

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2013.01086

马氏刺蛇尾摄食习性的初步研究

房景辉, 张继红, 杜美荣, 蒋增杰, 姜绪, 方建光

中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室, 山东 青岛 266071

摘要: 在实验室条件下, 对马氏刺蛇尾(*Ophiothrix marenzelleri* Koehler)的饵料选择性、摄食率和摄食行为等进行了初步研究。结果表明, 马氏刺蛇尾仅能摄食悬浮的有机颗粒, 对食物种类没有选择性, 但对悬浮颗粒的粒径具有选择性。观测结果显示, 其摄食的食物粒径范围为 10~1 000 μm , 食物种类包括动植物碎屑、细胞较大的海洋微藻扁藻(*Platymonas subcordiformis*)和小新月菱形藻(*Nitzschia closterium* f. *minutissima*)等。因此, 马氏刺蛇尾的食性属杂食性, 是蛇尾中食微类群的成员。马氏刺蛇尾不摄食时, 常处于静止状态或腕末端翘起; 摄食时数条腕翘起在水中摇动, 通过腕部的管足摆动将水体中的适宜食物颗粒聚集成球状颗粒运送到口中。小规格马氏刺蛇尾的摄食率显著高于较大规格蛇尾($P < 0.05$), 马氏刺蛇尾在一昼夜中的摄食高峰出现在 8:00~14:00, 但是全天均有蛇尾摄食, 其昼夜摄食节律属于无明显节律型。

关键词: 马氏刺蛇尾; 摄食习性; 饵料选择; 摄食率; 摄食节律

中图分类号: S917.4

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2013)05-1086-06

蛇尾(ophiurian)是棘皮动物门(Echinodermata)蛇尾纲(Ophiuroidea)动物的统称, 在海洋中分布极其广泛, 栖息范围遍布潮间带到几千米深的大洋底部^[1-2]。蛇尾有聚集的现象, 分布往往呈斑块状, 局部密度能够达到每平方米几百甚至上千只。由于蛇尾在底栖生物群落中占有重要地位, 经常是底栖生物群落的优势种, 其对海洋生态系统和海洋经济具有重要意义。中国的蛇尾种类十分丰富, 据报道有 221 种, 占中国棘皮动物总种数近 40%^[3]。

国外关于蛇尾的报道以分类学研究为主, 且大部分研究报道在 20 世纪 50 年代以前^[4-6]。国内关于蛇尾的研究报道较少, 并且相关报道多数在 20 世纪 90 年代以前^[7]。蛇尾作为一类重要的海洋底栖生物尚未受到人类的重视。目前人们对蛇尾

的研究和认识还远远不够, 对不同蛇尾种类的生物学特征、生态学、生理学等方面的研究还相对匮乏。虽然较早的研究资料中对蛇尾的摄食生物学已有报道^[7], 但是具体到某个种或者某个属的食性和行为却往往找不到参考资料, 甚至某些科级分类单元的食性研究都没有涉及。本研究选取山东沿海常见的马氏刺蛇尾(*Ophiothrix marenzelleri* Koehler)为研究对象, 对其摄食习性进行初步研究, 旨在为蛇尾的生物学研究提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 实验动物及暂养

本研究实验动物取自青岛崂山海滨, 带回实验室后选取完整个体暂养于室内水族箱中。暂养过程使用砂滤海水, 水温 25 $^{\circ}\text{C}$, 盐度 33, pH

收稿日期: 2013-01-08; 修订日期: 2013-04-17.

基金项目: 国家 973 计划项目(2011CB409805); “十二五”国家科技支撑计划课题(2011BAD13B06); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助项目(20603022013042); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金獐子岛碳汇专项(20603022011003).

作者简介: 房景辉(1983-), 男, 博士后, 研究方向为养殖生态学. E-mail: hui861@163.com

通信作者: 方建光, 研究员. E-mail: fangjg@ysfri.ac.cn

8.1~8.2。

1.2 饵料粒径选择实验

采用国产牙鲆鱼用配合饲料(粗蛋白 $\geq 45\%$, 粗脂肪 $\geq 10\%$, 粗纤维 $\leq 4\%$, 粗灰分 $\leq 17\%$, 钙 $\geq 1.5\%$, 总磷 $\geq 1.2\%$, 水分 $\leq 12\%$, 赖氨酸 $\geq 2.2\%$), 粉碎后使用分样筛分成直径为 2~3 mm, 1~2 mm, 0.45~1.0 mm, 0.18~0.45 mm, 0.154~0.180 mm, 0.074~0.154 mm 和小于 0.074 mm 7 种不同粒度。蛇尾采用 14 个容量为 3 L 的烧杯分成 7 组, 每组 2 个平行, 每个烧杯各注入约 3 L 砂滤海水并放入 5 只蛇尾[体质量(1.63 \pm 0.13) g], 在烧杯中养殖 24 h 以充分适应环境。实验时, 在 25 $^{\circ}$ C 的水温条件下, 逐个烧杯投喂以上不同粒度饵料, 观察并记录摄食情况。

1.3 饵料种类选择实验

选取 10 种不同类型饵料源, 分别为卤虫无节幼体、牙鲆配合饲料、海参配合饲料、双齿围沙蚕(*Perinereis aibuhitensis*)、菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)肉、鼠尾藻(*Sargassum thunbergii*)、亚心形扁藻(*Platymonas subcordiformis*)、小新月菱形藻(*Nitzschia closterium f. minutissima*)、小球藻(*Chlorella spp.*)、石英砂, 其中, 卤虫无节幼体为活体, 石英砂过 100 目分样筛, 其他饵料均粉碎或匀浆后过 60 目分样筛(粒径小于 0.30 mm)。对应 10 种饵料, 将蛇尾分为 10 组, 每组 2 个平行, 实验海水经过 0.45 μ m 的醋酸纤维素滤膜过滤, 其他实验操作同粒径选择实验。

1.4 摄食率测定

将蛇尾根据体质量分成两组: 大规格 L, (1.88 \pm 0.11) g; 小规格 S, (0.85 \pm 0.05)g, 每组 3 个重复, 每个重复 3 只蛇尾, 水温 25 $^{\circ}$ C, 经过 0.45 μ m 的醋酸纤维素滤膜过滤。使用粒径为 0.154~0.180 mm 的牙鲆配合饲料投喂, 每天分别在 6:00、14:00 和 22:00 投喂 3 次, 定量投喂后 1 h 换水并以醋酸纤维素滤膜过滤养殖海水收集残饵, 连续进行 2 d, 校正饵料溶蚀率, 残饵在 70 $^{\circ}$ C 下烘干至恒重后称重。摄食率(Feeding Rate, FR)的计算采用如下公式:

$$FR=100\times C / (t*W)$$

其中, C 表示摄食量(g), W 表示蛇尾的质量(g), t 表示实验时间(d)。

1.5 昼夜摄食节律观察

在 3 个水族箱(15 cm \times 25 cm \times 25cm)中分别放入 13 只马氏刺蛇尾, 向其中混合加入亚心形扁藻、海参配合饲料粉末和牙鲆鱼饲料粉末并连续充气。在 25 $^{\circ}$ C 的水温条件下养殖 3 d 后, 进行昼夜摄食节律观察。每 2 h 观察 3 次并记录摄食蛇尾的个数, 连续观察一个昼夜。

1.6 摄食评价与数据处理

本研究涉及的摄食强度评价分为 3 个等级: 不摄食、摄食、正常摄食。在实验过程中从未见蛇尾摄食某种饵料称为不摄食, 摄食指数记为 0; 有部分蛇尾摄食某种饵料称为摄食, 摄食指数在 0~100% 之间; 所有蛇尾均摄食某种饵料称为正常摄食, 摄食指数为 100%。其中, 摄食指数(%)=100 \times 摄食某种饵料蛇尾个数/5。以摄食数量比评价马氏刺蛇尾的摄食节律, 摄食数量比(%)=100 \times 摄食蛇尾的个数/蛇尾总数。数据处理采用 SPSS13.0 统计分析软件, 采用 T 检验比较大规格马氏刺蛇尾的摄食率, 采用单因素方差分析(ANOVA)及 Duncan 多重检验比较摄食指数和不同时间点的摄食节律, 以 $P < 0.05$ 作为差异显著水平。

2 结果与分析

2.1 饵料粒径选择

饵料粒径选择摄食情况见表 1, 在所使用的不同粒径饵料中, 马氏刺蛇尾对粒径在 0.45 mm 以下的饵料正常摄食; 对粒径为 0.45~2 mm 的饵料, 摄食活动随着粒径的增大而逐渐减弱; 马氏刺蛇尾不能摄食粒径超过 2 mm 的配合饵料。

2.2 饵料种类选择

马氏刺蛇尾对鱼类饲料粉末、双齿围沙蚕和菲律宾蛤仔肉浆液、海参粉末状配合饲料和鲜鼠尾藻磨浆液均能正常摄食。观察发现, 在使用石英砂(过 100 目, $< 165 \mu$ m)进行投喂时马氏刺蛇尾未出现摄食现象, 对于游动的卤虫无节幼体也不摄食。在使用 3 种细胞大小不同的微藻进行投喂时, 发现马氏刺蛇尾对细胞较大的亚心形扁藻[粒

径(10.3 ± 1.2) μm)和小新月菱形藻(长 12~23 μm , 宽 2~3 μm)可正常摄食, 而对细胞较小的小球藻 [(5.2 ± 0.9) μm]则不摄食(表 2)。

表 1 马氏刺蛇尾对不同饵料粒径的选择

Tab. 1 Apparent feed particle size preference of *Ophiothrix marenzelleri* Koehler

饵料粒径/mm particle size of feed	摄食评价 feeding evaluation	摄食指数/% feeding index
2.0~3.0	不摄食 without ingestion	0
1.0~2.0	摄食颗粒较小者 ingesting little particle	30
0.45~1.0	摄食 ingestion	70
0.18~0.45	正常摄食 normal ingestion	100
0.154~0.18	正常摄食 normal ingestion	100
0.074~0.154	正常摄食 normal ingestion	100
<0.074	正常摄食 normal ingestion	100

表 2 马氏刺蛇尾对不同饵料的摄食

Tab. 2 Apparent feed type preference by *Ophiothrix marenzelleri* Koehler

饵料类型 feed type	摄食评价 feeding evaluation	摄食指数 /% feeding index
卤虫无节幼体 artemia nauplius	不摄食 without ingestion	0
牙鲆鱼饲料粉末 powder of feed for <i>Paralichthys olivaceus</i>	正常摄食 normal ingestion	100
海参配合饲料粉末 powder of feed for <i>Apostichopus japonicus</i>	正常摄食 normal ingestion	100
双齿围沙蚕磨浆液 grinding <i>Perinereis aibuhitensis</i>	正常摄食 normal ingestion	100
菲律宾蛤仔软体部磨浆液 grinding <i>Ruditapes philippinarum</i>	正常摄食 normal ingestion	100
鼠尾藻鲜藻体磨浆液 grinding <i>Sargassum thunbergii</i>	正常摄食 normal ingestion	100
亚心形扁藻 <i>Platymonas subcordiformis</i>	正常摄食 normal ingestion	100
小新月菱形藻 <i>Nitzschia closterium</i> f. <i>minutissima</i>	正常摄食 normal ingestion	100
小球藻 <i>Chlorella</i> spp.	不摄食 without ingestion	0
石英砂 quartz sand	不摄食 without ingestion	0

2.3 摄食行为描述

马氏刺蛇尾不摄食时, 5 条腕均攀附在附着物上保持静止或腕末端翘起(图 1-1~图 1-3)。摄食时, 部分蛇尾 5 条腕均从约 1/2 处翘起, 在水中缓慢摇动(图 1-4); 也有部分蛇尾数条腕整个翘起摇动(图 1-5), 其他腕则起附着作用。摇动的腕部在水中不断捕捉或黏附悬浮颗粒, 当悬浮颗粒积累到一定量时, 从腕末端由管足将所收集的颗粒聚集成球状, 并由末端向口部逐渐传递, 这过程中球状颗粒逐渐增大, 到口部时, 聚集的球状饵料体积刚好适口并被蛇尾整个吞下(图 1-5~图 1-16), 这一过程在马氏刺蛇尾摄食过程中不断重复, 其发生频率与水体中悬浮物的丰度有关。

2.4 摄食量和摄食率

在 25°C 时, 大小两种规格蛇尾的日平均摄食量分别为(0.052 ± 0.002) g 和(0.039 ± 0.002) g, 两种规格马氏刺蛇尾对配合饵料的摄食量和摄食率均差异显著($P < 0.05$), 小规格马氏刺蛇尾的摄食率为(4.56 ± 0.21)%, 显著高于大规格马氏刺蛇尾(2.78 ± 0.13)%的摄食率($P < 0.05$)。

2.5 昼夜摄食节律

马氏刺蛇尾在 1 个昼夜内仅有 1 个摄食高峰, 该摄食高峰持续时间较长, 出现在 8:00~14:00。由图 2 可以看出, 一天中均有蛇尾处于摄食状态, 多数时间段内摄食蛇尾占总蛇尾数量的比例在 15%~30%。

3 讨论

3.1 马氏刺蛇尾的食性

已有研究表明, 棘皮动物门中的海星纲和海参纲的食性差异较大^[8], 而本研究中马氏刺蛇尾的食性与之相比更是大相径庭, 即使蛇尾纲内种类之间食性差别也较大。筐蛇尾类以腕末端的钩刺环摄食桡足类等浮游动物^[9], 啃牧蛇尾类依靠齿器啃食植物和固着动物^[10], 蛇尾中也不乏有食腐种类和以沉积物为食的种类^[7]。而本研究发现, 马氏刺蛇尾不能摄食粒径超过 2 mm 的食物颗粒, 食物颗粒过大, 在水中下沉较快, 其管足难以捕获。对已经沉入水底或附着在其他物体上的食物

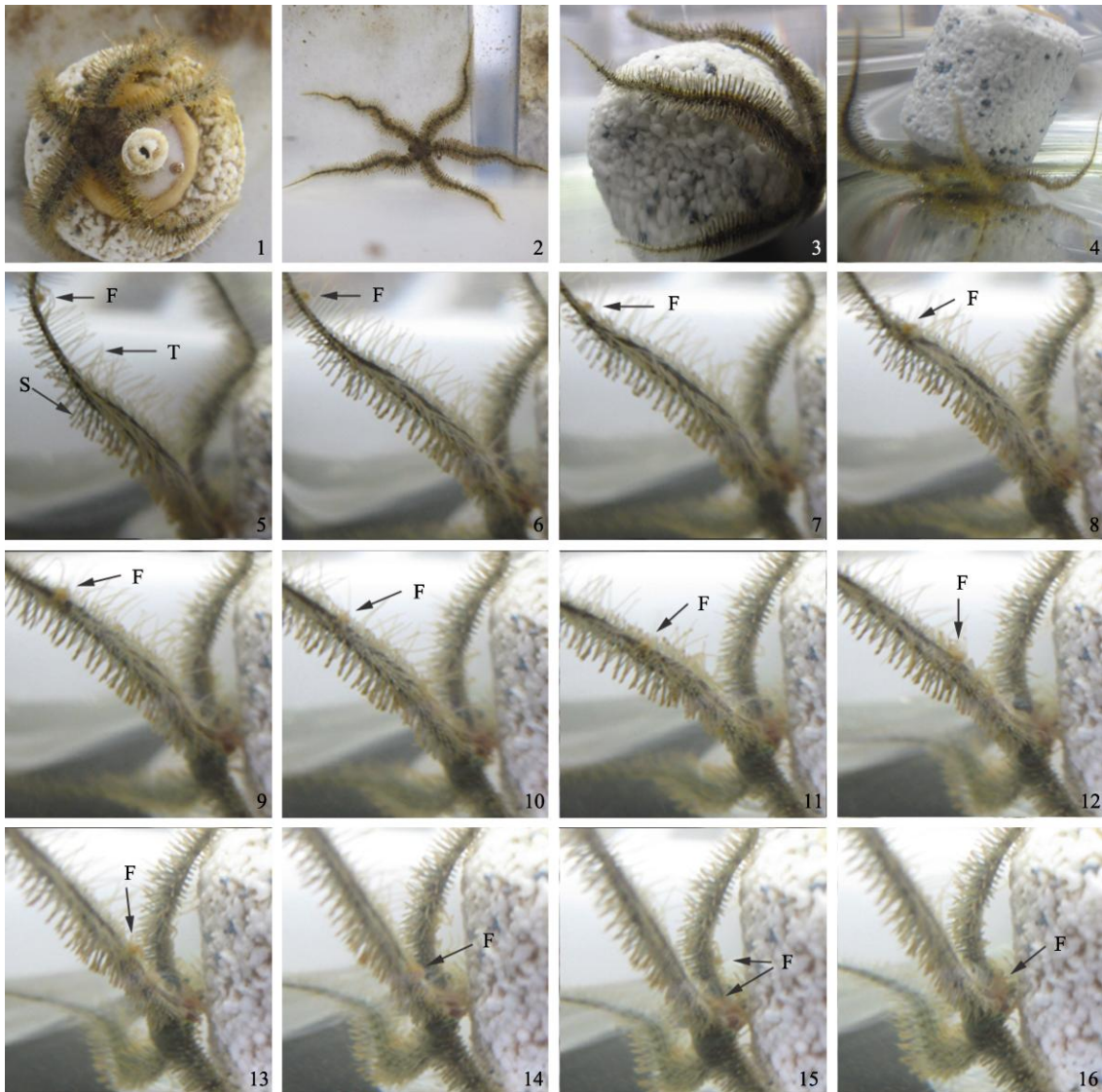


图 1 马氏刺蛇尾的摄食行为特点

1-3: 马氏刺蛇尾不摄食时状态; 4-16: 马氏刺蛇尾摄食状态和过程. F: 食物颗粒; S: 腕棘; T: 管足.

Fig.1 The character of feeding habit of *Ophiothrix marenzelleri* Koehler

1-3: The still status of *O. marenzelleri*; 4-16: The feeding progress of *O. marenzelleri*. F: food particle; S: arm spine; T: tube foot.

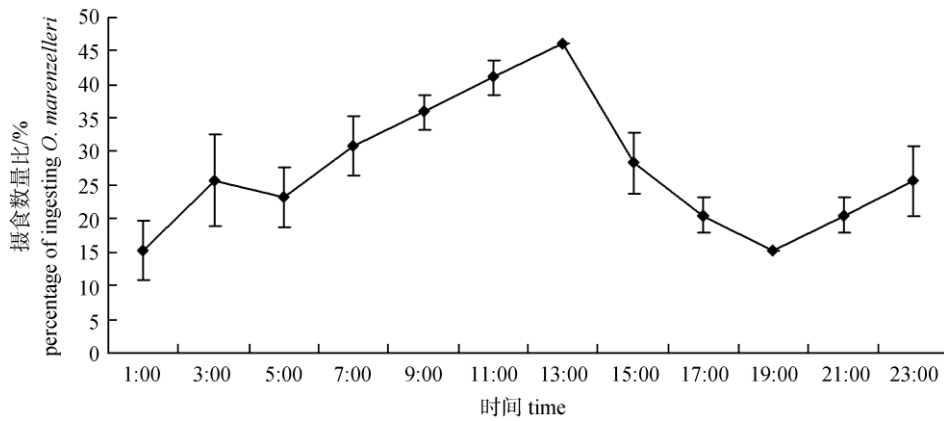


图 2 马氏刺蛇尾的昼夜摄食节律

Fig. 2 The feeding rhythm of *Ophiothrix marenzelleri* Koehler

没有摄食活动,当食物落入水底,即使马氏刺蛇尾从其旁边经过,也没有摄食现象出现,这说明马氏刺蛇尾只能摄食悬浮颗粒。而不论悬浮颗粒是何种有机质,只要粒径在马氏刺蛇尾可摄食的范围,其均能摄食,说明马氏刺蛇尾对食物种类没有选择性,仅能够通过悬浮有机颗粒的粒径筛选食物,但是对于自身有活动能力的卤虫无节幼体,马氏刺蛇尾却不能摄食,这可能是其管足无法捕捉活动的物体所致,说明马氏刺蛇尾捕食活饵能力较弱,这些习性与已报道过的蛇尾摄食现象差别较大。从马氏刺蛇尾不能摄食粒径在 5 μm 左右的小球藻(*C. spp.*),而可以摄食细胞粒径在 10 μm 左右的亚心形扁藻(*P. subcordiformis*)来看,可以初步判定成体马氏刺蛇尾其摄食的适宜粒径范围为 10~1 000 μm 。

中国蛇尾类研究专家廖玉麟先生从广义上将蛇尾分为两大摄食类群:一类是食微类群,主要从底质或悬浮物中捕捉小颗粒为食;一类是食肉类群,用腕卷捕捉较大颗粒,其中也有摄食沉积物的种类^[7]。在本研究中根据马氏刺蛇尾的食性可认为其属于食微类群。食微类群的食物组成可能与贝类发生重叠,因而在扇贝底播养殖海区常伴有大量蛇尾,其种类较多。蛇尾在扇贝底播海区大量发生的原因尚不清楚,若其中有食微类群的种类,就可能会与扇贝产生食物竞争关系。蛇尾对不同饵料种类的摄食率本研究尚未全面探讨,深入研究不同蛇尾种类的摄食生物学和生态习性尚需开展大量工作,这将对评价蛇尾的生态作用具有重要意义。

3.2 马氏刺蛇尾的摄食方式

生物的摄食方式与其食性密切相关,棘皮动物门中的生物摄食方式差别较大,海星以腕上管足的吸盘附到双壳贝类的壳上用力将双壳拉开,将贻门胃穿入外套腔,进行体外消化直至吃完饵料生物并最终弃壳;而海参以触手摄食,主要刮取底质或附着物体上的有机物、细菌和微小动植物^[8],但是蛇尾纲生物的摄食方式与两者均不同。即使不同种类的蛇尾其摄食方式也有较大差别,食肉蛇尾可以用腕卷捕捉食物,也可以用管足从

底质中挑选小颗粒;而食微蛇尾也可以用腕卷法捕捉猎物或较大颗粒^[7]。尽管之前的研究显示蛇尾摄食形式和方法不只一种,在本研究中从未发现马氏刺蛇尾通过腕卷捕食的现象,也未发现该种类摄食底质中的细小颗粒。马氏刺蛇尾的摄食方式比较单一,其摄食主动性也不及食肉蛇尾,但是很多蛇尾都是用管足将食物运送到口中^[7],这与马氏刺蛇尾的摄食方式一致。弄清不同蛇尾的摄食方式,从而确定其摄食对象,对于揭示蛇尾的生态作用有重要意义,这需要进一步开展大量研究工作。

3.3 摄食节律

关于摄食节律的研究,棘皮动物相关报道较少,而鱼类摄食节律研究报道较多。以往研究将摄食节律根据摄食高峰出现的时间划分为白天摄食,晚上摄食,晨昏摄食和无明显节律 4 种类型^[11]。本研究中,马氏刺蛇尾虽然在 8:00~14:00 出现摄食高峰,但是摄食个体占总蛇尾数量的比例没有超过 50%,其他时间段均有摄食活动发生,因此,马氏刺蛇尾的摄食节律应当属于无明显节律型。对于相对高等的鱼类来说,其摄食节律与感官、环境变化等密切相关。靠视觉摄食的种类,其白天的摄食强度往往大于晚上,而靠触觉或嗅觉摄食的种类可能不受昼夜变化的影响^[12]。摄食对象的活动和丰度也有可能影响生物的摄食节律。例如夏季昆虫在夜间落入水面的机会增多,而食蚊鱼雌鱼形成了在夏季夜间摄食活跃的节律^[13]。马氏刺蛇尾通常栖息于潮下带的岩礁缝隙中,在潮水作用下该区域悬浮颗粒丰富,根据本研究中马氏刺蛇尾食物选择性和摄食方式推测其摄食节律不受食物来源的影响,并且无论马氏刺蛇尾栖息于光线强或弱的环境,其中的食物丰度很难受到影响,因此,这些原因可能导致马氏刺蛇尾摄食节律不明显。

参考文献:

- [1] 李覆雪,蔡立哲,王雄进. 厦门港潮间带蛇尾类动物群落生态的研究[J]. 生态学报, 1990, 10(1): 231-236.
- [2] 黄宗国. 中国海洋生物种类与分布[M]. 北京: 海洋出版社, 2008.

- [3] 廖玉麟, 肖宁. 中国海棘皮动物的种类组成及区系特点[J]. 生物多样性, 2011, 19(6): 729–736.
- [4] Chang F Y. Echinoderms of Tsingtao [J]. Contributions from the Institute of Zoology National Academy of Peiping, 1948, 4: 33–104.
- [5] Clark A H. Two new Ophiurans from the China Sea [J]. Proc Biol Soc Wash, 1917, 30: 13–16.
- [6] Clark A M. Echinodermata of the Gold coast [J]. J West Afr Sci Assoc, 1955, 1(2): 16–56.
- [7] 廖玉麟. 中国动物志; 无脊椎动物 第四十卷 棘皮动物门 蛇尾纲[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [8] 杨德渐, 孙世春. 海洋无脊椎动物学[M]. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1999.
- [9] Fedotov D. Bioogie und Metamorphose von Gorgoncephalus [J]. Zool Anz, 1924, 61: 303–311.
- [10] Warner G. Food and feeding mechanisms: Ophiuroidea. In Jangoux and Lawrence (eds.) Echinoderm Nutrition [M]. Balkema, Rotterdam, 1982: 161–181.
- [11] Helfman G S. Fish behaviour by day, night and twilight// Tong J P, Baltimore M L. The behaviour of Teleost fishes [M]. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press, 1986: 366–387.
- [12] 梁旭方, 何大仁. 鱼类摄食行为的感受基础[J]. 水生生物学学报, 1998, 22(3): 278–283.
- [13] 陈佩, 陈国柱, 林小涛, 等. 食蚊鱼昼夜摄食节律观察[J]. 生态科学, 2008, 27(6): 483–489.

Preliminary study on the feeding habits of *Ophiothrix marenzelleri* Koehler

FANG Jinghui, ZHANG Jihong, DU Meirong, JIANG Zengjie, JIANG Xu, FANG Jianguang

Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resources, Ministry of Agriculture; Yellow Sea Fisheries Research Institute, Qingdao 266071, China

Abstract: Ophiuroids are important components of the macrobenthos and marine ecosystem. However, most previous studies have focused on taxonomy and little is known of their biology or ecology. References on ophiuroids in the Chinese literature are both few and dated. This study focused on the food preference, feeding rate, and feeding behavior of *Ophiothrix marenzelleri*. The objectives were (1) to achieve an understanding of the feeding habits of *O. marenzelleri*, (2) to supplement the literature on ophiuroids, and (3) to attract people's attention on the study of ophiuroids. The results revealed that *O. marenzelleri* can only feed on suspended organic particles through differentiating food particles by size. It can feed on particles ranging in diameter from 10 to 1 000 μm , including *Platymonas subcordiformis* with diameter of $(10.3 \pm 1.2) \mu\text{m}$ and *Nitzschia closterium* f. *minutissima* (length, 12–23 μm , width, 2–3 μm). *O. marenzelleri* is both polyphagic and a member of microphagous group. When the *O. marenzelleri* were ingesting, their arms swayed in the water. The food was collected and formed into a small food ball by the tube feet at the end of the arm. The food ball was then transported to the mouth and became enlarged. When they were not ingesting, the arms were either stationary or cocked at the end. The feeding rate of smaller *O. marenzelleri* was significantly higher than that of larger ones ($P < 0.05$). A peak in feeding activity occurred between 8:00–14:00, but there were some *O. marenzelleri* that ingested food at any time. Therefore, no specific feeding rhythm was observed.

Key words: *Ophiothrix marenzelleri* Koehler; feeding habit; food preference; feeding rate; feeding rhythm

Corresponding author: FANG Jianguang. E-mail: fangjg@ysfri.ac.cn