

栉孔扇贝呼吸与异常呼吸的初步研究*

魏利平 蒋祖惠 孙振兴

(山东省水产学校,烟台)

提要 本文报道了对栉孔扇贝呼吸与异常呼吸研究的初步结果。栉孔扇贝成贝(平均壳高6.4cm)的呼吸表面为 $9.75\text{cm}^2/\text{g}$ 湿肉,鳃纤毛在12ppm的呋喃西林海水溶液和50ppm的青霉素海水溶液中剧烈收缩。在密闭容器中,用温克勒法测出成贝软体的平均耗氧量为 $0.044\text{ml}/(\text{g}\cdot\text{h})$,幼贝(壳高1.9—4.2cm)软体的平均耗氧量为 $0.058\text{ml}/(\text{g}\cdot\text{h})$,面盘幼虫(壳长 $145.5\mu\text{m}$)平均日耗氧量为 $0.0134\mu\text{l}/\text{个}$,其窒息点为 $4.0\text{ml}/\text{L}$ 。

成贝离水12h后死亡率为5.6%,体重减少16.2%;幼贝离水6h以内无死亡个体,贝苗(壳高1cm)离水4h后死亡率为15%;稚贝(壳高400—600 μm)离水后1h的脱落率为33.3%。

栉孔扇贝 *Chlamys farreri* (Jones et Preston) 是我国北方海区重要的养殖贝类,其闭壳肌制成的“干贝”是海珍品之一。研究栉孔扇贝呼吸与异常呼吸的规律,对于增养殖业、运输及加工等方面都有重要的实际意义。

对扇贝的呼吸有些报道^[1,2],但是,至今尚未见到有关栉孔扇贝呼吸与异常呼吸的报告。我们于1984—1985年进行了该项试验,本研究测定了栉孔扇贝的呼吸表面与成贝、幼贝、面盘幼虫的耗氧量和窒息点,成贝、幼贝和稚贝离水后干露中的存活时间,成贝和幼贝的体重消耗率及稚贝的脱落率等。

一、材料与方 法

试验所用成、幼、稚贝和面盘幼虫,均取自山东乳山县海珍品试验场和蓬莱县海珍品增殖中心。

将5个成贝剪去鳃瓣后养在10L的塑料盆中,对照组的未剪去鳃瓣。试验期间,水温:17.7—19.2℃ 每8h换水一次,均不投饵,观察存活时间。剪下的鳃瓣养在过滤海水中,镜检鳃纤毛运动情况,用钟表镊子从鳃瓣上取下10余根鳃丝放入多凹玻璃板中,等量滴入用过滤海水配制的不同浓度的呋喃西林和青霉素(80万G)溶液,观察鳃纤毛活动情况。

利用密闭容器测量耗氧量和窒息点。将成贝放入4个5000ml的锥形瓶中,每瓶放4个扇贝,鲜贝重150g(软体重114g)。将壳高4.2cm和壳高1.9cm的幼贝各放入4个1000ml的广口瓶中,前者每瓶放4个扇贝,鲜贝重30g(软体重19.2g),后者每瓶放20个

* 本文承尹左芬教授审阅,1984年海养82级部分学生、1985年海养83班刘志芳等学生参加了部分试验工作,谨此一并致谢。

收稿日期:1985年9月25日。

扇贝,鲜贝重 30g (软体重 18.6g),然后用橡皮塞封口。各组设一个空白样,内不放扇贝,同样用橡皮塞封口。试验时水温为 15.2—16.5℃,气温为 17.5—19.0℃,海水比重为 1.0243,各样随机放置,试验条件基本一致。扇贝放入密闭容器后静止两小时,使其适应环境条件的变化,以后每隔 2h 测瓶中的溶解氧,每次取两个水样,用温克勒(Winkler)法滴定后算出耗氧量。用探针刺激开壳个体的外套膜触手、帆状部和闭壳肌等,无任何反应时立即取水样,滴定海水中的溶解氧后算出室息点。

用 Nx 103 筛绢从培育池中滤出面盘幼虫(壳长为 145.5 μm ,壳高 120.2 μm),用过滤海水冲洗后以每毫升 20 个幼虫的密度,随机放入 4 个 1000ml 的广口瓶中,用橡皮塞封口,另设 1 个空白样。试验期间不投饵,试验水温为 15.7—17.7℃,自 5 月 30 日起,每隔 1 天测量一次瓶中溶解氧。

取 40 个成贝(壳高 6.5—7.4cm)、40 个幼贝(壳高 2—3cm)和 40 个贝苗(壳高 1cm),各分为两组放在搪瓷解剖盘中,每组 20 个贝,观察扇贝离水后存活时间,计算鲜贝体重消耗率,其式如下:

$$\frac{\text{干露前的鲜贝重} - \text{干露后的鲜贝重}}{\text{干露前的鲜贝重}} \times 100\%$$

在培育池中,从同一片附有稚贝(壳高 360 μm 、壳长 280 μm)的网衣附着基中,剪下相邻的 3 个网扣(孔径为 2.5cm),分成 3 组,观察在干露中稚贝死亡率。第一组,将附着在网扣上的稚贝,用镊子在过滤海水中反复摆动下来后,用吸管移入多凹玻璃板上,再用滤纸吸去水分。第二组,同第一组,但不用滤纸吸水,在稚贝周围仍留有少量的海水。第三组,对照组,让稚贝仍附着在网扣上干露。

从附着基上随机剪下相邻的 4 扣网衣,每扣放入一个 100ml 的烧杯中(烧杯底不积水),网衣上附着稚贝的壳高为 400—600 μm ,每隔一小时往一个烧杯中倒入过滤海水,用镊子将网扣在海水中剧烈摆动后,检出脱落在烧杯底部和附着基上的稚贝并计数算出脱落率。

二、结 果

1. 栉孔扇贝的呼吸

(1) 鳃的某些特性 栉孔扇贝主要的呼吸器官是鳃,外套膜也有一定的呼吸作用。剪去鳃瓣后,在水温 17.7—19.2℃条件下,栉孔扇贝靠外套膜呼吸存活了两天,第 3 天出现死亡个体,第 4 天全部死亡;而未剪去鳃瓣的对照组仍然全部存活。

栉孔扇贝的鳃属丝鳃型,鳃丝与鳃丝之间靠结缔组织连接。测量了 4 个成贝,平均每片鳃板的表面由 210—220 条褶皱组成,而每一条褶皱又由 8—9 根鳃丝组成,每根鳃丝的直径为 60—70 μm ,其平均长度为 0.99cm,每根鳃丝的侧表面积可按下式计算:

$$M = \pi dh$$

式中, M 为侧表面积; π 为圆周率; d 为鳃丝的平均直径; h 为鳃丝的平均长度。由计算得每根鳃丝平均侧表面积为 2.021 mm^2 。所测量的 4 个成贝,其平均每克湿肉的呼吸表面为 9.75 cm^2 (表 1),较紫贻贝 *Mytilus edulis* Linné 的呼吸表面 (9.0 cm^2/g 湿肉)大^[3]。

观察呋喃西林对鳃纤毛活动影响。在呋喃西林溶液浓度为 2—4ppm 时,纤毛摆动

表 1 栉孔扇贝成贝的呼吸表面

Tab. 1 Respiration area of the adult *Chlamys farreri*

组别	测量个数(个)	湿肉重(g/个)	鳃丝根数	鳃丝的侧表面积(mm ²)	鳃瓣的总呼吸表面(cm ²)	呼吸表面(cm ² /g 湿肉)
1	2	27.5	13 440	1.943	261.1	9.49
2	2	29.5	14 080	2.098	295.4	10.01
平均		28.5	13 760	2.021	278.3	9.75

注: 将栉孔扇贝从水池中取出后, 立即沿着鳃轴剪下鳃瓣, 进行测量和计算。

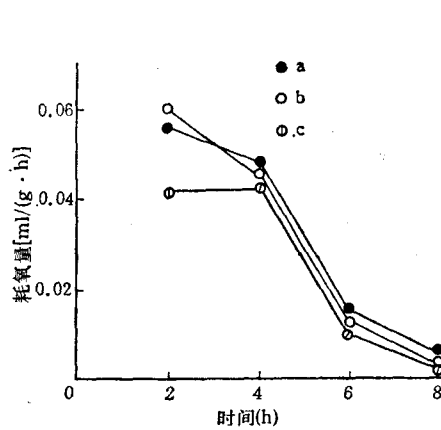


图 1 不同栉孔扇贝耗氧量的变化

Fig. 1 Change rate of BOD for different *Chlamys Farreri*

a. 幼贝(壳高 1.9cm); b. 幼贝(壳高 4.2cm); c. 成贝(壳高 6.4cm)。

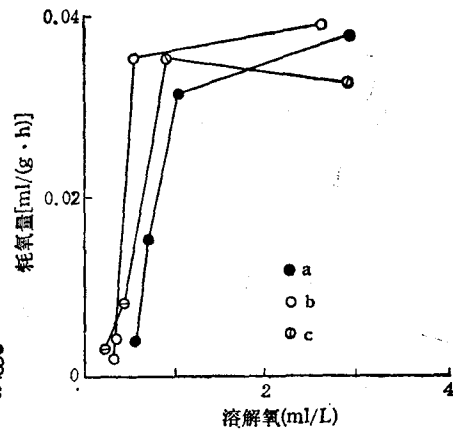


图 2 不同栉孔扇贝于不同溶解氧下耗氧量的变化

Fig. 2 Change rate of BOD under different tension of dissolved oxygen for different *Chlamys Farreri*

a. 幼贝(壳高 1.9cm); b. 幼贝(壳高 4.2cm); c. 成贝(壳高 6.4cm)。

频率较对照样(放在过滤海水中)快;在 6—10ppm 时,频率减慢;在 12—20ppm 时鳃丝剧烈收缩,但鳃纤毛仍能摆动;在 30ppm 时鳃丝剧烈收缩,鳃纤毛停止摆动。青霉素溶液对鳃纤毛活动的影响,当浓度为 2—16ppm 时,鳃纤毛摆动都较对照样加快;18—40ppm 时,逐渐减慢;50ppm 时,鳃丝剧烈收缩,鳃纤毛逐渐停止摆动。

(2) 栉孔扇贝的耗氧量

① 成贝和幼贝的耗氧量: 测试结果表明,海水中的溶解氧随时间而下降,幼贝组的下降速度较成贝的快;无论是幼贝还是成贝,前 4h 时下降速度快,4h 后下降速度变得缓慢。不同栉孔扇贝软体的耗氧量是不一样的(图 1),成贝在前 4h 平均耗氧量为 0.044ml/(g·h),幼贝为 0.058ml/(g·h);4—6h 内耗氧量都急剧下降,成贝为 0.011ml/(g·h),幼贝为 0.016ml/(g·h);在 6h 以后耗氧量下降缓慢,成贝为 0.004ml/(g·h),幼贝为 0.005ml/(g·h)。由此可见,幼贝的耗氧量高于成贝。不同栉孔扇贝在不同溶解氧下的耗氧量如图 2 所示。无论是成贝还是幼贝,当海水中溶解氧在 1ml/L 以上时,都能保持较稳定的耗氧量;当溶解氧低于 1ml/L 时,耗氧量随着溶解氧的下降而急剧下降。

② 面盘幼虫的耗氧量：试验结果表明，第 1, 2 天海水中溶解氧下降很快，第 3 天后显著减慢；4 天中面盘幼虫的平均日耗氧量为 $0.0134 \mu\text{l}/\text{个}$ (见图 3)。试验结束时镜检了面盘幼虫，虽然都是空胃，消化盲囊颜色由原棕色变为淡黄色，但面盘纤毛摆动仍非常活泼，幼虫上浮好，没有出现下沉死亡现象。

③ 窒息点：多次测试表明，当海水中溶解氧分别降到 $0.17\text{ml}/\text{L}$ 和 $0.20\text{ml}/\text{L}$ 时，成

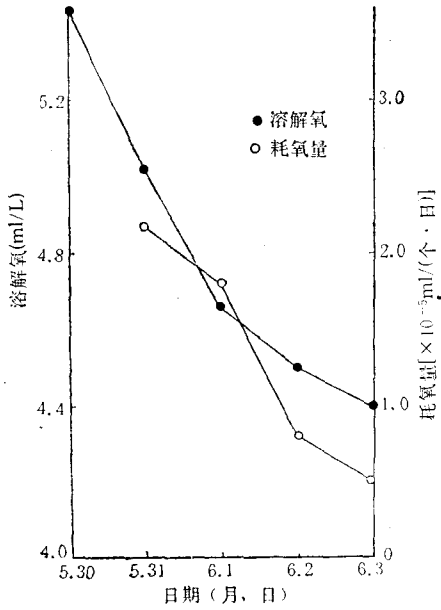


图 3 栉孔扇贝面盘幼虫的耗氧量
Fig. 3 BOD for veliger larva of the *Chlamys Farreri*

贝和幼贝均出现窒息现象，此时扇贝开壳，外套膜剧烈萎缩，外套触手全部收缩，用探针刺激外套膜和闭壳肌均无反应，但将其移入新鲜海水中后还能逐渐复活。当海水中溶解氧降到 $4.0 \text{ ml}/\text{L}$ 以下时，栉孔扇贝面盘幼虫便全部下沉死亡。上述结果说明，栉孔扇贝的窒息点随着成贝→幼贝→面盘幼虫有上升的趋势，面盘幼虫的窒息点最高，为 $4.0\text{ml}/\text{L}$ ；而成贝的窒息点很低，只有 $0.17\text{ml}/\text{L}$ 。

2. 栉孔扇贝的异常呼吸

(1) 成贝的耐干露能力 成贝离水后 6h 内无死亡个体，离水 12h 后平均死亡率为 5.6%，离水 24h 后平均死亡率为 88.9% (表 2)。离水后成贝的死亡率与干露时间的相关关系(图 4)，

$$y = \frac{1}{1.1 + 27 \times 10^5 e^{-x}}$$

[式中, y 是死亡率, x

为干露时间(h)]。成贝离水后体重消耗率与干露时间的相关关系 (图 5)，

$$y = \frac{1}{5.25 + 5443 e^{-x}}$$

[式中, y 为体重消耗率, x 为干露时间 (h)]。

表 2 成贝离水后的耐干露能力*

Tab. 2 Ability to resist the stress of exposure from the water, adults

干露时间 (h)		6	12	18	24	30
死亡率 (%)	第一组	0	11.1	66.7	77.7	100
	第二组	0	0	77.7	100	100
	平均	0	5.6	72.2	88.9	100
体重消耗率 (%)	第一组	5.6	21.1	22.8	18.6	—
	第二组	6.8	11.2	15.6	19.8	—
	平均	6.2	16.2	19.2	19.2	—

* 试验时室温在 $20.2-25.0^\circ\text{C}$ ，湿度在 77—81%。

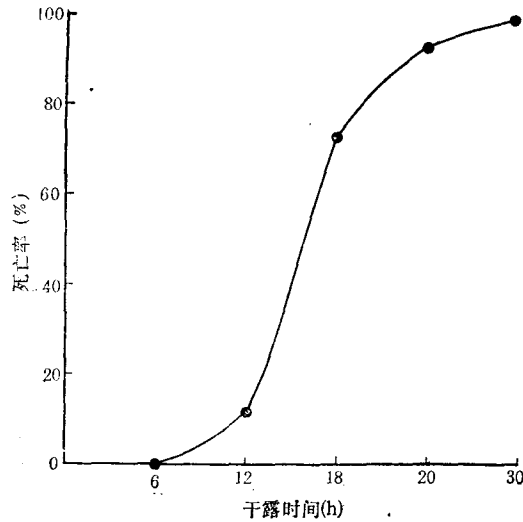


图 4 成贝的死亡率与干露时间的关系

Fig. 4 Relation between the death rate and the time exposed from the water, adults

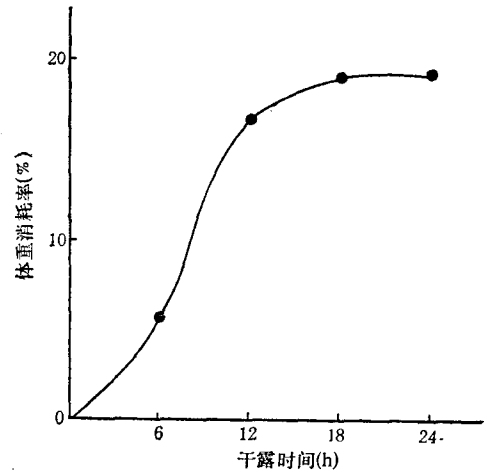


图 5 成贝的体重消耗率与干露时间的关系

Fig. 5 Relation between the weight consumption rate and the time exposed from the water, adults

(2) 幼贝的耐干露能力 幼贝离水后在 6h 以内无死亡个体, 12h 后平均死亡率为 31.3%, 24h 后死亡率为 87.5% (表 3)。离水后体重消耗率与干露时间呈幂函数关系(图 6), $y = 0.0345x^{0.734}$ [式中, y 为鲜贝体重消耗率, x 为时间(h)]。

表 3 幼贝离水后的耐干露能力*

Tab. 3 Ability to resist the stress of exposure from the water, juveniles

干露时间 (h)		6	12	18	24	30
死亡率 (%)	第一组	0	12.5	25.0	100	100
	第二组	0	50.0	100	75.0	100
	平均	0	31.3	62.5	87.5	100
体重消耗率 (%)	第一组	12.7	24.8	28.6	34.8	—
	第二组	11.0	24.3	28.6	31.0	—
	平均	11.9	24.6	28.6	32.9	—

* 试验时室温在 22.4—26.5°C, 湿度在 69—76%。

(3) 贝苗的耐干露能力 贝苗离水 2h 无死亡现象, 4h 后死亡率为 15%, 8h 后死亡率为 61%。贝苗离水后的体重消耗率与干露时间呈直线相关(图 7), 其相关公式为 $y = 0.036x + 0.033$ [式中, y 为体重消耗率, x 为干露时间(h)] (相关系数 $r = 0.983$)。

(4) 稚贝的耐干露能力和脱落率

① 稚贝的死亡率: 结果表明, 第一组因没有水分, 干露 15min 后全部死亡; 第二组与第三组结果基本一致, 因含有水分稚贝耐干露能力大大增强, 镜检时稚贝足频繁伸缩, 匍匐速度较快, 鳃纤毛摆动迅速, 40min 后少数稚贝的足停止伸缩运动, 60min 后出现

死亡个体,见表4。

② 稚贝的脱落率: 不同干露时间对稚贝脱落率有明显影响。观察结果表明,稚贝在海水中足丝的附着能力是很强的,离水后稚贝从附着基上的脱落率与干露时间成正比(见表5)。

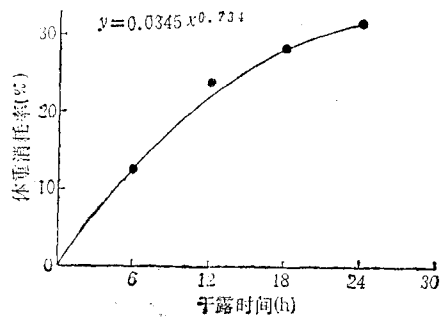


图6 幼贝体重消耗率与干露时间的关系

Fig. 6 Relation between the weight consumption rate and the time exposed from the water, juveniles

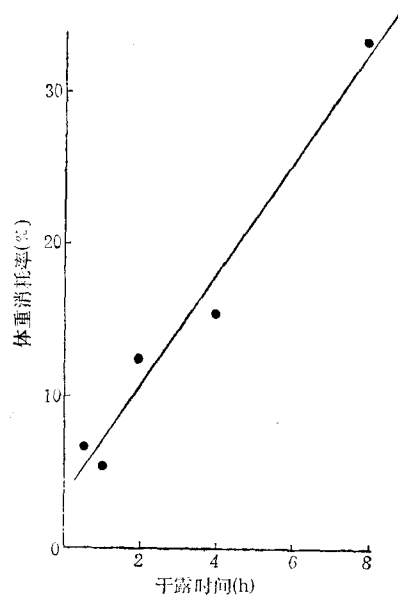


图7 贝苗的体重消耗率与干露时间的关系

Fig. 7 Relation between the weight consumption rate and the time exposed from the water, spat

表4 稚贝在不同干露时间下的死亡率*

Tab. 4 The death rate of the juveniles in different times of exposure

组别	干露时间 (min)	死亡率 (%)					
		15	20	60	70	90	110
第一组		100					
第二组		0	0	22.5	37.5	37.5	52.5
第三组		0	0	19.6	37.0	38.1	51.3

* 试验时间为1984年6月17日,试验时室温为25.5℃,湿度为87%

表5 稚贝在不同干露时间下的脱落率*

Tab. 5 The falling rate of the juveniles in different times of exposure

干露时间(h)	对照**	1	2	3	4
稚贝总个数	65	18	55	17	26
脱落稚贝个数	5	6	20	11	21
脱落率(%)	7.7	33.3	36.4	64.7	80.7

* 试验时室温在23.0—26.8℃,湿度为79%。

** 对照组未经干露,将剪下的一扣网衣在海水中急剧摆动后计数。

三、讨论与小结

1. 栉孔扇贝的鳃属丝鳃型, 成贝的鳃由 13 760 根左右的鳃丝组成, 其呼吸表面为 $9.75\text{cm}^2/\text{g}$ 湿肉, 在剪去鳃瓣的情况下只能存活 2—3 天, 所以, 栉孔扇贝的养殖海区应避免开泥沙含量高、经常“泛海”的混浊海区, 否则容易造成鳃瓣被堵塞, 而很快窒息死亡。组成鳃瓣的鳃纤毛活动, 在 2—4ppm 呋喃西林溶液中频率加快, 在 30ppm 溶液中鳃丝剧烈收缩, 鳃纤毛停止活动; 在 2—16ppm 青霉素溶液中活动加快, 在 18—40ppm 溶液中鳃丝开始收缩, 在 50ppm 溶液中鳃纤毛停止活动。因此, 养殖中使用的药物浓度呋喃西林以 $\leq 4\text{ppm}$ 、青霉素以 $\leq 16\text{ppm}$ 为宜。

2. 栉孔扇贝的耗氧量较大, 成贝平均耗氧量为 $0.044\text{ml}/(\text{g}\cdot\text{h})$, 幼贝平均耗氧量为 $0.058\text{ml}/(\text{g}\cdot\text{h})$, 面盘幼虫平均日耗氧量为 $0.0134\mu\text{l}/\text{个}$ 。因此, 在扇贝人工育苗时, 亲贝升温促熟的暂养密度不宜过大, 否则易造成亲贝死亡。在幼贝分笼养成的操作中, 密度不宜过大, 并应经常更换海水, 防止幼贝分笼下海后发生大量死亡。

当海水中溶解氧为 $1\text{ml}/\text{L}$ 以上时, 栉孔扇贝的耗氧量是稳定的, 而小于 $1\text{ml}/\text{L}$ 时耗氧量急剧下降, 这与牡蛎等其它双壳类的呼吸规律是相似的^[1,2]。

3. 栉孔扇贝的窒息点, 成贝为 $0.17\text{ml}/\text{L}$, 壳高 4.2cm 的幼贝为 $0.20\text{ml}/\text{L}$, 壳高 1.9cm 的幼贝为 $0.27\text{ml}/\text{L}$, 面盘幼虫为 $4.0\text{ml}/\text{L}$, 有随着壳高的下降而增高的趋势。

4. 栉孔扇贝离水后耐干露能力较弱, 成贝与幼贝之间耐干露后死亡率无明显差异, 而贝苗同成贝、幼贝之间的死亡率有极为明显的差异。所以在一般情况下, 贝苗离水后的运输时间不应超过 4h, 而成贝与幼贝运输时间不宜超过 6h。稚贝(壳高 $360\mu\text{m}$ 、壳长 $280\mu\text{m}$) 离水后 1h 死亡率为 19.6—22.5% (室温为 25.5°C 、湿度为 87%), 较大的稚贝(壳高 $400—600\mu\text{m}$) 离水后 1h 脱落率为 33.3%。所以栉孔扇贝人工育苗中稚贝干露运输时间要控制在 45min 以内较宜。目前, 栉孔扇贝人工育苗中, 贝苗海上中间育成率较低, 其中一个主要原因是稚贝离水后干露运输时间较长, 下海后大量脱落所造成的。

5. 栉孔扇贝离水后鲜贝体重消耗率与干露时间有密切的关系, 成贝的相关关系式为

$$y = \frac{1}{5.25 + 5443e^{-x}};$$

幼贝为幂函数关系, $y = 0.0345x^{0.734}$; 贝苗呈直线相关, $y = 0.036x + 0.033$ 。无论是成贝、幼贝, 还是贝苗, 随着干露时间的延长鲜贝的体重逐渐下降。但是, 它们下降的情况是不一样的, 成贝前 12h 下降较快, 以后变得缓慢; 幼贝呈抛物线状缓慢下降; 而贝苗呈直线状急剧下降。结果表明, 由于贝苗离水后体重急剧下降, 所以耐干露能力很弱, 运输时间过长会造成大量死亡。

参 考 文 献

- [1] 上海水产学院、山东海洋学院主编, 1961。水生生物学。农业出版社, 118—127 页。
- [2] 张玺等, 1959。牡蛎。科学出版社, 48—52 页。
- [3] 蔡英亚等, 1979。贝类学概论。上海科学技术出版社, 第 122 页。
- [4] 蔡英亚等, 1979。贝类学概论。上海科学技术出版社, 第 128 页。
- [5] 今井丈夫, 1976。浅海完全养殖。恒星社厚生阁, 207—209 页。

THE NORMAL AND ABNORMAL RESPIRATION OF SCALLOP, *CHLAMYS FARRERI* (JONE ET PRESTON)

Wei Liping, Jiang Zuhui and Sun Zhenxing
(Shandong Fisheries School, Yantai)

ABSTRACT

1. Normal respiration

After cut and take out its branchia, the scallop, *Chlamys farreri* (Jones et Preston) can still keep respiration with its mantle for 2—3 days. Its respiration area of 6.4 cm shell thickness is 9.75 cm² per gram of wet muscle. The activity of branchial cilia was observed waving fast in 2—4 ppm and slowly in 6—10 ppm of Furacilinum solution. But its branchial filaments are suddenly contracted in 12—20 ppm of Furacilinum sol. or in 50 ppm of Penicillinum Kalium sol., and swing faster in 2—16 ppm of Penicillinum Kalium sol.. We measured its shell-length of one veliger larva with 145.5 μm by Winkler method in sealing vessel. Its BOD is an average of 0.0134 μl per day, 0.058 ml/(g·h) for spats of 1.9—4.2 cm shell height, 0.044 ml/(g·h) for adults. As the tension of dissolved oxygen reaches above 1.0 ml/L, the BOD of *Chlamys farreri* is stable, but it decreased after the dissolved oxygen gets below 1.0 ml/L. The stifling point of veliger larva is 4.0 ml/L and 0.27 ml/L for spats of 1.9 cm shell-height, 0.2 ml/L for these of 4.2 cm shell-height, and 0.17 ml/L for adult shellfish of 6.4 cm shell-height.

2. Abnormal respiration

The mortality of the juvenile of 280 × 360 μm exposed 1 h from water is 19.6—22.5%, the falling rate of juvenile 400—600 μm in shell-height of the collector and exposed from the water for 1 h is 33.3%. The weight consumption rate of spats 1 cm in shell-height exposed from the water for 1 h is proportional to the time in the air by linear relation $y = 0.036x + 0.033$; but for spats 2—3 cm in shell-height is by power function relation $y = 0.0345x^{0.734}$, and for the adult scallops 6—7 cm in shell-height is by function relation $y = \frac{1}{5.25 + 5443e^{-x}}$. The mortality of spats 1 cm in shell-height exposed from water after 4 h is 15%, and 31.3% for the juvenile 2—3 cm in shell-height exposed from the water after 12 h, and 5.6% for the adults 6—7 cm in shell-height exposed from the water after 12 h.