

表 1 几种褐藻中褐藻多酚羟基的测定 ($\bar{x} \pm s$, $n=5$)

褐藻	M^* (g)	P_1^{**} (mg)	P_2^{***} (mg)	P_1/M (%)	P_2/M (%)	P_2/P_1 (%)
鼠尾藻	8.0	29.40±0.06	7.20±0.04	3.7	0.90	24.4
海黍子	4.0	17.20±0.03	4.40±0.05	4.3	1.1	25.6
裙带菜	2.5	6.50±0.04	0.11±0.04	2.6	0.044	1.7
海带	5.5	4.90±0.07	0.13±0.03	0.89	0.023	2.6

* M 藻体干重; ** P_1 羟基总量, 以相当于间苯三酚的质量数来表示; *** P_2 连三羟基量, 以相当于连苯三酚的质量数来表示。

化学防御作用, 如抵抗微生物感染、抵御草食性动物的摄食等。马尾藻大量分泌的多酚化合物所造成的化学环境使其产生了特殊的群体优势, 在自然环境中可以形成很大的自然生物群落, 如非常特殊的马尾藻海。本文所得到的结果与马尾藻的生理生态特征相吻合。

参考文献

- 1 严小军. 海洋科学集刊, 1996, 37: 61~65
- 2 范晓, 严小军等. 水生生物学报, 1999, 23(5): 494~499
- 3 陈予敏, 严小军, 范晓. 海洋与湖沼, 1997, 28(3): 232~236
- 4 严小军, 姜清香, 周天成等. 海洋科学, 1996, 5: 39~42
- 5 Yan, X. et al. J. Appl. Phycol., 1996, 8: 201~203

(本文编辑: 张培新)

华贵栉孔扇贝幼体附着和变态的化学诱导*

CHEMICAL INDUCTION OF SETTLEMENT AND METAMORPHOSIS OF *Chlamys nobilis*

柯才焕 孙泽伟 周时强 李复雪

(厦门大学海洋学系、亚热带海洋研究所 361005)

关键词 华贵栉孔扇贝, 变态, 幼体, 儿茶酚胺

许多海产贝类的浮游幼体附着和变态受到环境中化学信号的严格控制, 环境中的某种或某些物质(如 K^+ 、儿茶酚胺、微生物黏膜、大型藻类、成贝壳等)可被幼体识别^[2], 或对幼体有吸引作用, 诱导其发生附着和变态。一旦环境中缺乏诱导物质或没有合适的附着基时, 幼体只能继续浮游, 并最终死亡。因此, 研究贝类幼体附着和变态的诱导作用, 显然对提高人工育苗技术具有重要意义。

华贵栉孔扇贝(*Chlamys nobilis*)是热带亚热带种, 在福建和广东沿岸已形成规模化养殖。本研究该种幼体的附着和变态的化学诱导, 期望对人工育苗技术的改进提供指导。

1 材料与方 法

1.1 材 料

华贵栉孔扇贝幼体取自福建省漳浦县海珍品实验场, 幼体眼点出现率为 54%, 平均壳长为 192 μm 。温度为 25 $^{\circ}\text{C}$ (± 1 $^{\circ}\text{C}$); 海水比重为 1.024(25 $^{\circ}\text{C}$)。

1.2 神经递质及其类似物的诱导作用检测

选用肾上腺素(Epi)、去甲肾上腺素(Nor)、多巴胺(DA)、L-多巴(L-DOPA)、 γ -氨基丁酸(GABA)、麻黄

* 国家自然科学基金资助项目 39400021 号。

收稿日期: 2000-03-09 修回日期: 2000-05-30

碱 (Eph)、间羟胺 (Ara) 等 7 种化合物, 设计成 $10^{-6} \sim 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ 的系列检测浓度。实验容器采用体积为 60 ml 的玻璃结晶皿 (每杯装海水 30 ml) 和 24 孔组织培养板 (每孔装海水 1.5 ml)。实验用海水为沙滤海水, 幼体用筛网 (网目 $156 \mu\text{m}$) 从育苗池中筛选大小相近的个体引入实验杯中, 每杯幼体 19~70 只不等。各种化合物按实验规定的浓度在幼体引入后加入; 使用的药物多数为现配现用; 各种化合物实验浓度设置两杯重复, 各杯均加入各 10×10^{-6} 青霉素和链霉素以抗菌。实验设两杯为空白对照组。药物均连续作用。药物作用 48 h 后观察幼体的附着率和变态率。

1.3 添加钾离子的诱导作用检测

在自然砂滤海水中添加 $6 \sim 21 \text{ mmol/dm}^3$ 的 KCl, 以检测这种化合物对幼体附着和变态的诱导作用。K⁺ 为连续作用。其余实验方法同上。

1.4 几种附着基的诱导实验

所用附着基有棕绳、尼龙绳、石花菜、珊瑚藻、同种贝壳、牡蛎壳等 6 种。

1.5 附着和变态指标的确定

附着则指幼体分泌较多的足丝牢固地将身体吸附在基底上。变态根据 Kinge 等 1990 年对虾夷扇贝 (*Patinopecten yessoensis*) 幼体变态特征的描述, 即: (1) 面盘消失, 鳃明显出现; (2) 足前移并向前伸出; (3) 次生壳出现。

2 结果

2.1 神经递质及其类似物

试验结果表明: Epi, Nor, Eph, Ara 4 种物质对华贵栉孔扇贝幼体附着和变态的诱导作用明显, 而 DA 和 GABA 无明显效应, 如表 1 所示。如果以眼点幼体出现的百分率 (54.0%) 计算, 即药物只对华贵栉孔扇贝的眼点幼体作用的话, 则各种药物诱导幼体变态率分别提高到 39.4% (Epi), 29.8% (Nor), 12.4% (Eph) 和 11.5% (Ara), 可见它们的诱导活性是非常明显的。本实验还表明, 4 种药物在作用 24 h 时的诱导率都非常低, 除 Epi 外, 其他药物作用下只有个别幼体附着, 而 Epi 的附着诱导率也才达到 5.1%。

从药物诱导幼体变态情况看 (表 1), $10^{-5} \text{ mmol/dm}^3$ Epi 诱导效果最好, 诱导率为 21.3%; 10^{-4} mol/dm^3 的 Nor 次之, 为 16.1%; Eph 和 Ara 的变态诱导率相对要差一些。Eph 和 Ara 所诱导的幼体只发生不完全变

态, 即不长出次生壳, 只是面盘消失, 足部向前伸出爬行。高浓度下 (10^{-4} mol/dm^3) 的 Epi 所诱导的幼体次生壳也不明显, 而 10^{-5} mol/dm^3 浓度下则发生完全变态。在药物作用 24 h 时, 仅有 Epi 实验组发现变态个体, 各药物都在作用 48 h 时才较多出现变态个体。

表 1 6 种药物在不同浓度下对幼体附着和变态的诱导 (48 h 作用)

化合物	浓度 (mmol/dm ³)	附着率 (%)	变态率 (%)
肾上腺素	10^{-5}	23.8	21.3
	10^{-4}	10.3	8.6
去甲肾上腺素	10^{-5}	8.0	7.3
	10^{-4}	16.1	16.1
麻黄碱	10^{-6}	5.5	1.6
	10^{-5}	9.2	6.7
	5×10^{-5}	7.6	1.3
间羟胺	10^{-4}	0	0
	10^{-5}	1.6	1.6
GABA	5×10^{-5}	2.9	2.9
	10^{-4}	8.0	6.2
多巴胺	10^{-4}	2.0	2.0
	10^{-5}	1.8	1.8
对照	10^{-4}	0.8	0.8
	10^{-5}	1.5	1.5
对照		1.6	1.6

2.2 K⁺ 对幼体附着和变态行为的效应

K⁺ 对华贵栉孔扇贝幼体附着和变态的诱导作用明显 (图 1), 特别是 K⁺ 添加浓度为 12 mmol/dm^3 的实验组附着率达到了 15.1%, 且所有附着个体都发生完全变态, 附着的个体都用足丝非常牢固地附着于培养皿底部或侧壁上, 没有附着的个体活力也很强, 未发现死亡个体。

从图 1 可以看出, 添加 K⁺ 浓度在 $0 \sim 12 \text{ mmol/dm}^3$, 幼体的附着和变态率随 K⁺ 浓度的升高而升高, 当添加 K⁺ 浓度在 12 mmol/dm^3 以上时, 幼体的附着和变态率却随 K⁺ 浓度的升高而逐次降低。同时, 实验表明, 高 K⁺ 浓度下, 幼体大多不能发生完全变态, 次生壳长出的个体不多。本实验在加入 K⁺ 24 h 后做了观察, 没有发现幼体变态, 最高附着率也只有 12 mmol/dm^3 浓度下的 8.1%, 可见 K⁺ 对幼体的变态诱导作用可能多发生于 24 h 以后。

如果仅计算具眼点幼体的附着和变态率, 根据本实验幼体眼点出现率为 54%。按添加 K⁺ 浓度为 0, 6,

9, 12, 15, 18 和 21 mmol/dm³, 则眼点幼体变态率将分别提高到 2.9%, 5.2%, 11.1%, 27.9%, 15.7%, 7.4% 和 5.0%。

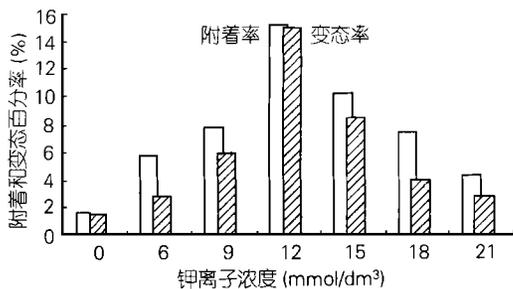


图1 添加不同浓度钾离子(K⁺)作用 48h 对幼体附着和变态效应

2.3 不同附着基对幼体附着变态的诱导效应在不加诱导物质的条件下, 投与 6 种附着基观察幼体附着和变态情况, 结果表明牡蛎壳及棕绳有明显的诱导作用, 其诱导附着率分别为 5.1% 和 4.3%, 且附着个体全部发生变态。当然, 这里指的是附着于附着基上的诱导率, 如果加上附底个体, 则附着率可以达到 10.6% 和 7.9%; 而同样条件下, 幼体在石花菜、珊瑚藻、扇贝壳、尼龙绳等附着基上的附着率和变态率都为 0。

实验同时还发现: 加入附着基 24 h 时, 棕绳的附着率为 0.8%, 牡蛎壳的附着率为 0.7%; 48 h 时分别增加到 4.3% 和 5.1%, 且这时幼体个体都较活跃, 能正常运动, 死亡率为 0; 而其他附着基实验组幼体的死亡率都很高 (石花菜为 33%, 珊瑚藻为 67%, 扇贝壳为 37%, 尼龙绳为 17%)。

2.4 不同幼体密度实验结果的比较

实验水体 (30 ml 和 1.5 ml) 主要体现在幼体密度的差别上, 而其他条件如温度、比重、盐度、幼体个数、药物浓度、抗菌素剂量等都相似。结果表明, 在 1.5 ml 水体, 除 Epi 和 Nor 有一定变态诱导作用外, 其他实验组幼体都大部分死亡, 幸存个体活力也极差。Epi 和 Nor 的诱导率与大水体比较也差了很多, 如表 2 所示。

3 讨论

本研究结果表明, K⁺ 可有效诱导华贵栉孔扇贝幼体的附着和变态, K⁺ 在浓度为 12~15 mmol/dm³ 时诱导率最高, 且使幼体发生完全变态。K⁺ 对双壳类幼

体附着和变态诱导的有效性在翡翠贻贝 (*Perna viridis*)^[4] 和悉尼岩石牡蛎 (*Saccostrea commercialis*)。Nell 和 Holliday 1986 年在海湾扇贝 (*Argopecten irradians*)^[11] 等种类的研究中都得到证实, 添加 K⁺ 的较佳浓度均在 8~15 mmol/dm³ 之间。但据 Eyster 和 Peckenik 1987 年报道, 添加 K⁺ 却对紫贻贝 (*Mytilus edulis*) 幼体的附着和变态无任何诱导作用。可见双壳类中因种类不同其幼体对 K⁺ 的反应是有差异的。而在海产腹足类, 添加 K⁺ 诱导幼体附着和变态具有普遍性^[2]。

表 2 不同幼体密度条件下诱导幼体变态的实验结果比较

实验水体 (ml)	30	1.5
平均幼体数 (只)	76	38
幼体密度 (只/ml)	2.5	25
死亡率 (%)	19.5	71.8
10 ⁻⁴ mol/dm ³ Epi 变态率 (%)	8.6	9.0
10 ⁻⁵ mol/dm ³ Epi 变态率 (%)	21.3	2.7
10 ⁻⁴ mol/dm ³ Nor 变态率 (%)	16.1	5.1
10 ⁻⁵ mol/dm ³ Nor 变态率 (%)	7.3	4.0

据 Bonar 等 1990 年报道, 比较华贵栉孔扇贝幼体和翡翠贻贝幼体^[3] 及长牡蛎对儿茶酚胺及其类似物的附着和变态反应特征, 差别显著: 在诱导附着方面, 长牡蛎幼体对 Epi 和 Nor 并无反应, 而翡翠贻贝和华贵栉孔扇贝幼体都作用明显, 后者不同的是, 翡翠贻贝在 10 min 内便有 80% 附着行为反应率, 华贵栉孔扇贝则要 24 h 后才有反应。LDOPA 可快速而有效地诱导长牡蛎幼体附着及变态, 而对翡翠贻贝和华贵栉孔扇贝幼体无效。在诱导变态方面, Epi 和 Nor 诱导长牡蛎幼体的变态率远比翡翠贻贝和华贵栉孔扇贝幼体高, 分别为 90% 以上, 20%~40% 和 15%~21%。从幼体对药物的变态反应速度看, 翡翠贻贝和华贵栉孔扇贝的幼体基本相同, 大多在 24~72 h 被诱导完全变态, 而长牡蛎幼体大多在 24 h 内被诱导完全变态。

已证实可被儿茶酚胺类化合物诱导幼体变态的扇贝有虾夷扇贝 (*Patinopecten yessoensis*)。Kingzett 等 1990 年, Chevlot 等 1991 年对大扇贝 (*Pecten maximus*)^[5]、海湾扇贝 (*Argopecten irradians*)^[11] 和华贵栉孔扇贝, 诱导幼体变态提高率分别为 19.0%, 32.0%, 45.7% 和 36.5%。因此儿茶酚胺类化合物诱导扇贝类幼体变态提高率普遍比牡蛎类显著地低。

本实验通过比较几种附着基的诱导效能, 表明棕绳和牡蛎壳是华贵栉孔扇贝幼体较适宜的附着基, 福

Fe(OH)₃ 吸附 Cu²⁺ 与 pH 的关系*

STUDIES ON RELATIONSHIP BETWEEN ADSORPTION OF Fe(OH)₃ FOR Cu²⁺ AND pH

田玉红¹ 张恩仁² 张正斌³ 刘莲生³

(¹ 广西工学院轻工化工系 柳州 545006)

(² 浙江海洋学院 舟山 316000)

(³ 青岛海洋大学 266003)

关键词 Fe(OH)₃ 胶体粒子, 吸附, Cu²⁺

海洋中胶体粒子和痕量金属之间存在着相互作用^[1-4]。这种作用,使得痕量金属结合在胶态物质上,从而影响着痕量金属的化学存在形态,降低了痕量金属如铅、铜等对海洋生物的毒性,并且还通过胶体粒子的絮凝作用将痕量金属从海洋中除去,从而影响着痕量金属的循环和变化。海洋中天然胶体组成多样,结构复杂。Duker, D. 等 1995 年、Hunter, K. A. 等 1988 年 Fox, L. E. 等 1988 年的研究表明,水合氢氧化铁胶体是海洋中胶体粒子的一个组成部分,痕量金属铜是生物生长的必要的营养元素,但过量的铜对生物有毒害作用。在南沙海域,溶解态铜和胶体态铜的含量相当,说明在天然海洋环境中,铜对胶体粒子的作用是强烈的。研究铜与 Fe(OH)₃ 胶体粒子的作用可以帮助理解海洋中痕量金属与胶体的作用机理。

1 实验部分

1.1 Fe(OH)₃ 胶体的制备和纯化

称取 2.42 g FeCl₃ · 6H₂O 溶于 250 ml 蒸馏水中,取出 200 ml,在不断搅拌的条件下,向其中滴加 2% NaOH 溶液直到有沉淀产生,继续搅拌,再滴加 NaOH

溶液,直到沉淀消失,生成透明的红棕色的氢氧化铁胶体,将该氢氧化铁胶体放置 24 h,陈化。将陈化后的胶体用 0.45 μm 的醋酸纤维滤膜过滤,除去制备过程中产生的沉淀,滤液用 Miniton II 小型切向流超滤系统(美国 Milipore 公司生产)进行超滤(所用超滤膜能截留 10 000 分子量的粒子)。

1.2 海水介质中 Cu²⁺ 与 Fe(OH)₃ 胶体粒子的作用

取 12 只洁净的 250 ml 三角瓶,分别加入 200 ml 已过滤的新鲜海水;按 1~12 的顺序用 2 mol/L 的 HCl 溶液和 2 mol/L 的 NaOH 溶液分别调节溶液的 pH 值,使之在 2.0~9.0 范围内分布均匀;再分别加入一定量的 Fe(OH)₃ 胶体和 Cu²⁺,在 25 °C 恒温振荡 3 h;然后分别用切向流超滤系统将 Fe(OH)₃ 胶体粒子截流出去,测定滤液的 pH 值,再将滤液的 pH 值调到 1.5 左右,放置 1 d,用 M 270 电化学分析系统测定滤液中 Cu²⁺ 的浓度。

* “九·五”国家科技攻关资助项目“南沙海域的综合调查”。

收稿日期: 2000-01-24 修回日期: 2000-06-13

建沿海扇贝育苗场普遍采用棕绳是合理的。在生产实践中还可考虑在必要时添加 K⁺ 和肾上腺素,以进一步提高幼体附着和变态率。

参考文献

1 刘保忠等. 海洋学报 1998, 20(5): 55~60

2 柯才焕. 海洋通报, 1993, 12(3): 107~116

3 柯才焕等. 厦门大学学报, 1995, 34(6): 975~981

4 柯才焕等. 海洋与湖泊, 1998, 29(2): 128~134

5 Nicolas L. et al.. *Biopulsing*, 1998, 12(1~3): 189~203

(本文编辑: 刘珊珊)