

星康吉鳗生物学与生态学的研发现状与展望

杨浩^{1,2}, 史宝^{2,3}, 牛化欣¹, 张代强^{2,3}, 李静^{2,3}

(1. 内蒙古民族大学 动物科学技术学院, 内蒙古 通辽 028000; 2. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所 农业农村部海洋渔业可持续发展重点实验室 青岛海洋科学与技术试点国家实验室海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室, 山东 青岛 266071; 3. 天津农学院 水产学院, 天津 300384)

摘要: 星康吉鳗(*Conger myriaster*)具有较高的营养价值和经济价值, 是中国和日本重要捕捞对象之一, 在中国海鳗类加工出口中占有重要的地位, 关于其研究越来越受到关注。星康吉鳗具有较高的产业化养殖潜力和广阔的养殖前景, 亟待开展人工增养殖以满足国内外市场需求。作者总结了星康吉鳗生物学方面的形态特征、食性特点、繁殖习性、栖息、洄游、种质遗传特征, 生态学方面的温度、盐度、光照、溶氧适应以及捕捞、人工养殖方式等方面的研究成果, 并在此基础上对未来星康吉鳗的研究方向进行了展望, 以期星康吉鳗的资源保护和增养殖产业可持续发展提供理论参考。

关键词: 星康吉鳗(*Conger myriaster*); 生物学; 生态学; 人工养殖

中图分类号: S968 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2020)06-0152-07

DOI: 10.11759/hyxx20191016001

世界养鳗业快速发展, 中国现已成为世界上鳗鲡(Anguilliformes)养殖产业化程度最高的国家之一, 鳗鲡也是中国出口创汇最主要的水产品之一; 各国鳗鲡养殖所需苗种全靠天然捕捞, 掠夺性的捕捞方式导致鳗苗资源匮乏, 且日趋严重^[1-2]。星康吉鳗(*Conger myriaster*)俗称星鳗、繁星糯鳗、沙鳗等, 属硬骨鱼纲(Osteichthyes)、鳗鲡目(Anguilliformes)、康吉鳗科(Congridae)、康吉鳗属(*Conger*), 广泛分布于中国黄海、渤海及东海海域、日本本州沿岸和朝鲜半岛沿岸^[3-5]。星康吉鳗肉质细嫩、营养丰富、有较高的经济价值, 是中国黄渤海、东海与日本列岛重要捕捞对象之一^[6-8]; 国际上市场价格较高, 在中国海鳗类加工出口中占有重要的地位。目前, 星康吉鳗加工生产依赖海洋捕捞。据 2011~2017 年在东、黄海进行的底拖网调查数据显示, 星康吉鳗开发率高, 捕获个体小^[9]。达不到商品加工规格的星康吉鳗幼鱼, 多被当作低值杂鱼处理掉, 造成了资源的极大浪费, 因而有必要对此部分幼鱼进行合理的开发利用。星康吉鳗是一种具有较高养殖潜力的经济鱼类, 发展星康吉鳗的人工增养殖产业势在必行。国内外关于星康吉鳗的研究尚处于起步阶段, 研究主要集中于食性^[10-12]、渔具的选择^[13-17]、产卵场分布^[18-19]、生活史特征^[20-21]以及种质遗传特征等方面^[22-27]。作者概述了近年来星康吉鳗的研究成果和进展, 并对今后星康吉鳗的研究方向进行了展望, 以期星康吉鳗的资

源保护和增养殖产业可持续发展提供理论参考。

1 生物学

1.1 形态特征与食性

星康吉鳗身体呈鳗型, 鱼体无鳞, 口宽而平整, 牙齿细小致密, 吻部前端牙齿成簇, 呈锥状, 无犬牙, 舌较宽, 前端能活动; 上颌较下颌长, 唇宽而厚; 躯体背部呈暗褐色或黑色, 腹部两侧呈浅灰色, 下腹部呈白色, 腹侧与腹背相间处略呈金银闪光色; 头

收稿日期: 2019-10-16; 修回日期: 2020-02-20

基金项目: 中国水产科学研究院院级基本科研业务费-农业部海洋渔业可持续发展重点实验室开放课题(2019HY-XKQ01); 国家自然科学基金项目(31772829); 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室开放课题(2017-3A01); 青岛海洋科学与技术国家试点实验室“鳌山人才”培养计划项目(2017ASTCP-ES06); 国家重点研发计划项目(2019YFD0900503)

[Foundation: Central Public-interest Scientific Institution Basal Research, CAFS & Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, No.2019HY-XKQ01; The National Natural Science Foundation of China, No.31772829; The Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, No.2017-3A01; AoShan Talents Cultivation Program Supported by Qingdao National Pilot Laboratory for Marine Science and Technology, No.2017ASTCP-ES06; National Key Research and Development Program, No.2019YFD0900503]

作者简介: 杨浩(1993-), 男, 安徽蚌埠人, 硕士, 从事水产养殖学研究, 电话: 15556836229, E-mail: 867322660@qq.com; 史宝, 通信作者, 电话: 15063998519, E-mail: shibao@ysfri.ac.cn

部为锥状,前端略微平扁,眼间隔宽平,吻部近扁平,前端渐细呈尖形,头部鼻孔每侧2个,分为前鼻孔和后鼻孔;鱼体上各有一排白色斑点位于侧线和侧线上方,头部吻前端白色斑点较多且排列不规则;鳃孔较大,位于头两侧;黄色的胸鳍一对,尖端为圆形,无腹鳍;淡黄色的背鳍、臀鳍和尾鳍为条带状且互相连续,背鳍从两侧胸鳍上方中央稍后方自后延伸;臀鳍始于肛门紧后方;肛门在体中部前方;尾部长约为头与躯干合长的1.5倍、呈侧扁状;皮肤光滑,鱼体被黏液^[28-30]。星康吉鳗雌性较雄性生长快,前期雌雄差异不明显,2~3龄后才有显著区别^[28]。

星康吉鳗为肉食性,主要摄食底栖生物和游泳动物,每日两次涨潮期间随潮汐在海岸线底部进行洄游摄食,并于退潮时返回深水礁石区^[31-32]。此外,星康吉鳗摄食品种具有明显的季节与肛长差异;海上资源调查的结果表明星康吉鳗在秋季主要摄食头足类;肛长<70 mm主要摄食枪乌贼(*Loligo chinensis*),肛长70 mm~99 mm主要摄食鲱(鱼衔)(*Callionymus beniteguri*)和鲜明鼓虾(*Alpheus distinquendus*),肛长>100 mm则主要摄食枪乌贼和尖海龙(*Syngnathus acus*)等^[11]。星康吉鳗随季节变化存在明显的摄食强度变化;其在夏季和秋季摄食强度高于春季和冬季^[11]。饲养期间作者发现,星康吉鳗饱食时性情温顺,饥饿时摄食较凶猛,喜食新鲜程度较高的饵料;在人工驯养一段时间后,投喂冰鲜玉筋鱼(*Ammodytes personatus*)鲜度越低,摄食强度越差。此外,星康吉鳗对鳗类配合饲料也有较强的摄食行为,其摄食强度与投喂新鲜玉筋鱼相似。

1.2 繁殖习性

张世义^[33]通过采集星康吉鳗野生样本、分析发现星康吉鳗属于变态发育,于每年4—6月份,在中国东、黄渤海近海,水温15℃环境下,经过20 d左右的时间,完成变态发育。在近海,星康吉鳗进行变态发育过程可分为伸长期和收缩变态期,刚孵化的幼鱼,体色较浅,浅色近透明,体型为片状,头部两侧瞳孔色素开始分布,外表如柳叶,也被称作“柳叶鳗”^[33]。此后,柳叶鳗继续变长变粗进入伸长期,鱼体两侧中部与腹侧边缘形成一行色素斑点,筋节明显,此阶段幼鱼尾后部臀鳍短而小,唇齿尖细。收缩期间,体宽增加,体高与体长均减小,背臀鳍长度增加,体半透明或不透明,体侧及腹缘色素斑增强,唇齿逐渐脱落,颌齿开始发育;收缩期后幼鱼进入仔

鱼期,颌齿长出,体不透明,鱼体两侧中部与腹侧边缘色素斑明显^[3, 34]。星康吉鳗性成熟年龄一般是3~4龄,繁殖季节的怀卵量在1 100万粒~1 200万粒,且卵为浮性成熟卵,但产卵类型尚不明确^[3, 15, 34]。目前,仅在日本、韩国及中国东海沿岸浅海地区发现星康吉鳗幼体,体长80~130 mm,星康吉鳗的疑似产卵场位于太平洋西北部的九州-帕劳海岭附近海域,但具体产卵场一直不为人们所知^[35]。Takai^[36]认为该物种的产卵场在东海大陆架边缘,为“单个种群单个产卵场”。相反, Mochioka^[19]认为该物种生活在东亚海域且存在多个复合产卵群体。

1.3 栖息与洄游

星康吉鳗多栖息在水深5~50 m的泥沙与礁石底质水域底层,属于底栖性鱼类,在黄海中部海域的食物网和生态系统中占有重要的地位^[37-38]。星康吉鳗喜钻穴,并对材质与颜色不同的洞穴有较大差异的偏好,有研究表明其喜好材质为竹制,颜色为蓝色、绿色、红色的洞穴^[28]。作者饲养期间发现,星康吉鳗对聚乙烯材料的洞穴也有较强的钻穴行为。星康吉鳗的洄游习性分为日间性短距离洄游与季节性的长距离洄游^[39]。每年入秋后受北方寒流影响,海域环境变化巨大,在栖息地受到冲击的情况下,生活在日本与韩国南部的星康吉鳗沿东北向西南方向进行长距离洄游,途经黄海海域,直至到达中国舟山群岛海域^[7, 13]。舟山群岛众多的石缝洞穴是星康吉鳗理想的栖息场所,因而冬季期间常有较为丰富的星康吉鳗捕获量^[40]。星康吉鳗短距离洄游一般伴随着每日的海潮涨落周期进行。初潮时,从沿海礁石与泥地交界处游向海岸浅水区进行索食,落潮时,则返回深水区游向原栖息地^[13]。

1.4 种质遗传特征

星康吉鳗的遗传学研究是为了解析其遗传物质的传递与表达规律,为今后遗传选育、种质鉴定及种质资源的保护提供依据。叶青^[24]等和王金星^[25]等分别对大连和青岛近海的星康吉鳗染色体特征进行了研究,结果表明星康吉鳗二倍体染色体数目为 $2n=38$,雌鱼组型为13M+4SM+21T;雄鱼组型14M+4SM+20T,初步判断存在ZZ(♂)-ZW(♀)型性染色体。针对不同海域内的星康吉鳗群体间可能存在的遗传交流情况也有相关的研究报道^[22-23]。Kimura^[22]等利用线粒体DNA序列特征分析了日本中部东海岸3个星康吉鳗群体的遗传结构,结果显

示所采集的样本之间没有显著的遗传差异,各群体间的遗传分化很弱。Ishikawa^[23]等利用线粒体 DNA 测序和 DNA 指纹分析(AFLP)技术,研究了日本附近 5 个取样海域的 73 个星康吉鳗样本的地理遗传差异,结果表明野生群体间遗传差异很小,几乎没有地理分化。

2 生态学

2.1 温度与盐度的适应

星康吉鳗有较广的温度的适应范围。星康吉鳗在水温 1~2℃活动停止并开始死亡,8℃以下摄食与活动能力明显下降,20~27℃摄食最为旺盛,适宜水温为 20℃左右,上升至 31℃时开始死亡,于 39℃时死亡率达到 100%^[28, 41]。还有研究者指出,水温 12~8℃摄食减少,5~0℃进入休眠期,自 0℃回温时死亡率较高^[42]。但据我所参加的团队温度实验结果表明,在水温升温与降温过程中星康吉鳗有着不同的温度适应范围。在降温的过程中,6℃以下停止摄食,活动能力明显下降,从 3℃开始快速降温至 0℃,并持续 4 h 时开始出现鱼体侧翻;在升温的过程中,8℃时开始恢复摄食能力,并于 32℃持续 2 d 时开始出现死亡。有关盐度适应性,星康吉鳗尚无相关研究报道。据本文作者所参加团队的盐度实验表明,星康吉鳗在盐度 8~35 时,都能正常摄食,且以盐度 20~35 时摄食量最多;在盐度低于 4 且持续 1 d 开始死亡,是一种广盐性海洋鱼类。

2.2 光照与溶氧的适应

星康吉鳗喜弱光,日间钻穴较为安静,夜间开始外出索食^[15]。但据本文作者所参加团队的光照实验表明,光线较暗的条件下星康吉鳗钻穴,安静栖息;但是,在其他环境较为适宜且饥饿的条件下,星康吉鳗白天也表现出较为强烈的摄食欲望,从洞中游弋出、觅食。星康吉鳗的摄食与行为在溶氧量大于 5 mg/L 表现正常,随着溶氧量降低,摄食量减少,低于 3 mg/L 明显影响摄食与饲料转化率,2 mg/L 以下有浮头现象发生,并于溶氧量 0.37 mg/L~0.44 mg/L 区间开始死亡^[28]。但也有作者指出,星康吉鳗养殖过程中溶氧量应保持在 5 mg/L 以上,低于 3 mg/L 明显影响摄食与饲料转化率^[42]。

3 捕捞方式

星康吉鳗的近海渔期为每年的 3—12 月份,其中旺汛期为 4—6 月份和 10—11 月份。国内外星康

吉鳗主要通过定置网、笼钓、延绳钓和底拖网等方式进行捕捞^[13-16]。目前出口的烤鳗等星康吉鳗系列加工产品和冰鲜星康吉鳗,其捕捞方式主要是采用捕捞量大的底拖网方式,其他捕捞方式作为辅助捕捞方式。据本文作者走访码头渔船调研过程中观察发现,其中定置网和底拖网在捕捞过程中一方面会刚蹭鱼体,另一方面在拉网的过程中,导致鳗鱼出现应激反应,致使鳗鱼无序游动、发生碰撞,导致头部红肿,后期暂养期间死亡率较高,从利用野生苗种进行养殖的角度考虑,应该大力提倡笼钓、筒钓等苗种保护式捕捞,尽量减少鳗鱼捕捞时带来的鱼体损伤,从而降低死亡率。

4 养殖方式

在 2003—2006 年,有较为粗浅的关于星康吉鳗的试养性实验的报道,但是没有进行深入性的理论研究^[29, 42-45]。目前,星康吉鳗已进行试养的方式有水泥池养殖、池塘养殖与工厂化养殖。孙福新^[43]等对星康吉鳗进行室内养殖池试养;此后,王志刚^[42]等利用对虾养殖池塘与育苗水泥池进行试养,付宁^[44]等进行了星康吉鳗的工厂化试养,皆取得了不错的试养效果。同期,王广军^[29]对星康吉鳗的养殖技术进行简要的介绍。但是星康吉鳗的试养性实验均较为粗浅,一直没有进行生产规模养殖,且没有进行相关机理机制研究。据本文作者所参加的团队近两年的养殖试验,已经对温度、盐度、养殖容量及饵料等方面进行了较为系统的探索研究,并且从生理及分子生物学方面对其机理等方面进行了解析,已探索出一套较为成熟的工厂化养殖方式和养殖技术,取得了较好的养殖效果,在工厂化养殖车间,养殖池(9.3 和 10.2 m³)水体内,养殖容量分别达到 53.56 和 62.80 kg/m³,已通过了专家现场验收。

5 研究展望

世界鳗鱼养殖都是在江河入海口附近捕捞海生洄游的野生鳗苗,主要以淡水养殖为主。由于国际鳗鱼市场的旺盛需求,带动了养鳗业的快速发展,鳗鱼苗需求持续加大,导致了全球性鳗鱼苗的过度捕捞,进而造成了鳗鱼资源的物种危机^[1]。国际自然保护联盟已将日本鳗鲡(*Anguilla japonica*)、美洲鳗鲡(*A. rostrata*)列为濒危物种,欧洲鳗鲡(*A. anguilla*)列为极危物种,欧盟已于 2010 年禁止向欧盟以外的国家出口欧洲鳗鲡苗种^[46]。上述情况已严重限制了鳗鱼

养殖业及其加工业的发展。星康吉鳗作为一种新型的鳗鱼养殖品种,尚未进行规模化生产养殖,其野生鳗苗资源相比较目前其他鳗鱼养殖品种较为充足,捕获量基本上可以支撑其养殖的正常运转,具有广阔的养殖前景。因此,亟需开展星康吉鳗养殖技术中营养需求、疾病免疫、养殖环境因子、养殖模式等系列技术与相关机理研究,继而维持中国鳗鱼产业健康可持续发展。并且从星康吉鳗养殖产业链需求方面考虑,同时应当开展该鱼种的苗种繁育方面相关技术研究。

此外,当前中国工厂化循环水鱼类养殖存在能耗较高问题,制约其发挥应有的带动产业升级的作用,从生物角度出发,寻求一种高产、高值进行养殖的新鱼种,从而降低单位均摊成本,是破解这一难题的一种新思路。星康吉鳗是一种适宜高容量养殖的鱼种,有必要进一步对其高容量养殖等相关技术进行深入研究,借以推动工厂化循环水养殖业可持续发展。

致谢:感谢王成刚研究员对稿件的悉心指导。

参考文献:

[1] 娄甜甜,齐兴柱,尹绍武,等. 鳗鲡种质资源的研究进展[J]. 水产科学, 2007, 6: 366-369.
Lou Tiantian, Qi Xingzhu, Yin Shaowu, et al. Recent research on germplasm resources in eels(*Anguilla genus*)[J]. Fisheries Science, 2007, 6: 366-369.

[2] 罗鸣钟,关瑞章,靳恒. 五种鳗鲡的含肉率及肌肉营养成分分析[J]. 水生生物学报, 2015, 39(4): 714-722.
Luo Mingzhong, Guan Ruizhang, Jin Heng. Analysis on the ratio of flesh content and the nutritional composition in the muscle of five species of eel[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2015, 39(4): 714-722.

[3] 陈大刚. 黄渤海渔业生态学[M]. 北京: 海洋出版社, 1991: 478-480.
Cheng Dagang. Huangbohai fishery ecology[M]. Beijing: Ocean Press, 1991: 478-480.

[4] 张春光. 中国动物志: 硬骨鱼纲·鳗鲡目·背棘鱼目[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 199-203.
Zhang Chunguang. Chinese animal records: Actinopterygii-Anguilliformes-Notacanthiformes[M]. Beijing: Science Press, 2010: 199-203.

[5] Kurogi H, Mochioka N, Takaki Y, et al. First offshore record of *Conger myriaster* leptocephali in the East China Sea[J]. Fisheries Science, 2002, 68(5): 1155-1157.

[6] 唐衍力,孙国微,赵同阳,等. 星康吉鳗笼网目选择性研究[J]. 中国水产科学, 2010, 17(1): 136-142.

Tang Yanli, Sun Guowei, Zhao Tongyang, et al. Mesh size selectivity of *Conger myriaster* pot[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(1): 136-142.

[7] Katayama S, Ishida T, Shimizu Y, et al. Seasonal change in distribution of conger eel *Conger myriaster* off the Pacific coast south of Tohoku, north - eastern Japan[J]. Fisheries Science, 2004, 70(1): 1-6.

[8] 彭英海,徐波,秦泗景,等. 出口生星鳗片加工[J]. 齐鲁渔业, 1999, 6: 36-37.
Peng Yinghai, Xu Bo, Qin Sijing, et al. Export and processing raw fillet of *Conger myriaster*[J]. Shandong Fisheries, 1999, 6: 36-37.

[9] 麻秋云,牟秀霞,任一平,等. 东、黄海星康吉鳗生长、死亡和单位补充量渔获量[J]. 水产学报, 2018, 42(6): 881-888.
Ma Qiuyun, Mou Xiuxia, Ren Yiping, et al. The growth mortality and yield per recruitment of white-spotted conger(*Conger myriaster*) in the Yellow Sea and the East China Sea[J]. Journal of Fisheries, 2018, 42(6): 881-888.

[10] 张波,唐启升. 东、黄海六种鳗的食性[J]. 水产学报, 2003, 27(4): 307-314.
Zhang Bo, Tang Qisheng. Feeding habits of six species of eels in East China Sea and Yellow Sea[J]. Journal of Fisheries of China, 2003, 27(4): 307-314.

[11] 刘西方. 海州湾两种高营养级鱼类摄食生态及其食物关系研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2015.
Liu Xifang. Study on feeding ecology and food relations of two high trophic level fishes in Haizhou Bay[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2015.

[12] 刘鸿雁,孙彤彤,曾晓起,等. 崂山湾人工鱼礁区星康吉鳗摄食生态及食物网结构[J]. 应用生态学报, 2018, 29(4): 1339-1351.
Liu Hongyan, Sun Tongtong, Zeng Xiaoqi, et al. Feeding ecology of *Conger myriaster* and structure of the food webs in artificial reef zone, Laoshan Bay, China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2018, 29(4): 1339-1351.

[13] 田方. 山东近海星康吉鳗(*Conger myriaster*)延绳钓渔具性能研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.
Tian Fang. Fishing efficiency of white-spotted conger longline fishing gear in Shandong Coastal Sea[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2013.

[14] 葛长宇,梁振林,东海正. 日本沿海捕鳗笼的网目选择性[J]. 南方水产, 2006, 1(1): 58-61.
Ge Changzi, Liang Zhenlin, Dong Haizheng. Mesh size selectivity of white spotted ell pot in coast of Japan[J]. South China Fisheries Science, 2006, 1(1): 58-61.

[15] 杨炳忠. 黄海区鳗鱼笼渔具选择性研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2011.
Yang Bingzhong. Study of fishing gear selectivity of trap for white-spotted conger in the Yellow Sea[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2011.

- [16] Harada M, Tokai T, Kimura M, et al. Size selectivity of escape holes in conger tube traps for inshore hagfish *Eptatretus burgeri* and white-spotted conger *Conger myriaster* in Tokyo Bay[J]. Fisheries Science, 2007, 73(3): 477-488.
- [17] Miller M J, Yoshinaga T, Aoyama J, et al. Offshore spawning of *Conger myriaster* in the western North Pacific: Evidence for convergent migration strategies of anguilliform eels in the Atlantic and Pacific[J]. Naturwissenschaften, 2011, 98(6): 537-543.
- [18] Kurogi H, Mochioka N, Okazaki M, et al. Discovery of a spawning area of the common Japanese conger *Conger myriaster* along the Kyushu-Palau Ridge in the western North Pacific[J]. Fisheries Science, 2012, 78(3): 525-532.
- [19] Mochioka N, Tabeta O, Kubota T. A pre-leptocephalus larva of *Conger myriaster* (family Congridae) collected from Suruga bay, Central Japan[J]. Japanese Journal of Ichthyology, 1988, 35(2): 184-188.
- [20] Kawazu M, Kameda T, Kurogi H, et al. Biological characteristics of *Conger myriaster* during the initial stage of spawning migration in the East China Sea[J]. Fisheries Science, 2015, 81(4): 663-671.
- [21] Kosaka T, Hama K. Presence of the ruffed cell in the olfactory bulb of the catfish, *Parasilurus asotus*, and the sea eel, *Conger myriaster*[J]. Journal of Comparative Neurology, 1980, 193: 103-117.
- [22] Kimura Y, Ishikawa S, Tokai T, et al. Early life history characteristics and genetic homogeneity of *Conger myriaster* leptocephali along the east coast of central Japan[J]. Fisheries Research, 2004, 70(1): 1-69.
- [23] Ishikawa S, Kimura Y, Tokai T, et al. Genetic variation in the mitochondrial and nuclear DNA of the Japanese conger *Conger myriaster*[J]. Fisheries Science, 2001, 67(6): 1081-1087.
- [24] 叶青, 卞小庄. 星康吉鳗染色体组型的研究[J]. 海洋科学, 1994, 18(3): 66-67.
Ye Qing, Bian Xiaozhuang. Study on the karyotype of *Conger myriaster*(Brevoort)[J]. Marine Sciences, 1994, 18(3): 66-67.
- [25] 王金星, 赵小凡, 范春雷, 等. 星康吉鳗染色体组型研究[J]. 四川动物, 1993, 12(2): 14-15.
Wang Jinxing, Zhao Xiaofan, Fan Chunlei, et al. Study on the karyotype of *Conger myriaster*[J]. Sichuan Journal of Zoology, 1993, 12(2): 14-15.
- [26] Miller M J. Genetic identification of *Conger myriaster* leptocephali in East China Sea[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 2008, 74(4): 573.
- [27] Ishikawa S, Kimura Y, Tokai T, et al. Gene rearrangement around the control region in the mitochondrial genome of conger eel *Conger myriaster*[J]. Fisheries Science, 2000, 66(6): 1186-1188.
- [28] 唐逸民, 吴常文. 星鳗 *Astroconger myriaster*(Brevoort) 的生物学特性与资源分布[J]. 浙江水产学院学报, 1988, 7(1): 19-26.
Tang Yimin, Wu Changwen. On biologic habits and resources distribution of common Japanese conger *Astroconger myriaster* (Brevoort)[J]. Journal of Zhejiang College of Fisheries, 1988, 7(1): 19-26.
- [29] 王广军. 星鳗的养殖技术[J]. 渔业致富指南, 2006, 14: 38-39.
Wang Guangjun. Aquaculture technology of *Conger myriaster*[J]. Fishery Guide to be Rich, 2006, 14: 38-39.
- [30] 龚小玲, 李思发. 鳗鲡属六种鱼类形态判别研究[J]. 动物分类学报, 2010, 35(3): 562-567.
Gong Xiaoling, Li Sifa. Comparative discriminate analysis of morphological traits among six eels of Anguilla[J]. Zoological Systematic, 2010, 35(3): 562-567.
- [31] 于振海, 金显仕, 李显森. 黄海东南部主要鱼种的生态位分析[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(6): 1-8.
Yu Zhenhai, Jin Xianshi, Li Xiansen. Analysis of ecological niche for major species in the central and southern Yellow Sea[J]. Marine Fisheries Research, 2010, 31(6): 1-8.
- [32] 李圣法, 严利平, 李长松, 等. 东海北部鱼类组成特征分析[J]. 水产学报, 2004, 4: 384-392.
Li Shengfa, Yan Liping, Li Changsong, et al. The analysis of fish composition pattern in the northern East China Sea[J]. Journal of Fisheries of China, 2004, 4: 384-392.
- [33] 张世义, 肖真义, 张有为. 星鳗叶状幼体在我国东部沿海的发现[J]. 动物学报, 1977, 1: 117-118.
Zhang Shiyi, Xiao Zhenyi, Zhang Youwei. Discovery of the leaf larvae of the *Conger myriaster* in the eastern coast of China[J]. Acta Zoologica Sinica, 1977, 1: 117-118.
- [34] 隋昊志, 薛莹, 任一平, 等. 海州湾鱼类生态类群的研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2017, 47(12): 59-71.
Sui Haozhi, Xue Ying, Ren Yiping, et al. Studies on the ecological groups of fish communities in Haizhou Bay[J]. Periodical of Ocean University of China, 2017, 47(12): 59-71.
- [35] Kurogi H, Mochioka N, Okazaki M, et al. Discovery of a spawning area of the common Japanese conger *Conger myriaster* along the Kyushu-Palau Ridge in the western North Pacific[J]. Fisheries Science, 2012, 78(3): 525-532.
- [36] Takai T. Studies on the morphology, ecology and culture of the important apodal fishes, *Muraenesox cinereus* (Forsskal) and *Conger myriaster* (Brevoort)[J]. Journal of the Shimonoseki College of Fisheries, 1959, 8: 209-555.
- [37] 李明坤, 张崇良, 李敏, 等. 山东南部近海秋、冬季

- 星康吉鳗分布与环境因子的关系[J]. 中国水产科学, 2018, 25(5): 1115-1122.
- Li Mingkun, Zhang Chongliang, Li Min, et al. Relationship between the spatiotemporal distribution of *Conger myriaster* and environmental factors in the southern waters of the Shandong Peninsula during autumn and winter[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2018, 25(5): 1115-1122.
- [38] Gorie S, Tanda M, Nagasawa K. Habitat preference and feeding habits of juvenile white-spotted conger *Conger myriaster* in the eastern Seto Inland Sea, Japan[J]. Aquaculture Science, 2010, 58(2): 167-179.
- [39] 牟秀霞, 李明坤, 尹洁, 等. 山东半岛东南部海域星康吉鳗资源密度时空分布及其与环境因子之间关系[J]. 水产学报, 2019, 43(8): 1759-1767.
- Mou Xiuxia, Li Mingkun, Yin Jie, et al. Relationship between spatio-temporal distribution of *Conger myriaster* and the environment factors in the southeast waters of Shandong Peninsula[J]. Journal of Fisheries of China, 2019, 43(8): 1759-1767.
- [40] 吴常文, 吕永林. 舟山沿海海洋游钓资源与开发利用[J]. 浙江水产学院学报, 1994, 1: 28-37.
- Wu Changwen, Lv Yonglin. Marine amusement-angling spots resources and their exploitation of Zhoushan coastal area[J]. Journal of Zhejiang Ocean University, 1994, 1: 28-37.
- [41] Li M, Zhang C L, Xu B D, et al. Evaluating the approach of habitat suitability modeling for whites potted conger (*Conger myriaster*)[J]. Fisheries Research, 2017, 195: 230-237.
- [42] 王志刚, 孙福新, 于波, 等. 星鳗的池塘与水泥池养殖技术研究[J]. 齐鲁渔业, 2006, 5: 10-12.
- Wang Zhigang, Sun Fuxin, Yu Bo, et al. Study on the culture technology of pond and cement pond in *Conger myriaster*[J]. Shandong Fisheries, 2006, 5: 10-12.
- [43] 孙福新, 聂爱宏, 管曙光, 等. 星鳗室内养殖技术[J]. 科学养鱼, 2003, 2: 27.
- Sun Fuxin, Nie Aihong, Guan Shuguang, et al. Indoor breeding technology of *Conger myriaster*[J]. Scientific Fish Farming, 2003, 2: 27.
- [44] 付宁, 张新明, 靳桂双. 星鳗工厂化节水养殖试验[J]. 河北渔业, 2006, 27(3): 35-36.
- Fu Ning, Zhang Xinming, Jin Guishuang. Factory water saving culture experiment of *Conger myriaster*[J]. Hebei Fisheries, 2006, 27(3): 35-36.
- [45] 宋维彦, 尹玲, 张新明. 星鳗工厂化高产养殖技术[J]. 养殖与饲料, 2019, 8: 44-45.
- Song Weiyang, Yin Ling, Zhang Xinming. Factory high-yield farming technology of *Conger myriaster*[J]. Animals Breeding and Feed, 2019, 8: 44-45.
- [46] Jacoby D M P, Casselman J M, Crook V, et al. Synergistic patterns of threat and the challenges facing global anguillid eel conservation[J]. Global Ecology and Conservation, 2015, 4: 321-333.

Advances and future prospects in *Conger myriaster* research

YANG Hao^{1, 2}, SHI Bao^{2, 3}, NIU Hua-xin¹, ZHANG Dai-qiang^{2, 3}, LI Jing^{2, 3}

(1. College of Animal Science and Technology, Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao 028000, China; 2. Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China; 3. College of Fisheries and Agriculture, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China)

Received: Oct. 16, 2019

Key words: *Conger myriaster*; biology; ecology; artificial culture

Abstract: The whitespotted conger (*Conger myriaster*) is an important fish species with high economic value in China and Japan owing to its high nutritional content. It occupies an important position in marine-eel export in China. *C. myriaster* has the potential to be artificially cultured and has promising economic prospects. Thus, there is growing international interest in *C. myriaster* research. Indeed, to meet the demands of domestic and foreign markets, artificial culture of *C. myriaster* is urgently required. Through investigation of the current literature, this study reviews the progress of *C. myriaster* research in areas such as its morphological features, feeding characteristics, reproductive biology, habitat, migration, and genetic characteristics of germplasm. In addition, its adaptation to temperature, salinity, light, and oxygen is reviewed, while also taking into account current insights on fishing science and artificial culture. The prospects and direction of future *C. myriaster* research are also presented. This study aims to provide a theoretical reference for the resource protection and sustainable development of *C. myriaster* in the aquaculture industry.

(本文编辑: 谭雪静)