

# 合浦珠母贝代谢产物对异枝麒麟菜生长的促进作用\*

吴汪黔生 高洪峰<sup>†</sup> 丁美丽<sup>†</sup> 谢玉坎<sup>††</sup>

张 偲<sup>††</sup> 钱培元 吴超元<sup>†</sup>

(香港科技大学生物系, 香港)

<sup>†</sup>(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

<sup>††</sup>(中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301)

**提要** 于1995年4月间在海南省三亚市、陵水县分别采集合浦珠母贝和异枝麒麟菜并进行混养实验,测定贝释放的三氮(NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N)以及藻类对贝释放的三氮的吸收及其生长,以期探讨合浦珠母贝代谢产物促进异枝麒麟菜生长的原因。结果表明,贝释放物中以NH<sub>4</sub>-N为主,NO<sub>3</sub>-N次之,NO<sub>2</sub>-N含量较少;藻对三氮的吸收亦依此顺序递减。实验组藻体的生长速率明显高于对照组的,在模拟实验组中,通过加入无机氮使水体中NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N浓度与实验组贝释放后的浓度相同,藻体生长速率接近实验组的。本结果直接证明了贝释放的三氮是促进藻体快速生长的主要原因。另一方面,藻类吸收了贝类代谢产物,也优化了养殖区的生态环境。

**关键词** 合浦珠母贝 异枝麒麟菜 代谢产物 促进生长

异枝麒麟菜生长速度快、产量高。1985年中国科学院海洋研究所从菲律宾引进了这一良种,并进行了人工养殖技术的研究(吴超元等,1988)。合浦珠母贝是热带海域养殖的一种经济贝类,可生产优质珍珠。但在培育过程中,常因密度过大,某些代谢产物浓度过高,影响其正常生长,甚至导致病害的发生。近十几年来,探讨合理的动植物混养技术日益受到重视。目前海洋动植物混养研究仍处于初始阶段,缺乏对原因和机制方面的研究。根据Li Rui等(1990),施用NH<sub>4</sub>-N可以促进异枝麒麟菜的生长而贝类养殖区总氮含量又常常是较高的研究结果,作者研究了合浦珠母贝的代谢产物及其同异枝麒麟菜的生长关系,以及合浦珠母贝所以促进异枝麒麟菜生长的原因,以便为合理的藻贝混养和人工养殖区生态系的优化提供理论依据。

## 1 材料和方法

\*国家自然科学基金资助项目, 3927014号。吴汪黔生,女,出生于1942年5月,教授。

刘海航、张京浦协助整理资料,谨此一并志谢。

收稿日期:1995年10月20日,接受日期:1997年3月5日。

## 1.1 材料

合浦珠母贝 (*Pinctada martensi*) 于 1995 年 4 月采自海南省三亚市鹿回头中国科学院海南热带海洋生物实验站。在同一时间从海南岛陵水县黎安镇人工养殖场采集了异枝麒麟菜 (*Kappaphycus alvarezii*)。

## 1.2 实验方法

共进行了二次实验。第一次实验,选择 80 个健康生长的合浦珠母贝(壳高 3—4cm),放入盛 20L 海水的玻璃缸中,通气培养 6h;取出贝,测定缸内海水中  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  和  $\text{NO}_2\text{-N}$  含量,扣除预先测定的海水本底,计算贝的三氮释放量。然后放入 4 株异枝麒麟菜,每株重 50g,吸收 1h。取出藻,4 株一组吊于一个圆笼内,放回海上吊养,并定期测量藻体生长情况。同时测定吸收后实验海水中三氮的浓度,计算藻对三氮的吸收量。对照组中不放贝,直接把藻放在 20L 海水中吸收 1h,每隔 2d 重复吸收一次。本实验有三组重复,即用贝  $3 \times 80$  个,用藻  $3 \times (4 \times 50\text{g})$ ,1995 年 4 月 8—20 日进行。同时进行一次重复实验。

第二次实验,在第一次实验基础上进行,除重复第一次实验内容外,另加了模拟实验组。模拟实验组中不放贝,但加入  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NaNO}_3$  和  $\text{NaNO}_2$ , 以使海水中  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  和  $\text{NO}_2\text{-N}$  浓度分别与实验组贝的释放量相同,然后放入藻,吸收 1h,计算藻体对三氮的吸收量。之后,放海面培养。每隔 2d 重复吸收一次,全过程 13d,其中第 7 天和第 13 天测量藻体的重量,计算藻的平均日生长率。实验于 1995 年 4 月 10—22 日进行。在实验进行的同时,做一次重复实验。

## 1.3 分析方法

$\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  和  $\text{NO}_2\text{-N}$  的测定分别采用山东海洋学院主编的“海水养殖手册”(1985)和高风鸣等(1980)的方法进行。

## 2 结果与讨论

合浦珠母贝释放三氮的二次实验,均为 6h,其结果见表 1。从第一次实验可以看出,合浦珠母贝所释放的三氮以  $\text{NH}_4\text{-N}$  为主,为  $0.238\text{—}0.248\text{mmol/L}$ ;  $\text{NO}_3\text{-N}$  次之,为  $0.179\text{—}0.199\text{mmol/L}$ ;  $\text{NO}_2\text{-N}$  最少,仅为  $8.8 \times 10^{-3}\text{—}10.4 \times 10^{-3}\text{mmol/L}$ 。三者的比例大致为 25:20:1。异枝麒麟菜对合浦珠母贝所释放三氮的吸收也是以  $\text{NH}_4\text{-N}$  为主,为  $0.190\text{—}0.198\text{mmol/h}$ ;  $\text{NO}_3\text{-N}$  次之,为  $0.104\text{—}0.125\text{mmol/h}$ ;  $\text{NO}_2\text{-N}$  吸收最少,为  $7.3 \times 10^{-3}\text{—}7.8 \times 10^{-3}\text{mmol/h}$ 。三者的比例为 26:15:1,与所释放三氮相比,藻吸收  $\text{NH}_4\text{-N}$  的比例稍多。这同 Li Rui 等(1990)的研究结果,即异枝麒麟菜在适宜条件下能大量吸收  $\text{NH}_4\text{-N}$  的结果是一致的。第二次实验表明,在模拟实验组中,由于按实验组贝释放三氮的量,加入了  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NaNO}_3$  和  $\text{NaNO}_2$ , 并使水体中三氮浓度与实验组的相同,为此藻体对三氮的吸收与实验组的基本相同,三氮的吸收比例为 26:16:1。作者认为,藻体之所以更易于吸收  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,是由于海水是碱性溶液(pH 值在 8 左右),原生质的主要组成部分蛋白质在碱性溶液中本身带负电荷,可用  $\text{H}^+$  交换吸附溶液中的阳离子  $\text{NH}_4^+$  (叶乃器, 1957; 张吟秋, 1958),因此可交换吸附并吸收更多的  $\text{NH}_4\text{-N}$ 。

从贝释放的三氮和藻体对其吸收的百分比来看,4 株 50g 的藻体在 1h 内对 80 个贝在 6h 内所释放的  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  和  $\text{NO}_2\text{-N}$  的吸收率均达 80% 左右,即贝释放出的氮大部分被藻体所吸收了。异枝麒麟菜对  $\text{NH}_4\text{-N}$  的吸收与浓度密切相关,浓度高吸收速率就快,低

则慢(Li Rui et al., 1990)。在开放海面的贝类养殖区中,由于海水的移动,贝释放出的三氮立即被海水稀释,浓度要比在实验条件下低得多。为此藻类在贝类养殖区中吸收的氮要比在实验条件下少得多。即使如此,在藻贝混养条件下,还可以为藻类提供生长所需的氮素;另一方面,藻可以降低贝类养殖区的氮浓度,优化养殖区的生态环境。

表1 合浦珠母贝三氮的释放及异枝麒麟菜对其的吸收

Tab.1 Three nitrides released from *Pinctada martensi* and absorbed by *Kappaphycus alvarezii*

天数	氮形态	第一次实验			第二次实验			
		6h 贝释放量 (mmol/L)	藻吸收量 (mmol/h)		6h 贝释放量 (mmol/L)	模拟实验组 含量 (mmol)	藻吸收量 (mmol/h)	
			实验组	对照组			实验组	模拟实验组
第1天	NH <sub>4</sub> -N	0.244	0.195	0.010	0.243	0.244	0.193	0.196
	NO <sub>3</sub> -N	0.188	0.124	0.024	0.188	0.188	0.124	0.123
	NO <sub>2</sub> -N	8.8×10 <sup>-3</sup>	7.3×10 <sup>-3</sup>	0.6×10 <sup>-3</sup>	9.0×10 <sup>-3</sup>	8.8×10 <sup>-3</sup>	7.5×10 <sup>-3</sup>	7.1×10 <sup>-3</sup>
	总N	0.440	0.326	0.035	0.440	0.441	0.325	0.326
第4天	NH <sub>4</sub> -N	0.244	0.192	0.007	0.245	0.244	0.196	0.193
	NO <sub>3</sub> -N	0.185	0.125	0.026	0.194	0.185	0.121	0.131
	NO <sub>2</sub> -N	8.9×10 <sup>-3</sup>	7.5×10 <sup>-3</sup>	0.7×10 <sup>-3</sup>	9.6×10 <sup>-3</sup>	8.9×10 <sup>-3</sup>	8.2×10 <sup>-3</sup>	7.7×10 <sup>-3</sup>
	总N	0.438	0.325	0.034	0.449	0.438	0.325	0.332
第7天	NH <sub>4</sub> -N	0.238	0.198	0.009	0.237	0.238	0.194	0.193
	NO <sub>3</sub> -N	0.179	0.121	0.024	0.192	0.179	0.123	0.114
	NO <sub>2</sub> -N	9.9×10 <sup>-3</sup>	7.8×10 <sup>-3</sup>	0.7×10 <sup>-3</sup>	10.0×10 <sup>-3</sup>	9.9×10 <sup>-3</sup>	8.0×10 <sup>-3</sup>	8.1×10 <sup>-3</sup>
	总N	0.427	0.327	0.034	0.439	0.427	0.325	0.315
第10天	NH <sub>4</sub> -N	0.248	0.191	0.008	0.246	0.248	0.191	0.191
	NO <sub>3</sub> -N	0.199	0.104	0.027	0.203	0.199	0.110	0.111
	NO <sub>2</sub> -N	9.9×10 <sup>-3</sup>	7.6×10 <sup>-3</sup>	0.9×10 <sup>-3</sup>	9.6×10 <sup>-3</sup>	9.9×10 <sup>-3</sup>	7.4×10 <sup>-3</sup>	7.1×10 <sup>-3</sup>
	总N	0.457	0.303	0.044	0.459	0.457	0.308	0.309
第13天	NH <sub>4</sub> -N	0.247	0.190	0.009	0.252	0.247	0.191	0.193
	NO <sub>3</sub> -N	0.198	0.112	0.030	0.204	0.198	0.112	0.113
	NO <sub>2</sub> -N	10.4×10 <sup>-3</sup>	7.4×10 <sup>-3</sup>	0.6×10 <sup>-3</sup>	10.4×10 <sup>-3</sup>	10.4×10 <sup>-3</sup>	7.6×10 <sup>-3</sup>	7.6×10 <sup>-3</sup>
	总N	0.455	0.309	0.040	0.467	0.455	0.311	0.314

注:海水中NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N和NO<sub>2</sub>-N本底分别为0.4—0.7、2.3—2.7和0.04—0.06mmol/m<sup>3</sup>。

根据第二次实验结果及对藻体重量的测量,整理为表2。第7天时,实验组藻体由每株50g平均增重至69.0g;而对照组的平均增重至64.8g。第13天时,实验组每株平均增重至90.9g,而对照组的平均增重至79.3g。说明藻吸收贝释放的三氮后增重效果明显,贝代谢产物对藻体生长有显著的促进作用。在模拟实验组中,在第7天和第13天藻体平均增重分别达到67.5g和89.8g,接近实验组藻体的增重数,这进一步表明,贝释放的三氮是促进藻体生长的主要原因。

田铸平等(1987)在芝罘湾开发海区中进行的海带和贻贝间养实验中观察到,贻贝单养区氨氮和硝酸氮的总含量高于海带单养区。藻贝间养区的总氮低于贻贝单养区,但高

于海带单养区。这间接证明了贝类单养区总氮所以高是来源于贻贝,而贝藻间养的总氮含量所以低于贝类单养区是因为一些氮被海带吸收了。董书玺等人(个人交流)从1993年到1995年在山东省长岛县庙岛海区用海带和栉孔扇贝进行了混养实验和室内模拟实验,取得了近似田铸平等人的结果。本研究与田铸平等、董书玺等所取得的结果一致。

表2 异枝麒麟菜对三氮的吸收及其与日生长速率的关系

Tab.2 Daily growth rate as a function of the three nitrides absorbed by *Kappaphycus alvarezii*

		实验组	模拟实验组	对照组
第1天	藻体吸收总N量(mmol)	0.325	0.326	0.035
第4天	藻体吸收总N量 <sup>1)</sup> (mmol)	0.650	0.658	0.069
第7天	藻体吸收总N量 <sup>1)</sup> (mmol)	0.976	0.973	0.103
	藻体鲜重(g)	69.0	67.5	64.8
	藻体日生长率(%)	5.51	5.13	4.42
第13天	藻体吸收总N量 <sup>1)</sup> (mmol)	1.591	1.596	0.187
	藻体鲜重(g)	90.9	89.8	79.3
	藻体日生长率(%)	5.10	5.00	3.92

1) 指该日以前的累积吸收量。

本实验结果表明,实验组和模拟实验组藻体的重量增加明显高于对照组的,这说明,贝释放的三氮为藻体的快速生长提供了氮源,但模拟实验组的重量增长一直略低于实验组,这是什么原因呢?表2的结果还表明,实验第7天,藻体吸收总氮量在实验组为0.976mmol,模拟实验组的为0.973mmol;第13天实验组的为1.591mmol,模拟实验组的为1.596mmol。二组的总氮吸收量基本相同。可以认为,贝释放的代谢产物中除三氮之外,尚有促进藻体生长的其它物质。该原因虽是次要的,但是一个有待进一步解决的问题。

### 参 考 文 献

- 山东海洋大学主编,1985,海水养殖手册,上海科学技术出版社(上海),75—79。  
 叶乃器,1957,植物生理学通讯,4:42—44。  
 田铸平等,1987,海洋湖沼通报,2:60—66。  
 吴超元等,1988,海洋与湖沼,19(5):410—418。  
 张吟秋,1958,植物生理学通讯,2:54。  
 高风鸣等,1980,海洋湖沼通报,4:41—45。  
 Li Rui et al., 1990, *Hydrobiologia*, 204 / 205: 499—503。

## THE GROWTH PROMOTING EFFECT OF METABOLITES OF *PINCTADA MARTENSI* ON *KAPPAPHYCUS ALVAREZII*

Madeline C. Wu, Gao Hongfeng<sup>†</sup>, Ding Meili<sup>†</sup>, Xie Yukan<sup>††</sup>,  
Zhang Si<sup>††</sup>, Qian Peiyuan, Wu Chaoyuan<sup>†</sup>

(Department of Biology, Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong)

<sup>†</sup>(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071)

<sup>††</sup>(South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301)

**Abstract** In April 1995, a study on the effect of metabolites released from pearl oyster *Pinctada martensi* (collected from the experimental site) on the growth of red alga *Kappaphycus alvarezii* (collected from Lingshui County, Hainan Island) was conducted at the Hainan Tropic Marine Biology Experimental Station, Chinese Academy of Sciences. Laboratory study and *in situ* experiments were carried out. In the laboratory experiment, pearl oysters were placed for 6 hours in sterilized seawater in a glass container and the concentrations of  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  and  $\text{NO}_2\text{-N}$  were analysed after the removal of the pearl oysters. The alga was then placed for 1h in the pearl oyster treated seawater. After removal of the alga, the concentration of the three nitrides were analyzed again. The alga was placed in cages suspended under a floating raft in the open sea and increase in fresh weight was measured. The experiments were repeated on day 1, 4, 7, 10 and 13. The experimental results showed that after one day in the pearl oyster treated seawater,  $\text{NH}_4\text{-N}$  was the main component (0.244mmol / L),  $\text{NO}_3\text{-N}$  the secondary (0.188 mmol / L) and  $\text{NO}_2\text{-N}$  the smallest ( $8.8 \times 10^{-3}$  mmol / L), and that their absorption by alga were in the order 26:15:1. The growth rate of test alga was much higher than that of the control. In the simulation experiment, because the added amount of the three nitrides were equal to the amounts naturally released by pearl oysters, their growth rate approached that of alga in the experimental group. These results showed that the three nitrides released by pearl oyster were the main cause of the high growth rate of the alga. *K.alvarezii* can therefore be used as a nitrogenous waste remover in pearl oyster farm to improve the seawater quality and pearl oyster production. Since the number of sites favorable to aquaculture are limited, it is advantageous to find ways of increasing productivity within existing sites. The solution to conflicting demands between development of highdensity mariculture and protection of a marine environment may rely on co-culture and the interaction between primary producers and consumers.

**Key words** *Pinctada martensi* *Kappaphycus alvarezii* Metabolite Growth promoting