

# 温度和藻类饵料对虾夷马粪海胆摄食及生长的影响

常亚青 王子臣 王国江

(农业部海洋水产增养殖生态学重点开放实验室, 大连水产学院 116023)

**摘要** 对虾夷马粪海胆在 10.0~25.0℃水温下单独投喂海带、裙带菜、石莼及 15.4~17.8℃混合投喂海带、裙带菜、石莼、铜藻、角叉菜的不同组合和 21.6~27.4℃饥饿状态下的摄食、生长及成活进行了试验研究。海胆体重与壳直径的关系为  $G = 0.43132D^{2.9958}$ 。海胆对海带、裙带菜、石莼的日摄食率依次降低且随水温变化而异。1.0~3.6cm 幼海胆在 10.0~25.0℃下摄食上述海藻均可保持较快的生长速度( $0.5 \times 10^{-2} \sim 3.0 \times 10^{-2}$  cm/个·天), 1.0cm 幼海胆在 19.0℃时生长最快, 而 3.6~5.0cm 成海胆在 16.0℃时最快。水温上升至 25.0℃, 5.0cm 以上成海胆体重出现负生长且大多数出现患病症状, 死亡率达 8.3%。1.0~5.3cm 海胆随壳径增加海胆对高温的耐性下降, 生长适温范围减小。海藻饵料直接影响海胆的体色和性腺色泽。海胆对海带、裙带菜、铜藻、角叉菜、石莼的选择摄食率依次降低。1.0~5.2cm 海胆中 1.7~3.5cm 海胆耐饥饿能力最强, 海胆在较高水温条件下可饥饿 15 天左右。

**关键词** 虾夷马粪海胆, 摄食, 生长, 温度, 海藻

虾夷马粪海胆(*Strongylocentrotus intermedius*)原分布于日本北海道及俄罗斯远东的一些沿海, 具有生长速度快、个体较大、出肉率高、肉质好、性腺色泽佳等优点, 是海胆类中的上品, 倍受日本居民喜爱, 市场价格较高, 是日本海胆渔业及北海道近岸栽培渔业的重要组成部分。由于近年国际市场海胆及其制品供不应求, 消费量日益增加而资源增殖与管理相对滞后, 造成我国海胆产量日益下降, 在某些地区资源近乎枯竭。1989 年大连水产学院将本种引入大连, 并开展了有关研究工作, 目前本种增养殖范围已扩大至辽宁、山东两省沿海并已取得良好的经济效益。该海胆渔业生物学、人工育苗和海区筏式养殖等已有报道[川村 1973, 王子臣和常亚青 1997, 常亚青和王子臣 1997a、b]。Sergeeva 和 Yaroslavtseva[1994]报导了该海胆胚胎和幼虫发育的水温。由于该种原分布区水温较引入后区域偏低, 在增养殖中幼、成海胆对水温的适应以及养殖用饵料对其至关重要。本文研究报道了水温和藻类饵料对本种幼胆和成胆摄食生长及成活的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 温度、饵料对虾夷马粪海胆摄食、生长的影响实验

测定了壳径 1.0、3.0、5.0cm 左右三种不同规格的幼、成海胆在 10.0、13.0、16.0、19.0、

22.0、25.0℃下分别投喂海带 (*Laminaria japonica*)、裙带菜 (*Undaria pinnatifida*)、石莼 (*Ulva sp.*), 并观察其日摄食量和生长。

实验用 1.0、3.0、5.0cm 左右幼、成海胆为大连水产学院人工培育个体。试验用饵料系大连沿海常见海藻, 采自黑石礁和小平岛海区。

每个温度组的受试海胆放养于同一水槽内(1.2m<sup>3</sup>), 水槽内用 18 个网箱(0.25m×0.2m×0.2m) 将不同规格的海胆分开, 其中放有 1.0、3.0、5.0cm 左右海胆的网箱各 6 个, 分成 3 组, 分别投喂海带、裙带菜和石莼。各个网箱因海胆个体大小数量不同, 1.0cm、3.0cm、5.0cm 左右海胆分别为 30 个、4 个和 2 个, 各网箱内放有一块黑色波纹板, 以遮光和提供海胆附着基。同时设同温度的平行实验水槽一个, 各温度水槽内设海带、裙带菜、石莼空白对照网箱各一个, 以校正各种海藻在实验期间的生长状况。

温度采用恒温控制仪控制, 各水槽实验期间温度变化小于 1.0℃, 实验时间为 21 天。

## 1.2 虾夷马粪海胆对不同海藻的选择性摄食实验

实验用饵料分别为海带、裙带菜、石莼、铜藻 (*Sargassum horneri*) 和角叉菜 (*Chondrus sp.*)。海胆分(1.5±0.1)cm 和(3.8±0.2)cm 两个规格, 每个规格分为 3 个网箱(0.4m×0.3m×0.2m), 分别投喂海带、裙带菜、石莼、铜藻、角叉菜混合物(第 1 组)和石莼、铜藻、角叉菜混合物(第 2 组), 以及角叉菜、铜藻混合物(第 3 组)三组饵料。1.5cm 左右海胆每个箱内放 40 个, 3.8cm 左右海胆每个网箱放 12 个。饲育水温为 15.4~17.8℃。实验时间为 21 天。

实验用水均为经砂滤的黑石礁沿岸水, 盐度为 30.5~31.0。每天全量换水一次, 2~3 天称重定量投饵和清理残饵一次, 过量投饵并保持各网箱内均有一定量的残饵。19.0℃以上视情况一般每天换饵一次, 以防藻类腐烂。自然光周期, 光强小于 1 000Lx。

## 1.3 幼、成海胆的饥饿耐性实验

取 39 个幼、成海胆(壳径 1.15~5.16cm)。不投饵, 测定了 33 天的成活及体重变化情况。初始水温为 21.6℃, 以后每天升高 0.2℃至 25.0℃, 恒定三天后仍以 0.2℃/天升温, 实验结束时水温为 27.4℃, 实验海胆分隔标记暂养。

## 1.4 测定与计算方法

实验前后分别用游标卡尺和天平测量海胆壳直径及体重, 实验期间用天平测定投饵与残饵量, 饵料用滤纸吸干表面水, 并定期取一定量饵料放于 65~75℃烘箱内烘干 24h(烘干前用 0.5mol/L 甲酸铵洗去饵料表面盐分), 称重并计算海藻干出率, 摄食量以干重计。

每个网箱内单一海胆的日摄食率( $f$ )、日相对摄食率( $F$ )计算:

$$f = B(\sum W_{\text{投}} - \sum W_{\text{残}}) / (N \cdot A) + B[(\sum W_{\text{投}} - \sum W_{\text{残}})(\sum W'' - \sum W') / [(N \cdot A) \cdot (\sum W'' + \sum W') / 2]$$

$$F = f / [(G_{\text{始}} + G_{\text{终}}) / 2]$$

式中:  $\sum W_{\text{投}}$ 、 $\sum W_{\text{残}}$  分别为实验期间投饵与残饵总量,  $\sum W''$ 、 $\sum W'$  分别为饵料空白对照组终了与初始总重,  $G_{\text{始}}$ 、 $G_{\text{终}}$  为该组实验各个海胆初始与终止重量平均值,  $A$ 、 $N$  分别为实验天数和海胆个数,  $B$  为饵料干出率平均值。

海胆壳径和体重的日相对生长率  $R_d$  和  $R_g$ , 海胆对混合饵料中的单一组分的选择摄食率计算式为:

$$R_d = (D_{终} - D_{始}) / [(D_{终} + D_{始}) / 2] \quad R_g = (G_{终} - G_{始}) / [(G_{终} + G_{始}) / 2]$$

$$C_{1j} = \sum W_{1j} / \sum W_1 \times 100\% \quad C_{2j} = \sum W_{2j} / \sum W_2 \times 100\% \quad C_{3j} = \sum W_{3j} / \sum W_3 \times 100\%$$

式中  $D_{始}$ 、 $D_{终}$  分别为各组实验海胆初始与终止壳径平均值,  $C_{1j}$ 、 $C_{2j}$ 、 $C_{3j}$  分别为第 1、2、3 混合饵料投喂组中对第  $j$  ( $j=1, 2, 3, 4, 5$ ) 种单一饵料的选择摄食率,  $W_{1j}$ 、 $W_{2j}$ 、 $W_{3j}$  分别为海胆对第 1、2、3 混合饵料投喂组中第  $j$  ( $j=1, 2, 3, 4, 5$ ) 种单一饵料的摄食总干重,  $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$  分别为海胆对第 1、2、3 混合饵料投喂组所有饵料的摄食总干重。

## 2 结果

### 2.1 虾夷马粪海胆体重与壳直径的关系

统计得出实验海胆体重 ( $G$ ) 与壳直径 ( $D$ ) 的关系为:

$$G = 0.43132D^{2.9958} \quad (n=108, r=0.99925)$$

### 2.2 温度、饵料对虾夷马粪海胆摄食、生长的影响

10.0~25.0℃水温下幼、成海胆对海带、裙带菜及石莼的摄食结果见表 1。

表 1 不同温度下、不同规格的虾夷马粪海胆对不同饵料的摄食率

Tab. 1 The feeding rates of sea urchin at different temperature

温度 (℃)	饵料 种类	初始壳径 d (cm)	终止壳径 d (cm)	日摄食率 f (g <sub>干重</sub> /个·天)	温度 (℃)	饵料 种类	初始壳径 d (cm)	终止壳径 d (cm)	日摄食率 f (g <sub>干重</sub> /个·天)
10	海 带	1.02±0.05	1.39±0.09	0.022±0.001	19	海 带	1.07±0.07	1.70±0.07	0.047±0.001
		3.42±0.09	3.79±0.13	0.187±0.003			3.45±0.21	3.81±0.16	0.327±0.021
		5.24±0.26	5.43±0.16	0.363±0.028			5.20±0.11	5.24±0.11	0.506±0.084
	裙带菜	1.05±0.06	1.39±0.09	0.020±0.001		裙带菜	1.05±0.07	1.68±0.08	0.039±0.001
		3.40±0.07	3.74±0.11	0.160±0.008			3.46±0.08	3.77±0.11	0.289±0.015
		5.13±0.18	5.34±0.09	0.317±0.008			5.24±0.18	5.30±0.14	0.450±0.015
	石 莼	1.04±0.05	1.32±0.08	0.011±0.001		石 莼	1.04±0.06	1.61±0.09	0.024±0.001
		3.40±0.16	3.70±0.16	0.067±0.002			3.43±0.11	3.71±0.10	0.116±0.006
		5.21±0.27	5.30±0.18	0.117±0.005			5.15±0.18	5.20±0.13	0.192±0.006
13	海 带	1.02±0.07	1.48±0.10	0.028±0.001	22	海 带	1.04±0.05	1.61±0.28	0.034±0.003
		3.37±0.08	3.79±0.17	0.237±0.002			3.48±0.22	3.71±0.16	0.221±0.012
		5.26±0.11	5.42±0.08	0.449±0.011			5.30±0.16	5.34±0.15	0.276±0.019
	裙带菜	1.03±0.06	1.48±0.09	0.026±0.001		裙带菜	1.04±0.05	1.59±0.09	0.031±0.001
		3.35±0.04	3.70±0.11	0.193±0.001			3.49±0.11	3.70±0.11	0.199±0.005
		5.11±0.18	5.35±0.14	0.384±0.023			5.38±0.16	5.42±0.09	0.257±0.015
	石 莼	1.02±0.05	1.39±0.07	0.013±0.001		石 莼	1.05±0.04	1.57±0.08	0.018±0.001
		3.34±0.11	3.70±0.10	0.077±0.002			3.47±0.08	3.59±0.07	0.080±0.003
		5.01±0.16	5.19±0.09	0.130±0.011			5.31±0.17	5.35±0.20	0.118±0.003
16	海 带	1.03±0.06	1.62±0.08	0.036±0.001	25	海 带	1.06±0.05	1.43±0.07	0.023±0.001
		3.43±0.15	3.77±0.20	0.318±0.003			3.49±0.13	3.60±0.12	0.117±0.004
		5.22±0.14	5.27±0.13	0.548±0.042			5.25	5.25	0.111
	裙带菜	1.03±0.05	1.65±0.09	0.032±0.001		裙带菜	1.07±0.05	1.46±0.07	0.021±0.001
		3.43±0.12	3.79±0.13	0.276±0.018			3.55±0.15	3.65±0.11	0.104±0.006
		5.22±0.16	5.29±0.11	0.454±0.026			5.25±0.11	5.25±0.10	0.105±0.004
	石 莼	1.03±0.06	1.59±0.08	0.021±0.001		石 莼	1.07±0.04	1.37±0.07	0.011±0.001
		3.41±0.11	3.73±0.07	0.106±0.001			3.49±0.21	3.59±0.16	0.047±0.003
		5.03±0.04	5.16±0.08	0.204±0.014			5.31±0.06	5.31±0.05	0.04±0.05

10.0~ 25.0℃范围内, 各组海胆的日相对摄食率在 25.0℃时最低。各饵料组 1.0cm 左右的幼海胆在 19.0℃日相对摄食率(图 1)和日相对生长率(图 2)最高, 而壳径 3.6、5.0cm 左右的海胆在 16.0℃左右日相对生长率达到最大。

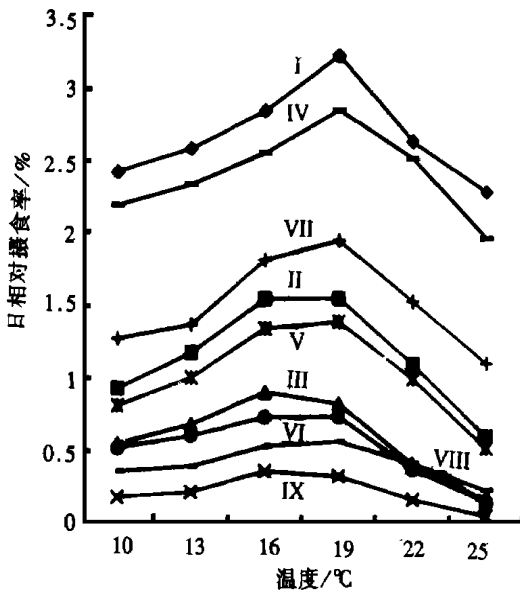


图 1 虾夷马粪海胆对不同藻类饵料的日相对摄食率

Fig. 1 Daily relative feeding rates fed on different algae of sea urchin

注: I、IV、VII分别为 1.0cm 左右海胆; II、V、VIII分别为 3.0cm 左右海胆; III、VI、IX分别为 5.0cm 左右海胆摄食海带、裙带菜和石莼的日相对摄食率

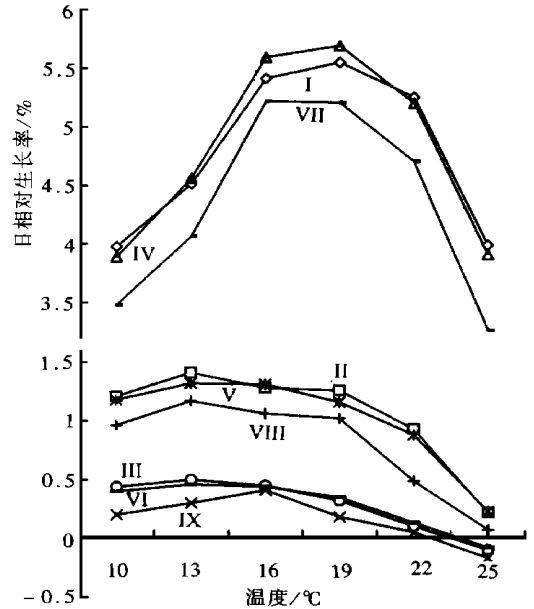


图 2 虾夷马粪海胆摄食不同藻类饵料的日相对生长率

Fig. 2 Daily relative body weight growth rates fed on different algae of sea urchin

注: I、IV、VII分别为 1.0cm 左右海胆; II、V、VIII分别为 3.0cm 左右海胆; III、VI、IX分别为 5.0cm 左右海胆摄食海带、裙带菜和石莼的日相对生长率

1.0~ 3.6cm 幼海胆在 10.0~ 25.0℃下摄食各种海藻均可保持较高的生长率( $0.5 \times 10^{-2} \sim 3.0 \times 10^{-2}$  cm/个·天)。5.0cm 以上成海胆在 10.0~ 22.0℃内均可生长, 在 25.0℃时体重出现负生长, 且大多数海胆出现患病症状, 围口膜周围出现红褐色斑点, 个别海胆掉棘, 体色由褐色变为红褐色, 死亡率达 8.3%。说明不同大小的海胆适宜生长水温不同, 1.0~ 3.6cm 幼海胆生长适温范围宽于 5.0cm 以上成海胆, 且幼海胆抗高温能力强于成海胆, 5.0cm 以上成海胆适温范围偏向较低温度区。

在相同温度、相同饵料情况下, 海胆体重对日(相对)摄食率、日(相对)生长率均有显著影响( $p < 0.05$ ), 海胆的平均日摄食率随体重增加而增加, 而相对摄食率则呈相反趋势变化。

方差分析表明, 同温度、规格下海胆摄食不同饵料的日平均摄食率相差显著( $p < 0.05$ ), 次序为海带 > 裙带菜 > 石莼, 前者与后者相差 2~ 3 倍左右。摄食海带和裙带菜的日(相对)生长率相差并不显著( $p > 0.05$ ), 但均显著高于摄食石莼的日(相对)生长率( $p < 0.05$ )。

此外, 虾夷马粪海胆的体色及性腺色泽与摄食的饵料种类有关, 摄食海带、裙带菜组海胆体色呈灰褐色、深褐色和红褐色, 性腺为桔黄、深黄色, 品质较佳, 而摄食石莼的海胆体色呈淡

褐色夹杂绿色, 性腺色泽较上者偏淡。

## 2.3 虾夷马粪海胆对不同饵料的摄食选择

壳径 1.5cm 和 3.8cm 左右海胆投喂三组混合饵料的摄食与生长见表 2、表 3。

表 2 虾夷马粪海胆摄食不同饵料生长率

Tab. 2 The growth rate fed on different algae of *S. intermedius*

组别	饵料	初始值		终止值		日相对生长率	
		壳径 d(cm)	重量 W(g)	壳径 d(cm)	重量 W(g)	壳径 d(%)	重量 W(%)
1	第 1 组	3.88±0.07	25.04±1.34	4.09±0.11	29.47±1.92	0.26	0.78
2	第 2 组	3.88±0.06	24.80±0.74	4.06±0.09	28.38±1.49	0.21	0.68
3	第 3 组	3.81±0.14	22.43±2.31	3.93±0.14	26.13±2.67	0.17	0.73
4	第 1 组	1.48±0.08	1.53±0.19	2.09±0.09	4.24±0.53	1.64	4.47
5	第 2 组	1.48±0.09	1.51±0.23	2.01±0.10	3.72±0.52	1.48	4.01
6	第 3 组	1.41±0.07	1.34±0.17	1.92±0.11	3.27±0.49	1.47	4.00

由表 3 可知, 虾夷马粪海胆的成、幼海胆对五种饵料的嗜食顺序为: 海带> 裙带菜> 铜藻> 角叉菜> 石莼。此外幼海胆对石莼的选择率较成海胆高出近一倍左右, 分别为 8.25%、4.95%(五种饵料下), 和 21.95%、11.52%(三种饵料下)。同时由生长率可看出, 有海带、裙带菜的饵料组较其他组海胆生长的快。

## 2.4 虾夷马粪海胆的饥饿耐性

实验至 20 天时(水温为 25.0℃), 海胆管足附着已大大下降, 稍稍晃动网箱, 有些海胆脱落至网箱底部, 第 24 天(25.4℃)死亡率达 10.0%, 死亡个体壳径为 3.72~ 3.90cm。第 33 天实验结束时(水温 27.4℃)死亡率达 69.2%, 期中壳径 1.0~ 1.7cm 个体死亡率为 60.0%, 1.71~ 3.50cm 海胆个体死亡率为 41.7%, 3.51~ 5.16cm 成海胆死亡率为 94.1%。说明 1.7~ 3.5cm 海胆耐饥饿能力最强。其余海胆虽未死亡, 但管足均已失去附着力和活力, 仅棘稍有活动。

实验期间壳径 1.7cm 以下海胆减重率普遍偏大, 介于 11.5%~ 30.2%, 平均为 18.6%; 壳径 1.71~ 3.50cm 个体介于 3.0%~ 14.9%, 平均为 7.8%; 3.51~ 5.16cm 海胆减重率 2.6%~ 10.8%, 平均为 6.1%。此外, 壳径 3.5cm 以上有 17.6% 个体出现患病症状, 围口膜周围出现紫红斑, 而壳径 3.5cm 以下个体未发现。

表 3 虾夷马粪海胆对不同饵料摄食选择率

Tab. 3 The choice rate fed on different algae of *S. intermedius*

组别	饵料种类	摄食量 (g干重)	选择率 (%)
1	海带	24.80	38.70
	裙带菜	18.05	28.17
	铜藻	12.51	19.52
	角叉菜	5.55	8.66
	石莼	3.17	4.95
2	铜藻	32.16	68.50
	角叉菜	9.38	19.98
	石莼	5.41	11.52
3	铜藻	37.47	68.23
	角叉菜	17.68	31.77
	海带	23.45	35.62
4	裙带菜	17.04	25.88
	铜藻	14.28	21.69
	角叉菜	5.64	8.57
	石莼	5.43	8.25
5	铜藻	26.17	54.54
	角叉菜	11.28	23.51
	石莼	10.53	21.95
6	铜藻	29.42	68.87
	角叉菜	13.30	31.13

### 3 讨论

虾夷马粪海胆在原生活地生长适宜温度低于 22℃, 水温超过 23℃成海胆可发生大量死亡。我国山东、辽宁的部分海区夏季水温高于 23℃, 虾夷马粪海胆引入后能否大规模在上述海区养殖, 关键在于能否渡过夏季的高水温期。1989 年引入时该海胆个体平均壳径为 1.3cm, 经在大连海区的驯化, 目前可安全度过 23℃而不出现大量死亡现象, 但有些海区仍因水温过高而出现死亡现象, 如 1997 年 8 月大连湾湾里海区有 20 天左右水温在 26℃以上(3~5 米水深), 导致筏式养殖的海胆死亡率达 20%~50%, 其中 3.0cm 以下幼海胆死亡 20%左右, 3.0~5.0cm 成海胆死亡 30%~50%左右, 同时 3.0cm 以下幼海胆 10%~20% 出现掉棘红斑病, 而 5.0cm 成海胆有 50%左右个体出现掉棘红斑病。本文旨在探明该海胆引入子代对高温的抵抗能力, 结果说明, 幼海胆在 10~25℃内摄食和生长较快, 19℃达最快, 成海胆在 10~22℃均可生长, 16℃达最高。引进后代的幼海胆生长适温范围比原生活地加宽, 同时对高温的抵抗能力强于成海胆。25~27.4℃对该海胆是一个极为敏感的温度区域。泷襄等[1992]的研究也表明, 生活在北海道北部沿海(年平均水温 4.1~18.3℃)的虾夷马粪海胆在 4 龄以后(4.0cm 以上)生长速度低于生活在较低水温的北海道东部沿海(年平均水温 0.1~14.5℃)的同龄海胆。Sergeeva 等[1994]研究表明, 虾夷马粪海胆胚胎和幼虫发育水温在 10~23℃, 最适 17~22℃。本文结果基本与泷襄等[1992]和 Sergeeva 等[1994]等结果相似。

海胆在养殖期间投饵等操作过程中要将养殖笼提到水表层或空中, 而夏季高水温期海水表层水温比养殖层高 2~4℃左右, 某些海区表层水温可达 28~29℃, 这样会严重影响海胆的正常生活, 同时由于水温较高, 海胆摄食极少, 饵料的腐败淤积还会加重死亡。在养殖中笔者发现 8 月初到 8 月下旬不投饵, 并适当下降养殖水层, 可使海胆渡过高温期。本文的研究结果也表明, 海胆可在较高水温条件(21.6~27.4℃)饥饿 15 天左右而不出现死亡, 这对于指导养殖生产有一定的实际意义。

虾夷马粪海胆自 1989 年从日本北海道引入后, 在人工养殖中采用了我国北方沿海大规模养殖的海带和裙带菜作饵料, 收到良好的养殖效果, 其生长速度比原生活地提高一倍左右, 可在 1.5~2.0 年内达到商品规格[常亚青和王子臣 1997a]。但由于海带、裙带菜可鲜活利用期主要在 12~7 月份, 其余 4 个月时间主要投喂海带干品及其他代用饵料, 而此时又值海区水温的高温期(8 月份)及海胆生长的秋季适温期(9~11 月份), 海带干品高温期易腐烂变质, 影响海胆的成活, 同时饵料的缺乏又影响了海胆的生长和成熟, 并直接关系到秋、冬季该海胆收获时的出肉率, 故开展虾夷马粪海胆饵料研究是关系到海胆增养殖发展的一个关键。川村[1974]报道 1.0cm 以上虾夷马粪海胆主要以大型海藻为食, 在虾夷马粪海胆消化道内发现约有三十余种海藻, 但出现的频率与丰富不同, 依次为海带(*L. angustata*)、孔石莼(*U. pertusa*)、红须根虾型藻(*Phyllospadix iwatensis*)、马尾藻(*Sargassum* sp.)、角叉菜(*Chondrus* sp.)、多管藻(*Polysiphoni* sp.) 等。本文结果表明海胆对五种不同海藻的选择性依次为海带、裙带菜、马尾藻、角叉菜和石莼, 与川村的结果基本相似, 仅石莼有差别。此外, 高绪生等[1990]对大连紫海胆的研究, 也有类似结果。本文增加了海胆对石莼、铜藻和角叉菜的摄食与生长的研究, 结果表明, 这三种饵料均可单独或配合海带、裙带菜作为海胆养殖的饵料, 特别是石莼作为 3.7cm 以下的海胆的饵料, 可收到良好的饵料效果, 这对于海带和裙带菜淡季的饵料补给和海胆性腺的积累有重要意义。

富士[1967]的研究表明, 石莼在该种海胆消化道内停留时间为 3 天, 长于海带(1 天), 因

此对石莼的消化利用效率较高。由表 1 也可看出, 前两组体重海胆对海带的日相对摄食率几乎是石莼的两倍以上, 但日相对增长率却不成比例变化, 对裙带菜的摄食率显著低于海带, 但日相对增长率却无显著差别, 这都说明海胆对石莼和裙带菜的消化吸收效率高于海带。常亚青和王子臣[1997b]曾报道饵料对海胆体色有影响, 本文进一步说明摄食海带和裙带菜等褐藻海胆性腺色泽较佳, 这对于在养殖中提高海胆出成时价格意义重大。

常亚青同志现为中科院海洋研究所 96 级博士生。

## 参 考 文 献

- 王子臣, 常亚青. 1997. 虾夷马粪海胆人工育苗的研究. 中国水产科学, 4: (1): 60~ 67
- 高绪生, 孙勉英, 李国友等. 1990. 大连紫海胆食性的初步探讨. 水产学报, 14(3): 227~ 232
- 常亚青, 王子臣. 1997a. 虾夷马粪海胆筏式人工养殖研究. 大连水产学院学报, 12(2): 7~ 14
- 常亚青, 王子臣. 1997b. 低盐度海水和饵料对虾夷马粪海胆影响的研究. 海洋科学, 16(4): 1~ 2
- 川村一. 1973. エゾバブンウニの渔业生物学的研究. 北水试报, 16(1): 1~ 54
- 富士 昭. 1969. 北海道のウニとその増殖. 日本水产资源保护协会, 东京. 79
- 泷 襄, 田嶋健一郎, 泷健治. 1992. 北海道东部太平洋沿岸および北部日本海沿岸産エゾバブンウニの成長. 水产増殖, 40(4): 479~ 485
- Sergeeva E P, Yaroslavtseva L M. 1994. Effect of temperature on the early development stages of sea urchin *Strongylocentrotus intermedius*. Biol Morya/ Mar Biol, 20(3): 229~ 237

# EFFECT OF TEMPERATURE AND ALGAE ON FEEDING AND GROWTH IN SEA URCHIN, *STRONGYLOCENTROTUS INTERMEDIUS*

CHANG Ya-Qing, WANG Zi-Chen, WANG Guo-Jiang

(Key lab of Maricultural Ecology of Ministry of Agriculture, Dalian Fisheries College, 116023)

**ABSTRACT** The feeding and growth of Japanese common sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius* fed on *Laminaria japonica*, *Undaria pinnatifida* and *Ulva* sp. in 10.0– 25.0°C and fed on the mixed algae combined with *Sargassum horneri*, *Chondrus* sp. in 15.4– 17.8°C were determined respectively. The relationship between sea urchin body weight (G) and test diameter (D) is  $G = 0.43132D^{2.9958}$ . And the results also showe that the daily feeding rates of sea urchin fed on the three kinds of algae are different and change with the water temperature. The daily growth rates are  $0.5 \times 10^{-2} - 3.0 \times 10^{-2}$  cm/(in·day) of juvenile sea urchin (1.0– 3.6cm in test diameter) fed on *L. japonica*, *U. pinnatifida* and *Undaria* sp. in 10.0– 25.0°C. The daily relative growth rate is the biggest in 19.0°C in the juvenile (1.0cm in diameter), but in 16.0°C for adult (3.6– 5.0cm in diameter). The body weight growth rate is negative of adult sea urchin at 25.0°C. For 1.0– 5.3 cm sea urchin, the ability for anti-high temperature decreases with the increasing of test diameter. The color of body and sex gland of sea urchin vary

with its fed algae. It also indicates that the sequence of selective feeding on five kinds of algae is *L. japonica*, *U. pinnatifida*, *S. horner*, *Chondrus* sp., *Undaria* sp. The result of hungry test shows that the sea urchin can be hungry for 15 days in 21.6–27.4°C, and the anti-hungry ability for 1.7–3.5 cm is stronger than the others of 1.0–5.2 cm sea urchin.

**KEYWORDS** *Strongylocentrotus intermedius*, Feeding, Growth, Temperature, Algae