

不同地理群体曼氏无针乌贼的形态学比较

孙连莲¹, 周林¹, 贺卯苏¹, 顾得月¹, 史会来², 迟长凤^{1*} (1. 浙江海洋学院海洋科学与技术学院, 国家海洋设施养殖工程技术研究中心, 浙江舟山 316022; 2. 浙江省海洋水产研究所, 浙江舟山 313021)

摘要 [目的]对我国海域4个不同地理群体曼氏无针乌贼的形态学特征进行比较。[方法]采用形态学分析方法,通过单因素方差分析和多重比较对舟山、温州、厦门和湛江4个不同曼氏无针乌贼地理种群的形态学差异进行比较。[结果]4个群体的腕式不一致,在测定的12项形态学指标中4个地理群体的胴长、胴宽、鳍宽、海螵蛸壳长、海螵蛸壳高存在显著差异。[结论]该研究结果可为曼氏无针乌贼的资源保护与开发提供一定的理论依据。

关键词 曼氏无针乌贼; 形态学; 地理群体

中图分类号 S917.4; Q954 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)11-017-03

Morphological Analysis of *Sepiella japonica* in Different Wild Populations

SUN Lian-lian, ZHOU Lin, HE Mao-su, CHI Chang-feng* et al (National Engineering Research Center of Marine Facilities Aquaculture, School of Marine Science and Technology, Zhejiang Ocean University, Zhoushan, Zhejiang 316022)

Abstract [Objective] The aim was to compare morphological characteristics of *Sepiella japonica* in 4 wild populations in China sea. [Method] The morphological differences of 4 different *Sepiella japonica* wild populations (Zhoushan, Wenzhou, Xiamen and Zhanjiang) were compared through single factor variance analysis and multiple comparisons. [Result] The results indicated that the formulas of arms are not in consistent among 4 populations. Among 12 morphological indices, there were significant differences in mantle length, mantle width, fin width, eye distance, cuttlebone length and cuttlebone height. [Conclusion] These results provide a certain theoretical basis for protection and development of *S. japonica* resources.

Key words *Sepiella japonica*; Morphology; Wild populations

形态学分析方法作为传统的物种鉴别方法,一直作为物种分类最原始最基本的方法被应用。从形态学和表形性状上开展遗传变异研究是早期经典遗传学的主要内容。长期以来,物种分类、资源鉴定、生物起源和进化研究都是以形态标记为基本指标,目前形态标记仍然是分类学研究的常用方法,并已经得到了广泛应用^[1-3]。

曼氏无针乌贼(*Sepiella japonica*)俗称墨鱼、血墨等,是我国的广温广布品种,在我国的四大海域均有一定分布^[4],曾与大黄鱼、小黄鱼和带鱼并称为我国东海四大经济海产^[5],集肉味鲜美、营养价值、药用价值等优点于一体,一直被人们誉为“海味佳品”。自20世纪70年代末以来,曼氏无针乌贼渔业资源的生态平衡遭到破坏,导致浙江渔场的曼氏无针乌贼资源几近枯竭^[6]。国内外对曼氏无针乌贼的研究主要集中在繁殖生物学、营养生理和增养殖技术等方面^[7-12],而对曼氏无针乌贼不同地理群体的形态学特征差异与变化的研究则鲜见报道。笔者将传统的形态学测量方法与统计学分析方法相结合,对我国海域4个不同地理群体的野生曼氏无针乌贼的形态学特征进行比较,以阐明不同曼氏无针乌贼群体间是否存在一定的形态差异,旨在为曼氏无针乌贼种质资源的保护和开发提供科学依据,同时为曼氏无针乌贼的增养殖开发和其他基础研究提供一定的参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

基金项目 浙江省自然科学基金项目(LY15C190010);浙江省大学生科技创新活动计划暨新苗人才计划项目(2015R411002);浙江省科研院所专项(2015F50055)。

作者简介 孙连莲(1989-),女,山东临沂人,硕士研究生,研究方向:海洋生物学。*通讯作者,教授,博士,硕士生导师,从事海洋生物种质资源开发与利用研究。

收稿日期 2016-03-20

浙江舟山(ZS)、浙江温州(WZ)、福建厦门(XM)、广东湛江(ZJ)附近海域,共采集样品173只,其中浙江舟山50只,浙江温州60只,福建厦门20只,广东湛江43只。新鲜样品低温保存快速回实验室进行各项形态学指标的测量和分析。测量前样本进行解冻,完全解冻后进行生物学测定。

1.2 形态学测量方法 采用普通电子天平称量曼氏无针乌贼的体重(精确到0.1g),参照软体部测量方法^[13]测量曼氏无针乌贼的胴长、胴宽、鳍宽、眼距、腕长(1、2、3、4)(精确到0.1cm);采用精密电子天平称量乌贼的内壳重(精确到0.0001g),使用0.1mm精度的游标卡尺测量乌贼内壳长、内壳宽、内壳高(精确到0.1mm)。

1.3 数据统计与分析 使用Excel和Prism 6.0对试验数据进行统计与分析,采用单因素方差分析(One-way ANOVA)和多重比较对不同地理群各生物学指标进行差异显著性分析。

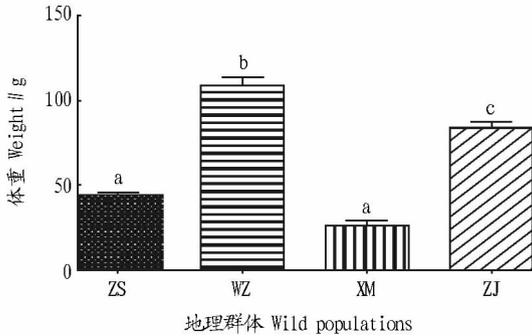
2 结果与分析

2.1 不同地理群体曼氏无针乌贼的腕长比较 由表1可知,舟山群体(ZS)、温州群体(WZ)和湛江群体(ZJ)腕式一致,均为 $1 < 2 < 3 < 4$ 。其中,ZJ的腕式结果与郑晓东等^[13]开展的华南沿海曼氏无针乌贼表型变异研究中的湛江群体腕式相一致;厦门群体(XM)的腕式为 $2 < 1 < 3 < 4$,与郑晓东等^[13]研究的莆田群体腕式相一致。但是,4个地理群体乌贼的腕式均与张建设^[14]报道的曼氏无针乌贼养殖群体的腕式($2 < 3 < 1 < 4$)不同。

2.2 不同地理群体曼氏无针乌贼的体重比较 从图1可以看出,4个不同地理群体的曼氏无针乌贼体重存在差异,其中繁殖季节WZ的体重最大,XM的体重最小,4个群体的体重从小到大依次为XM、ZS、ZJ、WZ。XM和ZS的体重与WZ和ZJ存在显著差异($P < 0.05$),WZ的体重与ZJ也存在显著差异($P < 0.05$)。

表1 不同地理群体曼氏无针乌贼的腕长比较($\bar{x} \pm SE$)Table 1 Comparative analysis of *S. japonica* arm length in different wild populations

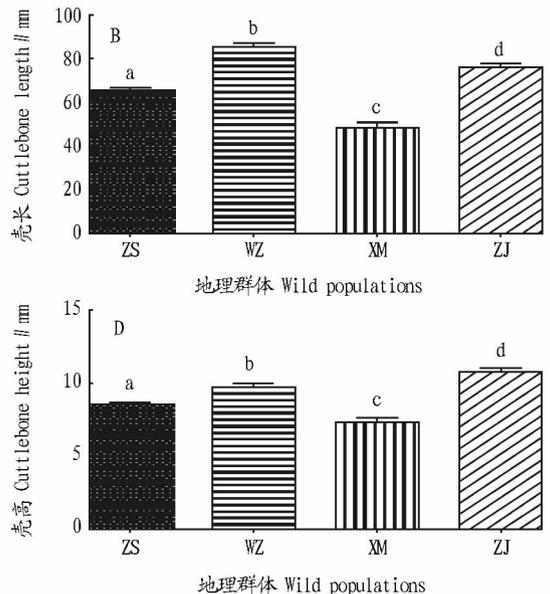
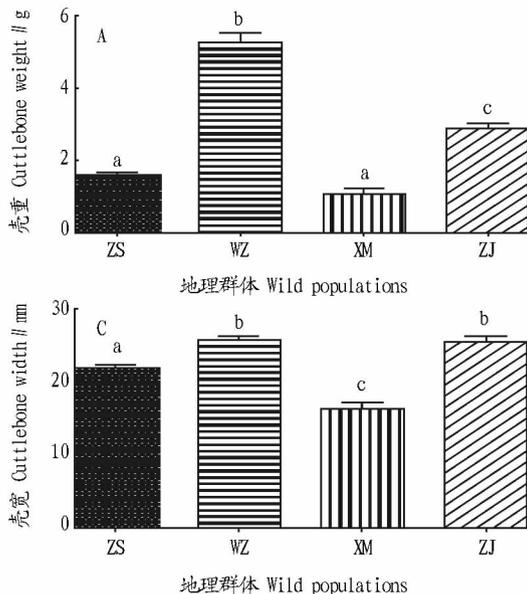
| 地理群体 Wild populations | 腕长 Arm length//cm | | | |
|--------------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 舟山(ZS)(n=50)Zhoushan | 4.40 ± 0.15 | 4.50 ± 0.14 | 4.70 ± 0.14 | 5.13 ± 0.18 |
| 温州(WZ)(n=60)Wenzhou | 5.67 ± 0.15 | 5.79 ± 0.14 | 6.13 ± 0.13 | 7.16 ± 0.24 |
| 厦门(XM)(n=20)Xiamen | 3.27 ± 0.18 | 3.22 ± 0.16 | 3.31 ± 0.15 | 3.84 ± 0.15 |
| 湛江(ZM)(n=43)Zhanjiang | 3.83 ± 0.09 | 3.92 ± 0.10 | 4.00 ± 0.11 | 4.14 ± 0.10 |



注:不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Note: Different lowercases stand for significant differences ($P < 0.05$).

图1 不同地理群体曼氏无针乌贼的体重比较

Fig. 1 Body weight comparison of *S. japonica* in different wild populations

注:同一图片中不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Note: Different lowercases in the same picture stand for significant differences ($P < 0.05$).

图2 不同地理群体曼氏无针乌贼海螵蛸的形态比较

Fig. 2 Comparative analysis of cuttlebone of *S. japonica* in different wild populations

存在差异,其中WZ和ZJ不存在显著差异,其他群体间均存在显著差异,各群体腕长与腕宽的比值为1.31~1.59,说明4个野生地理群体的曼氏无针乌贼的体型存在较大差异。

3 讨论与结论

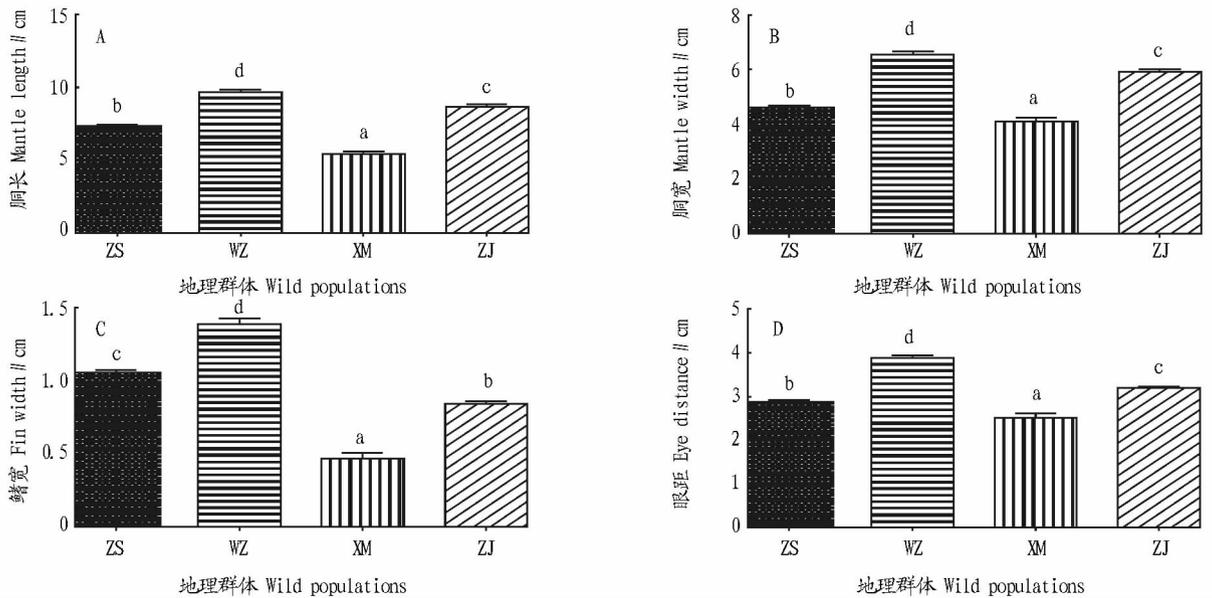
3.1 形态学比较 笔者采用软体部测量方法比较了4个不同地理群体(舟山、温州、厦门、湛江)的曼氏无针乌贼的腕式

2.3 海螵蛸形态差异 从图2可以看出,对4个不同地理群体曼氏无针乌贼的壳重、壳长、壳宽和壳高4个形态学指标进行比较分析,其中,ZS和XM的海螵蛸壳重差异不显著,其他群体间差异显著($P < 0.05$) (图2A);对海螵蛸壳长而言,4个群体之间差异显著(图2B);对于海螵蛸壳宽,WZ和ZJ之间差异不显著,其他群体间差异显著($P < 0.05$) (图2C);对海螵蛸壳高而言,4个群体之间差异显著(图2D)。

2.4 胴长、胴宽、鳍宽、眼距形态差异及胴长/胴宽的比较 从图3可以看出,对4个不同地理群体曼氏无针乌贼的胴长、胴宽、鳍宽和眼距进行了比较,4个群体4个指标之间都存在显著差异。其中,4个群体胴长、胴宽和眼距从小到大均依次为XM、ZS、ZJ、WZ,但4个群体的鳍宽从小到大依次为XM、ZJ、WZ、ZS。

从图4可以看出,4个不同地理群体胴长与胴宽的比值

差异,发现4个群体的腕式不一致。该试验结果与郑晓东等^[13]开展的华南沿海(莆田、湛江、深圳、南澳)曼氏无针乌贼表型变异研究中的腕式比较结果相一致。其中,湛江群体的腕式结果与郑晓东等^[13]报道的湛江群体腕式相一致,说明湛江海域群体曼氏无针乌贼经过10多年的变迁,在腕式上没有发生表型变异;厦门群体的腕式为 $2 < 1 < 3 < 4$,与郑

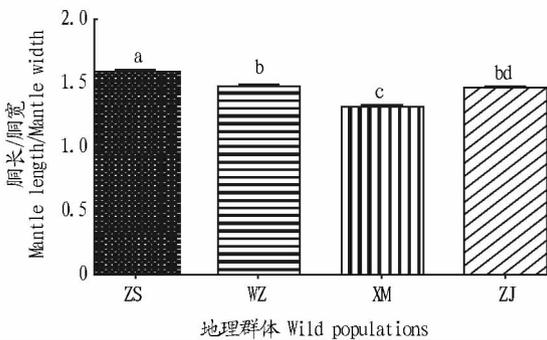


注:同一图片中不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Note: Different lowercases in the same picture stand for significant differences ($P < 0.05$).

图3 不同地理群体曼氏无针乌贼胴长、胴宽、鳍宽和眼距的比较

Fig. 3 Comparison of mantle length, mantle width, fin width and eye distance of *S. japonica* in different wild populations



注:不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Note: Different lowercases stand for significant differences ($P < 0.05$).

图4 不同地理群体曼氏无针乌贼胴长/胴宽的比较

Fig. 4 Comparison of mantle length and width ratio of *S. japonica* in different wild populations

晓东等^[13]的调查研究的莆田群体腕式相一致;但上述4个地理群体乌贼的腕式均与2007年张建设^[14]报道的曼氏无针乌贼养殖群体的腕式($2 < 3 < 1 < 4$)不一致。该研究结果发现4个不同地理群胴长/胴宽比值存在差异,各群体胴长与胴宽的比值为1.31~1.59,与董正之^[15]关于我国沿海该种乌贼胴体长是宽的2倍的结论基本保持一致,与NESIS^[16]胴体宽是长的30%左右的报道不一致。

3.2 形态学指标在不同地理群体划分中的作用 形态学指标作为一种传统的标记方法,一直广泛应用于物种的群体划分中。高天翔等^[17]运用5个分节特征和15个量度特征对青鳞小沙丁鱼(*Sardinella zunasi*)的青岛、舟山以及日本爱知、香川4个群体进行了比较,发现4个群体间存在一定程度的分化,中、日群体间有明显的差异,且其分布存在着一定程度的南北或东西的地理变化。郑晓东等^[13]对4个不同地理群

体的曼氏无针乌贼的角质颚的上颚进行观察和测量,发现冠部长b/头盖长a可作为一种遗传标记,区分不同种群。这在种群资源管理上具有重要的意义。李倩等^[18]采用传统形态学数据对黄河鲤鱼、野生四鼻须鲤鱼、养殖四鼻须鲤鱼和吴淞江苏州段鲤鱼的形态差异和种系关系进行了研究,为四鼻须鲤鱼这一珍贵鲤鱼品系的提纯复壮提供了理论依据。近年来,通过分析生物耳石微化学组成来鉴定海洋生物种群已成为一种新兴手段^[19]。ARGUELLES等^[20]根据秘鲁海域茎柔鱼(*Dosidicus gigas*)外部形态特征参数以及耳石轮纹结构等分析种群间的关系,推测出秘鲁海域茎柔鱼存在春夏季和秋冬季两个产卵种群。CHEN等^[21]根据耳石形态特征的显著性差异划分出北太平洋柔鱼(*Ommastrephes bartramii*)存在东北太平洋柔鱼和西北太平洋柔鱼两个不同的地理种群。该试验中海螺蛳壳长和壳高在4个不同地理群体间均存在显著差异。由于该试验中采集样品数量有限,今后可以在采集大量样品的情况下分析海螺蛳的壳长、壳宽和壳高之间的相关性,进而开发出一种新的基于海螺蛳的种群划分方法。

参考文献

- [1] 费鸿年,张诗全. 水产资源学[M]. 北京:中国科技出版社,1990: 87-112.
- [2] 杨军山,陈毅峰. 副沙鲛属的多变量形态分析[J]. 动物分类学报,2004, 29(1):10-16.
- [3] 孙秀俊,杨爱国,刘志鸿,等. 2种柄壳类扇贝的形态学指标比较分析[J]. 安徽农业科学,2008,36(23):10008-10010,10160.
- [4] 董正之. 中国动物志软体动物门头足纲[M]. 北京:科学出版社,1988:113.
- [5] 吴常文,赵淑江,徐蝶娜. 舟山渔场针乌贼(*Sepia andreaana*)的生物学特性及其渔场分布变迁[J]. 海洋与湖沼,2006,37(3):231-237.
- [6] 梁君,王伟定,徐汉祥,等. 曼氏无针乌贼荧光染色标志方法研究[J]. 水产学报,2013,27(6):864-870.
- [7] 常抗美,吴常文,吕振明,等. 曼氏无针乌贼增殖开发与利用的研究进展[J]. 中国水产,2008(3):55-56.

(下转第25页)

样性指数、均匀度指数和丰富度指数最高的均为哈尔滨太平污水处理厂(TP),最低的均为海南白沙门污水处理厂(BS)(表4)。

表4 不同污水厂尾水水样细菌种群的多样性指数比较

Table 4 Comparison of the diversity indices of bacteria population in different tail water samples from various sewage treatment plants

| 污水厂 Sewage treatment plants | 多样性指数(H') Diversity index | 均匀度(J) Evenness index | 丰富度(R) Richness index |
|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| TP | 1.915 6 | 0.921 2 | 1.924 4 |
| CB | 1.753 8 | 0.901 3 | 1.541 7 |
| BS | 1.663 9 | 0.855 1 | 1.402 9 |

2.4 不同污水厂尾水水样中细菌种群的聚类分析 从表5和图2可以看出,哈尔滨太平污水处理厂(TP)与常州城北污水处理厂(CB)的细菌种群相似性系数为0.800 0,哈尔滨太平污水处理厂(TP)与海南白沙门污水处理厂(BS)的细菌种群相似性系数为0.666 7,海南白沙门污水处理厂(TP)与常州城北污水处理厂(CB)的细菌种群相似性系数为0.714 3。根据 Jaccard 相似性系数原理,哈尔滨太平污水处理厂(TP)与常州城北污水处理厂(CB)的细菌

表5 不同污水厂尾水水样中细菌种群的相似性系数

Table 5 Similarity coefficient of bacterial population in different tail water samples from various sewage treatment plants

| 污水厂 Sewage treatment plants | TP | CB | BS |
|-----------------------------|---------|---------|---------|
| TP | 1.000 0 | | |
| CB | 0.800 0 | 1.000 0 | |
| BS | 0.666 7 | 0.714 3 | 1.000 0 |

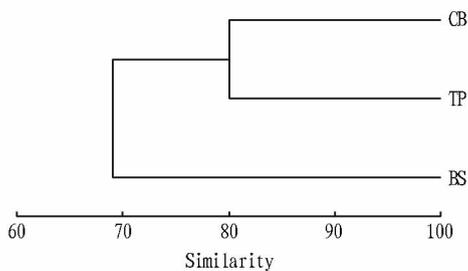


图2 不同污水厂尾水水样中细菌种群的聚类分析结果

Fig.2 Clustering analysis result of bacterial population in different tail water samples from various sewage treatment plants

种群为极相似,海南白沙门污水处理厂(BS)与哈尔滨太平污水处理厂(TP)、常州城北污水处理厂(CB)的细菌种群为中等相似。

3 结论

笔者利用传统的微生物培养方法对城市污水厂(哈尔滨太平污水处理厂、常州城北污水处理厂、海南白沙污水处理厂)尾水中的细菌群落结构进行了分析,得出以下结论:

(1)哈尔滨太平污水处理厂(TP)尾水的细菌总数最高,常州城北污水处理厂(CB)尾水的细菌总数最少,推测常州城北污水处理厂(CB)的尾水处理工艺更先进,更加符合污水的排放标准。

(2)对细菌的群落结构解析表明,不同尾水样品的细菌群落结构存在较大差异,芽孢杆菌属(*Bacillus*)和不动杆菌属(*Acinetobacter*)是以上3个污水处理厂的共有菌属,在常州城北污水处理厂(CB)尾水中检测出生丝微菌属和红假单胞菌属,对于提高水质和净化效果都有积极作用。

(3)3个污水处理厂尾水多样性指数、均匀度指数和丰富度指数最高的均为哈尔滨太平污水处理厂(TP)尾水中细菌群落,最低的均为海南白沙门污水处理厂(BS)尾水中细菌群落。

(4)聚类分析结果表明,哈尔滨太平污水处理厂(TP)与常州城北污水处理厂(CB)的细菌种群为极相似,海南白沙门污水处理厂(BS)与哈尔滨太平污水处理厂(TP)、常州城北污水处理厂(CB)的细菌种群为中等相似。

参考文献

- [1] CONSTANZA R, D'ARCE R, DE GROOT R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. *Nature*, 1997, 387: 253-260.
- [2] MARSH T L, LIU W T, FORNEY L J. Beginning a molecular analysis of the eukaryal community in the activated sludge [J]. *Water science & technology*, 1998, 37(4/5): 455-460.
- [3] 徐冬英,何哲波.城市污水回用及其可持续发展[J]. *中国城市经济*, 2012(2): 332-333.
- [4] 王晓丹,李艳红.分子生物学方法在水体微生物生态研究中的应用[J]. *微生物学通报*, 2007, 34(4): 777-781.
- [5] 钱易,郝吉明,陈吉宁.环境科学与工程:王继明教授90寿辰庆贺文集[C].北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [6] 邢卉研,王继华,魏京焘.哈师大样地土壤微生物的分离及鉴定[J]. *哈尔滨师范大学自然科学学报*, 2014(3): 159-162.
- [7] R·E·布坎南, N·E·吉本斯.伯杰细菌鉴定手册[M]. 8版.北京:科学出版社,2000.
- [8] 张纪忠.微生物分类学[M].上海:复旦大学出版社,1990.
- [9] 王娜,吕国忠,孙晓东,等.烟草根际土壤真菌多样性的研究[J]. *菌物学报*, 2012, 31(6): 827-836.
- [10] 张锡辉,王爽,王慧,等.水厂处理工艺中的微生物群落结构特征研究[J]. *中国给水排水*, 2007, 23(13): 36-40.
- [11] 董正之.中国动物志:软体动物门 头足纲[M].北京:科学出版社,1988: 3-6, 14-15, 123-126.
- [12] NESIS K N. Cephalopods of the world[M]. USA: T. F. H Publications Inc USA, 1987: 27, 119.
- [13] 高天翔,杨天燕,中,日青鲷小沙丁鱼形态学比较分析[J]. *中国海洋大学学报*, 2008, 38(2): 201-206.
- [14] 李倩,凌去非,王磊,等.4个鲤鱼群体形态学差异研究[J]. *安徽农业科学*, 2011, 39(25): 15404-15405, 15419.
- [15] 孙连莲,贺伊莎,迟长风,等.头足类耳石结构分析及其应用的研究进展[J]. *浙江海洋学院学报(自然科学版)*, 2015, 34(5): 479-485.
- [16] ARGUELLES J, RODHOUSE P G, VILLEGAS P, et al. Age, growth and population structure of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* in Peruvian waters[J]. *Fisheries research*, 2001, 54(1): 51-61.
- [17] CHEN C S, CHIU T S. Variations of life history parameters in two geographical groups of the neon flying squid, *Ommastrephes bartramii*, from the North Pacific[J]. *Fisheries research*, 2003, 63(3): 349-366.

(上接第19页)

- [8] 常抗美,吴常文,吕振明,等.曼氏无针乌贼胚胎发育与人工育苗技术的研究[J]. *浙江海洋学院学报(自然科学版)*, 2009, 28(3): 257-263.
- [9] 常抗美,吴常文,吕振明,等.曼氏无针乌贼(*Sepiella maindroni*)野生及养殖群体的生化特征及其形成机制的研究[J]. *海洋与湖泊*, 2008, 39(2): 145-151.
- [10] 张建设,夏灵敏,迟长风,等.人工养殖曼氏无针乌贼(*Sepiella maindroni*)繁殖生物学特性研究[J]. *海洋与湖泊*, 2011, 42(1): 55-59.
- [11] 夏灵敏,迟长风,吴常文,等.野生曼氏无针乌贼黑色卵膜主要营养成分分析[J]. *营养学报*, 2012, 34(5): 512-514.
- [12] 曹子豪,迟长风,刘慧慧,等.不同地理群体曼氏无针乌贼肌肉营养成分分析比较与评价[J]. *食品科学*, 2015, 36(4): 101-105.
- [13] 郑晓东,王如才,刘维青.华南沿海曼氏无针乌贼 *Sepiella maindroni* 表型变异研究[J]. *青岛海洋大学学报*, 2002, 32(5): 713-719.
- [14] 张建设.曼氏无针乌贼养殖生物学特性和血细胞免疫功能研究[D].厦门:厦门大学,2007.