

温度和体重对刺参呼吸和排泄的影响*

李宝泉 杨红生¹⁾ 张涛 周毅 张春晓[†]

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

[†](莱阳农学院 莱阳 265200)

摘要 于2000年2月28日—4月11日,采用实验生态学的方法,研究了温度对刺参呼吸和排泄的影响。按海参个体大小分别设立大[(149.9±28.0)g]、中[(52.1±12.9)g]、小[(17.3±5.5)g] 3个组别,以及10℃、15℃、20℃、25℃、30℃ 5个梯度。主要实验结果为:(1)大、中规格刺参夏眠前后其耗氧率(OCR)和排泄率(AER)变化明显,而小规格刺参的耗氧率和排泄率受夏眠的影响较小;(2)在15—30℃条件下,刺参的体重(W)与耗氧量(R)之间的回归关系符合幂函数方程 $R = aW^b$,其a值范围为0.0116—0.0436, b值为0.9475—1.3123。在一定范围内,三组刺参的耗氧率都随温度的升高而增大并出现一个峰值,但温度变化对小规格刺参的耗氧率影响较小,对大、中规格刺参则影响较大;(3)实验温度下,刺参的体重(W)与排泄量(A)也可用回归方程 $A = aW^b$ 表示, a、b平均值分别为4.9410和0.7724。在一定范围内,随温度的升高刺参的排泄率也呈上升趋势,在20℃时大、中规格刺参排泄率出现最高值,而小规格刺参排泄率在25℃达到最高。

关键词 刺参, 温度, 呼吸, 排泄

中图分类号 Q958.1

刺参(*Apostichopus japonicus*)属于棘皮动物门(Echinodermata)、海参纲(Holothroidea),是一种营底栖碎屑食性的海洋生物,主要以底质中的有机质、某些细菌和原生动物为食;在多元养殖系统中它可以对底质中的残余饵料沉积和其他养殖动物的粪便进行重复利用,从而起到很好的“清道夫”作用。近年来,我国浅海扇贝养殖发生大面积死亡(王运涛等,1999),在这种情况下,进行刺参的综合养殖,不仅可以有效的减轻水质恶化,进一步完善养殖系统的食物链结构,增强系统本身的稳定性和自净能力,而且又可降低养殖成本,提高单位水体的产量和产值,因而可以作为多元养殖的重要组成部分。

呼吸和排泄是生物能量学研究的重要内容。呼吸的强弱常用耗氧率来表示。排泄物的类型与生物种类有关,一般陆上生物主要排泄尿酸和尿素,而水生生物主要排泄物为氨。在水生生物代谢中一般氨占总排泄量的60%—70%。本实验设计了5个温度梯度及3组不同规格的刺参,以了解温度对不同规格刺参代谢状况的影响,从而为评估在不同温度下刺参的活动对生态系统的影响以及今后开展刺参的多元养殖提供基础生物学资料。

* 国家重点基础研究专项资助, G1999012012号;中国科学院知识创新项目 KZCX2-403, 211 课题部分成果。李宝泉,男,出生于1972年3月,硕士, E-mail: hshyang@ms.qdio.ac.cn

1) 通讯作者, 杨红生, E-mail: hshyang@ms.qdio.ac.cn

收稿日期: 2001-03-30, 收修改稿日期: 2001-09-20

1 材料与方法

1.1 实验材料及其蓄养

刺参于 1999 年 12 月采自青岛胶南近海,按体重大小分成 3 组:大[(149.9 ± 28.0)g]、中[(52.1 ± 12.9)g]、小[(17.3 ± 5.5)g],然后将三组刺参分别放入 3 个容积为 100cm × 45cm × 50cm 的 PVC 水箱中进行蓄养,同时充气并以控温仪控制温度,海水盐度稳定在 31—32,投喂新鲜的鼠尾藻绞成的碎屑。实验设立 10℃、15℃、20℃、25℃、30℃5 个梯度,在 PVC 水箱内每天提高水温 1.5℃,达到实验温度后使刺参适应 4 天,然后按预定量投饵(刺参湿重的 10%)。

1.2 实验方法

蓄养的刺参摄食 6 天后,取出放入相同水温的 2500—3000ml 锥形瓶中测定代谢率。大规格组每瓶放 1 个个体,中等规格组每瓶放 2 个个体,小规格组每瓶放 3 个个体,每组设 5 个平行(表 1)。实验采用静水方法,用 17 个 2500—3000ml 锥形瓶,水浴加热并保持恒温,将刺参放入,其中有两只锥形瓶作为空白对照,用塑料薄膜密封,5h 后打开薄膜抽取水样。溶解氧和氨氮分别采用 Winkler 滴定法和次溴酸钠氧化法进行测定。

表 1 实验刺参的各项数据

Tab 1 Several parameters of experimental individuals

组别	刺参个数	样本数	每平行样中刺参的个数	平均体重(g)
大(I)	5	5	1	148.5 ± 15.4
中(II)	10	5	2(随机组合)	69.3 ± 6.9
小(III)	15	5	3(随机组合)	21.2 ± 4.7

2 结果与分析

2.1 体重与耗氧量的关系

刺参体重与耗氧量的回归关系可以表示为 $R = aW^b$,回归方程的参数 a 、 b 及相关系数 r 值见表 2。10℃时测定结果偏离趋势线较远,此时相关系数 r^2 为 0.485 9 方程不成立,而在其余温度下相关性较好, r^2 在 0.789 8—0.962 8 之间, a 值范围为 0.011 6—0.043 6,平均值为 0.039 08, b 值在 0.947 5—1.312 3 之间,平均为 0.952 4。

表 2 体重(g)与耗氧量(mg/h)回归方程的有关参数

Tab. 2 Parameters of the regressive relationship between oxygen consumption quantity (mg/h) and wet weight(g) of sea cucumbers

温度(℃)	a	b	r^2
10	0.0774	0.5760	0.4859
15	0.0218	0.9610	0.7898
20	0.0116	1.3123	0.9628
25	0.0379	0.9752	0.9483
30	0.0436	0.9475	0.9314

2.2 温度与耗氧率的关系

耗氧率在一定范围内随温度的升高而升高,并在 20℃时达到最大值。在各温度下刺参的耗氧率分别为 0.0160、0.0237、0.0405、0.0353、0.0373 mgO₂/(g·h)。从表 3 可看出,温度对不同规格刺参耗氧率的影响为:大、中个体在 20℃以下随温度的升高耗氧率增加并在 20℃时达最大值,然后开始降低;而小个体则在实验温度范围内一直呈缓慢上升趋势。

表 3 不同规格刺参耗氧率 [mlO₂/(g·h)] 与温度的关系

Tab. 3 The relationship between temperature and oxygen consumption rate [mlO₂/(g·h)] of different size sea cucumbers

温度(℃)	小	中	大
10	0.01111	0.004864	0.002744
15	0.01646	0.01260	0.01248
20	0.01888	0.02748	0.03984
25	0.02683	0.01972	0.02665
30	0.02852	0.02346	0.02991

2.3 体重与排泄的关系

刺参的氨排泄量随体重的增加而升高,两者之间呈幂函数关系,回归方程为 $A = aW^b$ 。由表 4 可知,刺参的 a 值变动范围为 0.8726—9.346, b 值为 0.6274—0.8441, r^2 在 0.9187—0.9928 之间,方程的相关性较好。

表 4 体重(g)与排氨量(μg/h)回归方程的有关参数

Tab. 4 Parameters of the regressive relationship between ammonia-N excretion quantity (mg·h) and wet weight(g) of sea cucumbers

温度(℃)	a	b	r^2
10	0.8726	0.8441	0.9606
15	3.5963	0.8288	0.9659
20	5.6772	0.7900	0.9187
25	9.3460	0.6274	0.9187
30	5.2105	0.7716	0.9928

2.4 温度与排泄率的关系

实验各温度下刺参的氨排泄率平均值分别为 0.462、1.820、2.621、2.542、2.564 μg/(g·h)。在 20℃前随温度升高不同规格刺参的排泄率都明显增加(表 5),其中大、中规格刺参在 20℃时达到最高值,而小规格刺参的最高值出现在 25℃。

表 5 不同规格刺参相对排氨率 [μgNH₃-N/(g·h)] 与温度的关系

Tab. 5 The relationship between temperature and ammonia-N excretion rate [μgNH₃-N/(g·h)] of different size sea cucumbers

温度(℃)	小	中	大
10	1.0020	1.0207	0.7484
15	2.2340	1.7090	1.5175
20	3.0441	2.7858	2.0346
25	3.5281	2.5599	1.5404
30	3.0239	2.2874	1.6503

2.5 温度对刺参的 O:N 比的影响

生物体的代谢底物主要有蛋白质、脂肪和碳水化合物,氮主要是氨基酸和核酸的代谢产物。由于代谢底物不同代谢产物也发生变化 O:N 比是指耗氧率中的氧原子数与排泄率中的氮原子数的比值(Widdows, 1978; Bayne *et al*, 1983),它显示了生物体内不同营养物质被利用的情况。各组刺参在不同温度下的 O:N 比值见表 6。从表 6 可以看出,在实验温度范围内刺参的 O:N 比变化较小

表 6 三组刺参在不同温度下的 O:N 比值

Tab 6 The O:N ratios of three groups of sea cucumbers in different temperature

温度(℃)	小	中	大
10	44.65 ± 11.08	13.47 ± 8.35	22.17 ± 11.25
15	9.68 ± 7.12	7.81 ± 3.68	10.93 ± 3.33
20	13.56 ± 3.32	12.68 ± 2.18	24.37 ± 5.10
25	9.80 ± 2.64	9.28 ± 1.20	21.94 ± 4.16
30	12.28 ± 1.75	13.48 ± 2.12	22.68 ± 0.00

3 讨论

3.1 体重与耗氧量的关系

许多生物体重与耗氧量之间的回归关系可以表示为幂函数方程 $R = aW^b$, 其中 a, b 为系数。系数 a 表示单位体重的耗氧率,其大小受许多因素的影响,其中包括许多环境因子,如温度、盐度、溶解氧等以及生物体内在因素,如个体大小、活动情况、性腺发育等。本实验研究结果表明,在 15—30℃ 刺参体重与耗氧量明显相关, a 值范围为 0.011 6—0.043 6, 平均值为 0.039 08。系数 b 表示单位体重的变化所引起的耗氧量变化的强弱,其大小可以表示体重与耗氧量的相关性。不同的生物 b 值不同, Shumway (1991) 综述了 10 种扇贝的体重与耗氧量的关系, b 值为 0.486—0.986; Astall 等 (1991) 报道了 *Holothria forskali* 干重的对数 ($\lg W$) 与耗氧量的对数 ($\lg O$) 符合回归方程 $\lg O = a + b \lg W$, 其中 b 值为 0.600。本实验得出,在 15—30℃ 下刺参的 b 值为 0.947 5—1.312 3, 平均为 0.952 4, 这与报道的其他种类海参 b 值 (0.204 0—1.051) (Lawrence *et al*, 1982) 相比偏高, 这表明海参的种类不同所得的 b 值可能存在一定差异。

3.2 温度与耗氧率的关系

大多数生物在一定范围内随温度升高耗氧率增加是由于生物体内酶作用的结果, 温度升高酶的活性加强, 从而加速生物体内的生理生化反应, 提高物质代谢水平。本实验结果表明, 刺参的耗氧率在 20℃ 前呈明显上升状态并在 20℃ 时达到最高, 然后缓慢下降, 这可能是刺参在 20℃ 后进入夏眠, 从而导致代谢水平下降。温度稳定在 30℃ 期间, 由于细菌活动剧烈导致大规格刺参有 4 只发生溃烂死亡, 小规格刺参有 2 只死亡, 说明该温度可能超过刺参的耐受温度阈值。在 25—30℃ 范围内刺参的耗氧率缓慢上升, 其原因是温度的影响亦或细菌活动增强, 还是另有其他原因, 尚待进一步研究。温度对不同规格刺参耗氧率的影响是不均一的, 从表 3 可看出随温度的升高, 大、中规格刺参耗氧率变化幅度较大, 说明它们对温度变化很敏感; 而小规格刺参的耗氧率在整个实验温度范围内缓慢上

升,表明温度变化对小规格刺参影响较小,但这种现象也很可能意味着大规格刺参在 20℃ 以后进行夏眠,而小规格刺参在该温度下夏眠不彻底或不进行夏眠。

3.3 温度与排泄率的关系

从实验结果可以看出,在一定范围内随温度升高刺参的排泄率明显增大,并在某一温度达到最大值后缓慢下降,这与氧消耗的趋势很相似。温度对不同规格刺参排泄率的影响与其耗氧规律也有相似之处,如表 5 所示,大、中规格刺参排泄率最高值出现在 20℃,而小规格刺参则在 25℃ 时达到排氮峰值。这进一步说明了大、中规格刺参 20℃ 以后进入夏眠状态导致代谢率下降的可能性,但由于实验条件和实验操作会对刺参产生环境胁迫和机械刺激,将在不同程度上干扰其正常的夏眠活动,可能会在一定程度上削弱刺参夏眠对代谢的影响。

3.4 温度与刺参 O:N 比的关系

O:N 比表示在整个代谢中蛋白质的相对贡献(Bayne *et al*, 1978),可以用来评估生物对营养物质的利用特性(Corner *et al*, 1965)。O:N 比大于 10 时,生物体以脂肪和碳水化合物代谢为主;O:N 比小于 10 时,以蛋白质代谢为主。从表 6 可以看出,大规格刺参的 O:N 值在实验的各温度下都大于 10,说明其所需要的能量主要由脂肪和碳水化合物提供,中、小规格刺参仅在 15℃ 和 25℃ 时小于 10,说明此温度下它们主要以代谢蛋白质来提供身体所需的能量。

实验结果表明,20℃ 时刺参的代谢最旺盛,而在 25℃ 有所下降,这可能是由于刺参夏眠导致,但夏眠的临界温度具体为何值,由于本实验设定的温度梯度较大,因而不能作出准确的结论。在开展多元养殖过程中,若水温超过 20℃ 则应将刺参的这种习性考虑进去,以建立合理的养殖模式。

参 考 文 献

- 王运涛,相建海,1999. 栉孔扇贝大规模死亡的原因探讨. 海洋与湖沼, 30(6):770—774
- Astall C M, Jones M B, 1991. Respiration and biometry in the sea cucumber *Holothuria forskali*. J Mar Biol Ass U K, 71:73—81
- Bayne B L, Newall R C, 1983. Physiological Energetics of Marine Molluscs. In: Wilburg K M, Saleuddin A S M ed. The Mollusca. London: Academic Press, 4:407—515
- Bayne B L, Widdows J, 1978. The Physiological ecology of two populations of *Mytilus edulis* L. Oecologia, 37:137—162
- Corner E D S, Cowey C B, 1965. Biochemical studies on the production of marine zooplankton. Biol Rev, 43:393—426
- Lawrence J M, Jane J M, 1982. The utilization of nutrients by post-metamorphic echinoderms. In: Jangoux M, Lawrence J M ed. Echinoderm Nutrition. A A Balkema, Publishers, Rotterdam. 331—371
- Shumway S E, 1991. Scallop: Biology, Ecology and Aquaculture. Elsevier, Science Publishers B V, 346—376
- Widdows J, 1978. Physiological of stress in *Mytilus edulis*. J Mar Biol Ass U K, 58:125—142

EFFECT OF TEMPERATURE ON RESPIRATION AND EXCRETION OF SEA CUCUMBER *APOSTICHOPUS JAPONICUS*

LI Bao-Quan, YANG Hong-Sheng, ZHANG Tao, ZHOU Yi, ZHANG Chun-Xiao^{*}

(Institute of Oceanology, The Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071)

^{*} (Laiyang Agriculture College, Laiyang, 265200)

Abstract Metabolism of sea cucumber *Apostichopus japonicus* was studied in laboratory from Feb. 28 to Apr. 11, 2000, under controlled conditions of ambient water temperature 10, 15, 20, 25, and 30°C and salinity 31—32. We adopted the Winkler method and the hypobromite method to study the oxygen consumption rate (OCR) and ammonia-N excretion rate (AER) of three groups of *A. japonicus* [(17.3 ± 5.5)g, medium size (52.1 ± 12.9)g, (149.9 ± 28.0)g, respectively]. The results were as follows.

(1) The respiration and excretion rates of large- and medium-sized *A. japonicus* were remarkably changed around aestivation, while those of the small ones were slightly changed.

(2) Under controlled temperature 15—30°C, the regressive equation between the body weight of sea cucumber (W) and oxygen consumption (R) can be described as $R = aW^b$, the ranges of a and b were 0.011 6—0.043 6 and 0.947 5—1.312 3, respectively. In general, with temperature rise, the OCR of the three groups of sea cucumbers increases steadily, but temperature had slighter effect on the OCR of small *A. japonicus* than on that of the other two groups.

(3) Under controlled temperature 10—30°C, the regressive equation $A = aW^b$ could describe the relationship between the body weight (W) of sea cucumber and the ammonia-N excretion (A), the mean of a and b were 4.941 0 and 0.772 4, respectively. The AER also had an increasing trend with temperature rise, and it peaked at 20°C for the large and medium sized *A. japonicus*, but at 25°C for the small ones.

Key words Sea cucumber, Temperature, Respiration, Excretion