

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

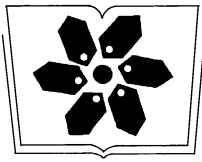
Acta Ecologica Sinica



第33卷 第2期 Vol.33 No.2 **2013**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 2 期

2013 年 1 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 岩溶山区水分时空异质性及植物适应机理研究进展..... 陈洪松, 聂云鹏, 王克林 (317)
- 红树林植被对大型底栖动物群落的影响 陈光程, 余 丹, 叶 勇, 等 (327)
- 淡水湖泊生态系统中砷的赋存与转化行为研究进展..... 张 楠, 韦朝阳, 杨林生 (337)
- 纳米二次离子质谱技术(NanoSIMS)在微生物生态学研究中的应用 胡行伟, 张丽梅, 贺纪正 (348)
- 城市系统碳循环: 特征、机理与理论框架 赵荣钦, 黄贤金 (358)
- 城市温室气体排放清单编制研究进展..... 李 晴, 唐立娜, 石龙宇 (367)

个体与基础生态

- 科尔沁沙地家榆林的种子散布及幼苗更新..... 杨允菲, 白云鹏, 李建东 (374)
- 环境因子对木棉种子萌发的影响 郑艳玲, 马焕成, Scheller Robert, 等 (382)
- 五花米草与短叶荳蔻落物分解过程中碳氮磷化学计量学特征 欧阳林梅, 王 纯, 王维奇, 等 (389)
- 性别、季节和体型大小对吐鲁番沙虎巢域的影响 李文蓉, 宋玉成, 时 磊 (395)
- 遮蔽行为对海刺猬摄食、生长和性腺性状的影响..... 罗世滨, 常亚青, 赵 冲, 等 (402)
- 水稻和玉米苗上饲养的稻纵卷叶螟对温度的反应 廖怀建, 黄建荣, 方源松, 等 (409)

种群、群落和生态系统

- 亚热带不同林分土壤表层有机碳组成及其稳定性 商素云, 姜培坤, 宋照亮, 等 (416)
- 禁牧条件下不同类型草地群落结构特征 张鹏莉 陈 俊 崔树娟, 等 (425)
- 高寒退化草地狼毒与赖草种群空间格局及竞争关系 任 珩, 赵成章 (435)
- 小兴安岭 4 种典型阔叶红松林土壤有机碳分解特性 宋 媛, 赵溪竹, 毛子军, 等 (443)
- 新疆富蕴地震断裂带植被恢复对土壤古菌群落的影响 林 青, 曾 军, 张 涛, 等 (454)
- 长期施肥对紫色土农田土壤动物群落的影响 朱新玉, 董志新, 况福虹, 等 (464)
- 潮虫消耗木本植物凋落物的可选择性试验 刘 燕, 廖允成 (475)
- 象山港网箱养殖对近海沉积物细菌群落的影响 裘琼芬, 张德民, 叶仙森, 等 (483)
- 2005 年夏季东太平洋中国多金属结核区小型底栖生物研究 王小谷, 周亚东, 张东声, 等 (492)
- 川西亚高山典型森林生态系统截留水文效应 孙向阳, 王根绪, 吴 勇, 等 (501)

景观、区域和全球生态

- 中国水稻生产对历史气候变化的敏感性和脆弱性 熊 伟, 杨 婕, 吴文斌, 等 (509)
- 1961—2005 年东北地区气温和降水变化趋势 贺 伟, 布仁仓, 熊在平, 等 (519)
- 地表太阳辐射减弱和臭氧浓度增加对冬小麦生长和产量的影响 郑有飞, 胡会芳, 吴荣军, 等 (532)

资源与产业生态

- 基于环境卫星数据的黄河湿地植被生物量反演研究 高明亮, 赵文吉, 官兆宁, 等 (542)
- 黄土高原南麓县域耕地土壤速效养分时空变异 陈 涛, 常庆瑞, 刘 京, 等 (554)

不同水稻栽培模式下小麦秸秆腐解特征及对土壤生物学特性和养分状况的影响..... 武 际,郭熙盛,鲁剑巍,等 (565)

施氮时期对高产夏玉米光合特性的影响 吕 鹏,张吉旺,刘 伟,等 (576)

城乡与社会生态

城市景观组分影响水质退化的阈值研究 刘珍环,李正国,杨 鹏,等 (586)

长株潭地区生态可持续性 戴亚南,贺新光 (595)

外源 NO 对镉胁迫下水稻幼苗抗氧化系统和微量元素积累的影响 朱涵毅,陈益军,劳佳丽,等 (603)

达里诺尔湖沉积物中无机碳的形态组成 孙园园,何 江,吕昌伟,等 (610)

绿洲土 Cd、Pb、Zn、Ni 复合污染下重金属的形态特征和生物有效性 武文飞,南忠仁,王胜利,等 (619)

柠檬酸和 EDTA 对铜污染土壤环境中吊兰生长的影响 汪楠楠,胡 珊,吴 丹,等 (631)

研究简报

海州湾生态系统服务价值评估 张秀英,钟太洋,黄贤金,等 (640)

内蒙古羊草群落、功能群、物种变化及其与气候的关系 谭丽萍,周广胜 (650)

氮磷供给比例对长白落叶松苗木磷素吸收和利用效率的影响 魏红旭,徐程扬,马履一,等 (659)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 352 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 38 * 2013-01



封面图说: 科尔沁沙地榆树——榆树疏林草原属温带典型草原地带,适应半干旱半湿润气候的隐域性沙地顶级植物群落,具有极强的适应性、稳定性,生物产量较高。在我国仅见于科尔沁沙地和浑善达克沙地。是防风固沙、保护沙区生态环境和周边土地资源的一种重要的植物群落类型,是耐旱沙生植物的重要物种基因库和荒漠野生动物的重要避难所和栖息地。这些年来,由于人类毁林开荒、过度放牧、甚至片面地建立人工林群落等的干扰,不同程度地破坏了榆树疏林的生态环境,影响了其特有的生态作用。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201111241797

罗世滨, 常亚青, 赵冲, 周海森. 遮蔽行为对海刺猬摄食、生长和性腺性状的影响. 生态学报, 2013, 33(2): 0402-0408.

Luo S B, Chang Y Q, Zhao C, Zhou H S. Effects of the covering behavior on food consumption, growth and gonad traits of the sea urchin *Glyptocidaris crenularis*. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(2): 0402-0408.

遮蔽行为对海刺猬摄食、生长和性腺性状的影响

罗世滨, 常亚青*, 赵 冲, 周海森

(大连海洋大学 农业部北方海水增养殖学重点实验室, 大连 116023)

摘要: 海胆遮蔽行为对于海胆的生长和发育的影响目前还不清楚, 在实验室条件下, 研究了遮蔽行为对海刺猬 (*Glyptocidaris crenularis*) 摄食、生长和性腺性状的影响。实验设两个对照组和一个处理组: 对照组为无任何遮蔽条件的空白组和以堆积砖块创造的黑暗空间来满足海胆的掩蔽行为的掩蔽组, 遮蔽组则以菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*) 的贝壳作为遮蔽物来满足海胆的遮蔽行为。结果显示: 遮蔽组的海胆周摄食量要显著大于掩蔽组 ($P < 0.05$), 而空白组与遮蔽组和掩蔽组之间的差异不显著 ($P > 0.05$); 各组海胆的存活率没有显著差异 ($P > 0.05$); 空白组和遮蔽组海胆的壳径、壳高、体重要显著大于掩蔽组 ($P < 0.05$), 而空白组和遮蔽组之间没有显著性的差异 ($P > 0.05$); 空白组和遮蔽组的性腺湿重、性腺干重、性腺指数、壳湿重、壳干重、亚氏提灯湿重、亚氏提灯干重要显著大于掩蔽组 ($P < 0.05$), 而空白组和遮蔽组之间没有显著性的差异 ($P > 0.05$); 空白组的提灯指数要显著小于遮蔽组和掩蔽组 ($P < 0.05$), 而遮蔽组和掩蔽组之间没有显著的差异 ($P > 0.05$)。结果证明, 遮蔽和掩蔽行为对海刺猬生长及发育的影响是有差别的, 掩蔽行为对海刺猬的生长与发育造成了负面影响, 而遮蔽行为在一定的生活环境条件下不会对其生长造成影响。研究表明, 海刺猬的遮蔽行为反映了其对外界不利环境条件的一种适应性, 且这种行为对其生长和发育的影响与掩蔽行为有所不同。至于海刺猬遮蔽行为的进化选择压力, 目前的研究还不足以下定论, 需要进一步深入的研究。

关键词: 遮蔽行为; 海刺猬 (*Glyptocidaris crenularis*); 生长; 性腺

Effects of the covering behavior on food consumption, growth and gonad traits of the sea urchin *Glyptocidaris crenularis*

LUO Shibin, CHANG Yaqing*, ZHAO Chong, ZHOU Haisen

Key Laboratory of Mariculture & Stock Enhancement in North China's Sea, Ministry of Agriculture, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China

Abstract: It is well known that the functions of the covering behavior of sea urchins include protection against predation, waves and avoiding over-exposure to light and particles. However, the effects of the covering behavior on fitness traits of sea urchins are not known. This lack prevents our understanding the selective pressure for the covering behavior of sea urchins. The evolutionary drives of the covering behavior of sea urchins require studying the effects on fitness traits. The present study investigated the effects of covering behavior on food consumption, growth and gonad traits in comparison to the effects of the sheltering behavior in *Glyptocidaris crenularis*. Our study had three treatments: sea urchins with access to covering material (shells of the clam *Ruditapes philippinarum*), sea urchins with access to shelter (bricks) and sea urchins without access to shells or shelter. Food consumption, growth and gonad traits were measured. Food consumption of the sea urchins that covered themselves with shells was significant higher than that in the group with access to shelter ($P < 0.05$). However, food consumption in the groups with shells or shelter was not significantly different from the group without shells or shelter

基金项目: 海胆高效增养殖及食品安全保障技术研究辽宁省重大农业攻关计划 (2007203004)

收稿日期: 2011-11-24; **修订日期:** 2012-04-06

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yqchang@dlou.edu.cn

($P>0.05$). The three groups showed no significant difference in survival ($P>0.05$). Sea urchins in the groups with or without shells had a significantly higher test diameter, test height, wet body weight, wet gonad weight, dry gonad weight, gonad index, wet test weight, dry test weight, wet lantern weight and dry lantern weight than those with access to shelter ($P<0.05$). However, no significant difference of these traits was found between the groups with shells and without shell or shelter ($P>0.05$). The lantern index of sea urchins in the group without access to shells or shelter was significant lower than those with access to shells or shelter ($P<0.05$). There were no significant differences in the traits for the two groups ($P>0.05$). In the present study, we found negative effects of sheltering behavior of the sea urchins compared to the group with no access to shells or shelter. No such negative impacts were found on the individuals covering themselves with shells. The present study provides evidence on the differences between covering and sheltering behaviors. The effect of the covering behavior on growth and gonad traits were significantly different from those of the sheltering behavior in *G. crenularis*. The results of this study also indicate that the covering behavior represents an adaptation of *G. crenularis* in adverse environmental conditions. However, we should be aware that the present study is far from knowing the selective pressure of the covering behavior in *G. crenularis*. Further studies should be done to understand the evolutionary drives of the covering behavior of *G. crenularis*.

Key Words: covering behavior; *Glyptocidaris crenularis*; growth; gonad

关于动物行为的研究始于 20 世纪 60 年代初,是生态学中新兴的前沿学科,它主要是以研究动物的行为功能、适合程度、存活价值以及进化过程为目的^[1]。关于陆上动物行为学的研究起步较早,目前已经对很多物种的行为进行了较为全面的研究^[2-4],而对于水生动物行为学的研究起步较晚,但随着研究手段的不断进步,特别是在鱼类当中,取得了极大的进展^[5-6]。海胆是一种模式生物,近年来随着人们对海胆认知的不断深入,促进了人们对海胆生物学的研究^[7-9]。海胆利用它们的管足或者棘将周围环境中的物体,如水草、珊瑚、贝壳等吸附到它们身体背面这种行为被认为是海胆的遮蔽行为。掩蔽行为通常是指海胆利用周围环境的一些洞穴或者裂缝等场所躲藏自己的行为^[10]。掩蔽行为通常认为与海胆躲避捕食者、水流、光照等不利因素有关^[11-13]。关于海胆遮蔽行为的研究成为目前关于海胆行为学研究的重点和热点^[14-17]。影响海胆遮蔽行为的因素很多,归纳起来可以分为自身因素和外界因素两大类。不同的海胆种类、海胆规格和生理状态都能影响海胆的遮蔽行为,而光照、水流、捕食者、温度、遮蔽物材质等被认为是影响海胆遮蔽行为主要外界环境因素^[16, 18-19]。遮蔽行为是海胆在长期进化过程中形成的,人们对于这一行为在海胆生活史中功能的研究目前还处于起步阶段。目前比较普遍的观点是海胆遮蔽行为的功能可能与躲避敌害、获取食物、避光、避悬浮颗粒等作用相关^[14, 20-22]。而关于这一行为形成的环境选择压力以及在海胆生物体内的形成机制目前还不清楚,这种遮蔽行为对海胆生长和发育的影响目前也未见报道。Richner 等^[17, 23]认为海胆的这种遮蔽行为可能是以消耗一定的代谢能量为代价的,这种代价是否会对海胆自身的生长和发育造成影响目前还不得而知。因此,本研究通过实验室条件下,研究生活在不同遮蔽环境条件下海刺猬(*G. crenularis*)的生长以及身体各部分的发育情况来初步探讨海胆遮蔽行为对海胆生长发育的影响,并和掩蔽行为进行相应的比较,以此来进一步探讨海胆遮蔽行为的生态功能,深入了解海胆遮蔽行为对整个海胆生活史的影响以及海胆形成这种行为的内在因素和进化机制。

1 材料方法

1.1 实验海胆

实验海胆购自辽宁大连旅顺太平洋海珍品养殖公司。实验前,海刺猬暂养在实验室 300 L 的水槽中,投喂海带,每 3 d 换水 1 次。实验开始时海胆的规格为:壳径(20.88 ± 2.24) mm,壳高(10.39 ± 1.29) mm,体重(3.50 ± 1.05) g。

1.2 实验设计

实验分为两个对照组和一个处理组:空白组(没有砖块和贝壳)、掩蔽组(用空心砖块累起来制造的黑暗环境,海胆无需背遮蔽物就能获得遮蔽效果,正方形孔径边长为 (38.30 ± 3.34) mm,层高为 (171.90 ± 7.02) mm)和遮蔽组(在水槽中加入菲律宾蛤仔的贝壳,海胆需背贝壳获得遮蔽效果),每个组设4个重复,每个重复有20个海胆,各组海胆初始规格无显著差异。每个重复分别于300 L的水槽中饲养,水槽的槽壁不透光,槽内海水用气泵通气,且每3d换水1次,各水槽的位置随机分配。实验过程中用海带投喂海胆,投喂过程中,掩蔽组则在砖块内外都放置海带,以保证海胆不因摄食而被迫离开自身的偏好环境。实验从2011年3月2日开始到2011年11月2日结束,共8个月。整个实验过程中分别在3月份、4月份、5月份、8月份、10月份测量了其中12个周的各组海胆的周摄食量,且每2个月测量一次海胆的壳径、壳高和体重。在实验结束时各组随机抽取30个海胆,测量其壳径、壳高和体重,之后解剖,测量其性腺湿重、壳湿重、提灯湿重,以此来计算其性腺指数、壳指数和提灯指数。解剖后各部分在65℃条件下烘72 h,测量性腺、壳、提灯的干重,以此来计算各部分的含水量。各指标计算方法:

$$\text{性腺指数} = (\text{性腺湿重} / \text{体重}) \times 100\%$$

$$\text{壳指数} = (\text{壳湿重} / \text{体重}) \times 100\%$$

$$\text{提灯指数} = (\text{提灯湿重} / \text{体重}) \times 100\%$$

1.3 统计方法

利用Excel和SPSS统计分析软件对数据进行整理和分析,各组数据均符合正态性分布。利用重复度量分析比较了各组海胆实验期间壳径、壳高和体重的增长情况。各组海胆的周摄食量、存活率、性腺湿重、性腺指数、性腺水分、壳指数、壳干重、壳水分、提灯湿重、提灯干重符合方差齐性,因此利用单因素方差分析统计并比较了各组海胆之间的差异性。而海胆的性腺干重、壳湿重、提灯指数、提灯水分不符合方差齐性,因此利用非参数检验来比较各组海胆之间的差异。各分析的显著水平均设置为 $P < 0.05$ 。

2 结果

实验期间,生活在以菲律宾蛤仔贝壳作为遮蔽环境下的海刺猬,几乎都以贝壳较为完整的遮蔽自己,生活在以砖块作为掩蔽环境下的海刺猬,多生活在砖块的孔洞当中(图2)。

2.1 摄食量和存活率

各组海胆的周摄食量及死亡率列于表1。结果显示,遮蔽组的周摄食量要显著大于掩蔽组($P < 0.05$),空白组的摄食量小于遮蔽组而大于掩蔽组,但是他们之间的差异不显著($P > 0.05$)。各组海胆的存活率,掩蔽组要大于遮蔽组,空白组最小,但是他们之间的差异不显著($P > 0.05$)。

2.2 生长和身体各部分发育

各组海胆实验期间的生长情况见图1。各组海胆的壳径、壳高、体重在实验开始时均没有显著性的差异,实验过程中各组海胆的壳径、壳高、体重都增长明显。整个实验过程中,空白组和遮蔽组海胆的壳径、壳高、体重要显著大于掩蔽组($P < 0.05$),而空白组和遮蔽组之间没有显著性的差异($P > 0.05$)。

各组海胆的性腺湿重、性腺指数、性腺水分、壳指数、壳干重、壳水分、提灯湿重、提灯干重、性腺干重、壳湿重、提灯指数、提灯水分的均值、标准差及方差比

较的结果列于表2和表3。空白组和遮蔽组的性腺湿重、性腺干重、性腺指数、壳湿重、壳干重、提灯湿重、提灯干重要显著大于掩蔽组($P < 0.05$),而空白组和遮蔽组之间没有显著性的差异($P > 0.05$)。空白组、遮蔽组和掩蔽组之间的壳指数、壳水分、提灯水分没有显著性的差异($P > 0.05$)。掩蔽组的性腺含水量要显著大于遮

表1 各组海胆的摄食量及存活率

Table 1 Food consumption and survival rate of sea urchins among three groups

处理组 Treatment	摄食量 Food consumption/g	存活率 Survival rate/%
空白组 Blank group	41.66±23.37ab	78.75±10.31a
遮蔽组 Covering group	47.08±25.66b	82.50±11.90a
掩蔽组 Sheltering group	35.88±22.74a	88.75±8.54a

不同字母代表显著性差异($P < 0.05$)

蔽组和空白组 ($P<0.05$), 而空白组和遮蔽组之间没有显著性的差异 ($P>0.05$)。空白组的提灯指数要显著小于遮蔽组和掩蔽组 ($P<0.05$), 而遮蔽组和掩蔽组之间没有显著的差异 ($P>0.05$)。

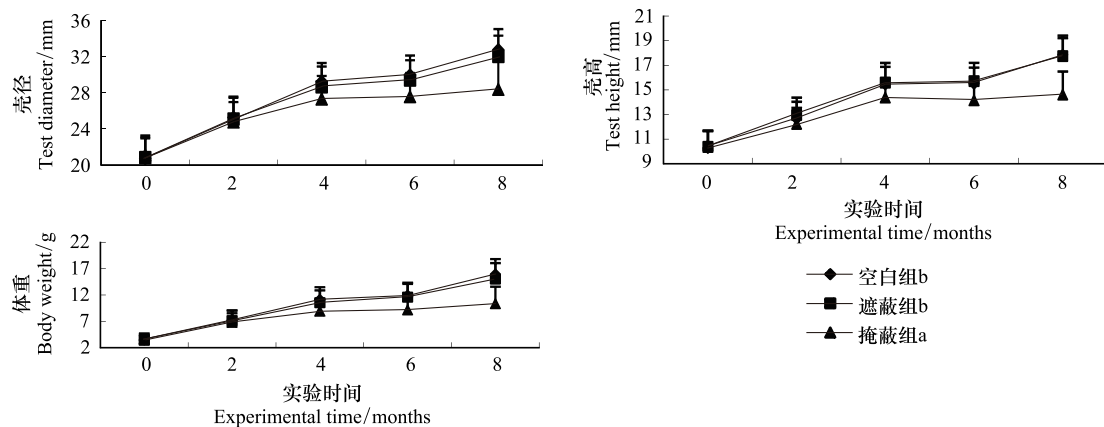


图 1 3 组海胆实验期间壳径、壳高、体重的增长情况

Fig. 1 Test diameter, test height and body weight of the three groups during the experiment

不同字母代表显著性差异 ($P<0.05$)

表 2 各解剖性状的平均数±标准差及方差分析结果

Table 2 The Mean±standard deviation (SD) and significant differences of anatomic traits according to One-way ANOVA

处理组 Treatment	性腺湿重 Wet gonad weight/g	性腺指数 Gonad index/%	性腺水分 Gonad moisture/%	壳指数 Test index/%	壳干重 Dry test weight/g	壳水分 Test moisture/%	提灯湿重 Wet lantern weight/g	提灯干重 Dry lantern weight/g
空白组	0.91±0.39b	5.72±2.34b	80.19±2.95a	51.26±3.11a	3.53±0.53b	56.32±2.57a	0.66±0.09b	0.29±0.04b
遮蔽组	0.95±0.46b	6.39±2.48b	79.77±5.30a	52.57±4.81a	3.25±0.79b	58.47±5.69a	0.65±0.12b	0.28±0.05b
掩蔽组	0.50±0.37a	4.15±1.93a	83.14±4.71b	54.03±7.24a	2.49±0.83a	59.07±6.31a	0.50±0.15a	0.23±0.06a

不同字母代表显著性差异 ($P<0.05$)

表 3 各解剖性状的平均数±标准差及非参数检验结果

Table 3 The Mean±SD and significant differences of anatomic traits according to the Nonparametric tests

处理组 Treatment	性腺干重 Dry gonad weight/g	壳湿重 Dry test weight/g	提灯指数 Lantern index/%	提灯水分 Lantern moisture/%
空白组	0.18±0.08b	8.09±1.10b	4.19±0.39a	56.63±2.30a
遮蔽组	0.20±0.11b	7.66±1.55b	4.45±0.35b	56.52±3.88a
掩蔽组	0.09±0.06a	6.18±2.02a	4.57±0.73b	55.18±6.47a

不同字母代表显著性差异 ($P<0.05$)

3 讨论

本次研究所取的海胆种类为海刺猬 (*G. crenularis*), 是因为在研究过程中我们发现, 和其它种类的海胆相比, 海刺猬具有非常明显的遮蔽行为 (图 2)。所选海胆均为 2010 年 5 月份于辽宁大连旅顺太平洋海珍品养殖公司育成, 到实验开始时为 10 月龄的未性成熟幼胆, 相对于已经性成熟的海胆, 以幼胆为材料可以获取到更多关于生长及发育的信息, 这样可以更好的观察不同遮蔽环境对海刺猬生长发育的影响。

关于其它种类海胆的遮蔽行为目前已经有了一定程度的认识^[16, 19, 24], 各种海胆都有被观察到不同程度的遮蔽行为, 在本次实验中也观察到海刺猬也具有比较明显的遮蔽行为。Agatsuma 等^[16, 21, 25-26]认为, 海胆的遮蔽行为可以让它们在一定程度上避免捕食者的捕食和光给它们带来的伤害, 增加自身存活概率。实验中我们发现, 掩蔽组海胆的存活率略高于遮蔽组, 而遮蔽组海胆的存活率要略高于空白组, 但是它们之间的差异不显著, 遮蔽行为并没有提高海刺猬的存活率。这可能是由于在本次实验中, 没有引入捕食者, 而且实验是在室内进行, 光照较弱, 因此相对于自然环境, 本次实验环境下 3 组海胆的不利生存因素较少, 不会造成死亡率

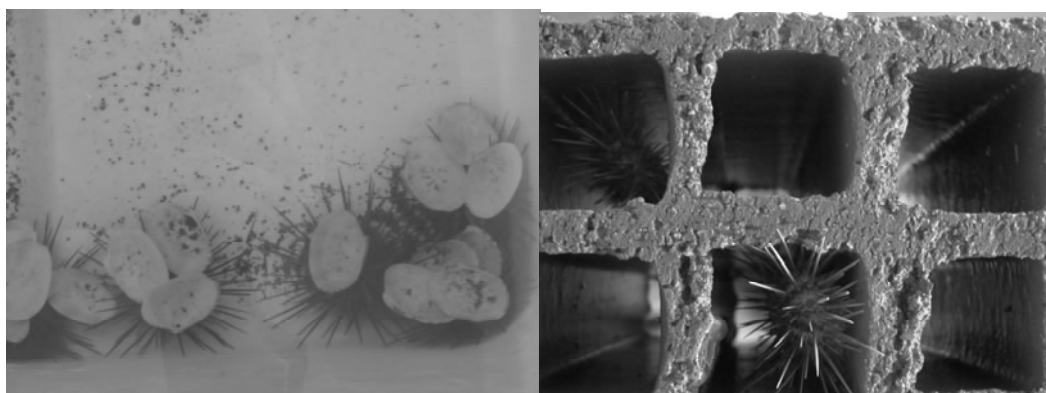


图2 实验中所观察的海刺猬的遮蔽行为

Fig. 2 Observation of the covering and sheltering behavior of *Glyptocidaris crenularis* in the laboratory

上的显著差异。因此,海刺猬的这种遮蔽行为不是那种用进废退的后天性行为,而是一种比较稳定的先天性行为,即使在有利的环境条件下,这种行为仍然得以保持(图2)。

在生物漫长的进化过程中,任何行为的形成都是经过长期选择与适应的结果,都会对生物本身的生活史产生影响。生物形成的这些行为特性,有些是有利于自身生长、发育和繁殖的积极的适应策略,而有些则是为了避免环境中的某些不利因子的消极的适应策略,主要目的是为了保持存活及种的延续,而对于其生长发育的影响不大,甚至产生消极的影响^[27]。有研究表明海胆的遮蔽行为需要海胆消耗一定量的代谢能量为代价^[23],这种消耗似乎会对海胆的生长造成负面影响。以贝壳作为遮蔽物的海胆的生长速度以及身体各部分(壳、亚氏提灯、性腺)的发育与空白组没有显著的差异,且要显著大于掩蔽组。这说明海刺猬遮蔽行为的这种生理消耗并没有影响它的生长和发育,相反,相对于无需背遮蔽物就能获得遮蔽条件的掩蔽组,遮蔽组的生长及发育都要更快。造成这种现象可能有3个原因:第一是海刺猬通过增加摄食来补充遮蔽行为的能量消耗,遮蔽组海胆的摄食量要显著大于掩蔽组而略大于空白组。第二是有研究表明动植物在一定的环境压力条件下,生长、发育及繁殖速度能都加快^[28-29],实验空白组和遮蔽组之间的生长和身体各部分(壳、亚氏提灯、性腺)的发育都没有显著的差异,同时它们都显著大于掩蔽组,造成这种现象的原因很可能就是空白组和遮蔽组的海胆都会被动的收到一定强度的光照胁迫,而掩蔽组海胆在整个实验过程中则不会有这种胁迫,这种胁迫促进了海刺猬的生长和发育。第三,海刺猬在长期的进化过程中形成遮蔽行为很可能并不是为了给生长和发育带来优势,而只是为了躲避自然界的一些不利因子,使种得以保存和延续。这一点已经在轮虫(*Brachionus calyciflorus*)性别的形成中得到了印证,Becks 和 Agrawal^[30-31]通过在实验室条件下观察轮虫在不同选择压下的性别进化过程发现,有性生殖对于轮虫的生活没有长期的利益,有性生殖的出现只是为了适应短期内环境的变化,而一旦轮虫适应了变化的环境,有性生殖就会逐渐减弱,无性生殖逐渐增强。而 Verling^[16, 21, 26]等人目前的研究也表明海胆的这种遮蔽行为是为了躲避敌害以及光照、水流等外界因素给自身带来的伤害,增加存活概率。接下来有必要进一步研究该行为对海刺猬繁殖乃至后代生长发育的影响,以此来进一步了解该行为的进化机制及对海刺猬生活史的影响。遮蔽组的海刺猬其生长和发育要显著优于掩蔽组,这可能是由于遮蔽组海刺猬的摄食量显著大于掩蔽组造成的。掩蔽行为和遮蔽行为都是海胆为躲避外界不利条件而形成的一种行为。而海刺猬始终保持耗能的遮蔽行为,原因之一就是两种行为对于食物获得的难易。相对于掩蔽行为,遮蔽行为更容易使海刺猬获得食物,这一点在实验中也得到了证实,实验中遮蔽组的摄食量要显著大于掩蔽组。

不同规格的海胆及在不同的发育阶段,身体各部分发育的重点有所不同,身体各部分之间的能量分配也是有所差异的,前期小规格海胆主要是侧重壳和口器的生长,而大规格到达性成熟以后则侧重生殖腺的生长,相互之间存在补偿效应^[32-33]。掩蔽组海胆的提灯指数要显著大于遮蔽组和空白组海胆,而空白组和遮蔽组

的性腺指数则要显著大于掩蔽组,这可能就是由于前者和后两者的海刺猬的规格及所处的发育程度的差异所致。

以上研究表明:海刺猬(*G. crenularis*)的遮蔽行为是其自身长期形成的一种固有行为,反映了它们对外界不利环境条件的一种适应性,有利于提高其适应能力和应对外界环境压力的能力,虽然需要以消耗能量等为代价,但这种行为对海刺猬自身生长和发育不造成影响。海刺猬遮蔽行为的进化选择压力,有待深入研究。

References:

- [1] Jiang Z G, Wang Z W. Origin, development and prospective in behavioral ecology. *Journal of Nature*, 1997, 19(1): 43-46.
- [2] Li F S, Ma J Z. Behavioral ecology of black-necked crane during winter at Caohai, Guizhou, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(2): 293-298.
- [3] Wang H S, Xu H F, Cui F, Xu Y Y, Zhou Z. Effects of temperature on mating behavior and fecundity of beet armyworm *Spodoptera exigua* (Hübner). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(1): 162-166.
- [4] Simmons P J, Young D. Nerve cells and animal behaviour. *Yale Journal of Biology and Medicine*, 2011, 84(3): 329-329.
- [5] Salvanes A G V, Moberg O, Braithwaite V A. Effects of early experience on group behaviour in fish. *Animal Behaviour*, 2007, 74(4): 805-811.
- [6] Brown C, Laland K, Krause J. *Fish Cognition and Behaviour*. Britain: Blackwell Publishing Ltd, 2011.
- [7] Lawrence J M, Chang Y Q, Cao X B, Lawrence A L, Watts S A. Potential for production of uni by *Strongylocentrotus intermedius* using dry formulated feeds. *Journal of the World Aquaculture Society*, 2011, 42(2): 253-260.
- [8] James P J, Heath P L. The effects of season, temperature and photoperiod on the gonad development of *Evechinus chloroticus*. *Aquaculture*, 2008, 285(1/4): 67-77.
- [9] Chang Y Q, Ding J, Song J, Yang W. *Biology Research and Breeding of Sea Cucumber and Sea Urchin*. Beijing: Ocean Press, 2004: 199-268.
- [10] Jones G P, Andrew N L. Herbivory and patch dynamics on rocky reefs in temperate Australasia: The roles of fish and sea urchins. *Australian Journal of Ecology*, 1990, 15(4): 505-520.
- [11] Scheibling R E, Hamm J. Interactions between sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis*) and their predators in field and laboratory experiments. *Marine Biology*, 1991, 110(1): 105-116.
- [12] Nishizaki M T, Ackerman J D. Juvenile-adult associations in sea urchins *Strongylocentrotus franciscanus* and *S. droebachiensis*: is nutrition involved?. *Marine Ecology Progress Series*, 268: 93-103.
- [13] Nelson B V, Vance R R. Diel foraging patterns of the sea urchin *Centrostephanus coronatus* as a predator avoidance strategy. *Marine Biology*, 1979, 51(3): 251-258.
- [14] Adams N L. UV radiation evokes negative phototaxis and covering behavior in the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Marine Ecology Progress Series*, 2001, 213: 87-95.
- [15] Amato K R, Emel S L, Lindgren C A, Sullan K M, Wright P R, Gilbert J J. Covering behavior of two co-occurring Jamaican Sea Urchins: differences in the amount of covering and selection of covering material. *Bulletin of Marine Science*, 2008, 82(2): 255-261.
- [16] Verling E, Crook A, Barnes D. Covering behaviour in *Paracentrotus lividus*: is light important? *Marine Biology*, 2002, 140(2): 391-396.
- [17] Richner H, Milinski M. On the functional significance of masking behaviour in sea urchins-an experiment with *Paracentrotus lividus*. *Marine Ecology Progress Series*, 2000, 205: 307-308.
- [18] Dumont C P, Drolet D, Deschênes I, Himmelman J H. Multiple factors explain the covering behaviour in the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Animal Behaviour*, 2007, 73(6): 979-986.
- [19] Lees D C, Carter G A. The covering response to surge, sunlight, and ultraviolet light in *Lytechinus anamesus* (Echinoidea). *Ecology*, 1972, 53(6): 1127-1133.
- [20] Nichols K D. *The Effects of Predators and Habitat on Sea Urchin Density and Behavior in Southern California Kelp Forests*. San Diego: San Diego State University, 2009.
- [21] Agatsuma Y. Effect of the covering behavior of the juvenile sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* on predation by the spider crab *Pugettia quadridens*. *Fisheries Science*, 2001, 67(6): 1181-1183.
- [22] Dix T G. Covering response of the echinoid *Evechinus chloroticus* (Val.). *Pacific Science*, 1970, 24(2): 187-194.
- [23] Kehas A J, Theoharides K A, Gilbert J J. Effect of sunlight intensity and albinism on the covering response of the Caribbean sea urchin *Triplaneustes ventricosus*. *Marine Biology*, 2005, 146(6): 1111-1117.
- [24] James D W. Diet, movement, and covering behavior of the sea urchin *Toxopneustes roseus* in rhodolith beds in the Gulf of California, México.

- Marine Biology, 2000, 137(5/6): 913-923.
- [25] Verling E, Crook A C, Barnes D K A. The dynamics of covering behaviour in dominant echinoid populations from American and European west coasts. *Marine Ecology*, 2004, 25(3): 191-206.
- [26] Sigg J E, Lloyd-Knight K M, Boal J G. UV radiation influences covering behaviour in the urchin *Lytechinus variegatus*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 2007, 87(5): 1257-1261.
- [27] Pennisi E. Evolutionary time travel. *Science*, 2011, 334(6058): 893-895.
- [28] Fan J W, Zhong H P, Liang B, Du Z C. A study on competition among perennial ryegrass and six other species in different conditions of stress and disturbance. *Acta Phytocologica Sinica*, 2003, 27(4): 522-530.
- [29] Liu X M. Environmental variation and fecundity response pattern reveal the inevitable extinction of large animals. *Bulletin of Biology*, 2009, 44(10): 1-7.
- [30] Becks L, Agrawal A F. Higher rates of sex evolve in spatially heterogeneous environments. *Nature*, 2010, 468(7320): 89-92.
- [31] Becks L, Agrawal A F. The effect of sex on the mean and variance of fitness in facultatively sexual rotifers. *Journal of Evolutionary Biology*, 2011, 24(3): 656-664.
- [32] Fernandez C, Boudouresque C F. Nutrition of the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) fed different artificial food. *Marine Ecology Progress Series*, 2000, 204: 131-141.
- [33] Lyons D A, Scheibling R E. Differences in somatic and gonadic growth of sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis*) fed kelp (*Laminaria longicuris*) or the invasive alga *Codium fragile* ssp. *tomentosoides* are related to energy acquisition. *Marine Biology*, 2007, 152(2): 285-295.

参考文献:

- [1] 蒋志刚, 王祖望. 行为生态学的起源、发展和前景. *自然杂志*, 1997, 19(1): 43-46.
- [2] 李凤山, 马建章. 越冬期黑颈鹤个体行为生态的研究. *生态学报*, 2000, 20(2): 293-298.
- [3] 王竑晟, 徐洪富, 崔峰, 许永玉, 周真. 温度对甜菜夜蛾生殖行为及生殖力的影响. *生态学报*, 2004, 24(1): 162-166.
- [9] 常亚青, 丁君, 宋坚, 杨威. 海参、海胆生物学研究与养殖. 北京: 海洋出版社, 2004: 199-268.
- [28] 樊江文, 钟华平, 梁飏, 杜占池. 在不同压力和干扰条件下黑麦草与其它 6 种植物的竞争研究. *植物生态学报*, 2003, 27(4): 522-530.
- [29] 刘小明. 由环境变化和生殖力响应规律揭示大型动物灭绝的必然性. *生物学通报*, 2009, 44(10): 1-7.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33 ,No.2 January ,2013(Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Spatio-temporal heterogeneity of water and plant adaptation mechanisms in karst regions; a review CHEN Hongsong, NIE Yunpeng, WANG Kelin (317)
- Impacts of mangrove vegetation on macro-benthic faunal communities CHEN Guangcheng, YU Dan, YE Yong, et al (327)
- Advance in research on the occurrence and transformation of arsenic in the freshwater lake ecosystem ZHANG Nan, WEI Chaoyang, YANG Linsheng (337)
- Application of nano-scale secondary ion mass spectrometry to microbial ecology study HU Hangwei, ZHANG Limei, HE Jizheng (348)
- Carbon cycle of urban system; characteristics, mechanism and theoretical framework ZHAO Rongqin, HUANG Xianjin (358)
- Research and compilation of urban greenhouse gas emission inventory LI Qing, TANG Lina, SHI Longyu (367)

Autecology & Fundamentals

- Seed dispersal and seedling recruitment of *Ulmus pumila* woodland in the Keerqin Sandy Land, China YANG Yunfei, BAI Yunpeng, LI Jiandong (374)
- Influence of environmental factors on seed germination of *Bombax malabaricum* DC. ZHENG Yanling, MA Huancheng, Scheller Robert, et al (382)
- Carbon, nitrogen and phosphorus stoichiometric characteristics during the decomposition of *Spartina alterniflora* and *Cyperus malaccensis* var. *brevifolius* litters OUYANG Linmei, WANG Chun, WANG Weiqi, et al (389)
- Home range of *Teratoscincus roborowskii* (Gekkonidae): influence of sex, season, and body size LI Wenrong, SONG Yucheng, SHI Lei (395)
- Effects of the covering behavior on food consumption, growth and gonad traits of the sea urchin *Glyptocidaris crenularis* LUO Shibin, CHANG Yaqing, ZHAO Chong, et al (402)
- Biological response of the rice leafhopper *Cnaphalocrocis medinalis* (Güenée) reared on rice and maize seedling to temperature LIAO Huaijian, HUANG Jianrong, FANG Yuansong, et al (409)

Population, Community and Ecosystem

- Composition and stability of organic carbon in the top soil under different forest types in subtropical China SHANG Suyun, JIANG Peikun, SONG Zhaoliang, et al (416)
- The community characteristics of different types of grassland under grazing prohibition condition ZHANG Pengli, CHEN Jun, CUI Shujuan, et al (425)
- Spatial pattern and competition relationship of *Stellera chamaejasme* and *Aneurolepidium dasystachys* population in degraded alpine grassland REN Heng, ZHAO Chengzhang (435)
- SOC decomposition of four typical broad-leaved Korean pine communities in Xiaoxing' an Mountain SONG Yuan, ZHAO Xizhu, MAO Zijun, et al (443)
- The influence of vegetation restoration on soil archaeal communities in Fuyun earthquake fault zone of Xinjiang LIN Qing, ZENG Jun, ZHANG Tao, et al (454)
- Effects of fertilization regimes on soil faunal communities in cropland of purple soil, China ZHU Xinyu, DONG Zhixin, KUANG Fuhong, et al (464)
- Woody plant leaf litter consumption by the woodlouse *Porcellio scaber* with a choice test LIU Yan, LIAO Yuncheng (475)
- The bacterial community of coastal sediments influenced by cage culture in Xiangshan Bay, Zhejiang, China QIU Qiongfeng, ZHANG Demin, YE Xiansen, et al (483)
- A study of meiofauna in the COMRA's contracted area during the summer of 2005 WANG Xiaogu, ZHOU Yadong, ZHANG Dongsheng, et al (492)
- Hydrologic regime of interception for typical forest ecosystem at subalpine of Western Sichuan, China SUN Xiangyang, WANG Genxu, WU Yong, et al (501)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Sensitivity and vulnerability of China's rice production to observed climate change XIONG Wei, YANG Jie, WU Wenbin, et al (509)

Characteristics of temperature and precipitation in Northeastern China from 1961 to 2005	HE Wei, BU Rencang, XIONG Zaiping, et al (519)
Combined effects of elevated O ₃ and reduced solar irradiance on growth and yield of field-grown winter wheat	ZHENG Youfei, HU Huifang, WU Rongjun, et al (532)
Resource and Industrial Ecology	
The study of vegetation biomass inversion based on the HJ satellite data in Yellow River wetland	GAO Mingliang, ZHAO Wenji, GONG Zhaoning, et al (542)
Temporal and spatial variability of soil available nutrients in arable Lands of Heyang County in South Loess Plateau	CHEN Tao, CHANG Qingrui, LIU Jing, et al (554)
Decomposition characteristics of wheat straw and effects on soil biological properties and nutrient status under different rice cultivation	WU Ji, GUO Xisheng, LU Jianwei, et al (565)
Effects of nitrogen application stages on photosynthetic characteristics of summer maize in high yield conditions	LÜ Peng, ZHANG Jiwang, LIU Wei, et al (576)
Urban, Rural and Social Ecology	
The degradation threshold of water quality associated with urban landscape component	LIU Zhenhuan, LI Zhengguo, YANG Peng, et al (586)
Ecological sustainability in Chang-Zhu-Tan region; a prediction study	DAI Yanan, HE Xinguang (595)
The effect of exogenous nitric oxide on activities of antioxidant enzymes and microelements accumulation of two rice genotypes seedlings under cadmium stress	ZHU Hanyi, CHEN Yijun, LAO Jiali, et al (603)
Forms composition of inorganic carbon in sediments from Dali Lake	SUN Yuanyuan, HE Jiang, LÜ Changwei, et al (610)
Fractionation character and bioavailability of Cd, Pb, Zn and Ni combined pollution in oasis soil	WU Wenfei, NAN Zhongren, WANG Shengli, et al (619)
Effects of CA and EDTA on growth of <i>Chlorophytum comosum</i> in copper-contaminated soil	WANG Nannan, HU Shan, WU Dan, et al (631)
Research Notes	
Values of marine ecosystem services in Haizhou Bay	ZHANG Xiuying, ZHONG Taiyang, HUANG Xianjin, et al (640)
Variations of <i>Leymus chinensis</i> community, functional groups, plant species and their relationships with climate factors	TAN Liping, ZHOU Guangsheng (650)
The effect of N:P supply ratio on P uptake and utilization efficiencies in <i>Larix olgensis</i> Henry. seedlings	WEI Hongxu, XU Chengyang, MA Lüyi, et al (659)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 2 期 (2013 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 2 (January, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元