]。由于蛋白质代谢的终极产物是以氮排泄物的形式排出,蛋白质的代谢强度也将随着温度的升高而加强^[17-18]。本研究结果也表明,乳山湾菲律宾蛤仔在 $10\sim 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时氮氮排泄率很小,但当温度升到 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,氮氮排泄率迅速增加;温度继续升高到 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$

甚至 30℃ 时,菲律宾蛤仔的氮氮排泄率均迅速下降,说明水温 20℃ 左右是菲律宾蛤仔的最佳生长温度。一般来讲,贝类氮的排泄物包括氨、尿素、氨基酸等,而 NH_4^+-N 所占比例最大,可以达到 70% 以上,其余部分的含量因种类而不同,在贝类氮的排泄物中 NO_3^--N 、 NO_2^--N 所占的比例一般很小甚至检测不到^[15,19~20]。Cockcroft^[2]调查了两种冲浪区贻贝氮的排泄,其中 NH_4^+-N 所占总溶解氮的比例为 70%~78%,而 NO_3^--N 仅占总溶解氮 1% 以下,未检测到 NO_2^--N 。另外,Nakamura 等^[21]报道,在中等盐度潟湖 Shinji 中,*Corbicula japonica* 在 27℃ 下排氮速率为 $200 \times 10^{-6} \text{ g N}/(\text{g} \cdot \text{h})$,但不排泄 NO_3^--N 和 NO_2^--N 。目前对双壳贝类氮排泄以及能量收支的研究一般只考虑氮的排泄。本研究测定的乳山湾菲律宾蛤仔氮的排泄中,氮在无机氮中占很大的比例($\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{DIN}$ 比值在 88% 以上),同时也检出了 NO_3^--N 、 NO_2^--N ,但所占比例远低于氮,与文献报道的相一致。

本研究测定的乳山湾菲律宾蛤仔总磷的平均排泄率为 $0.990 \mu\text{g}/(\text{h} \cdot \text{ind})$,与文献报道的相一致^[7]。有关对磷的研究结果表明^[15],双壳贝类的磷排泄中,DOP 占 TDP 的 15%~27%。Atkinson 等^[22]观察到底栖无脊椎动物(包括双壳贝类)磷的排泄中,DOP 占 TDP 的 29%。本研究结果表明,温度对乳山湾的菲律宾蛤仔磷排泄率影响的趋势,随着温度的升高 DIP 和 DOP 的排泄率增大,其中无机磷在菲律宾蛤仔排泄的 TDP 中占主要部分,为 67%~74%,DOP/TDP 比值在 26%~33%,排泄 DIP 的量均是 DOP 的 2~3 倍。说明菲律宾蛤仔 P 排泄中,无机磷为主要排泄成分,与有关的研究结果基本一致^[5,7]。

3.2 乳山湾菲律宾蛤仔 N、P 排泄的生态效应

排泄是动物进行能量代谢的基本生理活动之一,它不仅反映了动物的生理状态,也反映了环境条件的影响。海洋无脊椎动物 N、P 排泄在海洋营养盐循环中起着重要的作用。像其他水生动物一样,贝类排泄物的成分很复杂,主要包括溶解态的氮和磷,其中 NH_4^+-N 占 70% 以上,并且氮和无机磷为浮游植物的重要营养物质,在研究贝藻间相互作用中具有重要的意义。Kautsky 等^[3]的研究表明,贻贝氮、磷的排泄,在瑞典 Askø 海区每年能再生 339 t 的氮和 104 t 无机磷,为底栖藻类和浮游藻类提供

生长所需的营养盐类。

如果以本实验所测定的数据计算,1 只菲律宾蛤仔 1 天大约可排泄 NH_4^+-N 86.69 μg 、DIN 96.25 μg 、TDN 121 μg 、DIP 17.19 μg 、TDP 23.75 μg ,1 年大约排泄的 NH_4^+-N 为 31 641 μg 、DIN 为 35 131 μg 、TDN 为 45 263 μg 、DIP 为 6 274 μg 、TDP 为 8 669 μg 。按乳山湾菲律宾蛤仔的养殖面积 400 hm^2 左右,产量 30 t/hm^2 (平均体质量为 4.88 g)计算,每年约排放 NH_4^+-N 77.7 t、DIN 86.3 t、TDN 111.6 t、DIP 15 t、TDP 21 t。由此可见,高密度大面积菲律宾蛤仔养殖对乳山湾生态系统营养盐循环的影响是显著的,特别是对于封闭性较强的乳山湾,水交换能力差,对环境中的营养盐类的含量会造成一定的影响,极易造成局部海域富营养化。因此应合理规划养殖规模、养殖密度,维护渔业生产的可持续发展。

参考文献:

- [1] Smaal A C, Virck A P M A. Seasonal variation in C, N and P budgets and tissue composition of the mussel *Mytilus edulis*[J]. Mar Ecol Prog Ser, 1997, 153: 167-179.
- [2] Cockcroft A C. Nitrogen excretion by the surf zone bivalves *Donax serra* and *D. sordidulus*[J]. Mar Ecol Prog Ser, 1990, 60: 57-65.
- [3] Kautsky N, Wallentinus. Nutrient release from a Baltic *Mytilus* algal community and its role in benthic and pelagic productivity[J]. Ophelia, 1980, 1(Suppl): 17-30.
- [4] 王海艳,薛钦超,李 军. 饲料浓度对菲律宾蛤仔呼吸和排泄的影响[J]. 海洋科学, 2001, 25(4): 37-40.
- [5] 周 毅,杨红生,张福绥. 海水双壳贝类的 N、P 排泄及其生态效应[J]. 中国水产科学, 2003, 10(2): 165-168.
- [6] 王如才. 海水贝类养殖学[M]. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1992. 302-316.
- [7] 姜祖辉,王 俊. 菲律宾蛤仔氮、磷代谢的初步研究[J]. 青岛大学学报, 1999, 12(2): 68-76.
- [8] GB17378.4-1998, 海水分析[S].
- [9] GB/T12763.4-1991, 海水化学要素观测[S].
- [10] GB/T11894-1989, 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法[S].
- [11] GB/T11893-1989, 钼酸铵分光光度法[S].
- [12] 余建英,何旭宏. 数据统计分析与 SPSS 应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004. 130-138.
- [13] 杨红生,张 涛,王 萍,等. 温度对墨西哥扇贝耗氧率及排泄率的影响[J]. 海洋学报, 1998, 20(4): 91-97.
- [14] 王 芳,董双林,张 颖,等. 海湾扇贝(*Argopecten irradians*)和太平洋牡蛎(*Crassostrea gigas*)呼吸和排泄的研究[J]. 青岛海洋大学学报, 1998, 28(2): 233-238.
- [15] 周 毅,杨红生,何以朝,等. 四十里湾几种双壳贝类及污损动物的氮、磷排泄及其生态效应[J]. 海洋与湖沼, 2002, 33

- (4): 424-431.
- [16] 董波, 薛钦昭, 李军. 温度对菲律宾蛤仔摄食率、滤速率和吸收率的影响[J]. 海洋水产研究, 2000, 21(1): 37-41.
- [17] 张兆琪, 张美昭, 李吉清, 等. 牙鲆鱼耗氧率、氮排泄率与体重及温度的关系[J]. 青岛海洋大学学报, 1997, 27(4): 483-490.
- [18] 崔奕波. 鱼类生物能量学的理论和方法[J]. 水生生物学报, 1989, 13(4): 369-383.
- [19] 张继红, 方建光, 金显仕, 等. 低温对菲律宾蛤仔能量收支的影响[J]. 水产学报, 2002, 26(5): 423-427.
- [20] Aldridge D W, Payne B S, Miller A C. Oxygen consumption, nitrogenous excretion and filtration rate of *Dreissena polymorpha* at acclimation temperature between 20 and 32°C [J]. Can J Fish Aquat Sci, 1995, 52: 1761-1767.
- [21] Nakamura M, Yamamoto M, Ishikawa M, et al. Role of the bivalve *Corbicula japonica* in the nitrogen cycle in a mesohaline lagoon [J]. Mar Biol, 1988, 99: 369-374.
- [22] Atkinson M, Smith S V. C:N:P ratios of benthic marine plants [J]. Limnol Oceanogr, 1983, 28: 568-574.

Excretions of dissolved nitrogen and phosphorus in *Ruditapes philippinarum* at different water temperatures in the Rushan Bay

JIANG Hong^{1,2}, CUI Yi², CHEN Bi-juan², CHEN Ju-fa², XIN Fu-yan², MA Shao-sai²

(1. College of Environmental Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2. Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resources, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China)

Abstract: Nitrogen and phosphorus excretions of marine invertebrate are important to marine nutrient cycle. Bivalve belongs to filtering animals, having strong filter ability and playing an important role in energy transfer and matter cycle in coastal ecosystem, especially in the high density and large dimensions costal seashells culture area, because culture areas have been overexploited and the culture number of seashells culture has surpassed the carrying capacity. Besides, through the physiological activities such as filtering, feeding and excretion, long term of culture and high density of clams make negative effects on the coastal ecosystem, of which N and P excretions, especially the recycles of $N(NH_4^+-N)$ and $P(PO_4^{3-}-P)$ excretions by sea bivalves have great effects on the phytoplankton yields.

In this experiment, the impacts of high density bivalve culture on the environment were studied and this experiment could provide basic data and scientific information to the healthy and sustainable development and biological recovery of aged seabeach for the seashell culture of the Rushan Bay. Nitrogen and phosphorus excretion by *Ruditapes philippinarum* in the Rushan Bay were studied under different temperature conditions (10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C), the results showed the nitrogen excretion was especially high at 20 °C (11.381 $\mu g/(h \cdot ind)$), which was 2-8 times as much as those in other different conditions. NH_4^+-N excretion accounted for 88% - 91% of TIN excretion. NO_3^--N and NO_2^--N were also examined but their proportions of TIN were very small, which were 5.74% - 7.89% and 2.11% - 4.01%, respectively. This indicated that bivalve ultimate metabolism substance is mainly ammonia. The phosphorus excretion had no evident change with temperature's change. The phosphorus excretion increased a little with the temperature increasing and DOP excretion rate was lower than DIP's. According to the result analysis, we found when the water temperature was 20 °C the nitrogen excretion rates of *Ruditapes philippinarum* were the highest. It was also improved that the most appropriate temperature for *Ruditapes philippinarum* was about 20 °C. [Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(2): 237-242]

Key words: Rushan Bay; *Ruditapes philippinarum*; nitrogen and phosphorus excretion; water temperature

Corresponding author: CUI Yi. E-mail: cui@ysfri.ac.cn