

文章编号 :1000 - 0615( 2006 )05 - 0597 - 06

## 几种化学物质对西施舌幼虫附着和变态的诱导技术

高如承, 刘文彪

( 福建师范大学生命科学学院 福建 福州 350007 )

**摘要** 采用添加不同化学诱导物的方法,研究了肾上腺素(EPI)、氨基丁酸(GABA)、L-多巴(L-DOPA)、 $\text{Ca}^{2+}$ 对西施舌眼点幼虫附着和变态的诱导作用,确定了化学诱导物最佳诱导浓度。结果表明,EPI对西施舌附着和变态的诱导效果最为显著,当EPI浓度为 $10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,附着率及变态率分别为88.3%及92.8%,同时成活率也高达98.14%。GABA亦有较好的诱导效果,当GABA浓度为 $10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,附着率及变态率分别为86.9%及87.6%。L-DOPA能诱导西施舌眼点幼虫变态,当L-DOPA浓度为 $10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,变态率达73.3%,附着率达84.9%。 $\text{Ca}^{2+}$ 最适宜浓度为 $20 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,附着率、变态率及成活率分别为86.1%、42.8%和87.4%。以上4种化合物最适宜浓度诱导作用时,西施舌幼虫的附着率和变态率均显著高于对照组。实验还对 $\text{Ca}^{2+}$ 在西施舌大规模人工育苗中的诱导作用进行探讨。

**关键词** :西施舌;附着与变态;肾上腺素;氨基丁酸;L-多巴; $\text{Ca}^{2+}$

中图分类号 S 968.3 ; S 917 文献标识码 :A

## Induction of larval settlement and metamorphosis of *Coelomactra antiquata* using some chemicals

GAO Ru-cheng, LIU Wen-biao

( College of Life Sciences, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China )

**Abstract**: The method of adding chemical compounds in the induction of settlement and metamorphosis of eyespot larvae of *Coelomactra antiquata* was adopted in this paper. The aim is to research the induction of epinephrine,  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA), L-DOPA and  $\text{Ca}^{2+}$  on the settlement and metamorphosis of *C. antiquata* larvae, and to assess optimum induction concentrations of four chemicals. The results indicated that exposure to  $10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  epinephrine induced significant levels of both settlement and metamorphosis in larvae of *C. antiquata*, and settlement, metamorphosis and survival rates were 88.3%, 92.8% and 98.14% respectively. Larval settlement and metamorphosis rates of *C. antiquata* were 86.9% and 87.6% respectively, in the presence of GABA at the concentration of  $10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . L-DOPA could induce the metamorphosis of eyespot larvae of *C. antiquata*. Maximum metamorphosis rate of 73.3% and settlement rate of 84.9% were achieved after exposure to  $10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  L-DOPA. The results also showed that the settlement and metamorphosis rates were 86.1% and 42.8% respectively, and the survival rate of the larvae was 87.4% when induced by  $20 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Ca}^{2+}$ . When the larvae were induced by exposure to the optimal concentrations of above four kinds of chemicals respectively, the settlement and metamorphosis rates of the larvae were observed significantly higher than those in controls. It was discussed that the induction technique of using  $\text{Ca}^{2+}$  could apply to the artificial breed of *C. antiquata* in large scale production.

**Key words**: *Coelomactra antiquata*; settlement and metamorphosis; EPI; GABA; L-DOPA;  $\text{Ca}^{2+}$

收稿日期 2006-03-31

资助项目 国家 863 计划(2004AA603140);国家农业综合开发科技推广示范项目长乐市海蚌项目(国农办 2002343 号);福建省科技重大项目(2003N020);福建省教育厅项目(JB02158)资助

作者简介 高如承(1958-),男,福建福州人,副教授,从事海洋生物学和水产养殖研究。Tel:0591-85335968, E-mail:rcgao@fjnu.edu.cn

西施舌 (*Coelomactra antiquata*) 俗称“海蚌”, 隶属于软体动物门、瓣鳃纲、帘蛤目、蛤蜊科、腔蛤蜊属, 为我国名特优水产品之一, 它生长速度较快, 是很有潜力的优良养殖对象。然而非法和无节制的过度捕捞, 使长乐漳港的西施舌自然资源量急剧下降。人工育苗提供西施舌增养殖苗种是保护西施舌资源的途径之一。但在人工育苗过程中, 处于附着阶段的幼虫常有附着和变态延迟, 以及幼虫变态未完成大量死亡的情况, 使附着变态成为西施舌人工育苗的难关之一。

对贝类的附着变态, 国内外学者已有许多报道。研究显示: 肾上腺素 (EPI)、氨基丁酸 (GABA) 及 L-多巴 (L-DOPA) 对太平洋牡蛎 (*Crassostrea gigas*)<sup>1,2</sup>、僧帽牡蛎 (*Saccostrea cucullata*)<sup>3</sup>、翡翠贻贝 (*Perna viridis*)<sup>4</sup>、海湾扇贝 (*Argopecten irradians*)<sup>5</sup> 和华贵栉孔扇贝 (*Chlamys nobilis*)<sup>6</sup> 幼虫的附着或变态具有诱导作用;  $\text{Ca}^{2+}$  能诱导海湾扇贝等的附着变态。但有关西施舌幼虫附着和变态的报道甚少, 而在西施舌大规模人工育苗中, 生产性人工诱导技术的报道更是空白。本文研究了 EPI、GABA、L-DOPA 和  $\text{Ca}^{2+}$  对西施舌幼虫附着变态的诱导, 以期确定化学诱导物的诱导浓度, 探讨应用于西施舌附着和变态的生产性诱导技术。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

西施舌亲贝于 2004 年 7 月购于福建省长乐市漳港, 在福建省长乐市海蚌研究开发中心进行人工授精、孵化及培育。养殖用水为沙滤海水, 水温  $24.0 \sim 26.0 \text{ }^\circ\text{C}$ , 盐度  $29 \sim 31$ , pH  $7.9 \sim 8.1$ 。西施舌幼虫用单胞藻混合饵料培育, 主要藻类为湛江叉鞭金藻 (*Dicrateria zhanjiangensis*)、亚心形扁藻 (*Platymonas subcordiformis*) 和云霄微型藻 (*Chorella* sp.)。金藻为  $(0.2 \sim 0.4) \times 10^4 \text{ mL}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ , 扁藻为  $(0.1 \sim 0.2) \times 10^4 \text{ mL}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ , 云霄微型藻为  $(0.3 \sim 0.4) \times 10^4 \text{ mL}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 。每天换水两次, 换水量 50%。西施舌面盘幼虫培育至匍匐幼虫作为实验材料。

### 1.2 方法

Epinephrine (EPI) 为 Alfa Aser 公司产品, GABA 及 L-DOPA 为 Sigma 公司产品,  $\text{CaCl}_2$  为分析纯。EPI 及 L-DOPA 用含  $0.005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的 HCl 去离子水配成母液; GABA 直接用去离子水配制

成母液,  $\text{CaCl}_2$  用过滤海水配成母液, 按实验浓度添加到各实验组中。所有溶液现配现用。每个浓度设两个平行重复。浓度设置: EPI 为  $10^{-4}$ 、 $10^{-5}$ 、 $10^{-6}$ 、 $10^{-7}$ 、 $10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  和对照组; GABA 为  $10^{-3}$ 、 $10^{-4}$ 、 $10^{-5}$ 、 $10^{-6}$ 、 $10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  和对照组; L-DOPA 为  $10^{-4}$ 、 $10^{-5}$ 、 $10^{-6}$ 、 $10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  和对照组;  $\text{Ca}^{2+}$  为 5、10、15、20、25  $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  及对照组。根据生产实际和预实验结果, 药物处理时间定为 12 h。实验在盛水 300 mL 的玻璃容器中进行。每容器投放西施舌匍匐幼虫 300 个, 幼虫壳长  $300.2 \sim 339.1 \mu\text{m}$ , 幼虫密度为  $1 \text{ ind} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。药物处理之后, 每天换水两次, 每次换水量为 1/2。不充气静水培养。实验进行 72 h 后在显微镜下观察统计。通过预实验确定  $\text{Ca}^{2+}$  适宜诱导浓度, 进行诱导的中试生产, 选用药物为  $\text{CaCl}_2$ , 浓度为  $20 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。药物处理组及空白对照组各用两口池, 每池底面积为  $15 \text{ m}^2$ , 水位 60 cm, 幼虫密度  $3 \text{ ind} \cdot \text{mL}^{-1}$ , 药物处理时间为 12 h。每池多点随机取样并统计 111 个幼虫, 在 24 h、72 h 及 144 h 时各统计一次。

统计判断标准: 幼虫面盘萎缩但尚未脱落并能伸足在基底爬行为附着标志, 面盘脱落或出现明显的鳃组织为变态标志。

计算公式:

附着率 (%) = (附着而未变态的幼虫数 + 变态的幼虫数) / 实验幼虫总数  $\times 100$

变态率 (%) = 变态的幼虫数 / 实验幼虫总数  $\times 100$

成活率 (%) = 成活的幼虫数 / 实验前幼虫总数  $\times 100$

生长速率 (%) = (实验后幼虫壳长 - 实验前幼虫壳长) / 实验前幼虫壳长  $\times 100$

实验数据经 Microsoft Office Excel 和 Sas 软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 EPI 对西施舌幼虫附着和变态的诱导

结果表明, EPI 对西施舌幼虫附着和变态有显著诱导效果。当 EPI 浓度为  $10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  时, 变态率、附着率及生长速率均达到最高, 分别为 92.8%、88.3% 和 30.5%。故  $10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  是 EPI 最佳诱导浓度。各组成活率高 (最低为 98.14%), 且差异并不显著。生长速率的变化基本和变态率

变化一致,随变态率的升高而增加(表 1)。

表 1 EPI 对西施舌幼虫附着和变态的诱导效果

Tab.1 The effect of EPI on the settlement and metamorphosis of the larvae of *Coelomactra antiquata*

药物浓度( $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) concentration	变态率(%) metamorphosis rate	附着率(%) settlement rate	成活率(%) survival rate	生长速率(%) growth rate
空白对照 control	32.8±5.6d	80.1±5.8c	98.31±0.1a	11.4d
$10^{-8}$	32.4±5.9d	80.7±2.6c	98.14±0.1a	12.2d
$10^{-7}$	31.9±1.5d	80.9±6.2c	98.67±0.1a	9.4e
$10^{-6}$	39.2±4.1c	84.6±0.5b	98.42±0.1a	14.7c
$10^{-5}$	61.8±4.4b	85.5±1.1b	98.31±0.1a	18.2b
$10^{-4}$	92.8±2.0a	88.3±2.5a	98.14±0.1a	30.5a

注:数值后字母不同表示差异显著( $P < 0.05$ )

Notes: different letters after numerical values showed significant difference ( $P < 0.05$ )

## 2.2 GABA 对西施舌幼虫附着和变态的诱导

GABA 对西施舌幼虫附着和变态也有显著的诱导效果,当 GABA 浓度为  $10^{-5} \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  时,变态率及附着率最高,分别为 87.6% 和 86.9%。但超

过此浓度后随着药物浓度的增加,成活率、变态率和附着率都随之下落。当浓度为  $10^{-3} \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  时,成活率仅为 48.10%,生长也很缓慢,生长速率仅 3.6%(表 2)。

表 2 GABA 对西施舌幼虫附着变态的诱导效果

Tab.2 The effect of GABA on the settlement and metamorphosis of the larvae of *Coelomactra antiquata*

药物浓度( $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) concentration	变态率(%) metamorphosis rate	附着率(%) settlement rate	成活率(%) survival rate	生长速率(%) growth rate
空白对照 control	30.8±0.6d	79.5±0.4d	98.50±0.1a	10.0d
$10^{-7}$	32.7±0.7d	82.1±5.7c	98.42±0.3a	8.2e
$10^{-6}$	46.9±2.2c	84.9±5.0b	98.44±0.3a	12.4c
$10^{-5}$	87.6±2.6a	86.9±4.2a	98.08±1.4a	21.2a
$10^{-4}$	80.4±1.1b	78.7±5.4d	96.97±1.6b	18.6b
$10^{-3}$	17.3±1.1e	36.4±2.8e	48.10±3.1c	3.6f

注:同表 1

Notes: same as Tab.1

## 2.3 L-DOPA 对西施舌幼虫附着和变态的诱导

不同浓度 L-DOPA 对西施舌幼虫变态的诱导效果显著( $P < 0.05$ ),其中效果最佳的浓度  $10^{-6} \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  组,变态率达 73.3%。其次为浓度  $10^{-7} \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  幼虫变态率为 65.5%,变态率均比对照组高,对照组仅有 62.6%。当 L-DOPA 浓度为  $10^{-6} \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  时,西施舌幼虫附着效果最佳,附着

率达 84.9%。其次为浓度  $10^{-7} \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,附着率为 82.8%,对照组为 82.3%。当浓度为  $10^{-5} \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  时,附着率仅为 4.0%。综合考虑诱导后幼虫的变态率、附着率和成活率,L-DOPA 最佳诱导浓度为  $10^{-6} \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , $10^{-4} \sim 10^{-5} \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  为极端致死浓度(表 3)。

表 3 L-DOPA 对西施舌幼虫附着和变态的诱导效果

Tab.3 The effect of L-DOPA on the settlement and metamorphosis of the larvae of *Coelomactra antiquata*

药物浓度( $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) concentration	变态率(%) metamorphosis rate	附着率(%) settlement rate	成活率(%) survival rate	生长速率(%) growth rate
空白对照 control	62.6±5.8c	82.3±7.1b	82.3±7.1b	14.7b
$10^{-7}$	65.5±3.3b	82.8±4.7b	82.8±5.6b	25.6a
$10^{-6}$	73.3±2.1a	84.9±1.4a	86.1±2.1a	11.2c
$10^{-5}$	2.5±0.2d	4.0±0.6c	6.5±0.8c	9.0d
$10^{-4}$	0e	0d	0d	0e

注:同表 1

Notes: same as Tab.1

2.4 Ca<sup>2+</sup>对西施舌幼虫附着和变态的诱导

Ca<sup>2+</sup>对西施舌幼虫的附着变态具有较好的诱导效果,在5~20 mmol·L<sup>-1</sup>范围内,变态率随着Ca<sup>2+</sup>浓度的增加而升高(P<0.05)。当Ca<sup>2+</sup>浓度为20 mmol·L<sup>-1</sup>时,变态率最高,为42.8%,Ca<sup>2+</sup>浓度为25 mmol·L<sup>-1</sup>时,变态率开始下降,为

40.4%。Ca<sup>2+</sup>浓度为20 mmol·L<sup>-1</sup>时,附着率也达到最高,为86.1%。而成活率在Ca<sup>2+</sup>浓度为5 mmol·L<sup>-1</sup>时最高,达90.6%,随后随着Ca<sup>2+</sup>浓度的增加而呈下降趋势,当Ca<sup>2+</sup>浓度达25 mmol·L<sup>-1</sup>时最低为85.6%(表4)。

表4 Ca<sup>2+</sup>对西施舌幼虫附着变态的诱导效果

Tab.4 The effect of calcium ion on the settlement and metamorphosis of the larvae of *Coelomactra antiquata*

药物浓度(mmol·L <sup>-1</sup> ) concentration	附着率(%) settlement rate	变态率(%) metamorphosis rate	成活率(%) survival rate
空白对照 control	77.4±4.3d	18.3±1.1f	86.4±1.0c
5	76.2±7.1d	20.6±1.3e	90.6±2.4a
10	79.9±2.1c	26.3±3.1d	89.8±3.7a
15	84.5±4.8a	33.1±3.7c	88.6±2.2a
20	86.1±4.7a	42.8±4.2a	87.4±1.5b
25	82.6±3.2b	40.4±1.7b	85.6±2.4c

注:同表1

Notes: same as Tab.1

2.5 3种化学诱导物对西施舌幼虫的附着效果

EPI和GABA诱导西施舌幼虫附着的效果较好,在10<sup>-7</sup>~10<sup>-5</sup> mol·L<sup>-1</sup>范围,附着率逐渐提高,均处于80%以上较高水平,GABA诱导的附着率明显比对照组高。在10<sup>-6</sup>~10<sup>-4</sup> mol·L<sup>-1</sup>范围与GABA和L-DOPA相比,EPI诱导浓度较高,附着率明显比对照组高(图1)。

2.6 3种化学诱导物对西施舌幼虫的变态效果

在实验浓度10<sup>-6</sup>~10<sup>-4</sup> mol·L<sup>-1</sup>范围,EPI随着诱导浓度的增加,西施舌幼虫变态率呈增加趋势,EPI和GABA诱导的变态率显著比对照组高。从最佳变态率来看,EPI和GABA的诱导变态率较高,效果更好(图2)。

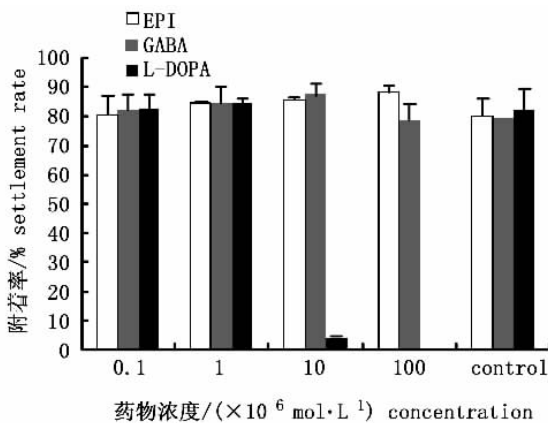


图1 3种化学诱导物对西施舌幼虫附着诱导作用的比较

Fig.1 Effect comparisons of larval settlement of *C. antiquata* induced by three kinds of chemicals

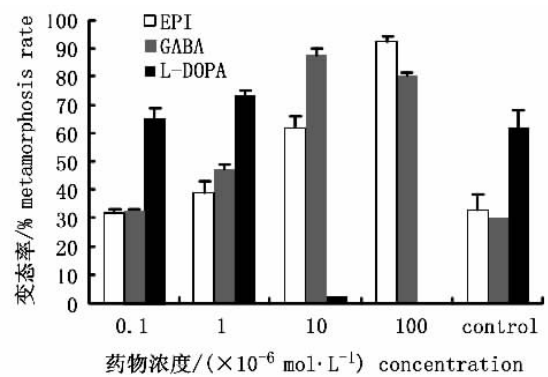


图2 3种化学诱导物对西施舌幼虫变态诱导作用的比较

Fig.2 Effect comparisons of larval metamorphosis of *C. antiquata* induced by three kinds of chemicals

### 2.7 3 种化学诱导物对西施舌变态后幼虫成活率比较

如图 3 所示, EPI 和 GABA 以适宜的浓度诱导, 西施舌变态后幼虫的成活率比 L-DOPA 高, 成活率均达到 98%, 而 L-DOPA 诱导西施舌变态后幼虫成活率波动大。结果表明, EPI 和 GABA 对西施舌幼虫诱导效果应比 L-DOPA 更好。

### 2.8 $\text{Ca}^{2+}$ 诱导西施舌附着和变态的中试应用

空白对照组的幼虫变态率及附着率变化不大, 只有略微的增加, 而经  $\text{Ca}^{2+}$  诱导的幼虫可观察到明显的变化 ( $P < 0.05$ ), 变态率从 73.5% 增加至 81.9%, 附着率从 79.5% 增加至 89.2%。从成活率来看,  $\text{Ca}^{2+}$  诱导组幼虫成活率明显比同期空白对照组高, 变化显然比空白对照组小, 实验进行到第 144 h, 诱导组的成活率为 70.1%, 比空白对照组 45.0% 高出 25.1%, 差异显著 ( $P < 0.05$ )。

$\text{Ca}^{2+}$  组的生长速率为 55.8%, 也比空白对照组的 47.9% 高, 差异显著 ( $P < 0.05$ ) (表 5)。

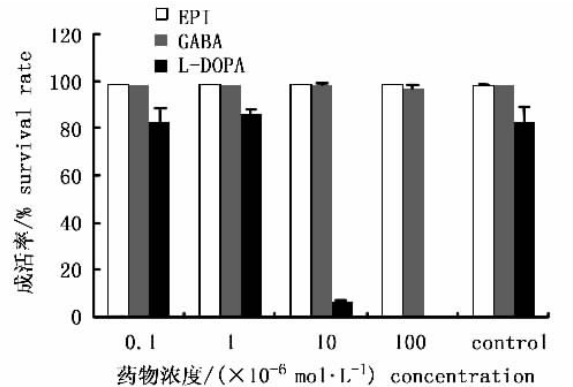


图 3 3 种化学诱导物对西施舌幼虫变态幼虫成活情况的比较

Fig. 3 Survival comparisons of metamorphosis larvae of *C. antiquata* induced by three kinds of chemicals

表 5  $\text{Ca}^{2+}$  对西施舌幼虫附着和变态诱导的中试生产

Tab. 5 The effect of calcium ion on the settlement and metamorphosis of the larvae of *C. antiquata* in the production

浓度 ( $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) concentration	变态率 (%) metamorphosis rate		附着率 (%) settlement rate		成活率 (%) survival rate			生长速率 (%) growth rate
	24 h	72 h	24 h	72 h	24 h	72 h	144 h	72 h
空白对照 control	54.5d	58.7c	60.0d	63.5c	92.0b	63.6e	45.0f	47.9b
20	73.5b	81.9a	79.5b	89.2a	93.2a	90.4c	70.1d	55.8a

注: 同表 1

Notes: same as Tab. 1

## 3 讨论

### 3.1 神经递质化学物对西施舌幼虫附着和变态的诱导

EPI 被认为是贝类附着变态的有效诱导物质。本实验结果表明, EPI 浓度  $10^{-4} \sim 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  诱导的附着率能达到 85% 以上, 变态率达到 61% 以上, 成活率 98%。Coon 等报道, EPI 浓度为  $10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  能快速诱导太平洋牡蛎变态<sup>[1]</sup>, Martinez 等<sup>[7]</sup>报道,  $10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的 EPI 提高扇贝 (*Argopecten purpuratus*) 幼虫的附着变态率和成活率。可见 EPI 诱导西施舌附着变态的浓度, 与其对太平洋牡蛎及扇贝的诱导浓度近似。但是, Doroudi 等<sup>[8]</sup>报道, EPI 对珠母贝幼虫附着和爬行行为无显著效果。Garcia-Lavandeira 等<sup>[9]</sup>报道了 EPI 能诱导紫贻贝、*Venerupis pullastra*、食用牡蛎附着, 效果显著, 可是不能诱导菲律宾蛤仔附着行为。说明 EPI 作为诱导双壳贝类附着变态的化学

物, 对变态具有显著诱导作用, 有时却对附着无显著效果。但在本文实验中, EPI 不但能诱导西施舌幼虫附着, 而且能显著地诱导西施舌幼虫变态。

实验表明, 对西施舌幼虫来说, GABA 是一种较有效的附着变态诱导物。GABA 处理浓度是关键, 最佳浓度为  $10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 不仅使西施舌幼虫附着率高达 86.9% 和变态率高达 87.6%, 而且幼虫健康、成活率高。Garcia-Lavandeira 等<sup>[9]</sup>研究了 GABA 对 4 种双壳贝类附着变态的效果, 以  $10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  诱导 *Venerupis pullastra* 幼虫, 得到最高的附着率为 39%, 食用牡蛎最高的变态率为 60%。

L-DOPA 和儿茶酚胺 (肾上腺素、去甲肾上腺素及多巴胺) 是酪氨酸衍生物, 都是神经递质。L-DOPA 对西施舌眼点幼虫的变态过程有显著的诱导作用, 而对其附着的诱导效果并不明显。用  $10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的 L-DOPA 处理幼虫 12 h, 可使其变态率达 73.3%, 比对照组 62.6% 高十几个百分点, 同时其附着率、存活率都略高于对照组。方琦

等认为  $10^{-6} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的 L-DOPA 对长牡蛎及僧帽牡蛎附着的诱导快速而有效,但对它们变态的诱导作用不明显<sup>[2]</sup>。在自然条件下,牡蛎需固着,而西施舌没有这种特性。这种习性的不同可能是它们对同一药物有不同反应的主要原因。

本文研究结果表明,EPI 对西施舌幼虫附着变态的诱导效果最为显著,其次为 GABA,L-DOPA 的诱导效果不如前两者。Coon 等分析牡蛎眼点幼虫的去甲肾上腺素含量,发现随着幼虫的发育,临变态前含量大且为最高值,变态后则迅速降低,说明眼点幼虫临变态时对神经递质具有最大需求<sup>[10]</sup>,因此,诱导时机被认为是关键条件之一。本文应用 EPI、GABA、L-DOPA 进行诱导时,选择了西施舌匍匐幼虫期临变态时施药,获得了最佳效果。

### 3.2 $\text{Ca}^{2+}$ 对西施舌幼虫附着和变态的诱导

$\text{Ca}^{2+}$  能有效诱导西施舌幼虫的附着变态。Boloun 和 Morse 认为  $\text{Ca}^{2+}$  参与了变态过程中信号的传递<sup>[11]</sup>。 $\text{Ca}^{2+}$  能单独诱导海产贝类幼虫变态。刘保忠等认为  $10 \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{CaCl}_2$  能提高海湾扇贝幼虫变态率 21%, $15 \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  和  $20 \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{CaCl}_2$  则分别提高 17% 和 9%, $25 \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{CaCl}_2$  对海湾扇贝幼虫有毒性作用,药物处理时间均为 6 d<sup>[5]</sup>。实验表明,当  $\text{Ca}^{2+}$  浓度为  $20 \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  时,西施舌幼虫的变态率高达 42.8%,而当  $\text{Ca}^{2+}$  浓度达到  $25 \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  时,西施舌幼虫表现出一定程度的不适应,成活率比空白对照组低,附着变态率也开始下降,比  $\text{Ca}^{2+}$  浓度为  $20 \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  时低。这种差异可能是由物种的差异或处理时间、时机不同而引起的。

### 3.3 生产上应用

作者首次将  $\text{CaCl}_2$  在西施舌大规模人工育苗生产过程中进行应用,发现  $\text{Ca}^{2+}$  诱导附着和变态作用效果明显,而且药品的成本低,已进行了中试生产,取得了良好的结果(表 5)。在人工育苗诱导生产过程中,本文提出以下技术要点(1)诱导时机,要选择在多数幼虫有附着征兆的匍匐幼

虫时期(2)收集幼虫前准备容器及诱导用水,水体中添加适量饵料藻类(3)幼虫收集后快速转移至诱导容器进行集中诱导,控制诱导密度,充气培育(4)预先准备好池底铺细沙的养殖池,诱导之后把幼虫迅速投入池。

对长乐市海蚌研究开发中心的支持表示衷心感谢。

### 参考文献:

- [1] Coon S L, Bona D B. Induction of settlement and metamorphosis of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg), by L-dopa and catecholamines[J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1985, 94: 211-221.
- [2] 方琦,林笔水,方永强.几种化学物质对两种牡蛎幼虫附着和变态的诱导[J].台湾海峡,2001,20(1):20-26.
- [3] 柯才焕,李少菁,李复雪,等.僧帽牡蛎幼体附着和变态的诱导[J].水产学报,2000,24(3):229-234.
- [4] 柯才焕,李少菁,李复雪,等.儿茶酚胺对翡翠贻贝幼体附着和变态的诱导[J].厦门大学学报(自然科学版),1995,34(6):975-981.
- [5] 刘保忠,张福绥,何义朝,等.几种活性物质对海湾扇贝幼虫变态诱导作用研究[J].海洋学报,1998,20(5):55-60.
- [6] 柯才焕,孙泽伟,周时强,等.华贵栉孔扇贝幼体附着和变态的化学诱导[J].海洋科学,2000,24(12):5-8.
- [7] Martinez G, Aguilera C, Carpos E O. Induction of settlement and metamorphosis of the scallop *Argopecten purpuratus* Larmark by excess  $\text{K}^+$  and epinephrine: energetic costs[J]. J Shellfish Res, 1999, 18: 41-46.
- [8] Doroudi M S, Southgate P C. The effect of chemical cues on settlement behaviour of blacklip pearl oyster (*Pinctada margaritifera*) larvae[J]. Aquaculture, 2002, 209: 117-124.
- [9] Garcia-Lavandeira M, Silva A, Abad M, et al. Effects of GABA and epinephrine on the settlement and metamorphosis of the larvae of four species of bivalve mollusks[J]. J Exp Mar Biol Ecol, 2005, 316: 149-156.
- [10] Coon S L, Bonar D B. Norepinephrine and dopamine content of larvae and spat of the Pacific oyster *Crassostrea gigas*[J]. Biol Bull, 1986, 171: 632-639.
- [11] Boloun A J, Morse D E. Ionic control of settlement and metamorphosis in larval *Halvitis rufescens* (Gastropoda)[J]. Biol Bull, 1984, 167: 124-138.