

# 单环刺螠生物学及生理学研究进展

张新明, 李慷均

(日照职业技术学院 水产学院, 山东 日照 276826)

**摘要:** 单环刺螠是一种具有重要经济价值和潜在药用价值的海洋无脊椎动物。就单环刺螠对环境的适应性、消化道组织构成及配子发生、营养组分、代谢调节、分子生物学研究等方面进行了综述。

**关键词:** 单环刺螠; 生物学; 营养组成; 生理调节

**中图分类号:** S917.4    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1004-3268(2011)11-0026-04

## Research Progress on Biology and Physiology of *Urechis uniconctus*

ZHANG Xin-ming, LI Kang-jun

(Fisheries Department of Rizhao Polytechnic, Rizhao 276826, China)

**Abstract:** *Urechis uniconctus* is an important marine invertebrates with economic value and potential medicinal value. Herein, the progress on the biology, nutritional composition, tissue, physiological regulation, and molecular biology of *Urechis uniconctus* were reviewed.

**Key words:** *Urechis uniconctus*; Biology; Nutritional composition; Physiological regulation

单环刺螠(*Urechis uniconctus*)隶属于螠虫动物门(Echiuroidea), 螠纲(Echiurida), 无管螠目(Xenopneusta), 刺螠科(Urechidae), 刺螠属(*Urechis*), 是一种经济类海生无脊椎动物。单环刺螠俗称海肠、海肠子, 体粗大, 体表满布大小不等的粒状突起, 是我国北方沿海泥沙岸潮间带下区及潮下带浅水区底栖生物的常见种, 山东胶东地区是我国单环刺螠的最大产地。单环刺螠富含蛋白质、氨基酸和其他营养物质, 肉味鲜美, 具有极高的食用价值, 其提取物有一定的抗肿瘤及提高小鼠免疫功能的作用, 是一种具有潜在药用价值的海洋生物。为此, 从单环刺螠对环境的适应性、消化道组织构成及配子发生、营养组分、代谢调节、分子生物学等方面进行了综述, 以期对单环刺螠的进一步研究提供参考。

### 1 单环刺螠对环境的适应性

单环刺螠为滤食性生物, 以水中悬浮性生物或非生物颗粒为食, 对食物没有选择性。生活水温是 0~30℃, 临界高温为 32.5℃, 临界低温为 -4℃, 适盐范围为 15~36, 最适盐度范围是 24.94~35.77, pH 值

的耐受范围是 4.46~9.50, 适宜范围是 7.50~9.42, 溶氧量达到 1.14 mg/L 时活动正常, 溶氧量在 0.28~0.34 mg/L 可窒息死亡, 生存水温超过 31.6℃会导致死亡, 且降温后不能恢复; 幼螠生存的盐度为 13.8~35.9, 适宜盐度 20.8~35.2; 幼螠生存的 pH 值为 4.0~10.5, 适宜 pH 值 5.96~9.00<sup>[1-2]</sup>。

### 2 单环刺螠消化道组织构成及配子发生

#### 2.1 单环刺螠消化道组织构成

单环刺螠消化道起源于原肠胚期内陷而成的原肠腔, 发育至早期担轮幼虫时期, 消化道连通, 开始摄食, 此时根据管腔直径不同, 消化道可分为口、食道、胃、中肠及后肠。至蠕虫状幼虫时期, 食道、胃及后肠已出现黏膜下层及肌层, 嗉囊与砂囊可明显区分, 中肠已产生肌纤维的分化, 呼吸肠由中肠分化而来, 其胞体细长, 且核质比较小, 可与中肠明显区分。至幼螠时期, 食道前端产生了咽部的分化, 至此消化道各部位在结构及功能上都与成体有了很大的相似性, 即由口、咽、食道、嗉囊、砂囊、胃、中肠、呼吸肠、后肠和肛门组成。咽、食道和直肠管壁由内向外分

收稿日期: 2011-04-16

作者简介: 张新明(1978-), 男, 河北石家庄人, 讲师, 主要从事水生生物免疫学研究。E-mail: zhixinming66@126.com

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

为黏膜层、黏膜下层、肌层和外膜,嗦囊、砂囊、胃、中肠和呼吸肠壁仅由黏膜层和外膜组成。除食道外,胃之前的消化道及直肠上皮细胞均有发达的纤毛,中肠和呼吸肠上皮主要为微绒毛。消化道上皮主要分为 3 类细胞:柱状上皮细胞、黏液细胞、分泌细胞。黏液细胞和分泌细胞散布于柱状上皮细胞之间:黏液细胞在咽、食道、嗦囊、胃、中肠和直肠上皮中有较多的分布,分泌细胞在砂囊、胃、中肠和呼吸肠中数量较多。组织化学研究结果表明,随着发育,单环刺螈消化道各部位分别呈现不同的碱性磷酸酶、酸性磷酸酶、脂酶、ATP 酶、非特异性酯酶及多糖类物质活性<sup>[3-4]</sup>。

## 2.2 单环刺螈的配子发生

单环刺螈雌雄异体,繁殖期为 4—5 月份(水温 9~12℃),性成熟最小个体体长 7 cm(约 20 g)。精子为鞭毛型,头部最前端为顶体,呈奶嘴状;细胞核近似杯状,核内有核泡。中段由一个大环状线粒体组成。尾部轴丝为典型的“9+2”型结构。精液的 pH 值为  $6.5 \pm 0.2$ ;精子密度为  $(4.2 \pm 0.2) \times 10^9$  个/mL;新鲜精子用过滤海水(10 cm 厚的脱脂棉过滤)激活,激活率为  $86.4\% \pm 6.3\%$ ,涡动时间为  $(170 \pm 6.9)$  min,寿命为  $(24.4 \pm 7.8)$  min。室温(20 ± 1)℃ 下,精子保存 12 h 活力无显著变化,但至 24 h 活力明显下降;低温(4℃)可明显延长精子活力的保存时间,可保存 21 d;盐度和酸碱度对精子的激活率、涡动时间和寿命都有较大的影响,精子适宜的盐度为 20~30,最佳盐度为 25;适宜的酸碱度为 7~9,最佳为 8。低温可以较长时间的保存单环刺螈的精子,在盐度稍低或偏碱性的海水中精子活力较高<sup>[5]</sup>。

单环刺螈卵母细胞受精后即开始减数分裂进程。谭信等<sup>[6]</sup>采用蛋白免疫印迹法,探索了这一过程中丝裂原激活的蛋白激酶(MAPK)的活性变化及其信号通路对减数分裂的影响,以及钙离子蛋白磷酸酶、蛋白激酶 C(PKC)、蛋白激酶 A(PKA)、蛋白质合成等因素的影响。结果表明:受精可引起单环刺螈卵母细胞中 MAPK 快速磷酸化活化和缓慢脱磷酸化失活,至第二极体排出前磷酸化水平降到最低。这一激活过程不受蛋白合成抑制影响,MAPK 虽与减数分裂起始无关,但为减数分裂进程所必须。钙离子载体和蛋白磷酸酶抑制剂可以孤雌激活单环刺螈卵母细胞减数分裂,并激活 MAPK。受精是通过钙离子内流和某些蛋白质持续磷酸化来激活卵母细胞并使 MAPK 活化的。蛋白磷酸酶对减数分裂起抑制作用。PKC 激活剂可加速受精卵

排极和卵裂进程,并使 MAPK 失活时间提前,可能是高活性 PKC 通过促使 MAPK 提前失活使减数分裂进程加快,但 cAMP/PKA 通路对减数分裂恢复无影响。

## 3 单环刺螈的营养组分

单环刺螈营养丰富,其蛋白质含量很高(占体质量的 22.84%),比常见海产鱼类如鲈鱼(17.5%)、鳕鱼(16.5%)、沙丁鱼(19.2%)及带鱼(18.1%)的蛋白质含量都要高,水分含量为 70%,粗脂肪含量为 4.24%,灰分含量较高,为 2.92%。从无机元素组成看,K、Ca 含量较高,分别为 2.86 g/kg,1.14 g/kg,其次为 Mg、Fe、Zn,而 Na 含量较低,这种高钾低钠的元素结构有助于维持人体正常的酸碱平衡,预防和治疗高血压等病症。单环刺螈的体壁肌含有 18 种氨基酸,其中 8 种为人体必需氨基酸,占 17.79%,在人体必需氨基酸中,以亮氨酸含量最高,达 3.33%,其次为赖氨酸(3.12%)和缬氨酸(2.97%),半必需氨基酸中的组氨酸(0.87%)是婴儿的必需氨基酸,非必需氨基酸含量以甘氨酸最高(9.31%),其次为谷氨酸(8.27%),丙氨酸又次之(7.15%),其他氨基酸含量由高至低依次为:天冬氨酸、丝氨酸、脯氨酸、酪氨酸、胱氨酸。体壁肌中谷氨酸、天冬氨酸、精氨酸、丙氨酸和甘氨酸 5 种鲜味氨基酸含量都较高,总和占氨基酸总量的 56.46%<sup>[7-8]</sup>。这可能就是单环刺螈味道特别鲜美的重要原因之一。

## 4 单环刺螈的代谢调节

乙酰胆碱酯酶(AChE)作为生物神经传导中的一种关键酶,主要位于突触后膜,邻近胆碱受体,能降解乙酰胆碱,终止神经递质对后膜的刺激作用,保证神经冲动在突触间正常传导;细胞色素 C 氧化酶(CCO)是真核生物线粒体内膜和需氧菌细胞膜电子传递链上的终端酶,承担着细胞色素 C 到氧分子的电子传递功能,催化氧分子还原为水分子,并与质子泵功能相偶联,它反映了细胞功能及有氧代谢的水平。碱性磷酸酶(AKP)是一种膜结合蛋白,在生物体内直接参与磷酸基团的转移和代谢的生理过程,与维持体内适宜的钙磷比相关。邱旭春等<sup>[9]</sup>运用冰冻切片技术和酶组织化学的方法研究了长期暴露于不同质量浓度久效磷(0、50、100、150 ng/L)下的单环刺螈体内 AChE、CCO、AKP 的活性变化。结果表明,AChE 在单环刺螈的体壁上呈现出较强的酶活性,活性位点处为红棕色的颗粒沉淀,并随久

效磷质量浓度的提高显色越来越深;消化道切片上基本上没有 AChE 的活性。CCO 在体壁及肠道上都呈现出较强的酶活性,活性位点显示为棕色;肠道上,不同质量浓度组由低到高其 CCO 活性位点依次增多、显色也依次加深,低质量浓度久效磷( $< 150 \text{ ng/L}$ )胁迫对单环刺螠体内的 AKP 活性没有明显的影响。

张志峰等<sup>[10]</sup>研究了硫化物暴露后单环刺螠 CCO、琥珀酸脱氢酶(SDH)、延胡索酸还原酶(FRD)等呼吸代谢酶活性的变化,初步探讨了单环刺螠对硫化物的呼吸代谢适应。将虫体暴露于  $50 \mu\text{mol/L}$ 、 $150 \mu\text{mol/L}$  2 个硫化物组和不含硫化物的对照组水体中,分别于暴露后 0、2、12、24、48 h 和解除暴露后 48 h,取体壁、呼吸肠等组织进行酶活性分析。结果显示:暴露 2 h 时,硫化物组 CCO 活性上升。24 h 时, $150 \mu\text{mol/L}$  组 CCO 活性显著低于对照组,到 48 h 时接近于 0,而 SDH 活性显著低于对照组,FRD 活性极显著高于对照组。解除暴露后 48 h,虫体的呼吸代谢酶活性与对照组无显著差异。可见,硫化物暴露后,短期内虫体呼吸代谢提高,可能进行硫化物氧化解毒。而随着暴露时间的延长,虫体的呼吸代谢减弱,FRD 活性极显著增高。推测体内可能存在将延胡索酸还原成琥珀酸的无氧代谢方式。解除硫化物暴露后,虫体具有较强的自我恢复能力。

盐度和  $\text{NH}_4^+$  含量对单环刺螠耗氧率的影响非常明显。盐度在 13~31 时,单环刺螠耗氧率均随盐度的升高而增加;当盐度为 13~25 时耗氧率的变化相对缓慢;盐度达到 31 时,耗氧率达到最大值,继续升高盐度,耗氧率出现明显下降;可见在盐度低于正常海水的盐度(31)时,单环刺螠呼吸活动增加,以应付外界环境的变化对自身的伤害,当盐度达到 31 左右时,呼吸活动最旺盛。此后,盐度升高,水体溶解氧的饱和度降低,呼吸受到限制,因此耗氧率逐渐降低。当环境中  $\text{NH}_4^+$  低于  $0.4169 \text{ mg/L}$  时,单环刺螠耗氧率与对照组没有明显差别,这与其生活的底泥环境中氨氮含量较高有关;继续升高  $\text{NH}_4^+$  含量,单环刺螠耗氧率出现明显下降趋势,在设定的最大含量( $41.687 \text{ mg/L}$ )下,各组单环刺螠耗氧率均达到试验最低值。可能由于  $\text{NH}_4^+$  损害了单环刺螠的一些组织,使其代谢机能减弱,从而引起耗氧率降低<sup>[11]</sup>。

张志峰等<sup>[12]</sup>在单环刺螠硫化物耐受性试验中发现,单环刺螠在  $50 \mu\text{mol/L}$ 、 $150 \mu\text{mol/L}$  和  $600 \mu\text{mol/L}$  硫化物环境中,半致死时间分别为

112 h、86 h 和 60 h,其中  $50 \mu\text{mol/L}$  和  $150 \mu\text{mol/L}$  组至试验 48 h 后出现个体死亡, $600 \mu\text{mol/L}$  组到 24 h 后出现个体死亡,可见单环刺螠对小于  $150 \mu\text{mol/L}$  的硫化物耐受时间超过 48 h,具有较强的耐受力。对单环刺螠的硫化物耐受机制进行研究,发现由体壁黏液细胞分泌的体表黏液层对单环刺螠的存活非常重要,并且认为在单环刺螠中,部分  $\text{H}_2\text{S}$  可能被作为能量来进行吸收和氧化,因为在单环刺螠体壁细胞中发现了大量与硫化物氧化有关的细胞器,这些细胞器可通过氧化硫化物来合成 ATP。采用 mRNA 差异显示技术研究了  $100 \mu\text{mol/L}$  硫化物环境与正常海水中耐硫生物单环刺螠 mRNA 的表达差异,初步筛选出 7 条体腔液细胞的差异表达基因,其中 1 个 cDNA 克隆片段与其他物种的 MAPKKK 有较高同源性。采用 RT-PCR 技术对其在硫化物刺激前后的表达进行了检测,结果显示,刺激 12 h 后该基因表达量增高,并随应激时间增加,呈明显上调趋势。表明单环刺螠 MAPK 信号通路可被硫化物激活,进而通过该信号通路调节下游生理反应<sup>[13]</sup>。

## 5 单环刺螠分子生物学研究

陈宗涛等<sup>[14]</sup>对实验室条件下培养的单环刺螠变态前幼虫发育的同工酶及酶学特性进行了研究。研究中 5 种同工酶(EST、MDH、AMY、LDH、ALP)酶谱均随发育表现出一定的差异:EST 酶谱最为复杂,由原肠期的 1 条酶带增至体节幼虫时期的 6 条;MDH 在发育各时期皆有表达;在原肠时期未检测到 AMY、LDH 及 LP 活性。采用生化法对 5 种酶(ACP、AI、PO、POD、Ca)的活性测定结果显示,随着单环刺螠的发育,各种酶的活性都有明显增强。以上结果表明,摄食行为的开始对其某些消化酶活性的表达有显著的增强作用,至中期担轮幼虫时期,幼虫已具备了一定的对脂类等物质的消化能力,至晚期担轮幼虫及体节幼虫时期,其免疫能力也有显著增强。

对单环刺螠的线粒体全基因组序列进行测定,DNA 的总长度为  $15761 \text{ bp}$ ,A+T 含量为 61.9%,包含 13 个蛋白质编码基因,22 个 tRNA 基因,2 个核糖体 RNA 基因,1 个长度为  $923 \text{ bp}$  的非编码区,37 个基因都编码在同一条链上。基因顺序排列和基于氨基酸序列构建的系统发生树两方面的证据都说明螠虫动物可能起源于环节动物<sup>[15]</sup>。

单环刺螠对环境的适应性强,从体液中提取的多肽类物质和酶类物质具有增强机体免疫力、抗肿

瘤和溶血栓等功用<sup>[16-18]</sup>,从中提取活性物质制成抗肿瘤、溶栓药物用于疾病防治将成为未来重要的研究方向。

#### 参考文献:

- [1] 李诺,宋淑莲,唐永政,等.单环刺螠增殖生物学的研究[J].齐鲁渔业,1998,15(1):11-14.
- [2] 郑岩,白海娟,王亚平.单环刺螠对水温、盐度和 pH 的耐受性的研究[J].水产科学,2006,25(10):513-516.
- [3] 陈宗涛,张志峰,康庆浩,等.单环刺螠消化道的发生和分化[J].中国水产科学,2006,13(5):700-704.
- [4] 邵明瑜,张蕙峰,康庆浩,等.单环刺螠虫消化道组织学和细胞学[J].中国水产科学,2003,10(4):265-268.
- [5] 牛从从,张志峰,邵明瑜.单环刺螠虫精子生物学特性和环境因子的关系[J].中国水产科学,2005,12(5):556-561.
- [6] 谭信,彭安,唐永政,等. MAPK 和其他因素对单环刺螠卵母细胞减数分裂的影响[J]. Developmental & Reproductive Biology, 2001, 21(S1): 36.
- [7] 杨桂文,安利国,孙忠军.单环刺螠营养成分分析[J].海洋科学,1999(6):13-14.
- [8] 李诺,宋淑莲,唐永政,等.单环刺螠体壁氨基酸组分与含量的分析[J].齐鲁渔业,2000,17(5):26-27.
- [9] 邱旭春,朱丽岩,刘光兴.久效磷对单环刺螠体内几种酶活性影响的初步研究[J].海洋科学,2006,30(9):42-47.
- [10] 张志峰,王思锋,霍继革,等.单环刺螠对硫化物暴露的呼吸代谢适应[J].中国海洋大学学报,2006,36(4):639-644.
- [11] 王爱敏,冯俊荣,杨秀兰.氨氮及盐度对单环刺螠耗氧率的影响研究[J].齐鲁渔业,2009,26(5):1-4.
- [12] Zhang Zhi-feng, Shao Ming-yu, Kang Qing-hao, et al. Studies on the tolerating mechanism for sulfide in *Urechis unicinctus*-Cytological observation on *Urechis unicinctus* in different hydrogen sulfide environment [J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2003, 21(1): 86-90.
- [13] 霍继革,张志峰,胡晓丽,等.硫应激单环刺螠差异表达的初步研究[J].中国海洋大学学报,2007,37(3):457-462.
- [14] 陈宗涛,张志峰,牛从从,等.单环刺螠虫变态前幼虫发育的同工酶及酶学研究[J].中国水产科学,2005,12(3):233-238.
- [15] 吴志刚.单环刺螠线粒体全基因组及其系统发生研究[D].青岛:中国科学院海洋研究所,2008.
- [16] 赵欢,韩宝芹,刘万顺,等.单环刺螠多肽抗肿瘤及对小鼠免疫功能的调节作用[J].中国天然药物,2008(4):302-306.
- [17] 刁勇,居海亮,许瑞安.单环刺螠抗血栓组分的分离纯化和药效学研究[J].中国生化药物杂志,2007,28(3):199-200.
- [18] 蒋仲青.单环刺螠纤溶酶的分离纯化及其药效学研究[D].青岛:中国海洋大学,2009.
- [19] Singh P, Sharma P K, Mishra A K, et al. Identification of a virus associated with mosaic in *Jatropha* and vein yellowing disease in *Ageratum conyzoides* [M]// Book of abstract, national seminar on sustainable hill agriculture. Manipur: ICAR Research Complex for NEH Region, 2009.
- [20] Tangonan N G, Pecho J A, Butardo E G G. Disease profile of crops in USM, Kabacan, Cotabato: a practical guide to diagnosing and controlling common field diseases [M]. Cotabato: University of Southern Mindanao Agricultural Research Center (USMARC), 2008.
- [21] 李巧,赵毅博,高泰平,等.膏桐苗圃病虫害调查初报[J].林业调查规划,2009,34(1):69-72.
- [22] Stevens W A. Virology of flowering plants [M]. East Kilbride: Thomson Litho Ltd, 1983.
- [23] Naidu R A, Krishnan M, Ramanujam P, et al. Studies on peanut green mosaic infected peanut (*Archis hypogaea* L.) leaves. I. Photosynthesis and photochemical reactions [J]. Physiol Plant Pathol, 1984, 25: 181-190.
- [24] 郭兴启,温孚江,朱汉城.烟草感染马铃薯 Y 病毒 (PVY) 后光合作用的变化规律[J].浙江大学学报: 农业生命科学版, 2000, 26(1): 75-78.
- [25] 王春梅,施定基,朱水芳,等.黄瓜花叶病毒对烟草叶片和叶绿体光合活性的影响[J].植物学报, 2000, 42(4): 388-392.
- [26] 张海保,朱西儒,刘鸿先.香蕉束顶病毒 (BBTV) 侵染对寄主内源激素的影响[J].植物病理学报, 1997, 27(1): 79-83.
- [27] 钟丽娟,赵秀香,贾玉才,等.烟草感染马铃薯 Y 病毒脉坏死株系后内源激素的变化[J].安徽农业科学, 2006, 34(15): 3724-3725.
- [28] Sidhu O P, Sanjay A, Uday P, et al. Metabolic and histopathological alterations of *Jatropha* mosaic begomovirus-infected *Jatropha curcas* L. by HR-MAS NMR spectroscopy and magnetic resonance imaging [J]. Planta, 2010, 232(1): 85-93.

(上接第 25 页)