

文章编号: 1674-5566(2018)04-0594-09

DOI:10.12024/jsou.20170902129

基于角质颚形态的东海 2 种常见乌贼类的种类判别

马迪¹, 金岳¹, 陈芃¹, 方舟^{1,2,3,4}, 陈新军^{1,2,3,4}, 陈峰⁵

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306; 2. 大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室, 上海 201306; 3. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306; 4. 农业部大洋渔业开发重点实验室, 上海 201306; 5. 浙江海洋水产研究所, 浙江舟山 316021)

摘要: 为了尝试利用角质颚对东海 2 种常见乌贼类种类进行判别, 根据 2015 年采集的 47 尾虎斑乌贼和 87 尾神户乌贼的角质颚, 采用主成分分析、逐步判别分析等方法对两种乌贼进行种类判别。结果表明, 在所有 12 个形态参数的比较中, 除了下头盖长/胴长, 虎斑乌贼和神户乌贼都存在极显著差异 ($P < 0.01$), 虎斑乌贼和神户乌贼角质颚在雌雄群体间均不存在显著差异 ($P > 0.05$)。采用逐步判别分析法对两种乌贼进行分类, 虎斑乌贼判别正确率为 95.7%, 神户乌贼为 94.3%, 总判别正确率为 94.8%。根据主成分分析结果, 以两种乌贼主成分特征值大于 1 的因子中, 负载值最高的形态参数比例指标构建判别函数, 虎斑乌贼的判别正确率为 83.0%, 神户乌贼为 83.9%, 总判别正确率为 83.6%。分雌雄对两种乌贼进行分类判别, 雄性的总判别正确率为 93.8%, 雌性为 96.6%。研究认为, 乌贼类角质颚形态同样可用于种类判别。

关键词: 虎斑乌贼; 神户乌贼; 角质颚形态; 东海

中图分类号: S 917 **文献标志码:** A

虎斑乌贼 (*Sepia pharaonic*) 和神户乌贼 (*Sepia kobeensis*) 均属头足纲 (Cephalopoda), 鞘亚纲 (Coleoidea), 乌贼目 (Sepioidea), 乌贼亚目 (Sepiida), 乌贼科 (Sepiidae)、乌贼属 (*Sepia*)^[1]。2015 年我国乌贼类的产量占近海头足类总产量的 22.40%, 仅次于枪乌贼 (Loliginid), 产量较 2014 年增加了 7.61%, 增长幅度为历年最大^[2]。严利平等根据 2000 年和 2001 年底拖网的调查资料, 分析了东海经济乌贼类的资源与分布情况, 结果显示, 神户乌贼和金乌贼 (*Sepia esculenta*) 为资源最丰富的种类^[3]。郑玉水等研究表明, 东海经济乌贼类主要包括金乌贼、神户乌贼和虎斑乌贼等^[4]。目前, 已有学者对虎斑乌贼的繁殖^[5-6]、环境因子对虎斑乌贼幼体的影响^[7-8]、虎斑乌贼的人工养殖^[9] 等方面进行了研究。以往对头足类中乌贼科的分类或根据内壳的形状、比例, 或根据漏斗锁的形状, 或根据特殊的体色、斑点, 或根据吸盘数量, 或根据腕长、腕式等等^[1]。在保

证样本新鲜、完整的情况下, 能够有效地对其进行分类与鉴定。但我国近海所捕获的乌贼科种类, 由于网具等因素, 较难做到这一点, 另外在分析头足类捕食者的胃含物时也无法满足这些要求。目前, 角质颚被越发广泛应用在头足类的分类与鉴定中, WOLFF^[10] 从太平洋采集获取了 18 种头足类, 利用方差分析等方法研究了它们的角质颚, 并依据不同种类角质颚的区别对各种类进行了分类。刘必林等^[11] 对 5 种近海常见经济头足类利用逐步判别和主成分分析法对其角质颚进行判别分析。因此, 本文根据东海海域的虎斑乌贼和神户乌贼的角质颚形态特征, 进行种类判别, 以期对近海头足类资源的开发和管理提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 材料来源

研究样本为 2015 年委托浙江省海洋水产研

收稿日期: 2017-09-10 修回日期: 2018-04-24

基金项目: 国家自然科学基金(41476129, 41276156)

作者简介: 马迪(1991—), 男, 硕士研究生, 研究方向为渔业资源。E-mail: 1694582064@qq.com

通信作者: 陈新军, E-mail: xjchen@shou.edu.cn

究所从事东海渔业资源监测网采集,分别获得 47 尾虎斑乌贼(雄性 18 尾,雌性 29 尾)和 87 尾神户乌贼(雄性 47 尾,雌性 30 尾,无法鉴定性别 10 尾)。

1.2 生物学测定、角质颚测量及照片处理

将样本解冻后,测定其胴长(mantle length, ML)、体质量(body weight, BW),鉴定性别。胴长精确至 1 mm,体质量精确至 1 g。

用镊子取出位于口部的角质颚,放入 75% 的酒精溶液中清洗以去除杂质,使用游标卡尺(精度 0.01 mm)对角质颚形态进行测量。共测量上颚和下颚各 6 个数据^[11],分别为上头盖长(upper hood length, UHL)、上脊突长(upper crest length, UCL)、上喙长(upper rostrum length, URL)、上喙宽(upper rostrum width, URW)、上翼长(upper wing length, UWL)、上侧壁长(upper lateral wall length, ULWL)、下头盖长(lower hood length, LHL)、下脊突长(lower crest length, LCL)、下喙长(lower rostrum length, LRL)、下喙宽(lower rostrum width, LRW)、下翼长(lower wing length, LWL)、下侧壁长(lower lateral wall length, LLWL)^[12]。

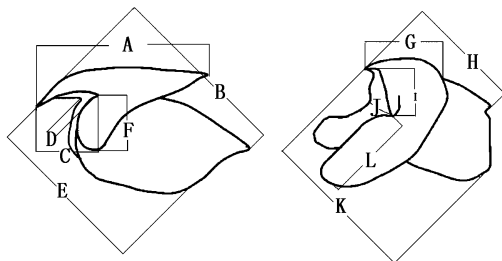


图 1 角质颚形态参数测量图

Fig. 1 Schematic diagram of beak morphometric variables measurements

A: 上头盖长, B: 上脊突长, C: 上喙长, D: 上喙宽, E: 上侧壁长, F: 上翼长, G: 下头盖长, H: 下脊突长, I: 下喙长, J: 下喙宽, K: 下侧壁长, L: 下翼长

A: upper hood length (UHL), B: upper crest length (UCL), C: upper rostrum length (URL), D: upper rostrum width (URW), E: upper lateral wall length (ULWL), F: upper wing length (UWL); G: lower hood length (LHL), H: lower crest length (LCL), I: lower rostrum length (LRL), J: lower rostrum width (LRW), K: lower lateral wall length (LLWL), L: lower wing length (LWL)

1.3 数据分析

(1) 不同种类不同性别角质颚的比较。对两种乌贼的角质颚 12 项形态参数进行均数差异性

检验;分别对虎斑乌贼、神户乌贼的雌雄个体的 12 项角质颚参数进行均数差异性检验。

(2) 主成分分析。对两种乌贼 12 项角质颚形态参数进行主成分分析,找出能够表征角质颚主要特征的形态参数,并和胴长建立关系。

(3) 稳定指标的比较。对虎斑乌贼和神户乌贼角质颚各部分形态参数的比值,按照胴长进行分组后,进行组间单因素方差分析,筛选出不受生长影响的稳定性指标。比较两种枪乌贼共有的稳定指标,找出差异性显著的比值。

(4) 两种乌贼的判别分析。分别利用逐步判别分析和基于主成分分析结果的判别分析对两种乌贼进行分类。

所有统计分析均在 SPSS 19.0 软件中处理完成。

2 结果

2.1 角质颚形态差异

由表 1 可见,神户乌贼角质颚的各项形态参数的平均值都要小于虎斑乌贼。而将角质颚各项形态参数除以胴长进行标准化后,神户乌贼的形态参数比例指标均值略大于虎斑乌贼(表 2)。

由均数差异假设检验结果可以看出(表 3),在所有 12 个形态参数指标比例的比较中,除了下头盖长/胴长(LHL/ML),虎斑乌贼和神户乌贼都存在极显著差异($P < 0.01$)。分别对两种乌贼不同性别个体进行角质颚形态参数比例指标的均数差异假设检验,可以看出,虎斑乌贼除了下脊突长/胴长(LCL/ML)和下侧壁长/胴长(LLWL/ML)外,其他角质颚形态参数指标比例都不存在显著差异($P > 0.05$);神户乌贼所有 12 项角质颚形态参数比例指标都不存在显著差异($P > 0.05$)。

2.2 主成分分析结果

对两种乌贼角质颚形态参数比例指标进行主成分分析,不同种类的形态参数比例指标中,取特征值大于 1 为主成分,结合碎石图,分析结果表明:虎斑乌贼为 3 个因子;神户乌贼为 2 个因子。并对所有因子负荷进行最大方差旋转。

虎斑乌贼第一主成分因子中载荷系数最大为 LCL,为 0.838。第二主成分因子中载荷系数最大为 UCL,为 0.684。第三主成分因子载荷系数最大为 URL,为 0.752(表 4)。

神户乌贼第一主成分因子中载荷系数最大 最大为 LRW, 为 0.680(表 5)。为 UCL, 为 0.928。第二主成分因子中载荷系数

表 1 神户乌贼和虎斑乌贼角质颚形态参数值

Tab.1 Beak morphological parameters of *Sepia kobeensis* and *Sepia pharaonic*

形态参数 Morphologic parameters	虎斑乌贼 <i>Sepia pharaonic</i>			神户乌贼 <i>Sepia kobeensis</i>		
	最大值/mm Maximum	最小值/mm Minimum	平均值/mm Average	最大值/mm Maximum	最小值/mm Minimum	平均值/mm Average
上头盖长 UHL	15.10	8.89	12.20	11.15	7.30	9.15
上脊突长 UCL	19.55	13.26	16.16	13.84	9.51	11.62
上喙长 URL	4.86	2.42	3.72	3.48	1.98	2.65
上喙宽 URW	4.26	2.05	3.07	3.30	1.71	2.72
上侧壁长 ULWL	15.77	10.41	13.27	10.97	6.33	9.03
上翼长 UWL	6.87	3.61	5.30	4.83	2.27	3.93
下头盖长 LHL	6.43	3.47	5.06	4.22	2.36	3.29
下脊突长 LCL	12.26	7.63	9.88	8.32	5.64	6.92
下喙长 LRL	3.97	1.82	2.96	3.17	1.46	2.24
下喙宽 LRW	5.94	1.77	3.31	3.62	1.41	2.83
下侧壁长 LLWL	15.26	10.02	12.36	9.91	6.74	8.52
下翼长 LWL	11.54	6.35	9.23	8.36	5.54	6.80

表 2 虎斑乌贼和神户乌贼角质颚形态参数比例指标均值

Tab.2 Average beak morphologic ratio index of *Sepia kobeensis* and *Sepia pharaonic*

形态参数比例指标 Morphologic ratio index	虎斑乌贼 <i>Sepia pharaonic</i>		神户乌贼 <i>Sepia kobeensis</i>	
	雌性 Female	雄性 Male	雌性 Female	雄性 Male
上头盖长/胴长 UHL/ML	0.10	0.10	0.12	0.12
上脊突长/胴长 UCL/ML	0.14	0.13	0.16	0.15
上喙长/胴长 URL/ML	0.03	0.03	0.04	0.03
上喙宽/胴长 URW/ML	0.03	0.03	0.04	0.04
上侧壁长/胴长 ULWL/ML	0.11	0.11	0.12	0.12
上翼长/胴长 UWL/ML	0.05	0.04	0.05	0.05
下头盖长/胴长 LHL/ML	0.04	0.04	0.04	0.04
下脊突长/胴长 LCL/ML	0.09	0.08	0.09	0.09
下喙长/胴长 LRL/ML	0.03	0.02	0.03	0.03
下喙宽/胴长 LRW/ML	0.03	0.03	0.04	0.04
下侧壁长/胴长 LLWL/ML	0.11	0.10	0.12	0.11
下翼长/胴长 LWL/ML	0.08	0.08	0.09	0.09

表 3 均数差异假设检验结果

Tab.3 Results of hypothesis test of means' difference

形态参数指标比例 Morphologic ratio index	P 值 不同种比较 Comparison between different species	P Value 同一种不同性别比较 Comparison between different genders in the same species	
		虎斑乌贼 <i>Sepia pharaonic</i>	神户乌贼 <i>Sepia kobeensis</i>
	上头盖长/胴长 UHL/ML	0.000	0.053
上脊突长/胴长 UCL/ML	0.000	0.171	0.143
上喙长/胴长 URL/ML	0.000	0.465	0.085
上喙宽/胴长 URW/ML	0.000	0.755	0.115
上侧壁长/胴长 ULWL/ML	0.000	0.430	0.266
上翼长/胴长 UWL/ML	0.000	0.250	0.250
下头盖长/胴长 LHL/ML	0.065	0.375	0.094
下脊突长/胴长 LCL/ML	0.000	0.002	0.451
下喙长/胴长 LRL/ML	0.000	0.768	0.368
下喙宽/胴长 LRW/ML	0.000	0.647	0.135
下侧壁长/胴长 LLWL/ML	0.000	0.037	0.153
下翼长/胴长 LWL/ML	0.000	0.523	0.492

表 4 虎斑乌贼角质颚主成分分析
Tab. 4 Principal component analysis for
beak of *Sepia pharaonic*

形态参数 Morphologic parameters	1	2	3
上头盖长 UHL	0.734	0.231	-0.071
上脊突长 UCL	0.439	0.684	0.166
上喙长 URL	0.371	-0.275	0.752
上喙宽 URW	0.564	-0.457	0.392
上侧壁长 ULWL	0.362	0.597	-0.038
上翼长 UWL	0.561	-0.204	-0.246
下头盖长 LHL	0.824	-0.090	-0.124
下脊突长 LCL	0.838	0.082	-0.295
下喙长 LRL	0.465	-0.647	0.060
下喙宽 LRW	0.617	-0.502	-0.337
下侧壁长 LLWL	0.671	0.312	-0.044
下翼长 LWL	0.486	0.402	0.392
特征值 Eigenvalue	4.297	2.149	1.188
方差贡献率/% Variance contribution	35.812	17.906	9.901
累计贡献率/% Cumulative variance contribution	35.812	53.718	63.619

表 5 神户乌贼角质颚主成分分析
Tab. 5 Principal component analysis for
beak of *Sepia kobeensis*

形态参数 Morphologic parameters	1	2
上头盖长 UHL	0.921	-0.219
上脊突长 UCL	0.928	-0.209
上喙长 URL	0.651	0.041
上喙宽 URW	0.736	0.512
上侧壁长 ULWL	0.896	-0.118
上翼长 UWL	0.771	0.362
下头盖长 LHL	0.798	-0.285
下脊突长 LCL	0.892	-0.326
下喙长 LRL	0.688	0.469
下喙宽 LRW	0.601	0.680
下侧壁长 LLWL	0.925	-0.145
下翼长 LWL	0.750	-0.347
特征值 Eigenvalue	7.757	1.511
方差贡献率/% Variance contribution	64.644	12.595
累计贡献率/% Cumulative variance contribution	64.644	77.239

2.3 稳定性指标

对虎斑乌贼和神户乌贼角质颚的形态参数比值按照胴长分组后进行组间单因素方差分析。根据单因素方差分析的结果,探究角质颚各部分形态参数比值随胴长增长的变化规律,筛选出不受生长影响的稳定性指标。

虎斑乌贼上颚所有比值在不同胴长间均不

存在显著差异($P > 0.05$),可全部视为不受生长影响的稳定性指标;下颚所有比值在不同胴长间均不存在显著差异($P > 0.05$),也可全部视为不受生长影响的稳定性指标。

神户乌贼上颚除了上喙长/上喙宽(URL/URW)和上喙长/上翼长(URL/UWL)外,其他比值在不同胴长间均不存在显著差异($P > 0.05$),可视为不受生长影响的稳定性指标;下颚除了下头盖长/下侧壁长(LHL/LLWL)外,其他比值在不同胴长间均不存在显著差异($P > 0.05$),可视为不受生长影响的稳定性指标。

对两种乌贼上颚共有的稳定性指标进行差异性检验,发现上喙宽/上头盖长(URW/UHL)、上喙宽/上脊突长(URW/UCL)、上翼长/上侧壁长(UWL/ULWL)、上头盖长/上侧壁长(UHL/ULWL)、上脊突长/上侧壁长(UCL/ULWL)、上喙长/上喙宽(URL/URW)、上喙宽/上侧壁长(URW/ULWL)和上喙宽/上翼长(URW/UWL)等 8 个比值在两种乌贼间存在极显著差异($P < 0.01$)。其中,虎斑乌贼稳定性指标的平均值分别为 URW/UHL = (0.253 4 ± 0.044 5), URW/UCL = (0.190 4 ± 0.032 0), UWL/ULWL = (0.401 9 ± 0.066 5), UHL/ULWL = (0.917 1 ± 0.103 4), UCL/ULWL = (1.216 5 ± 0.097 1), URL/URW = (1.227 6 ± 0.197 4), URW/ULWL = (0.230 8 ± 0.038 2), URW/UWL = (0.585 1 ± 0.111 6);神户乌贼稳定性指标的平均值分别为 URW/UHL = (0.297 7 ± 0.030 3), URW/UCL = (0.234 4 ± 0.024 1), UWL/ULWL = (0.438 1 ± 0.039 5), UHL/ULWL = (1.016 2 ± 0.058 6), UCL/ULWL = (1.290 5 ± 0.067 9), URL/URW = (0.977 2 ± 0.114 5), URW/ULWL = (0.302 2 ± 0.032 0), URW/UWL = (0.696 6 ± 0.066 9)。

对两种乌贼下颚共有的稳定性指标进行差异性检验,发现下喙长/下头盖长(LRL/LHL)、下喙宽/下头盖长(LRW/LHL)、下翼长/下头盖长(LWL/LHL)、下喙宽/下脊突长(LRW/LCL)、下头盖长/下脊突长(LHL/LCL)、下喙长/下喙宽(LRL/LRW)和下喙宽/下侧壁长(LRW/LLWL)等 7 个比值在两种乌贼间存在极显著差异($P < 0.01$)。其中,虎斑乌贼稳定性指标的平均值分别为 LRL/LHL = (0.589 6 ± 0.121 8), LRW/

LHL = (0.655 8 ± 0.210 4), LWL/LHL = (1.863 2 ± 0.287 1), LRW/LCL = (0.333 1 ± 0.106 9), LHL/LCL = (0.509 5 ± 0.049 6), LRL/LRW = (0.956 7 ± 0.251 3), LRW/LLWL = (0.269 4 ± 0.096 9); 神户乌贼稳定性指标的平均值分别为 LRL/LHL = (0.687 6 ± 0.112 8), LRW/LHL = (0.870 2 ± 0.154 1), LWL/LHL = (2.088 3 ± 0.222 9), LRW/LCL = (0.409 5 ± 0.064 8), LHL/LCL = (0.473 3 ± 0.033 1), LRL/LRW = (0.804 5 ± 0.109 4), LRW/LLWL = (0.332 8 ± 0.051 4)。

2.4 判别分析

2.4.1 两种乌贼间的判别

采用逐步判别分析法对两种乌贼进行分类。依据 Wilks' Lambda 法对 12 项参数值指标进行筛选,最终选择了上头盖长/胴长(UHL/ML),上喙长/胴长(URL/ML),上喙宽/胴长(URW/ML),下头盖长/胴长(LHL/ML),下侧壁长/胴长(LLWL//ML)和下翼长/胴长(LWL/ML)这 6 项变量因子对两种乌贼进行种类鉴别,所建立的判别方程如下。

虎斑乌贼为:

$$Y = 105.526UHL/ML + 294.853URL/ML - 31.916URW/ML + 1061.743LHL/ML + 623.331LLWL/ML + 271.494LWL/ML - 75.857$$

神户乌贼为:

$$Y = 476.427UHL/ML - 51.299URL/ML + 686.275URW/ML + 708.703LHL/ML + 387.663LLWL/ML + 382.603LWL/ML - 96.872$$

利用建立的判别方程进行种类判别,从表 6 可知,虎斑乌贼的判别正确率为 95.7%,神户乌贼判别率为 94.3%,总判别正确率为 94.8%。交叉验证的结果与初始判别相同。

根据主成分分析结果,以两种乌贼主成分特征值大于 1 的因子中负载值最高的形态参数比例指标下脊突长/胴长(LCL/ML),上喙长/胴长(URL/ML),下喙宽/胴长(LRW/ML)和上脊突长/胴长(UCL/ML)建立判别函数。

虎斑乌贼为:

$$Y = 688.292UCL/ML + 417.508URL/ML + 559.483LCL/ML + 98.117LRW/ML - 78.644$$

神户乌贼为:

$$Y = 841.342UCL/ML + 449.057URL/ML + 509.590LCL/ML + 256.852LRW/ML - 102.879$$

利用建立的判别方程进行种类判别,初始判别分析认为,虎斑乌贼的判别正确率为 83.0%,神户乌贼的正确率为 85.1%,总正确率为 84.3%。交叉判别分析认为,虎斑乌贼的判别正确率为 83.0%,神户乌贼的正确率为 83.9%,总正确率为 83.6%(表 7)。

表 6 逐步判别法对虎斑乌贼和神户乌贼的判别正确率

Tab.6 The successful discrimination rate for *Sepia pharaonic* and *Sepia kobiensis* with discriminate analysis

逐步判别分析 SDA	种类 Species	种类 Species		总计 Total	正确率/% Accuracy
		虎斑乌贼 <i>Sepia pharaonic</i>	神户乌贼 <i>Sepia kobiensis</i>		
初始判别 Original result	虎斑乌贼 <i>Sepia pharaonic</i>	45	2	47	95.7
	神户乌贼 <i>Sepia kobiensis</i>	5	82	87	94.3
交叉验证 Cross-validation	虎斑乌贼 <i>Sepia pharaonic</i>	45	2	47	95.7
	神户乌贼 <i>Sepia kobiensis</i>	5	82	87	94.3

表 7 主成分分析法对虎斑乌贼和神户乌贼的判别正确率

Tab.7 The successful discrimination rate for *Sepia pharaonic* and *Sepia kobiensis* with principal component analysis

逐步判别分析 SDA	种类 Species	种类 Species		总计 Total	正确率/% Accuracy
		虎斑乌贼 <i>Sepia pharaonic</i>	神户乌贼 <i>Sepia kobiensis</i>		
初始判别 Original result	虎斑乌贼 <i>Sepia pharaonic</i>	39	8	47	83.0
	神户乌贼 <i>Sepia kobiensis</i>	13	74	87	85.1
交叉验证 Cross-validation	虎斑乌贼 <i>Sepia pharaonic</i>	39	8	47	83.0
	神户乌贼 <i>Sepia kobiensis</i>	14	73	87	83.9

2.4.2 同一性别两种乌贼的判别

采用逐步判别分析法对同一性别两种乌贼进行分类。依据 Wilks' Lambda 法对 12 项参数值指标进行筛选,最终选择了上喙宽/胴长 (URW/ML) 和下翼长/胴长 (LWL/ML) 两项变量因子对两种雌性乌贼进行种类鉴别,所建立的判别方程如下。

虎斑乌贼为: $Y = 1535.119URW/ML + 1065.732LWL/ML - 61.630$

神户乌贼为: $Y = 2236.231URW/ML + 237.320LWL/ML - 98.172$

利用建立的判别方程进行种类判别,初始判别分析认为,雌性虎斑乌贼的判别正确率为 100%,雌性神户乌贼判别率为 93.3%,总判别正确率为 96.6%。交叉验证的结果与初始判别相同。雌性虎斑乌贼的判别正确率为 100%,雌性神户乌贼判别率为 93.3%,总判别正确率为 96.6% (表 8)。

表 8 雌性虎斑乌贼和雌性神户乌贼的判别正确率

Tab. 8 The successful discrimination rate for female *Sepia pharaonic* and female *Sepia kobeiensis*

逐步判别分析 SDA	种类 Species	种类 Species		总计 Total	正确率/% Accuracy
		虎斑乌贼 <i>Sepia pharaonic</i>	神户乌贼 <i>Sepia kobeiensis</i>		
初始判别 Original result	虎斑乌贼 <i>Sepia pharaonic</i>	29	0	29	100.0
	神户乌贼 <i>Sepia kobeiensis</i>	2	28	30	93.3
交叉验证 Cross-validation	虎斑乌贼 <i>Sepia pharaonic</i>	29	0	29	100.0
	神户乌贼 <i>Sepia kobeiensis</i>	2	28	30	93.3

选择了上头盖长/胴长 (UHL/ML), 上喙长/胴长 (URL/ML), 上喙宽/胴长 (URW/ML) 和下头盖长/胴长 (LHL/ML) 4 项变量因子对两种雄性乌贼进行种类鉴别,所建立的判别方程如下。

虎斑乌贼为:

$Y = 479.609UHL/ML + 591.918URL/ML - 24.069URW/ML + 1400.576LHL/ML - 62.412$

神户乌贼为:

$Y = 783.494UHL/ML + 261.397URL/ML + 558.771URW/ML + 920.089LHL/ML - 82.488$

利用建立的判别方程进行种类判别,初始判别分析认为,雄性虎斑乌贼的判别正确率为 100%,雄性神户乌贼判别率为 93.6%,总判别正确率为 95.4%。交叉验证的结果与初始判别相似,雄性长蛸为 100%,雄性短蛸为 91.5%,总判别正确率为 93.8% (表 9)。

表 9 雄性虎斑乌贼和雄性神户乌贼的判别正确率

Tab. 9 The successful discrimination rate for male *Sepia pharaonic* and male *Sepia kobeiensis*

逐步判别分析 SDA	种类 Species	种类 Species		总计 Total	正确率/% Accuracy
		虎斑乌贼 <i>Sepia pharaonic</i>	神户乌贼 <i>Sepia kobeiensis</i>		
初始判别 Original result	虎斑乌贼 <i>Sepia pharaonic</i>	18	0	18	100.0
	神户乌贼 <i>Sepia kobeiensis</i>	3	44	47	93.6
交叉验证 Cross-validation	虎斑乌贼 <i>Sepia pharaonic</i>	18	0	18	100.0
	神户乌贼 <i>Sepia kobeiensis</i>	4	43	47	91.5

3 讨论与分析

对虎斑乌贼和神户乌贼角质颚形态参数进行比较发现,除以胴长进行标准化后的结果与原始结果相反,因此在处理角质颚形态参数时需要考虑生长差异对研究的影响。两种乌贼间的比较,差异十分显著,只有下头盖长/胴长 LHL/ML

差异不显著,说明虎斑乌贼和神户乌贼下头盖部分可能具有较高的相似程度,不易被区分开来。对虎斑乌贼和神户乌贼不同性别角质颚的比较发现,两种乌贼在雌雄间的差异较小,不需要分开进行后续分析。

通过主成分分析,发现虎斑乌贼角质颚的主成分因子分别是脊突部分 (LCL 和 UCL) 和喙部

(URL), 神户乌贼角质颚的主成分因子也分别是脊突部分(UCL)和喙部(LRW)。方舟等^[13]对北太平洋柔鱼的研究认为柔鱼角质颚的生长集中在脊突部分和侧壁部分, 然后才是喙部, 与本文结果有相似之处。

寻找在不同胴长组保持稳定的角质颚各部分的比值, 可以用来表征该种乌贼。杨林林等^[14]对东海太平洋褶柔鱼的角质颚进行研究, 发现上、下颚喙长/脊突长和头盖长/脊突长(RL/CL和HL/CL)的比值可以作为太平洋褶柔鱼角质颚长度特征的稳定性指标。杨林林等^[15]对东海火枪乌贼的角质颚进行研究, 发现上、下颚喙长/头盖长、喙长/脊突长和头盖长/脊突长(RL/HL、RL/CL和HL/CL)这3个比值范围波动较小, 均非常稳定, 不随胴长、体质量的变化而发生显著变化。再比较两种乌贼所共有的稳定比值, 找出差异性显著的部分, 用来区分两种乌贼。研究发现, 虎斑乌贼和神户乌贼的上喙宽/上头盖长(URW/UHL)、上喙宽/上脊突长(URW/UCL)、上翼长/上侧壁长(UWL/ULWL)、上头盖长/上侧壁长(UHL/ULWL)、上脊突长/上侧壁长(UCL/ULWL)、上喙长/上喙宽(URL/URW)、上喙宽/上侧壁长(URW/ULWL)、上喙宽/上翼长(URW/UWL)、下喙长/下头盖长(LRL/LHL)、下喙宽/下头盖长(LRW/LHL)、下翼长/下头盖长(LWL/LHL)、下喙宽/下脊突长(LRW/LCL)、下头盖长/下脊突长(LHL/LCL)、下喙长/下喙宽(LRL/LRW)和下喙宽/下侧壁长(LRW/LLWL)这十五个比例指标可以用来区别两种乌贼。

目前, 利用角质颚对头足类进行分类判别的研究中, 多采用逐步分析法进行判别^[16-20], 本研究发现, 利用逐步判别分析所得的判别正确率同样高于基于主成分结果的判别分析所得的正确率, 与前人结果相似。

分雌雄对两种乌贼进行分类判别, 雌性的判别正确率要高于不区分雌雄的结果, 而雄性的判别正确率要低于不区分雌雄的结果, 说明两种乌贼的角质颚在雄性群体间的差异性较雌性要小, 因此在区分两种乌贼时要格外注意雄性个体, 结合多种方法, 以降低错误率。

参考文献:

[1] 陈新军. 世界头足类[M]. 北京: 海洋出版社, 2009: 671.

CHEN X J. Cephalopod of the world[M]. Beijing: Ocean Press, 2009: 671.

[2] 农业部渔业渔政管理局. 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016: 49.

The Ministry of Agriculture Fishery and Fishery Administration. China fishery statistical yearbook [M]. Beijing: China agriculture Press, 2016: 49.

[3] 严利平, 李圣法, 凌建忠, 等. 东海区经济乌贼类资源结构和空间分布的分析[J]. 海洋科学, 2007, 31(4): 27-31.

YAN L P, LI S F, LING J Z, et al. Study on the resource alteration of commercial cuttlefish in the East China Sea[J]. Marine Sciences, 2007, 31(4): 27-31.

[4] 严利平, 李建生. 东海区经济乌贼类资源量评估[J]. 海洋渔业, 2004, 26(3): 189-192.

YAN L P, LI J S. Assessment of commercial cuttlefish biomass in the East China Sea[J]. Marine Fisheries, 2004, 26(3): 189-192.

[5] 陈道海, 王雁, 梁汉青, 等. 虎斑乌贼(*Sepia pharaonis*) 胚胎发育及孵化历期观察[J]. 海洋与湖沼, 2012, 43(2): 394-400.

CHEN D H, WANG Y, LIANG H Q, et al. Studies on the embryonic development and the hatching periods of *Sepia pharaonis*[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2012, 43(2): 394-400.

[6] 陈子末, 陈新军, 林东明, 等. 毛里塔尼亚外海乌贼的繁殖力特性研究[J]. 上海海洋大学学报, 2017, 26(4): 597-606.

CHEN Z M, CHEN X J, LIN D M, et al. The fecundity of common cuttlefish (*Sepia officinalis*) in the offshore area of Mauritania [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2017, 26(4): 597-606.

[7] 文菁, 曹观蓉, 李施颖, 等. 环境因子对虎斑乌贼幼体存活率及行为的影响[J]. 水产科学, 2011, 30(6): 321-324.

WEN J, CAO G R, LI S Y, et al. Effects of Environmental Factors on Survival and Behavior in Juvenile Cuttlefish *Sepia pharaonis*[J]. Fisheries Science, 2011, 30(6): 321-324.

[8] 刘建勇, 许光林, 简润超, 等. 温度对虎斑乌贼受精卵孵化及幼体存活的影响[J]. 广东海洋大学学报, 2010, 30(6): 87-90.

LIU J Y, XU G L, JIAN R C, et al. Effects of water temperature on fertilized egg hatch and larvae survival of *Sepia pharaonis* [J]. Journal of Guangdong Ocean University, 2010, 30(6): 87-90.

[9] 蒋霞敏, 罗江, 彭瑞冰, 等. 水泥池养殖条件下虎斑乌贼的生长特性[J]. 宁波大学学报(理工版), 2014, (2): 1-6.

JIANG X M, LUO J, PENG R B, et al. Growth characteristics of *Sepia pharaonis* under pond-culture [J]. Journal of Ningbo University (Natural Science & Engineering Edition), 2014, (2): 1-6.

- [10] WOLFF G A. Identification and estimation of size from the beaks of 18 species of cephalopods from the Pacific Ocean [R]. NOAA Technical Report NMFS, 1984, 17: 50.
- [11] 刘必林, 陈新军, 方舟, 等. 基于角质颚长度的头足类种类判别[J]. 海洋与湖沼, 2015, 46(6): 1365-1372.
LIU B L, CHEN X J, FANG Z, et al. Species identification of cephalopods based on beak morphometric variables [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2015, 46(6): 1365-1372.
- [12] FANG Z, LIU B L, LI J H, et al. Stock identification of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the North Pacific Ocean on the basis of beak and statolith morphology [J]. Scientia Marina, 2014, 78(2): 239-248.
- [13] 方舟, 陈新军, 陆化杰, 等. 北太平洋两个柔鱼群体角质颚形态及生长特征[J]. 生态学报, 2014, 34(19): 5405-5415.
FANG Z, CHEN X J, LU H J, et al. Morphology and growth of beaks in two cohorts for neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the North Pacific Ocean [J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(19): 5405-5415.
- [14] 杨林林, 姜亚洲, 刘尊雷, 等. 东海太平洋褶柔鱼角质颚的形态学分析[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2012, 42(10): 51-57.
YANG L L, JIANG Y Z, LIU Z L, et al. Variation analysis on partial morphometric measurements of beak of *Todarodes pacificus* inhabiting East China Sea [J]. Periodical of Ocean University of China, 2012, 42(10): 51-57.
- [15] 杨林林, 姜亚洲, 刘尊雷, 等. 东海火枪乌贼角质颚的形态特征[J]. 中国水产科学, 2012, 19(4): 586-593.
YANG L L, JIANG Y Z, LIU Z L, et al. Analysis of beak morphology of *Loligo beka* in the East China Sea [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2012, 19(4): 586-593.
- [16] 范江涛, 邱永松, 陈作志, 等. 南海鳶乌贼两个群体间角质颚形态差异分析[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2015, 45(10): 42-49.
FAN J T, QIU Y S, CHEN Z Z, et al. Morphological difference of the beak between two stocks of *Sthenoteuthis oualaniensis* inhabiting South China Sea [J]. Periodical of Ocean University of China, 2015, 45(10): 42-49.
- [17] MARTÍNEZ P, SANJUAN A, GUERRA A. Identification of *Illex coindetii*, *I. illecebrosus* and *I. argentinus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) throughout the Atlantic Ocean; by body and beak characters [J]. Marine Biology, 2002, 141(1): 131-143.
- [18] 方舟, 陈新军, 陆化杰, 等. 阿根廷滑柔鱼两个群体间耳石和角质颚的形态差异[J]. 生态学报, 2012, 32(19): 5986-5997.
FANG Z, CHEN X J, LU H J, et al. Morphological differences in statolith and beak between two spawning stocks for *Illex argentinus* [J]. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(19): 5986-5997.
- [19] 刘必林, 陈新军, 方舟, 等. 利用角质颚研究头足类的年龄与生长[J]. 上海海洋大学学报, 2014, 23(6): 930-936.
LIU B L, CHEN X J, FANG Z, et al. Study of age and growth of cephalopod using their beaks [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2014, 23(6): 930-936.
- [20] 胡贯宇, 陈新军, 方舟. 个体生长对秘鲁外海茎柔鱼角质颚形态变化的影响[J]. 水产学报, 2016, 40(1): 36-44.
HU G Y, CHEN X J, FANG Z. Effect of individual growth on beak morphometry of jumbo flying squid, *Dosidicus gigas* off the Peruvian Exclusive Economic Zone [J]. Journal of Fisheries of China, 2016, 40(1): 36-44.

Species identification of Sepioidea in the East China Sea based on beak morphology

MA Di¹, JIN Yue¹, CHEN Peng¹, FANG Zhou^{1,2,3,4}, CHEN Xinjun^{1,2,3,4}, CHEN Feng⁵

(1. College of Marine Sciences of Shanghai Ocean University Shanghai 201306, China; 2. The Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Shanghai Ocean University, Ministry of Education, Shanghai 201306, China; 3. National Engineering Research Center for Oceanic Fisheries, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 4. Key Laboratory of Oceanic Fisheries Exploration, Ministry of Agriculture, Shanghai 201306, China; 5. Marine Fisheries Research of Zhejiang, Zhoushan 316021, Zhejiang, China)

Abstract: Based on 50 samples of *Sepia pharaonic* and 100 samples of *Sepia kobeensis* collected in the East China Sea in 2015, the paper studied the species identification between *Sepia pharaonic* and *Sepia kobeensis* by principal component analysis and stepwise discriminate analysis. Results showed that there were highly significant differences in the 12 morphological parameters of beak between two species except LHL/ML. There were not significant differences between male and female in both species. The total successful discrimination rate for *Sepia pharaonic* and *Sepia kobeensis* by stepwise discriminate analysis was 94.8%. The total successful discrimination rate for *Sepia pharaonic* and *Sepia kobeensis* based on the result of principal component analysis was 83.6%. The total successful discrimination rate for male *Sepia pharaonic* and male *Sepia kobeensis* was 93.8%. The total successful discrimination rate for female *Sepia pharaonic* and female *Sepia kobeensis* attained 96.6%.

Key words: *Sepia pharaonic*; *Sepia kobeensis*; beak morphology; the East China Sea