

刺参夏眠的研究进展

Research advances in aestivation of sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) : a review

袁秀堂^{1,2}, 杨红生¹, 陈慕雁¹, 高 菲¹

(1. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 国家海洋环境监测中心, 辽宁 大连 116023)

中图分类号: S968.9 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2007)08-0088-03

刺参(*Apostichopus japonicus* (Selenka)), 又称仿刺参, 属棘皮动物门(Echinodermata) 海参纲(Holothuroidea)^[1,2], 主要分布于北纬 35 到 44 的广大西北太平洋沿岸, 北起俄罗斯的海参威, 经日本海、朝鲜半岛南部到中国黄、渤海^[3,4]。据报道, 江苏连云港外的平山岛是该物种在中国分布的最南界^[5]。刺参是典型的温带种类, 在其生活史中存在着一种重要的生态习性: 当夏季海水温度升高到一定范围后, 刺参即迁移到海水较深、较安静的岩石间不动不食, 这种现象称为“夏眠”(aestivation)。日本学者 Mitsukuri^[6,7]最早观察到刺参的这一现象并提出了夏眠的概念。之后的上百年来, 尽管人们对刺参夏眠始终存在着浓厚的兴趣, 相关的研究也持续不断, 然而从目前的状况来看, 尚未有突破性进展, 文献也较为零散。作者较为系统地评述了刺参夏眠期间的生理生态特征的变化、刺参夏眠的影响因素、刺参进入夏眠的判断依据以及夏眠临界温度, 并提出了进一步的研究应关注刺参夏眠的内在调控机理。

1 刺参夏眠期间生理生态特征的变化

1.1 摄食停止、活动降低

夏眠期间, 刺参最明显的生理行为就是摄食停止, 活动降低。当水温达到夏眠临界温度后, 刺参逐渐停止摄食; 与此同时, 刺参变得极不活泼, 经常固着不动, 日常活动明显减少^[3]。刘永宏等^[8]在实验室内观察到进入夏眠的刺参也并非全部隐蔽不动, 有的个体在夜间仍能缓慢爬行。

1.2 消化道退化

在自然海域, 刺参消化道呈现明显的季节消长规律。Choe^[9]将刺参的年生活周期分为活动期、夏眠前期、夏眠期和回复期; 相应地, 消化道的消长也可分为成长期、退化期、完退期及回复期。水温的上升造成了消化道的退化, 而水温持续上升又会进一步加速消化道的减退和萎缩: 完全夏眠期刺参的消化道最粗处不足 1 mm, 退化的消化道还残存着表皮、

肌肉、内表皮及背腹血管系组织, 而大部分间充组织消失, 此时刺参已完全不能摄食。

李润玲等^[10]和李霞等^[11]在实验室内研究了实验性夏眠过程消化道的退化过程, 刺参进入夏眠后, 消化道逐渐退化, 消化道整体变细、变短, 消化道各部分的界限也变得不明显。夏眠期刺参的消化道基本结构未发生变化, 但内表面柱状细胞变矮, 变为小型的方形细胞, 排列不规则, 皱襞减少、消失, 纤毛和微绒毛几乎完全脱落, 分泌颗粒减少或消失; 粘膜下层结缔组织变得稀疏, 细胞数目减少, 内含有成团的“非细胞物质”; 肌层变薄, 只有少量的肌纤维存在, 浆膜层也随之退化变薄; 外膜外表面变化不大, 但出现增厚现象。另外, 李霞等^[11]还发现与消化道相连的呼吸树在夏眠期间也发生了退化, 但退化程度较消化道轻, 主要表现为体积变小, 但组织结构的退化不明显。

1.3 体质量减轻

刺参的夏眠期最短 2 个月, 最长 4 个月, 一般在 100 d 左右。在整个夏眠期间, 刺参没有食物摄入, 为维持最低代谢要消耗机体自身的积累, 其体质量的减轻成为必然。刘永宏等^[8]研究发现, 在 60 d 的夏眠期 1 龄刺参可减体质量 52.8%, 2 龄参减体质量 39.7%, 2~3 龄参减体质量 45.5%, 3 龄以上参减体质量 30.4%。而 Yang 等^[12]研究表明, 刺参在 30 条件下在 30 d 的实验周期内体质量减少了 5.37%~24.61%。然而由于实验条件(如水温、刺参规格和实验周期)的不同, 比较不同实验间刺参体质量减少的比例是比较困难的。

收稿日期: 2005-10-08; 修回日期: 2007-06-06

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40576073); 国家重点基础研究规划资助项目(G1999012012)

作者简介: 袁秀堂(1972-), 男, 山东莒县人, 博士, 助理研究员, 主要从事海洋生态学研究, E-mail: xtyuan@nmemc.gov.cn; 杨红生, 通讯作者, E-mail: hshyang@ms.qdio.ac.cn

1.4 代谢降低

夏眠对刺参代谢有显著的影响。Yang 等^[13]发现,刺参在夏眠期的代谢率(耗氧率和排氮率)有明显降低的趋势,而且不同体质量刺参对水温的响应有所差异:大规格(149.9 g ±28.0 g)和中规格(52.1 g ±12.9 g)刺参的代谢最高点出现在 20 ℃,而小规格刺参(17.3 g ±5.5 g)的代谢最高点出现在 25 ℃。袁秀堂^[14]研究认为,大规格(134.0 g ±13.5 g)和小规格(73.6 g ±2.2 g)刺参在夏眠期(30 d)的耗氧率比非夏眠期(以 15 ℃为基准)分别降低了 54.4%和 79.7%。

1.5 能量利用对策改变

夏眠动物在高温或干旱季节摄食受阻或因食物缺乏而难以获得食物,因此夏眠动物为了生存,能量的节约势在必行。从目前的研究来看,动物在夏眠期间的能量节约主要是通过生理机能上的降低或休止从而导致能量利用对策的改变实现的。袁秀堂^[14]研究发现刺参在夏眠期间,其摄食能和排粪能均为零。刺参为了维持其基本生理活动,不得不动用以往贮存于体内的能量,消耗于呼吸和排泄等基本生理过程,供维持生命之用。刺参在完全夏眠期的能量收支方程可表示为 $0C = 0F + 8.2U - 100G + 91.8R$ (或 $100G = 8.2U + 91.8R$)。式中, C 为摄食能, F 为排粪耗能, U 为排泡能, G 为生长能, R 为呼吸耗能。刺参以负生长为代价所付出的能量有 8.2% 用于排泄耗能, 91.8% 用于呼吸耗能。因此夏眠是刺参长时间处于高温环境、摄食受阻条件下的一种能量节约方式,这种适应机制保证了个体的存活和种族的繁衍。

2 影响刺参夏眠的因素

2.1 水温是刺参夏眠的主要诱因

高温、干旱和食物缺乏被认为是导致动物夏眠的主要因素^[3,15-18]。然而对于生活于浅海礁岩间并以沉积物中的微生物和其它有机颗粒为食物的刺参来说,干旱和食物缺乏在其生活史中基本上是不存在的。大量的研究表明是高水温诱发了刺参的夏眠^[3,8,12]。而处于夏眠状态的刺参,在降温饲养条件下可解除夏眠^[18],也充分表明水温是刺参夏眠的主要诱因。

2.2 温度对刺参夏眠的诱发与体质量相关

规格不同的刺参,其夏眠的临界温度不同;随着体质量的增大,刺参夏眠临界温度有所降低。刘永宏等^[8]研究发现,体质量 25 g 以内的幼参并不夏眠;而 25~85 g(1 龄)、86~160 g(2 龄)和 160 g 以上(2~3 龄)刺参夏眠的临界温度分别为 24.1、22.9、21.8 ℃,表明水温对刺参夏眠的诱发与体质量密切相关。

2.3 温度对刺参夏眠的影响与体色相关

Choe 和 Ohshima^[19]报道日本产的青刺参和红

刺参对高温的反应不同:在夏季高温期,几乎所有体质量规格的红刺参都进入夏眠,而体质量小于 5 g 的小个体青刺参不夏眠,只有体质量 6 g 以上的个体能够夏眠,可见红刺参比青刺参更具狭温性,在高水温的刺激下更易进入夏眠状态。

还有学者认为生殖活动诱发了刺参的夏眠,是刺参性活动后“精疲力尽”,必须经历休眠养息时期^[20]。但这一观点不被大多数学者认同。在自然环境中,刺参的生殖腺指数在其夏眠中期(9、10 月份)降到最低(0.37%~0.68%);而在刺参结束夏眠时(11 月份)才继续升高(大于 1.24%)^[21]。这表明刺参的夏眠开始于性细胞排放,其夏眠期与性腺休止期是重叠的。然而并没有证据表明生殖活动诱发了刺参的夏眠,其夏眠习性与生殖活动没有必然的联系,因为没有性活动的刺参也有夏眠行为;即使排放过性产物的刺参,有研究表明,将其置于低温条件下仍能摄食,不出现夏眠^[18]。

3 判断刺参进入夏眠的依据及其夏眠的临界温度

3.1 判断刺参进入夏眠的依据

综合国内外学者的研究结果,刺参进入夏眠状态后,主要表现为四个特征:摄食停止、消化道退化、体质量减轻、代谢降低。然而体质量减轻无法作为确定夏眠临界温度的指标,因为这一现象极为普遍,不为夏眠所特有。利用消化道萎缩和(或)代谢降低来判断刺参进入夏眠与否也存在一定的困难,因为这两个指标难以量化而且缺乏统一的标准:到底消化道萎缩到何种程度或生理代谢率降低至多少,刺参即进入夏眠?目前,大多数学者^[9,12,14,18]认为判断刺参是否进入夏眠状态的主要依据是摄食情况:当水温升高达到一定范围后,刺参的摄食停止,即可判定进入夏眠状态。

3.2 刺参夏眠的临界温度

关于刺参夏眠的临界温度,不同研究得出不同的结论。日本七尾湾青刺参夏眠开始和结束的临界水温均为 20 ℃,而北海道、宫城、爱知、德岛、鹿儿岛诸县的刺参在 19~22 ℃ 开始夏眠,18~23 ℃ 终止夏眠^[3]。在中国北方海域,刺参进入夏眠的日期随着纬度的增加而推迟,如在山东南部沿海为 6 月中、下旬,北部沿海为 7 月上、中旬,而在辽东半岛刺参于 8 月中、下旬才进入夏眠;夏眠结束的日期各地大致相同,一般在 10 月下旬到 11 月初^[3,8]。隋锡林^[3]总结了日本和中国学者的研究成果,认为刺参的夏眠临界温度为 20~24.5 ℃,差异主要取决于刺参的栖息地和体质量的不同。以往的研究多在海区通过野外调查的方法进行,以自然海区刺参出现与否确定夏眠临界温度。实际上,当刺参迁移到海水较深、较安静的岩石间后,并不意味着刺参已经停止摄食。因此,根据自然海区刺参出现与否确定的夏眠临界温度可能会比

根据摄食停止确定的夏眠温度要低一些。刘永宏等^[8]采用海区调查和室内实验相结合的方法,研究了不同体质量刺参的夏眠,并认为体质量在 25 g 以下的刺参在高温下并不夏眠,而 25~85 g、86~160 g 和 160 g 以上刺参的夏眠临界温度分别为 24.1^{°C}, 22.9^{°C} 和 21.8^{°C}。Yang 等^[12]在实验室内严格控温条件下,通过对不同规格刺参日摄食量的详细记录研究了刺参夏眠的临界温度;结果表明体质量 72.3~139.3 g 刺参夏眠临界温度为 24.5~25.5^{°C},而体质量 28.9~40.7 g 刺参的夏眠临界温度介于 25.5~30.5^{°C} 之间。确定刺参夏眠指标的不同、不同实验间条件的差异以及刺参的不同来源可能是不同学者得到不同结论的主要原因。

4 研究展望

综上所述,夏眠是刺参生活史中不可缺失的一环,是经过长时间的进化而形成的一种生态适应性。水温升高是刺参夏眠的主要诱发因子,而夏眠的临界温度与体质量密切相关,随着其体质量的增大,夏眠临界温度有所降低。

尽管国内外学者对刺参的夏眠现象有诸多研究,但还仅限于其夏眠行为、生理代谢特征和夏眠临界温度等方面,而对刺参夏眠内在的调控机理的研究,目前尚无报道。进一步的研究应当从激素或神经递质的调控以及基因差异表达角度来研究刺参夏眠的内在调控机理。无疑,只有当我们深刻地阐明刺参夏眠的内在调控机理,才能真正地理解夏眠这种奇妙的现象。

参考文献:

[1] Liao Y L. The Aspidochirote Holothurians of China with erection of a new genus [A]. Jangoux M. Echinoderms: Present and Past [C]. Rotterdam: A A Balkema Publishers, 1980. 115-120.

[2] 廖玉麟. 中国动物志, 棘皮动物门, 海参纲[M]. 北京: 科学出版社, 1997. 334-335.

[3] 隋锡林. 海参增养殖[M]. 北京: 农业出版社, 1988. 15-59.

[4] Sloan N A. Echinoderm fisheries of the world: A review [A]. Keegan B F, O' Connor B D S. Echinodermata [C]. Rotterdam: A A Balkema Publishers, 1984. 109-124.

[5] 廖玉麟. 中国椗手目海参的研究[J]. 中国科学院海洋研究所. 海洋科学集刊(23) [C]. 北京: 科学出版社, 1984. 221-247.

[6] Mitsukuri K. On changes which are found with advancing age in the calcareous deposits of *Stichopus japonicus* Selenka [J]. *Annot Zool Japan*, 1897, 1: 31-42.

[7] Mitsukuri K. Notes on the habits and life history of *Stichopus japonicus* Selenka [J]. *Annot Zool Japan*, 1903, 5: 1-21.

[8] 刘永宏, 李馥馨, 宋本祥, 等. 刺参(*Apostichopus japonicus* Selenka)夏眠习性研究 I 夏眠生态特点的研究[J]. 中国水产科学, 1996, 3(2): 41-48.

[9] Choe S. Study of sea cucumber: morphology, ecology and propagation of sea cucumber [M]. Tokyo: Kairibundou publisher, 1963. 21-29.

[10] 李润玲, 丁君, 张玉勇, 等. 刺参(*Apostichopus japonicus*)夏眠期间消化道的组织学研究[J]. 海洋环境科学, 2006, 25(4): 15-19.

[11] 李霞, 王霞. 仿刺参在实验性夏眠过程中消化道和呼吸树的组织学变化[J]. 大连水产学院学报, 2007, 22(2): 82-85.

[12] Yang H S, Yuan X T, Zhou Y, et al. Effects of body size and water temperature on food consumption and growth in the sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) with special reference to aestivation [J]. *Aquaculture Research*, 2005, 36: 1 085-1 092.

[13] Yang H S, Zhou Y, Zhang T, et al. Metabolic characteristics of sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) during aestivation [J]. *J Exp Mar Biol Ecol*, 2006, 330(2): 505-510.

[14] 袁秀堂. 刺参生理生态学及其生物修复作用的研究[D]. 青岛: 中国科学院海洋研究所, 2005.

[15] Wever L A, Lysyk T J, Clapperton M J. The influence of soil moisture and temperature on the survival, aestivation, growth and development of juvenile *Aporrectodea tuberculata* (Eisen) (Lumbricidae) [J]. *Pedobiologia*, 2001, 45(2): 121-133.

[16] Cramp R L, Franklin C E. Arousal and re-feeding rapidly restores digestive tract morphology following aestivation in green striped burrowing frogs [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A Molecular & Integrative Physiology*, 2005, 142(4): 451-460.

[17] McQuad C D, Branch G M, Frost P G H. Aestivation behaviour and thermal relations of the pulmonate *Theba pisana* in a semi-arid environment [J]. *Journal of Thermal Biology*, 1979, 4(1): 47-55.

[18] 李馥馨, 刘永宏, 宋本祥, 等. 海参(*Apostichopus japonicus* Selenka)夏眠习性研究 II 夏眠致因的探讨[J]. 中国水产科学, 1996, 3(2): 49-57.

[19] Choe S, Ohshima Y. On the morphological and ecological differences between two commercial forms "Green" and "Red", of the Japanese common sea cucumber, *Stichopus japonicus* Selenka [J]. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 1961, 27: 97-106.

[20] 陈宗尧, 牟绍敦, 潘长荣. 刺参育苗和养殖技术的研究[J]. 动物学杂志, 1978, 2: 9-13.

[21] 隋锡林, 刘永襄, 刘永峰, 等. 刺参生殖周期的研究[J]. 水产学报, 1985, 9(4): 301-310.

(本文编辑: 刘珊珊)