

2-16
大连紫海胆食性的初步探讨

高绪生 孙勉英 李国友 李世英

(辽宁省海洋水产研究所, 大连)

提 要 大连紫海胆成体在自然海区摄食的饵料, 包括多种大型海藻类、底栖硅藻类、某些小型贝类及有机碎屑等, 其中以海带、石莼等海藻类为主。调查与试验结果还表明, 成海胆摄食的饵料与其生活水域的饵料生物种类有关。当饵料生物丰富时, 成海胆对饵料的摄食有一定的选择性。对绿藻、红藻、褐藻这三大类海藻, 其选择率的大小依次为褐藻、红藻、绿藻。褐藻中以对裙带菜、海带等最为嗜食; 红藻中嗜食角叉藻、石花菜; 绿藻中嗜食石莼、浒苔等。对于某些动物性饵料, 如鱼和贝类的碎肉等, 成海胆也有良好的摄食习性。因而, 成海胆的食性应属杂食性。

关键词 大连紫海胆, 食性, 海藻, 动物性饵料, 选择性, 杂食性

大连紫海胆 *Strongylocentrotus nudus* 又称光棘球海胆, 是我国所产的食用海胆类中主要的经济种。由于其经济价值高而自然产量又不能满足日益增长的市场需要, 因而其人工育苗与增养殖技术的研究已成为我国海水增养殖领域内的一个新的研究课题。其中, 对海胆在各生长阶段摄食习性的研究, 是本课题的重要基础研究内容之一。关于海胆在浮游幼体及稚海胆阶段的食性, 冈崎谦次(1975)、角田信孝(1975)、廖承义(1987)、孙勉英(1989)等均有过研究报道; 关于成海胆阶段的食性, 大岛泰雄(1957)、Fuji(1962)、川村一广(1973)、今井利为(1986)等曾分别对紫海胆 *Anthocidaris crassispina*、马粪海胆 *Hemicentrotus pulcherimus*、虾夷马粪海胆 *Strongylocentrotus intermedius*、红海胆 *Pseudocentrotus depressus* 等四个种进行过研究。对于大连紫海胆成体食性的研究则报道较少。张凤瀛等认为, 大连紫海胆成体的饵料是以养殖藻类为主^[2], 但是对其摄食的饵料种类及嗜性等则无较详细的研究报道。本文拟通过海区调查及室内的生态试验等方法, 对大连紫海胆成体摄食的饵料种类及其对各种饵料的摄食率、选择率等进行初步探讨, 为今后大连紫海胆人工增养殖选择饵料提供参考。

材 料 与 方 法

对大连紫海胆成体食性的考察, 一是用海区采样调查的方法, 考察成海胆消化道内摄食的饵料种类、数量等, 并对其生活水域中饵料生物的组成进行调查, 以探讨在自然状态下成海胆的摄食习性及其与饵料环境之间的关系; 二是通过室内生态试验, 分别测试成海胆对数种饵料的摄食率与选择率等, 并将此结果与海区调查结果相比较, 以进行再验证。

调查海域为大连市附近的小长山岛东北海区。调查区的范围约4平方公里, 水深3~10m, 底质为岩礁与砾石, 饵料生物生长繁茂, 历史上一直是大连紫海胆资源较丰富的水域。1988年6月与9月, 分别

由潜水员持 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 的采样框,在调查区的海底按一定的间隔,随机选取采样点并采集采样点 1 平方米内的全部饵料海藻,以及大连紫海胆的壳体作样本。采集后,立即解剖并取样分析所有样品海胆的消化道前半部的内容物,统计其中所包含的饵料种类、数量以及每种饵料在全部内容物中所占的百分比。同时,还对全部样品海胆的种类、数量以及各自占全部样品海胆的百分比等进行调查分析。成海胆消化道内饵料种类的确定是在显微镜下根据饵料碎片的形态进行分辨;重量的称量使用感量为 0.01g 的扭力天平。样品海藻的称量使用感量为 0.1g 的托盘天平。

饲养试验所使用的饵料包括褐藻、绿藻、红藻三大类,其种类为大连附近海区习见种,如裙带菜、海带、鼠尾藻、角叉藻、石莼等共五种。此外,还加试了一组动物性饵料作对比,以探讨成海胆对动物性饵料的摄食习性及其饵料效率。本试验所使用的动物性饵料包括鳕鱼碎肉、贻贝和杂色蛤仔的软体部、毛虾、沙蚕等。日给饵量是单一投喂某一种饵料时按海胆体重的 $10\sim 30\%$ 计,并视水温的高低与海胆的实际摄食量作适当增减,以下次投饵时仍有一定的剩余饵料为准。几种饵料混合投喂时各组分等量,以下次投饵时各组分均有一定的剩余饵料为准。

单一投喂时海胆对每种饵料的平均日摄食量 F 的计算式为:

$$F = \frac{\sum W_1 - \sum W_2}{A \cdot \frac{W_{\text{始}} - W_{\text{终}}}{2}} \times 100\%$$

式中: $\sum W_1$ —该组试验期间投饵总量(g);

$\sum W_2$ —该组试验期间余饵总量(g);

$W_{\text{始}}$ —该组试验开始时海胆总重(g);

$W_{\text{终}}$ —该组试验结束时海胆总重(g);

A —试验天数。

混合投喂时海胆对每一组分的摄食选择率 CH 的计算式为:

$$CH_A = \frac{\sum W_A}{\sum W_A + \sum W_B + \sum W_C} \times 100\%$$

$$CH_B = \frac{\sum W_B}{\sum W_A + \sum W_B + \sum W_C} \times 100\%$$

.....

式中: $\sum W_A$ —海胆对 A 组分的摄食总量(g);

$\sum W_B$ —海胆对 B 组分的摄食总量(g);

$\sum W_C$ —海胆对 C 组分的摄食总量(g)。

试验所用的大连紫海胆采自大连附近海区,壳径 $4\sim 8\text{cm}$,体重 $40\sim 140\text{g}$ 。饲养容器为 $\phi 25 \times 70\text{cm}$ 的网笼,网笼底部平置一片波纹板盛接饵料。试验 I,每个网笼内饲养海胆 5 个;试验 II 至 IV,每个网笼内饲养海胆 10 个。每次试验各个网笼内不仅海胆的数量相同,而且壳径、体重等尽量均衡搭配。

为使各组的饲养环境条件尽量一致,各网笼共同吊养于一个 4m^3 的水池中,饲养密度按 $20\sim 25$ 个/ m^3 ,生物量不大于 $2.5\text{kg}/\text{m}^3$ 。每天全部换水一次,换水前后的温差控制在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 之内。24 小时连续充气。

试验结果

一、自然海区成海胆消化道内饵料组成及该海区饵料藻类组成等的调查结果

6 月,该海区的饵料藻类较为丰富,采集到的海藻的主要种类有绿藻 4 种、褐藻 8 种、红藻 3 种、底栖硅藻 2 种以及大叶藻等,共计 18 种。优势种为石莼与绳藻。调查区内的

藻类平均生物量为 $3\text{kg}/\text{m}^2$; 海胆消化道内可辨认部分的饵料种类包括绿藻 2 种、褐藻 3 种、红藻 2 种、硅藻 2 种、大叶藻以及贝壳碎片、砂粒等, 其中, 以海带所占的比例较大。此外, 消化道内还包含着较多量的已被磨碎的或半消化的、饵料的种类已不可辨认的粘稠状物。

9 月, 调查区内饵料藻类的种类与数量均较 6 月少, 平均生物量已不足 $1\text{kg}/\text{m}^2$, 主要种类包括绿藻 4 种、褐藻 6 种、红藻 3 种以及大叶藻等, 共计 14 种。优势种为石莼、浒苔与大叶藻; 海胆的消化道内, 可辨认部分的饵料种类包括绿藻 2 种、褐藻 2 种、红藻 1 种、硅藻 1 种、大叶藻以及贝壳碎片与砂粒等。此外, 也有较多量的粘稠状物。

以上二次调查所取得的海区饵料藻类的种类及各占的比例、海胆消化道内含物的种类及各自所占的比例等详见表 1。

表 1 被调查海区的饵料生物种类与海胆消化道内饵料的种类

Table 1 The kinds of living organisms surveyed in the sea area and extracted in the digestive tract of *S. nudus*

类 别	种 类	6月		9月	
		海区	消化道	海区	消化道
绿 藻	石莼 <i>Ulva pertusa</i>	+++	++	+++	+++
	浒苔 <i>Enteromorpha</i> sp.	++	++	+++	+++
	礁膜 <i>Monostroma</i> sp.	+++		+	
	松藻 <i>Codium</i> sp.	+		++	
褐 藻	裙带藻 <i>Undaria pinnatifida</i>	+			
	海带 <i>Laminaria japonica</i>	++	+++		
	豆藻 <i>Scytosiphon lomentarius</i>	++		+	
	绳藻 <i>Chorda filum</i>	+++		++	
	马尾藻 <i>Sargassum</i> sp.	+++	+	++	+
	鼠尾藻 <i>S. thunbergii</i>	++	+	+	+
	网地藻 <i>Dictyota</i> sp.	+		++	+
	鹿角菜 <i>Polysiphonia siliquosa</i>	++	++	+	
红 藻	角叉藻 <i>Chondrus</i> sp.	++	+	+	
	江蓠 <i>Gracilaria</i> sp.	+		++	
	石花菜 <i>Gelidium</i> sp.	+	+	+	+
其 他	大叶藻 <i>Zostera marina</i>	+++	+	++++	++++
	贝壳碎片		+		++
	砂粒		+		+
	被消化的粘稠状物		++++		++++

注: ++++ > 30%, ++ 10~20%, + 3~10%, + 1~3%。

二、成海胆对各种饵料的摄食率与选择率

本试验共进行 4 次。

试验 I 分为 3 组, 投喂的饵料分别为裙带菜、石莼、裙带菜 + 石莼。每组 1 个网笼。试验共进行 10 天, 饲养水温为 16.2~18.0°C。

试验 II 分为 4 组, 投喂的饵料分别为海带、裙带菜、石莼、海带 + 裙带菜 + 石莼。每组平行 2 笼。试验共进行 15 天, 饲养水温为 19.6~20.8°C。

试验 III 分为 5 组, 投喂的饵料分别为海带、鼠尾藻、角叉藻、石莼、海带 + 角叉藻 + 石莼。每组平行 2 笼。试验共进行 10 天, 饲养水温 16.8~20.0°C。

试验 IV 分为 3 组, 投喂的饵料分别为海带、动物性饵料、海带 + 动物性饵料。每组平行 2 笼。试验共进行 15 天, 饲养水温 17.0~18.5°C。

以上 4 个试验, 饵料单一投喂的各组测得的海胆平均日摄食率 F 及其对海带的摄食当量 (即该饵料的平均日摄食率 F_i 对海带的平均日摄食率 F_0 之比 $\frac{F_i}{F_0}$) 等列于表 2。几种饵料混合投喂的各组测试结果见表 3。

试验结果表明, 上述各种饵料中, 单一投喂时成海胆的平均日摄食率以对裙带菜最

表2 大连紫海胆对不同饵料的摄食率

Table 2 The feeding rates of *S. nudus* to different food

次别	组别	饵料种类	总投饵量 W_1 (g)	总余饵量 W_2 (g)	总摄食量 $W_1 - W_2$ (g)	平均日 摄食率 F (%)	对海带的 摄食当量 $\frac{F_i}{F_0}$
I	1	裙带菜 <i>Undaria pinnatifida</i>	80.0	29.2	50.3	2.4	1.05
	2	石莼 <i>Ulva pertusa</i>	80.0	49.0	31.0	1.6	0.70
II	1	海带 <i>Laminaria japonica</i>	616.0	204.4	411.6	6.2	1.00
	2	裙带菜 <i>U. pinnatifida</i>	613.0	237.7	375.3	6.5	1.05
	3	石莼 <i>Ulva pertusa</i>	612.0	470.6	141.4	2.9	0.47
III	1	海带 <i>L. japonica</i>	400.0	245.7	154.3	3.3	1.00
	2	鼠尾藻 <i>Sargassum thunbergii</i>	400.0	353.8	46.2	1.2	0.36
	3	角叉藻 <i>Chondrus</i> sp.	400.0	360.0	40.0	0.35	0.26
	4	石莼 <i>Ulva pertusa</i>	400.0	360.0	40.0	0.33	0.25
IV	1	海带 <i>L. japonica</i>	580.0	110.0	470.0	2.6	1.00
	2	动物性饵料	580.0	155.5	424.5	2.3	0.88

表3 大连紫海胆对不同饵料的选择率

Table 3 The preferential feeding rates of *S. nudus* to different food

组别	饵料	摄食率 W_1 (%)	选择率 W_2 (%)	摄食率与选择率之比 $W_1:W_2$ (%)	选择率 CH (%)
I	裙带菜 <i>Undaria pinnatifida</i>	40.0	3.4	31.6	76.5
	石莼 <i>Ulva pertusa</i>	40.0	30.3	9.7	23.5
II	海带 <i>Laminaria japonica</i>	210.0	89.4	120.6	43.6
	裙带菜 <i>U. pinnatifida</i>	210.0	78.7	131.3	47.4
	石莼 <i>Ulva pertusa</i>	210.0	185.0	25.0	9.0
III	海带 <i>L. japonica</i>	215.0	158.1	56.9	75.7
	角叉藻 <i>Chondrus</i> sp.	215.0	202.1	12.9	17.2
	石莼 <i>Ulva pertusa</i>	215.0	209.7	5.3	7.1
IV	海带 <i>L. japonica</i>	450.0	96.1	253.9	53.7
	动物性饵料	450.0	144.5	305.5	46.3

高,对石莼最低,两者相差 1.5~4 倍;混合投喂时选择率以对裙带菜最高,对石莼最低,两者相差 4~10 倍。成海胆对海带的摄食率比对裙带菜稍微偏低,但差异不明显。

结 语 与 讨 论

1. 调查与试验的结果均表明,大连紫海胆成体对多种海藻类,如褐藻中的裙带菜、海带、鹿角菜,红藻中的角叉藻、石花菜,绿藻中的石莼、浒苔,以及大叶藻的幼嫩叶片等都表现出一定的嗜食性。其中,对裙带菜与海带最为嗜食。在自然海区,成海胆所摄食的饵料是以某些海藻类为主,这与张凤瀛等的看法是一致的^[2]。但是调查与试验结果还表明,大连紫海胆的成海胆不仅摄食海藻,对某些动物性饵料也表现出良好的嗜性。由表 1 可以看出,自然海区生活的成海胆的消化道内除包含多种海藻外,梭蛤、滨螺、贻贝等幼小贝类及其它水生动物也占有一定比例,特别是在食饵老化季节该比例有所增大。同时,室内的饲养试验也表明,成海胆不仅可以摄食鱼、贝肉等,而且对它们的摄食率及选择率明显优于石莼等。因此笔者认为,大连紫海胆成体的食性应属杂食性。这与廖玉麟的看法相一致^[3]。

2. 成海胆对不同种饵料的摄食率与选择率是不同的,但对同种饵料摄食率与选择率二者的高低常常是一致的。成海胆摄食率高的饵料,选择率往往也比较高。对于绿藻、红

藻、褐藻这三大类海藻,其摄食率与选择率的高低大体上是褐藻大于红藻;红藻大于绿藻。但是,每一大类海藻中都有其相对嗜食的种。

3. 从调查结果看,成海胆所摄食的饵料种类与其生活水域中饵料生物的组成之间有一定的关系。但是,这种关系又常因环境因素的改变而有所变化。一般地讲,两者常常表现出一致性,但在某些条件下两者又表现为非一致性。例如,当海区饵料生物不是太丰富时,由于成海胆的食谱较广,因而两者多表现为一致性;当海区饵料生物丰富时,成海胆可选择的余量大,又常表现出非一致性。

由于大连紫海胆成体的摄食习性除要受自身摄食选择性、摄食率、同化率等影响外,又要受季节、饵料环境等多种因子的制约,而且这些因子之间又常常相互制约。因而,深入探讨与研究成海胆的食性及其与饵料环境间的关系,对于正确地选择增殖海区并提高其资源增殖效果都是十分必要的。

参 考 文 献

- [1] 孙勉英等,1989.大连紫海胆浮游幼体期的饵料试验.水产科学,8(2):23~26.
- [2] 张凤瀛等,1957.中国的海胆.生物学通报,(7):18~25.
- [3] 廖玉麟,1982.海胆生物学概况.水产科学,(3):1~8.
- [4] 廖承义等,1987.大连紫海胆人工育苗的初步研究.水产学报,11(4):277~282.
- [5] 大岛泰雄,1957.ムラサキウニとバフンウニの食性.水产増殖,5:26~30.
- [6] 川村一広,1973.エゾバフンウニ漁業生物学の研究.北水试报告,16:1~54.
- [7] 今井利为,1986.マカウニの食性と摂食量について.水产増殖,34(3):157~166.
- [8] 角田信孝ウ,1975.ムテサキウニ浮游幼生の飼育餌料の検討.水产増殖,22(2):49~55.
- [9] 岡崎謙次ウ,1975.キタムテサキウニの种苗生産研究.福島水试研报,(3):51~55.
- [10] Fujii, A. (1962). Food consumption of *Strongylocentrotus intermedius*. Jap. J. Ecol., 12: 181-186.

PRELIMINARY STUDY ON FEEDING HABITS OF PURPLE SEA URCHIN *STRONGYLOCETROTUS NUDUS*

Gao Xusheng, Sun Mianying, Li Guoyou and Li Shiyong

(Marine Fisheries Research Institute of Liaoning Province, Dalian)

ABSTRACT The feeding habits of the purple sea urchin around the coast of Dalian was investigated. The results show that mature sea urchin in natural sea area mainly feed on algae and small animals, among which *Laminaria japonica* and *Ulva pertusa* occur frequently. The food taken by sea urchin is greatly related to their living surroundings. If food is rich, the urchin will make its choice. The preferential order about algae are *Undaria* and *Laminaria* in Phaeophyta, *Chondrus* and *Gelidium* in Rhodophyta and *Ulva* and *Enteromorpha* in Chlorophyta. Some animal food are also taken by the sea urchin. Therefore the feeding habits of *S. nudus* is omnivorous.

KEYWORDS sea urchin (*Strongylocentrotus nudus*), feeding habits, algae, animal food, choice, omnivorous