

单环刺螠育苗养殖及综合利用研究进展

黄 栋^{1,2}, 秦 松^{1,3}, 蒲 洋², 焦绪栋^{1,3}

(1. 中国科学院 烟台海岸带研究所, 山东 烟台 264003; 2. 鲁东大学 农学院, 山东 烟台 264025; 3. 中国科学院 海洋大科学研究中心, 山东 青岛 266071)

摘要: 单环刺螠(*Urechis unicinctus*)是我国北方沿海常见的一种海洋底栖无脊椎动物,也是具有较好市场开发前景的新型海水养殖品种之一。本文概述了单环刺螠的基础生物学、人工育苗和养殖现状,以及高附加值开发潜力,并提出了构建单环刺螠新型海水养殖产业链的可行性。

关键词: 单环刺螠(*Urechis unicinctus*); 人工育苗; 养殖模式; 综合利用

中图分类号: Q178.53 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2020)12-0123-09

DOI: 10.11759/hyxx20200226001

1 单环刺螠的基础生物学

单环刺螠(*Urechis unicinctus*)属螠虫动物门、螠纲、无管螠目、刺螠科、刺螠属,俗称海肠,海鸡子^[1]。作为海洋底栖滤食性无脊椎动物,生活于潮间带及潮间带下区几米至数十米深的泥、沙质海底。主要分布于日本本洲和北海道、朝鲜半岛部分海域、俄罗斯远东海区 and 我国黄渤海沿岸,是我国唯一分布的无管螠目生物^[2]。

1.1 单环刺螠的形态构造

单环刺螠的形体呈腊肠状,成体多呈粉红、紫红或黑红色^[2]。莱州湾地区的群体多呈粉红色,体壁较薄;渤海湾其他地区,如大连、秦皇岛等地群体多呈紫红或黑红色,体壁较厚。但基于群体基因序列的分析发现,各地群体尚无明显的地理种群分化^[3]。

单环刺螠的体长 10~30 cm,宽 2~3.5 cm;吻部呈匙状位于身体前段,口在吻部中央,尾部中央为肛门,围绕肛门单圈丛生 9~13 根刚毛。单环刺螠的身体构造简单(如图 1 所示),主要由体壁、体腔液及内脏组成^[1]。无血液循环系统,体腔液呈红色充满于体腔中,体腔液中存在数量和种类众多的体腔液细胞,分别起到营养运输、免疫防御和多功能分化等功能;内脏部分主要包括消化系统,由口、咽、食道、嗦囊、砂囊、胃、中肠、呼吸肠、直肠和肛门组成^[4];身体腹侧中央有一下陷纵沟,内为白色线状的腹神经索,与吻神经相连,止于肛门^[2];具肾管 2 对,繁殖期用于排泄成熟的精、卵^[5-7]。

1.2 单环刺螠的生活习性

单环刺螠在海底营造非标准的 U 型洞穴生活^[2],在洞穴入口处时有烟囱状凸起呈现(图 2A, 2C)。在营造洞穴时,单环刺螠利用伸缩的半管状吻部挖掘、探索砂石间的细小缝隙,利用尾部吸入海水,使体壁由后向前逐步扩张,推动躯体在泥沙中潜行。单环刺螠体表分泌的黏液可固定躯体四周的泥沙,形成较为牢固的洞穴。在洞穴中,利用尾部的不断吸排海水,使海水从洞穴中穿流,滤食海水中的食物残渣、单细胞藻类、细菌等微生物(图 2B)。

单环刺螠生存温度 15~26℃、盐度 20~37、pH 6~9^[8-9],在 15℃湿沙无水干露条件下可正常存活 48 h 以上^[10]。渤海湾单环刺螠的天然盛产期约为每年的 4 月~5 月和 10 月~11 月^[11],此时常见有大量成熟个体从其栖居的海底洞穴中乘夜色浮游而出。有时会因洋流、海浪等作用在某处海滩集中成批出现,研究发现这一现象与单环刺螠的生殖周期相吻合,与其繁殖行为有关^[12]。

收稿日期: 2020-02-26; 修回日期: 2020-07-25

基金项目: 中国科学院青年创新促进会人才计划项目; 烟台市海洋经济创新发展示范城市项目(YHCX-SW-L-201703); 福州市海洋经济创新发展示范城市项目(FZHJ04)

[Foundation: Talent program of youth innovation promotion association of the Chinese Academy of Sciences; Yantai marine economic innovation and development demonstration program No. YHCX-SW-L-201703; Fuzhou marine economic innovation and development demonstration program, No. FZHJ04]

作者简介: 黄栋(1995-),男,重庆人,硕士研究生,主要从事海水养殖及综合利用研究,电话: 19853567938, E-mail: donghuang7777@163.com; 焦绪栋,通信作者,高级工程师,主要从事海岸带生物资源及开发利用, E-mail: xdjiao@yic.ac.cn

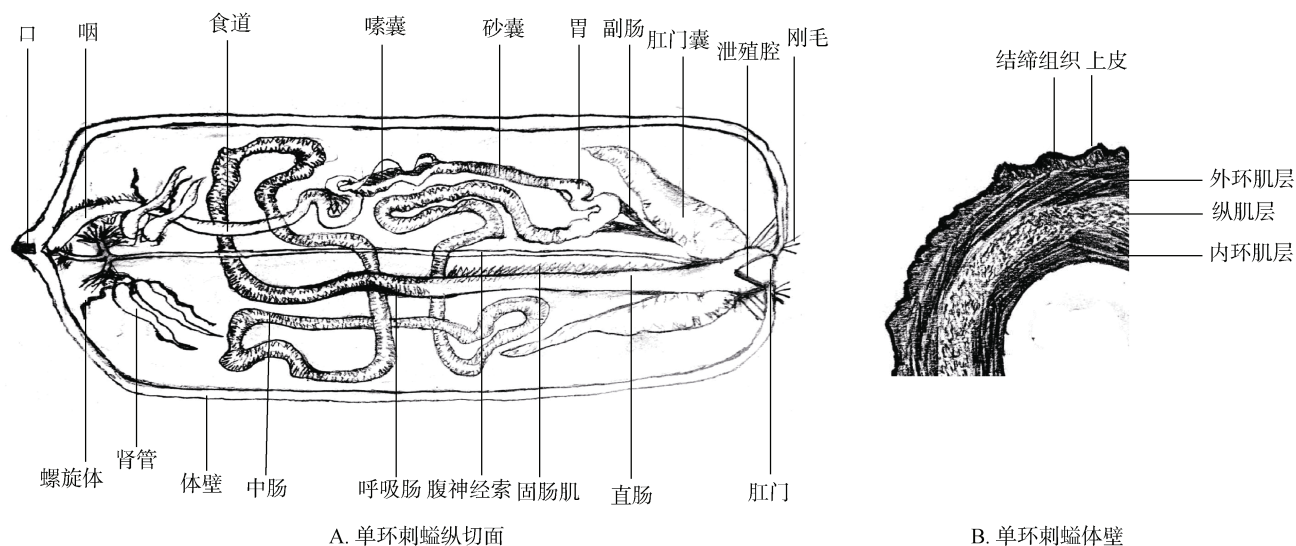


图 1 单环刺螠身体结构示意图^[1-2]

Fig. 1 Schematic of the body structure of *Urechis unicinctus*^[1-2]



图 2 单环刺螠的海底洞穴观察

Fig. 2 Observation of the Undersea Cave of *Urechis unicinctus*

注: A. 烟囱状洞口; B. 洞穴内部图; C. 洞穴外部图

1.3 单环刺螠的生活史

单环刺螠为雌雄异体,性成熟的个体会排放精子或卵子到合适的环境中,通过体外受精实现种群的繁衍。其生活史从受精卵开始,根据其主要生物学特征,人为可将其分为卵裂、囊胚、原肠胚、担轮幼虫(又可分为前期担轮幼虫和后期担轮幼虫)、体节幼虫、蠕虫状幼虫、幼螠等几个时期(图 3 所示),各发育阶段的特点及在人工培育条件下的大体时间如表 1 所示^[13-14]。

2 单环刺螠人工育苗和养殖现状

2.1 人工育苗技术

经过我国水产学者及相关企业的多年联合攻关,目前单环刺螠的人工育苗技术已日趋成熟。山东烟

台、威海、潍坊,辽宁大连、河北昌黎等地已有相关育苗和养殖企业实现了单环刺螠小规模的人工育苗。据已发布的公开报道,2013 至 2019 年间,昌邑、烟台、威海等地陆续实现规格苗种繁育逾亿尾。各地所采用的育苗技术流程大同小异,主要采集临近海区的自然种群进行人工繁育,主要技术要点经归纳汇总如表 2 所示^[15-22]。相关育苗及保苗技术规程已形成或正在组织形成或申报企业及地方标准。

2.2 单环刺螠的养殖现状

根据实施地的具体环境条件,单环刺螠的养殖可采用池塘养殖、工厂化养殖和滩涂人工增殖等方式^[20]。主要考虑因素包括养殖地区的自然环境条件、综合经济成本与收益等。近年来根据单环刺螠的食性和改良池底环境的特性在与其他经济品种混养方面进行了有益的尝试(表 3)。

2.2.1 池塘养殖

在有充足海水供应的池塘进行单环刺螠的单养或混养具有成本低、易收获、出现问题易控制等优势。目前在山东潍坊、烟台^[23-25]等已成功开展。根据单环刺螠的底部滤食特性和改良池底环境的功能,目前已开展了单环刺螠与刺参(*Stichopus japonicus*)^[23]、日本对虾(*Penaeus japonicus*)^[24]和南美白对虾(*Penaeus vannamei*)^[25]等混养。实践表明,池塘混养模式不仅可以节约养殖成本,增加单位水体的产量,同时也有益于池塘生态环境的改善,具有较好的经济和生态效益(表 3)。

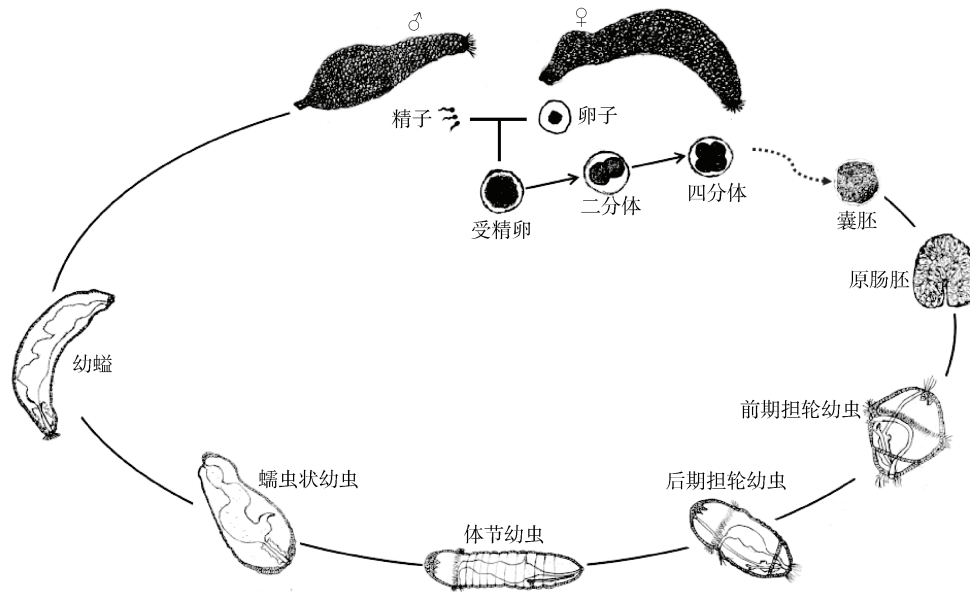
图3 单环刺螯生活史示意图^[13, 20]Fig. 3 Schematic of life history of *Urechis unicinctus*^[13,20]

表1 单环刺螯的发育周期及主要生物学特征

Tab. 1 Development Period and Main Biological Characteristics of *Urechis unicinctus*

阶段	时间	大小	生物学特征
受精卵	0 h	—	受精膜出现, 卵核消失, 形成围卵腔
卵裂期	~2~5 h	—	依次经 2/4/8/32 细胞期, 约 5 h 到达多细胞期
囊胚期	~7 h	170 μm	有腔囊胚, 形成腔囊壁
原肠胚期	~10 h	170 μm	具内外胚层, 卵膜内胎体转动
前期担轮幼虫	~24 h	130 μm ×49 μm	呈梨形, 具趋光性, 营浮游生活。有顶纤毛束, 肛周纤毛轮, 口前纤毛轮
后期担轮幼虫	~15 d	560 μm ×360 μm	1 对腹棘, 有肛前纤毛轮
体节幼虫	~25 d	909 μm ×202 μm	底栖生活, 12 个体节, 体腔球。肛前纤毛轮消失
蠕虫状幼虫	~33 d	2 mm	潜沙习性。口前纤毛轮消失。体节消失。体腔增大, 消化管增长。具 1 对肛门囊
幼螯	40 d	6 mm	潜沙习性。半管状吻部, 肛门周围 9~13 根尾刚毛。性未成熟
成体	—	10~30 cm	发育至性成熟

表2 单环刺螯人工育苗主要流程及特点

Tab. 2 Main flow and characteristics of artificial seedling raising of *Urechis unicinctus*

工艺流程	周期	主要技术要点
育苗用水	全周期	过滤海水或井盐水, 水温 15~20℃, 盐度 29~32
饵料饲料	分阶段使用	浮游期投喂新鲜饵料微藻; 潜沙后选用人工配合饲料
底质选择	潜沙后	沙质底或含泥量约 30% 的泥沙质底
亲螯选择	春季或秋季	选择无损伤或畸变成体, 雄性肾管乳白色, 雌性肾管橘黄色
精卵采集及受精	亲螯暂养数天后	自然授精法: 阴干刺激亲螯使其排出精卵, 按比例混合 人工授精法: 解剖亲螯取肾管分离精卵, 按 10~20 : 1 混合
孵化	受精 15~24 h	15~20 粒受精卵/ mL, 持续充气并补水, 防止沉底
选幼	连续分批	虹吸法或网箱收集法将上层幼虫转入育苗池内培育
浮游幼虫培育	至潜沙前	据发育周期适时调整培养密度、换水周期, 保障饵料供应
附底幼虫培育	至苗种收获	铺沙, 移池分苗, 辅以人工配合饲料, 夏季高温期适时降温
苗种	商品苗	平均体长约 0.5~1 cm, 大规格可达 3~5 cm 以上

表 3 单环刺螠与其他类经济海水养殖生物混养模式

Tab. 3 Mied Culture Patterns of *Urechis unicinctus* and Other Economic Marine Breeding Organisms

养殖方式	养殖地点	混养品种	混养方式	单环刺螠存活率	混养品种存活率	单环刺螠密度	混养品种密度
工厂化养殖	大连 ^[27]	刺参	刺参网箱养殖	98.70%	79.00%	200 尾/m ²	200 尾/m ²
	秦皇岛 ^[28]		直接投放	92.70%	94.92%	200 尾/m ²	20 尾/m ²
池塘养殖	昌邑 ^[24]	日本对虾	直接投放	72.73%	—	1.5 万尾/亩	3 000 尾/亩
	烟台 ^[25]	南美白对虾	直接投放	—	—	2.0 万尾/亩	5.7 万尾/亩

注：“—”未测试

2.2.2 工厂化养殖

工厂化养殖具有培养密度高、单位产量大、养殖产品安全可控等优势。目前在大连、威海、烟台等沿海育苗和养殖企业相对密集的地区,已有企业开展了单环刺螠工厂化养殖^[26-28],大连^[27]、秦皇岛^[28]等地已开展单环刺螠工厂化混养(表 3)。但工厂化养殖仍存在如专用饲料供应、夏季高温期管理、养殖发育停滞等问题亟待解决。

2.2.3 滩涂人工增养殖

在单环刺螠的自然栖息海域,有条件的实施滩涂人工增养殖具有补充和恢复自然种群、改良水域生态环境、增加渔民收入等优势。2014 年起,单环刺螠底播增殖放流在潍坊昌邑、烟台、威海等地实施。在辽宁大连的部分地区,因地制宜实施的单环刺螠滩涂人工增养殖也获得成功,产生了较好的经济效益和社会效益。但滩涂增养殖存在收获方式改进、避免出现移滩等现实问题,有待进一步解决。

3 单环刺螠的开发利用潜力

作为有着悠久历史的海洋食材,单环刺螠营养丰富,体内含有多多种生物活性物质^[2],在食品、保健品、特殊医用食品、化妆品、医用材料等诸多方面具有很好的应用开发前景。

表 5 单环刺螠中已发现的生物活性物质

Tab. 5 Bioactive substances found in *Urechis unicinctus*

成分	类型	来源	分子质量/kDa	功能	参考文献
螠速激肽 I-VII	多肽	体壁	0.9~1.2	神经递质, 抗菌	[32-36]
溶菌酶	蛋白	体壁/体腔液	14	抗菌	[37]
血红蛋白	蛋白	体腔液	15	抗菌	[38-40]
纤溶酶 UFE 1-4	蛋白	体腔液	8~45	溶栓	[41-50]
糖胺聚糖	多糖	体壁/内脏	4~8 000	抗氧化, 溶栓	[51-56]
抗凝肽	多肽	体壁	3.3	抗凝血	[57]
抗肿瘤肽	多肽	体腔液	<8	抗肿瘤	[58]

3.1 单环刺螠的营养成分

单环刺螠味道鲜美,营养成分含量丰富(表 4)。作为主要食用部分的体壁所含氨基酸占干重的 57%,包含 8 种人体必需氨基酸和 5 种鲜味氨基酸(Asp、Arg、Glu、Gly、Ala)^[29]。同时含有 K、Ca、Mg、Fe、Zn、Na 等无机盐成分^[30]。作为加工副产物的内脏中,营养成分含量也很丰富,特别是不饱和脂肪酸占比量大,DPA、EPA、DHA 可占总脂肪酸含量的 56%、21%、4%,值得进一步开发利用^[31]。

表 4 单环刺螠的营养成分(%)^[30-31]Tab. 4 Nutrients of *Urechis unicinctus*(%)^[30-31]

含量	蛋白质	多糖	脂肪	水分	灰分
体壁	22.84	—	4.24	70	2.92
内脏	18.25	4.09	0.12	60	14.30

注：“—”未测试

3.2 生物活性物质

虽然目前单环刺螠的基因组、蛋白质组解析工作尚未完成。但研究者已从单环刺螠的体壁及体腔液中分离鉴定出具有抗氧化、抗菌、溶解血栓、抑制血栓形成、体外抗肿瘤效果的多糖、多肽、大分子蛋白质等活性物质(表 5)。特别是单环刺螠体内的

多种活性分子均展示出较好的抗凝溶栓活性,值得深入研究,以期为后期的综合开发和高值利用提供理论支撑。

3.3 单环刺螠开发利用

单环刺螠味道鲜美、鲜滑脆爽,自古以来就是有名的海洋食材。在我国渤海湾沿岸的大连、烟台、青岛等地均有以其体壁制作菜肴的传统。海肠饺子、海肠捞饭、韭菜炒海肠、蒜蓉海肠等系列菜品广受当地人们的喜爱。韩国亦有鲜食其体壁的传统,每年的市场需求量也很大。

单环刺螠中存在丰富的风味氨基酸^[29],是一种天然的鲜味食品,以其制作调味品有着悠远的历史,可用于天然调味料的开发^[59-60]和加工成干制品^[61]。

目前在其生物活性物质的开发方面,多通过生物酶解技术结合色谱分离和热水浸提法提取多糖^[54-55]、多肽^[57-58]、血红蛋白^[38-39],部分技术已实现实验室小规模制备,为产业化生产提供了条件。目前还是主要受限于原料的采集和供应。

针对单环刺螠中具有较强生物活性的酶类、多肽的制备,利用基因工程技术进行体外的纯化和生产是最好的替代方法之一。目前研究者围绕纤溶酶^[43-47]、溶菌酶^[37]、速激肽^[32-36]等已建立起体外重组表达工艺,为后续的产业化开发提供了条件。

4 展望

改革开放以来,我国沿海地区的经济发展十分快速。特别是近十年来,沿海地区的围海造田、港口开发、油气开采、房地产及交通旅游业均实现了迅猛发展,为国家及当地经济发展作出了重大贡献。但与此同时,单环刺螠的自然栖息地却因此遭受人为的不当干预和破坏,加之其不断增长的市场需求以及不合理的采收方式等,使得单环刺螠的这一自然生物资源逐年减少。

4.1 人工育苗与养殖

开展人工育苗和养殖是保护自然生物资源,贯彻资源可持续利用的必由之路。随着单环刺螠人工育苗和养殖技术的日趋成熟,渤海湾的许多地区已经出现专业的育苗和养殖公司。有望形成我国北方沿海海水养殖产业新的增长点。但仍需关注人工养殖面临的专用饵料、饲料短缺,全周期生产和管理技术尚未成熟、与育苗和养殖相关的品种选育、病害防控、食品安全控制等关键技术尚未实现突破等问题。

4.2 综合开发利用潜力

单环刺螠的营养价值丰富,含多种具有医学开发前景的生物活性物质。具有优良的综合利用前景。但围绕其综合利用的相关技术尚欠缺,目前仍集中于初级加工方面,产品的形式较为单一,产品附加值较低,尚需大量鲜活单环刺螠作为原材料。这也是制约产业链条发展的关键要素之一。利用基因工程技术和细胞工程技术,实现单环刺螠体内活性物质的外源批量提取和制备,是具有很好的市场应用前景的方式,仍需继续研究和深入实践。

参考文献:

- [1] 李凤鲁,王玮,周红. 黄渤海螠虫动物(螠虫动物门)的研究[J]. 青岛海洋大学学报, 1994, 2: 203-210.
Li Fenglu, Wang Wei, Zhou Hong. Studies on the Echiurans (Echiura) of the yellow sea (Huanghai) and Bohai sea[J]. Journal of Ocean University of Qindao, 1994, 2: 203-210.
- [2] 李诺,宋淑莲,唐永政. 单环刺螠[J]. 生物学通报, 1998, 33(8): 12-14.
Li Nuo, Song Shulian, Tang Yongzheng. *Urechis unicinctus*[J]. Bulletin of Biology, 1998, 33(8): 12-14.
- [3] 常城,韩慧宗,王腾腾,等. 单环刺螠(*Urechis unicinctus*)微卫星标记开发及5个地理种群遗传结构分析[J]. 海洋与湖沼, 2017, 48(3): 498-507.
Chang Cheng, Han Huizong, Wang Tengting, et al. Microsatellite marker isolation and genetic structure analysis for five populations of *Urechis unicinctus*[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2017, 48(3): 498-507.
- [4] 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, 5: 700-707.
Chen Zongtao, Zhang Zhifeng, Kang Qinghao, et al. Ontogenesis and development of digestive canal in *Urechis unicinctus*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 5: 700-707.
- [5] 李昀,王航宁,邵明瑜,等. 单环刺螠生殖腺的发生及雌体的生殖周期[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2012, 42(6): 81-84.
Li Yun, Wang Hangning, Shao Mingyu, et al. Gonadal ontogenesis and annual development of ovary and oogenesis in *Urechis unicinctus*[J]. Periodical of Ocean University of China, 2012, 42(6): 81-84.
- [6] 董英萍,张志峰,邵明瑜. 单环刺螠受精过程的细胞学观察[J]. 中国水产科学, 2011, 18(4): 760-765.
Dong Yingping, Zhang Zhifeng, Shao Mingyu. Cytological observation of fertilization in *Urechis unicinctus*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2011, 18(4): 760-765.

- [7] 王航宁, 邵明瑜, 张志峰. 单环刺螠精巢年周期发育及精子发生[J]. 中国水产科学, 2011, 18(5): 1189-1195.
Wang Hangning, Shao Mingyu, Zhang Zhifeng. Annual development of testis and spermatogenesis in *Urechis unicinctus*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2011, 18(5): 1189-1195.
- [8] 李诺, 宋淑莲, 唐永政, 等. 单环刺螠增殖生物学研究[J]. 齐鲁渔业, 1998, 1: 11-14.
Li Nuo, Song Shulian, Tang Yongzheng, et al. Studies on culture and enhancement biology of *Urechis unicinctus*[J]. Shandong Fisheries, 1998, 1: 11-14.
- [9] 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(10): 513-516.
Zheng Yan, Bai Haijuan, Wang Yaping. Tolerance of *Urechis unicinctus* Juveniles to Temperature, Salinity and pH Value[J]. Fisheries Science, 2006(10): 513-516.
- [10] 宋晓阳, 周竹君, 张赛赛, 等. 水温、盐度对单环刺螠幼体发育影响[J]. 水产养殖, 2019, 40(11): 9-10.
Song Xiaoyang, Zhou Zhujun, Zhang Saisai, et al. Effects of water temperature and salinity on the development of larvae of *Urechis unicinctus*[J]. Journal of Aquaculture, 2019, 40(11): 9-10.
- [11] 夏玉秀, 申旭红, 任爽宁, 等. 不同干露条件单环刺螠的耐受性及对体表黏液特性的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2019, 34(4): 538-544.
Xia Yuxiu, Shen Xuhong, Ren Shuangning, et al. Air exposure tolerance and characteristics of surface mucus in echiuran worm *Urechis unicinctus* in water[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2019, 34(4): 538-544.
- [12] Abe H, Sato-Okoshi W, Tanaka M, et al. Swimming behavior of the spoon worm *Urechis unicinctus* (Annelida, Echiura)[J]. Zoology, 2014, 117(3): 216-223.
- [13] 李诺, 宋淑莲, 唐永政. 单环刺螠生活史研究[J]. 齐鲁渔业, 1995, 12(6): 24-27.
Li Nuo, Song Shulian, Tang Yongzheng. The Life History of the *Urechis Unicinctus*(Von. Draschi)[J]. Shandong Fisheries, 1995, 12(6): 24-27.
- [14] 孟霄, 朱晓莹, 姚海洋, 等. 单环刺螠繁殖生物学及繁育技术研究进展[J]. 现代农业科技, 2018(20): 215-218.
Meng Xiao, Zhu Xiaoying, Yao Haiyang, et al. Research Progress on Reproductive Biology and breeding techniques of *Urechis Unicinctus*[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2018(20): 215-218.
- [15] 王力勇, 胡丽萍, 赵强, 等. 单环刺螠亲体运输及暂养技术研究[J]. 中国水产, 2017, 4: 93-94.
Wang Liyong, Hu Liping, Zhao Qiang, et al. Study on the technique of parent transport and temporary rearing of *Urechis Unicinctus*[J]. China Fisheries, 2017, 4: 93-94.
- [16] 康庆浩, 郑家声, 金在敏. 单环刺螠(*Urechis unicinctus*)的人工苗种生产研究 I. 水温对胚胎发育及幼体培育的影响[J]. 青岛海洋大学学报(自然科学版), 2002, 2: 273-278.
Kang Qinghao, Zheng Jiasheng, Jin Zaimin. Studies on the seed production of *Urechis unicinctus* I. influence of water temperature on embryonic development and larval rearing[J]. Periodical of Ocean University of China, 2002, 2: 273-278.
- [17] 孙涛, 刘峰, 王力勇, 等. 单环刺螠摄食节律的研究[J]. 大连海洋大学学报, 2017, 32, 4: 447-450.
Sun Tao, Liu Feng, Wang Liyong, et al. Feeding rhythm of echiuran worm *Urechis unicinctus*[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2017, 32, 4: 447-450.
- [18] 孙阳, 刘彤, 陈文博, 等. 不同泥沙条件对单环刺螠幼体生长存活的影响[J]. 中国水产, 2019, 11: 81-82.
Sun Yang, Liu Tong, Chen Wenbo, et al. Effects of different sediment conditions on the growth and survival of the larvae of *Urechis unicinctus*[J]. China Fisheries, 2019, 11: 81-82.
- [19] 唐永政, 刘红梅, 车育. 单环刺螠人工育苗技术要点[J]. 中国水产, 2007, 3: 56.
Tang Yongzheng, Liu Hongmei, Che Yu. Key points of artificial breeding technique of *Urechis unicinctus*[J]. China Fisheries, 2007, 3: 56.
- [20] 许星鸿, 朱佑轩, 霍伟, 等. 单环刺螠人工育苗及养殖技术[J]. 海洋与渔业, 2016, 3: 53-55.
Xu Xinghong, Zhu Jixuan, Huo Wei, et al. Artificial Seedling and Culture techniques of *Urechis unicinctus*[J]. Ocean & Fishery, 2016, 3: 53-55.
- [21] 李海涵, 刘胥, 孙娜, 等. 使用井盐水培育单环刺螠苗种技术[J]. 科学养鱼, 2019, 4: 60-62.
Li Haihan, Liu Xu, Sun Na, et al. The technique of using well brine to cultivate the seedlings of *Urechis unicinctus*[J]. Scientific Fish Farming, 2019, 4: 60-62.
- [22] 刘学迁, 刘志君, 常林瑞, 等. 单环刺螠规模化人工育苗技术[J]. 河北渔业, 2019, 6: 11-13.
Liu Xueqian, Liu Zhijun, Chang Linrui, et al. Echnique for artificial propagation of *Urechis unicinctus* in large scale[J]. Hebei Fisheries, 2019, 6: 11-13.
- [23] 刘晓玲, 王增猛, 邵明瑜, 等. 单环刺螠对刺参养殖池塘底质的影响[J]. 烟台大学学报(自然科学与工程版), 2017, 30(3): 214-219.
Liu Xiaoling, Wang Zengmeng, Shao Mingyu, et al. Effect of *Urechis unicinctus* on Pond Sediment for *Stichopus japonicus* aquaculture[J]. Journal of Yantai University(Natural Science and Engineering Edition), 2017, 30(3): 214-219.
- [24] 王淑芬, 唐永政, 李德顺, 等. 单环刺螠与日本对虾池塘混养试验[J]. 中国水产, 2016, 2: 85-86.
Wang Shufen, Tang Yongzheng, Li Deshun, et al. Experiment on mixed culture of *Urechis unicinctus* and *Penaeus japonicus* in pond[J]. China Fisheries, 2016, 2:

- 85-86.
- [25] 赵玉涵, 王振洁. 南美白对虾优质高效养殖模式单环刺螠最适混养密度研究[J]. 江西水产科技, 2018, 3: 6-9.
Zhao Yuhan, Wang Zhenjie. High-quality and efficient culture model of *Penaeus vannamei* the optimum mixed culture density of *Urechis unicinctus*[J]. Jiangxi Fishery Science and Technology, 2018, 3: 6-9.
- [26] 吴明月. 单环刺螠工厂化养殖技术[J]. 齐鲁渔业, 2018, 35(6): 32-33.
Wu Mingyue. Industrial culture technology of *Urechis unicinctus*[J]. Shandong Fisheries, 2018, 35(6): 32-33.
- [27] 宋晓阳, 刘彤, 孙阳, 等. 单环刺螠与刺参工厂化混养试验[J]. 科学养鱼, 2019, 6: 62.
Song Xiaoyang, Liu Tong, Sun Yang, et al. Experiment on industrialization poly-culture for *Urechis unicinctus* and sea cucumber[J]. Scientific Fish Farming, 2019, 6: 62.
- [28] 陈秀玲, 张丽敏, 徐晨曦, 等. 单环刺螠与刺参工厂化立体生态混养试验[J]. 河北渔业, 2019, 6: 8-9.
Chen Xiuling, Zhang Limin, Xu Chenxi, et al. Experiment on industrial three-dimensional ecological mixed culture for *Urechis unicinctus* and sea cucumber[J]. Hebei Fisheries, 2019, 6: 8-9.
- [29] 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.
Li Nuo, Song Shulian, Tang Yongzheng, et al. Analysis of Composition and Content of Amino Acid in the Bodywell Muscle of *Urechis unicinctus*[J]. Shandong Fisheries, 2000, 17(5): 26-27.
- [30] 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.
Yang Guiwen, An Liguang, Sun Zhongjun. Analysis of nutrient composition in *Urechis unicinctus*[J]. Marine Sciences, 1999, 6: 13-14.
- [31] 孟祥欣, 郭承华, 董新伟, 等. 单环刺螠(*Urechis unicinctus*)废弃内脏营养成分分析[J]. 烟台大学学报(自然科学与工程版), 2008, 21(3): 232-234.
Meng Xiangxin, Guo Chenghua, Dong Xinwei, et al. Analysis of nutritional components in discarded internal organs of *Urechis unicinctus*[J]. Journal of Yantai University(Natural Science and Engineering Edition), 2008, 21(3): 232-234.
- [32] Kawada T, Satake H, Minakata H, et al. Characterization of a novel cDNA sequence encoding invertebrate tachykinin-related peptides isolated from the echiuroid worm, *Urechis unicinctus*[J]. Biochemical & Biophysical Research Communications, 1999, 263(3): 848-852.
- [33] Ikeda T, Minakata H, Nomoto K, et al. Two novel tachykinin-related neuropeptides in the echiuroid worm, *Urechis unicinctus*[J]. Biochem Biophys Res Commun, 1993, 192(1): 1-6.
- [34] Kawada T, Furukawa Y, Shimizu Y, et al. A novel tachykinin-related peptide receptor: Sequence, genomic organization, and functional analysis[J]. FEBS Journal, 2002, 269(17): 4238-4246.
- [35] Kawada T, Masuda K, Satake H, et al. Identification of multiple urechistachykinin peptides, gene expression, pharmacological activity, and detection using mass spectrometric analyses[J]. Peptides, 2001, 21(12): 1777-1783.
- [36] Sung W S, Park S H, Lee D G. Antimicrobial effect and membrane-active mechanism of Urechistachykinins, neuropeptides derived from *Urechis unicinctus*[J]. FEBS Letters, 2008, 582(16): 2463-2466.
- [37] Oh H Y, Kim C H, Go H J, et al. Isolation of an invertebrate-type lysozyme from the nephridia of the echiura, *Urechis unicinctus*, and its recombinant production and activities.[J]. Journal of Nuclear Materials, 2014, 447(1-3): 208-214.
- [38] Mak P, Kinga Wójcik, Silberring J, et al. Antimicrobial peptides derived from heme-containing proteins: Hemocidins[J]. Antonie van Leeuwenhoek, 2000, 77(3): 197-207.
- [39] 牛荣丽, 叶桂华, 程璐瑶, 等. 单环刺螠重组血红蛋白酶解组分 hemocidins 的初步抗菌活性分析[J]. 中国新药杂志, 2019, 28(2): 184-189.
Niu Rongli, Ye Guihua, Cheng Luoyao, et al. Antibacterial activities of different hydrolyzed peptides of recombinant hemoglobin from *Urechis unicinctus*[J]. Chinese Journal of New Drugs, 2019, 28(2): 184-189.
- [40] 陈翔. 单环刺螠血红蛋白 F-I 全长 cDNA 序列克隆、原核表达及抗菌活性研究[D]. 泉州: 华侨大学, 2014.
Chen Xiang. Full-length cDNA Cloning, Prokaryotic Expression, and Antimicrobial Activity Analysis of F-I Hemoglobin in *Urechis unicinctus*[D]. Quanzhou: Huaqiao University, 2014.
- [41] 初金鑫, 蔡文娣, 韩宝芹, 等. 单环刺螠纤溶酶 UFE-1 的性质和溶栓活性[J]. 天然产物研究与开发, 2010, 22: 661-664.
Chu Jinxin, Cai Wendi, Han Baoqin, et al. Characterization and Thrombolysis Activity of Fibrinolytic Enzyme UFE-I from *Urechis unicinctus*[J]. Natural Product Research and Development, 2010, 22: 661-664.
- [42] 初金鑫, 蔡文娣, 韩宝芹, 等. 单环刺螠纤溶酶 UFE-1 的溶栓作用、溶血毒性和急性毒性[J]. 药物生物技术, 2010, 17(4): 331-333.
Chu Jinxin, Cai Wendi, Han Baoqin, et al. Thrombolytic effect, hemolytic toxicity and acute toxicity of the fibrinolytic enzyme UFE-I from *Urechis unicinctus*[J]. Pharmaceutical Biotechnology, 2010, 17(4): 331-333.
- [43] 初金鑫, 蔡文娣, 韩宝芹, 等. 单环刺螠纤溶酶 UFE-II

- 的分离纯化及其酶学性质[J]. 中国生物制品学杂志, 2010, 23(7): 720-723.
- Chu Jinxin, Cai Wendi, Han Baoqin, et al. Separation, Purification and Zymological Property of Fibrinolytic Enzyme UFE-II from *Urechis Unicinictus*[J]. Chinese Journal of Biologicals, 2010, 23(7): 720-723.
- [44] 郭金明, 韩宝芹, 刘万顺, 等. 单环刺螠纤溶酶的分离纯化及其性质的初步研究[J]. 中国海洋大学学报, 2008, 38(6): 951-954.
- Guo Jinming, Han Baoqin, Liu Wanshun, et al. Isolation and purification of fibrinolytic enzyme from *Urechis uncinatus* and primary study of its character[J]. Periodical of Ocean University of China, 2008, 38(6): 951-954.
- [45] 韩宝芹, 杜芳, 毕庆庆, 等. 单环刺螠纤溶酶III基因克隆及原核表达[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2014, 44(3): 44-49.
- Han Baoqin, Du Fang, Bi Qingqing, et al. Molecular cloning of *Urechis uncinatus* fibrinolytic enzymes UFEIII and prokaryotic expression[J]. Periodical of Ocean University of China, 2014, 44(3): 44-49.
- [46] 孙雪燕, 宋鸿旭, 任宇豪, 等. 单环刺螠纤溶酶 ufeII 基因的原核表达及活性研究[J]. 中国科技论文, 2016, 11(24): 2797-2800, 2815.
- Sun Xueyan, Song Hongxu, Ren Yuhao, et al. Prokaryotic expression and activity of fibrinolytic enzyme ufeII from *Urechis uncinatus*[J]. China Sciencepaper, 2016, 11(24): 2797-2800, 2815.
- [47] 蒋仲青, 刘万顺, 韩宝芹, 等. 单环刺螠纤溶酶的分离纯化及溶栓活性的初步研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2009, 39(S1): 138-142.
- Jiang Zhongqing, Liu Wanshun, Han Baoqin, et al. Purification and biological activity of fibrinolytic enzyme from *Urechis uncinatus*[J]. Periodical of Ocean University of China, 2009, 39(S1): 138-142.
- [48] 许秀秀, 高壹, 叶晓通. 重组单环刺螠纤溶酶对大鼠急性心肌梗死的保护作用[J]. 中国现代应用药学, 2019, 36(8): 910-915.
- Xu Xiuxiu, Gao Yi, Ye Xiaotong. Protective effect of recombinant *Urechis Unicinictus* fibrinolytic enzyme on rats with acute myocardial ischemia[J]. Chinese Journal of Modern Applied Pharmacy, 2019, 36(8): 910-915.
- [49] 刘万顺, 成慧中, 韩宝芹, 等. 单环刺螠纤溶酶 UFE I 药效作用和免疫原性的初步研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2012, 42(Z1): 88-92.
- Liu Wanshun, Cheng Huizhong, Han Baoqin, et al. Pharmacologic effects and immunogenicity of fibrinolytic enzyme UFE I from *Urechis uncinatus*[J]. Periodical of Ocean University of China, 2012, 42(Z1): 88-92.
- [50] 王佃亮, 姜合作, 王瑞玲, 等. 一种新型海洋纤溶酶的分离纯化与性质鉴定(英文)[J]. 中国生物工程杂志, 2010, 30(8): 42-51.
- Wang Dianliang, Jiang Hezuo, Wang Ruiling, et al. Purification and characterization of a novel fibrinolytic enzyme from a marine animal, *Urechis uncinatus*[J]. China Biotechnology, 2010, 30(8): 42-51.
- [51] 苗飞, 赵紫越, 崔青曼, 等. 单环刺螠糖胺聚糖抗大鼠血小板聚集效应研究[J]. 天然产物研究与开发, 2018, 30(12): 2187-2192.
- Miao Fei, Zhao Ziyue, Cui Qingman, et al. Anti-platelet aggregation effect of glycosaminoglycan from *Urechis uncinatus* in rats[J]. Natural Product Research and Development, 2018, 30(12): 2187-2192.
- [52] 崔青曼, 刘萍, 王悦, 等. 单环刺螠糖胺聚糖抗凝血机制初步研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(12): 337-340.
- Cui Qingman, Liu Ping, Wang Yue, et al. Preliminary study on the anticoagulation mechanism of glycosaminoglycan from *Urechis uncinatus*[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(12): 337-340.
- [53] 袁春营, 刘萍, 韩旭, 等. 单环刺螠糖胺聚糖组成结构与功能活性研究[J]. 食品工业, 2014, 35(8): 181-183.
- Yuan Chunying, Liu Ping, Han Xu, et al. The study on composition structure and functional activity of glycosaminoglycan from *Urechis uncinatus*[J]. The Food Industry, 2014, 35(8): 181-183.
- [54] 朱佳利, 陈依莎, 牛庆凤, 等. 单环刺螠体壁多糖的分离纯化、理化性质及抗脂质过氧化活性[J]. 食品科学, 2015, 36(8): 162-166.
- Zhu Jiali, Chen Yisha, Niu Qingfeng, et al. Purification, Physicochemical Properties and Anti-Lipid Peroxidation Activity of Polysaccharides from Body of *Urechis uncinatus*[J]. Food Science, 2015, 36(8): 162-166.
- [55] 焦绪栋, 安传锋, 王福亮, 等. 单环刺螠废弃内脏中粗多糖的提取工艺优化[J]. 食品科学, 2013, 34(2): 27-30.
- Jiao Xudong, An Chuanfeng, Wang Fuliang, et al. Optimization of extraction process for crude polysaccharides from *Urechis uncinatus* viscera[J]. Food Science, 2013, 34(2): 27-30.
- [56] 朱森君, 陈米娜, 牛庆凤, 等. 单环刺螠内脏多糖结构的分析及其对脂质过氧化物的清除作用[J]. 食品科学, 2015, 36(5): 67-71.
- Zhu Senjun, Chen Mina, Niu Qingfeng, et al. Physico-chemical properties and structure analysis of viscera polysaccharide of *Urechis uncinatus* and its lipid peroxidation inhibition activity[J]. Food Science, 2015, 36(5): 67-71.
- [57] Jo H Y, Jung W K, Kim S K. Purification and characterization of a novel anticoagulant peptide from marine echinuroid worm, *Urechis uncinatus*[J]. Process Biochemistry, 2008, 43(2): 179-184.

- [58] 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, 6(4): 302-306.
Zhao Huan, Han Baoqin, Liu Wanshun, et al. Antitumor effect and immunomodulation of polypeptides from *Urechis unicinctus* in mice[J]. Chinese Journal of Natural Medicines, 2008, 6(4): 302-306.
- [59] 刘韵, 吴浩浩, 曾名湧. 不同水煮时间对单环刺螠汤汁调味基料营养和呈味成分的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(4): 267-271.
Liu Yun, Wu Haohao, Zeng Mingyong. Effect of different boiling time on nutrients and flavour components of *Urechis unicinctus* soup seasoning[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(4): 267-271.
- [60] 王思婷, 薛蕊, 宋晨, 等. 单环刺螠功能性调味料的研制[J]. 农产品加工, 2019, 23: 5-8.
Wang Siting, Xue Rui, Song Chen, et al. Development of functional *Urechis unicinctus* seasoning[J]. Farm Products Processing, 2019, 23: 5-8.
- [61] 于文淼, 刘凤叶, 王乐栋, 等. 冷冻干燥和热风干燥单环刺螠产品品质分析[J]. 食品工业科技, 2014, 35(22): 102-105.
Yu Wenmiao, Liu Fengye, Wang Ledong, et al. Analysis of qualities of *Urechis unicinctus* by freeze-drying and hot-air-drying[J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(22): 102-105.

Advances in studies of artificial breeding and culturing techniques and the comprehensive utilization of *Urechis unicinctus*

HUANG Dong^{1, 2}, QIN Song^{1, 3}, PU Yang², JIAO Xu-dong^{1, 3}

(1. Yantai Coastal Zone Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Shandong, Yantai 264003, China; 2. Agronomy College, Rudong University, Shandong, Yantai 264025, China; 3. Center for Ocean Mega-Science, Chinese Academy of Sciences, Shandong, Qingdao 266071, China)

Received: Feb. 26, 2020

Key words: *Urechis unicinctus*; artificial breeding; culturing technique; comprehensive utilization

Abstract: As one of the common marine benthic invertebrates living in the waters of the northeastern coast of China, *Urechis unicinctus* has the potential to become a new marine culture species with valuable market prospects. This paper presents the biological basis and practical application experiences of artificial breeding and culturing of this species. This study proposes the feasibility of constructing a new type of marine aquaculture industry chain of *Urechis unicinctus*.

(本文编辑: 康亦兼)