

# 东、黄海黄鲈的摄食习性及其随发育的变化

贺舟挺 张亚洲 徐开达 金海卫

(浙江省海洋水产研究所, 舟山 316100)

**摘 要** 2008 年 5 月~2009 年 2 月, 对东、黄海 663 尾黄鲈的胃含物及其随发育的变化进行了研究。结果表明, 黄鲈摄取的食物有 120 余种, 主要食物类群为硬骨鱼类和长尾类, 主要食物种类有小黄鱼、短颌齿鱼、细条天竺鱼、发光鲷和带鱼。在黄海南部、东海北部和东南南部 3 个区域, 黄鲈的摄食强度变化不显著, 而食物组成具有显著差异; 体长在 45~650 mm 之间的 6 个体长组, 黄鲈的摄食强度变化也不显著, 但食物组成差别较大, 食物种类随黄鲈体长的增加有显著的变化。食物多样性指数、食物种类和食物重量范围都随体长的增加而变化。其食物组成的聚类分析结果将黄鲈的 6 个体长组分为两组, 一组体长小于 250 mm, 另一组体长大于 250 mm。

**关键词** 东海 黄海 黄鲈 摄食习性 发育 变化

**中图分类号** S932.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2012)02-0009-10

## Feeding habits and ontogenetic variation of *Lophius litulon* in East China Sea and Yellow Sea

HE Zhou-ting ZHANG Ya-zhou XU Kai-da JIN Hai-wei

(Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang Province, Zhoushan 316100)

**ABSTRACT** *Lophius litulon* is an important benthic fish species which distributes in the northwest Pacific. From May 2008 to February 2009, a total of 663 *L. litulon* samples at body lengths of 45 ~ 650 mm were collected from the East China Sea and the Yellow Sea. Based on the stomach content analysis, feeding habits and ontogenetic variation of *L. litulon* were investigated by chi-squared test, one-way ANOVA test, and cluster analysis. More than 120 species of prey were ingested by *L. litulon*. Osteichthyes and Natantia were the major important prey groups. At species level, the dominant preys were *Pseudosciaena polyactis*, *Champsodon capensis*, *Apogonichthys lineatus*, *Acropoma japonicum*, and *Trichiurus haumela*. No significant difference was found for feeding intensity between different regions or different size-groups, but the diet composition was significantly different among three regions in ingestion of Osteichthyes and Natantia, and significant ontogenetic differences among the ingestion of *Crangon affinis*, *Palaemon gravieri*, *A. japonicum*, *P. polyactis*, and *T. haumela*. Cluster analysis on ontogenetic variation revealed two major groups, one group consisting of *L. litulon* at body lengths shorter than 250 mm, the other group at BL longer than 250 mm. The food diversity index, diet

composition, and food weight of prey species varied with the increasing of body length. Thus, it can be concluded that ontogenetic diet composition variation follows the “optimal foraging theory”.

**KEY WORDS** East China Sea Yellow Sea *Lophius litulon* Feeding habits  
Ontogenetic Variation

黄鮟鱇 *Lophius litulon* 隶属鮟鱇目、鮟鱇科、鮟鱇属,俗称老头鱼、海哈蟆等。它是一种底栖鱼类,广泛分布于黄海和东海(徐开达等 2010)。20世纪80年代之前,被作为无重要经济价值的低贱鱼处理,目前黄鮟鱇已成为被开发利用的对象。

鱼类食性研究是阐述海洋生态系统结构和功能的基础(殷名称等 1995)。黄鮟鱇性凶猛,生长迅速,在东、黄海主要鱼类食物网中所处营养等级最高(梁振林等 2000)。关于黄鮟鱇食性的研究,有国外学者(Cha *et al.* 1997;小坂昌也 1966)对其摄食生态的初步研究,但取样范围较小。国内学者(薛莹等 2005、2010;张学健等 2010)对黄鮟鱇的食性也作过研究,但仅局限于黄海。为此,作者对东、黄海黄鮟鱇的摄食习性及其随发育的变化作了较详细的研究,旨在为黄鮟鱇资源的可持续利用提供科学管理的依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 样本收集与分析

本研究所采集的黄鮟鱇样品主要来自于“东海区主要渔场重要渔业资源的调查与评估”课题的定点底拖网调查渔获,计354尾,补充样品309尾,调查时间为2008年5月(春)、8月(夏)、11月(秋)和2009年2月(冬),取样海域覆盖黄海南部、东海北部和东海南部(图1),共取得样品663尾。

将收集的样品经生物学测定后,取出其胃置于塑料封口袋中进行低温保存。胃含物分析在实验室进行,先用吸水纸吸去胃表面的水分,在分度值为0.001 g的电子天秤上测定胃的总重,然后鉴别食物种类并计数。在吸去表面的水分后,测得空胃和胃含物的重量,部分胃含物由于已消化或只剩残骸,采用更正重量计算。

### 1.2 数据处理

黄鮟鱇的摄食强度用空胃率和胃饱满指数来描述(窦硕增等 1992);食物的重要性用相对重要性指数百分比(%IRI)表示(Rosecchi *et al.* 1987);食物多样性指数用Shannon-Weaver多样性指数  $H$  来表示(Brodeur *et al.* 1992),所采用的计分比例为相对重要性指数百分比%IRI,各参数公式如下:

$$\text{空胃率}(\%) = (\text{空胃数} / \text{总胃数}) \times 100$$

$$\text{胃饱满指数}(\%) = (\text{食物团实际重量} / \text{去内脏体重}) \times 1000$$

$$\text{出现频率}(F\%) = (\text{含有该成分的实胃数} / \text{总胃数}) \times 100$$

$$\text{重量百分比}(W\%) = (\text{该成分的实际重量} / \text{食物团实际重量}) \times 100$$

$$\text{个数百分比}(N\%) = (\text{该成分的个数} / \text{食物团饵料生物总个数}) \times 100$$

$$\text{相对重要性指数}(\%IRI) = (IRI / \sum IRI) \times 100, \text{其中 } IRI = (W\% + N\%) \times F\%$$

$$\text{食物多样性指数 } H = - \sum (\%IRI_i) \ln(\%IRI_i)$$

本研究应用SPSS 18.0软件中的列联表卡方检验食物种类和空胃率的变化,其中检验食物种类时所用的指标为出现频率  $F\%$ ;单因素方差分析检验平均胃饱满指数的变化,作方差分析前先将数据作对数转换,以满

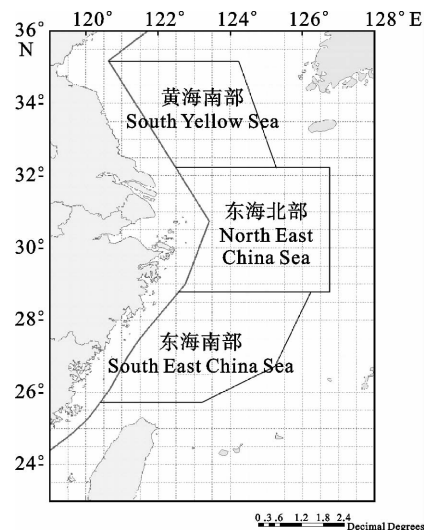


图1 黄鮟鱇的取样海区

Fig.1 Location of sampling area

足方差齐性的要求(Zar *et al.* 1984)。应用 Primer V5 软件进行聚类分析,研究不同体长组黄鮟鱇食物组成的相似性,选择的指标为 IRI。分析前先将 IRI 作平方根转换,以便对稀有种给予不同程度的加权,所用的指标间距离为欧氏距离(Euclidean distance)(李春喜等 2005;周红等 2003)。

## 2 结果

### 2.1 黄鮟鱇的摄食习性

在采集的 663 尾黄鮟鱇样品中,来自黄海南部的有 202 尾、东海北部 388 尾、东海南部 73 尾。胃含物分析结果表明,黄鮟鱇摄取的食物包括硬骨鱼类(42 科、66 属、77 种)、长尾类(8 科、15 属、22 种)、头足类(7 科、7 属、11 种)、短尾类(3 科、5 属、8 种)等,共计 13 大类、120 多种(表 1)。主要以硬骨鱼类(黄海南部:%IRI=51.92%;东海北部:%IRI=84.72%;东海南部:%IRI=87.24%)和长尾类(黄海南部:%IRI=37.66%;东海北部:%IRI=10.77%;东海南部:%IRI=1.39%)为主,其余类群有头足类(黄海南部:%IRI=3.77%;东海北部:%IRI=2.16%;东海南部:%IRI=8.50%)和毛颚类(黄海南部:%IRI=6.11%)。

表 1 东、黄海黄鮟鱇的食物组成

Table 1 The food composition of *L. litulon* in East China Sea and Yellow Sea

种类 Groups and species	黄海南部		东海北部		东海南部	
	South Yellow Sea		North East China Sea		South East China Sea	
	F%	IRI%	F%	IRI%	F%	IRI%
头足类 Cephalopoda	24.72	3.77	22.89	2.16	30.00	8.50
多钩钩腕乌贼 <i>Abralia multihamata</i>	/	/	/	/	3.33	0.55
太平洋褶柔鱼 <i>Todarodes pacificus</i>	2.25	1.68	1.20	0.04	/	/
剑尖枪乌贼 <i>Loligo edulis</i>	/	/	/	/	10.00	5.27
剑尖枪乌贼(亚种) <i>Loligo edulis budo</i>	/	/	/	/	3.33	0.51
日本枪乌贼 <i>Loligo japonica</i>	4.49	0.72	1.81	0.06	/	/
神户枪乌贼 <i>Loligo kobeensis</i>	/	/	/	/	6.67	1.18
枪乌贼属 <i>Loligo</i> sp.	/	/	6.63	0.94	/	/
金乌贼 <i>Sepia esculenta</i>	2.25	0.08	/	/	/	/
朴氏乌贼 <i>Sepia prashadi</i>	/	/	/	/	3.33	0.82
双喙耳乌贼 <i>Sepiolo birostrata</i>	5.62	0.31	1.20	0.01	/	/
耳乌贼科 Sepiolidae gen sp.	8.99	0.97	9.64	1.06	/	/
船蛸 <i>Argonauta argo</i>	/	/	0.60	0.01	/	/
短蛸 <i>Octopus ocellatus</i>	/	/	1.20	0.03	/	/
不可辨认头足类 Unidentified cephalopoda	1.12	0.01	0.60	0.01	3.33	0.16
长尾类 Macrura	69.66	37.66	84.94	10.77	13.33	1.39
高脊管鞭虾 <i>Solenocera alticarinata</i>	/	/	1.81	0.04	/	/
中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i>	/	/	11.45	3.06	/	/
凹管鞭虾 <i>Solenocera koelbeli</i>	/	/	0.60	0.002	3.33	0.23
大管鞭虾 <i>Solenocera melantha</i>	/	/	2.41	0.05	/	/
须赤虾 <i>Metapenaeopsis barbata</i>	1.12	0.01	7.83	2.60	/	/
戴氏赤虾 <i>Metapenaeopsis dalei</i>	2.25	0.07	9.04	0.83	3.33	0.18
长角赤虾 <i>Metapenaeopsis longirostris</i>	/	/	0.60	0.003	/	/
周氏新对虾 <i>Metapenaeus joyneri</i>	1.12	0.01	/	/	/	/

续表 1

种类 Groups and species	黄海南部		东海北部		东海南部	
	South Yellow Sea		North East China Sea		South East China Sea	
	F%	IRI%	F%	IRI%	F%	IRI%
哈氏仿对虾 <i>Parapenaeopsis hardwickii</i>	/	/	4.82	0.20	/	/
细巧仿对虾 <i>Parapenaeopsis tenella</i>	1.12	0.01	7.23	0.48	/	/
假长缝拟对虾 <i>Parapenaeus fissuroides</i>	4.49	2.15	3.01	0.21	/	/
鹰爪虾 <i>Trachypenaeus curvirostris</i>	5.62	1.14	7.23	0.74	/	/
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	/	/	/	/	3.33	0.46
细螯虾 <i>Leptochela gracilis</i>	3.37	0.11	1.81	0.08	/	/
葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	17.98	16.89	3.61	0.15	/	/
鲜明鼓虾 <i>Alpheus distinguendus</i>	/	/	1.81	0.02	/	/
日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>	/	/	2.41	0.05	/	/
滑脊等尾虾 <i>Heterocarpoides laeovicarina</i>	/	/	4.82	0.19	/	/
东海红虾 <i>Plesionika izumiae</i>	/	/	12.05	2.03	/	/
脊腹褐虾 <i>Crangon affinis</i>	30.34	17.23	1.20	0.01	/	/
拉氏疣褐虾 <i>Pontocaris lacazei</i>	/	/	0.60	0.002	/	/
九齿扇虾 <i>Ibacus novemdentatus</i>	/	/	/	/	3.33	0.51
不可辨认长尾类 Unidentified macrura	2.25	0.05	0.60	0.002	/	/
短尾类 Brachyura	6.74	0.18	10.84	0.24	10.00	1.68
十一刺栗壳蟹 <i>Arcania undecimspinosa</i>	/	/	0.60	0.002	/	/
细点圆趾蟹 <i>Ovalipes punctatus</i>	/	/	/	/	6.67	1.49
三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i>	/	/	0.60	0.005	/	/
银光梭子蟹 <i>Portunus argentatus</i>	2.25	0.08	0.60	0.004	/	/
纤手梭子蟹 <i>Portunus gracilimanus</i>	/	/	0.60	0.01	/	/
梭子蟹属 <i>Portunus</i> sp.	/	/	0.60	0.003	3.33	0.19
变态蜉 <i>Charybdis variegata</i>	/	/	3.01	0.11	/	/
双斑蜉 <i>Charybdis bimaculata</i>	2.25	0.06	3.61	0.10	/	/
强蟹属 <i>Eucrater</i> sp.	1.12	0.03	/	/	/	/
不可辨认短尾类 Unidentified brachyura	1.12	0.01	1.20	0.01	/	/
硬骨鱼类 Osteichthyes	131.46	51.92	218.07	84.72	183.33	87.24
鼠鱚 <i>Gonorhynchus abbreviatus</i>	/	/	/	/	6.67	2.38
鳀鱼 <i>Engraulis japonicus</i>	11.24	1.35	9.64	1.80	3.33	0.23
赤鼻棱鳀 <i>Thrissa kammalensis</i>	1.12	0.01	/	/	/	/
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	1.12	0.01	0.60	0.01	3.33	0.38
刀鲚 <i>Coilia ectenes</i>	2.25	0.12	/	/	/	/
叉斑狗母鱼 <i>Synodus macrops</i>	/	/	/	/	3.33	0.28
龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i>	3.37	0.28	10.24	3.95	3.33	0.37
日本姬鱼 <i>Hime japonicus</i>	/	/	/	/	3.33	0.35
七星底灯鱼 <i>Myctophum pterotum</i>	1.12	0.01	10.84	3.00	/	/
拟穴奇鲮 <i>Alloconger anagoides</i>	/	/	/	/	3.33	0.64
奇鲮属 <i>Alloconger</i> sp.	/	/	1.81	0.17	6.67	1.69

续表 1

种类 Groups and species	黄海南部		东海北部		东海南部	
	South Yellow Sea		North East China Sea		South East China Sea	
	F%	IRI%	F%	IRI%	F%	IRI%
黑尾吻鰻 <i>Rhynchocymba ectenura</i>	/	/	/	/	3.33	0.38
短尾突吻鰻 <i>Rhynchocymba sivicola</i>	/	/	/	/	3.33	0.38
网纹裸胸鳝 <i>Gymnothorax reticularis</i>	1.12	0.08	/	/	/	/
前肛鰻 <i>Dysomma anguillaris</i>	/	/	0.60	0.01	/	/
裸鳍虫鰻 <i>Muraenichthys gymnopterus</i>	/	/	0.60	0.002	/	/
麦氏犀鳕 <i>Bregmaceros maccllellandii</i>	/	/	8.43	1.12	/	/
多棘腔吻鳕 <i>Coelorhynchus multispinulosus</i>	1.12	0.01	3.01	0.16	/	/
腔吻鳕属 <i>Coelorhynchus</i> sp.	3.37	1.04	0.60	0.01	/	/
仙鲷属 <i>Sirembo imberbis</i>	/	/	1.81	0.03	/	/
新鲷属 <i>Neobythites</i> sp.	/	/	0.60	0.01	3.33	1.34
日本海鲂 <i>Zeus japonicus</i>	/	/	/	/	3.33	0.30
油鲛 <i>Sphyraena pinguis</i>	/	/	0.60	0.02	/	/
鲛属 <i>Sphyraena</i> sp.	/	/	/	/	3.33	0.43
短尾大眼鲷 <i>Priacanthus macrocanthus</i>	1.12	0.01	/	/	3.33	1.41
发光鲷 <i>Acropoma japonicum</i>	7.87	13.37	5.42	0.77	3.33	0.18
尖牙鲷 <i>Synagrops argyrea</i>	1.12	0.29	3.01	0.27	16.67	31.42
细条天竺鱼 <i>Apogonichthys lineatus</i>	10.11	1.26	23.49	18.68	/	/
斑鳍天竺鱼 <i>Apogonichthys carinatus</i>	/	/	2.41	0.09	/	/
四线天竺鲷 <i>Apogon quadrfasciatus</i>	/	/	0.60	0.002	/	/
多鳞鳢 <i>Sillago sihama</i>	/	/	1.20	0.06	/	/
少鳞鳢 <i>Sillago japonica</i>	/	/	1.81	0.09	/	/
高体若鲹 <i>Caranx (Carangoides) equula</i>	/	/	/	/	3.33	0.16
竹荚鱼 <i>Trachurus japonicus</i>	/	/	/	/	10.00	5.33
皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i>	2.25	0.08	4.22	1.48	/	/
黄姑鱼 <i>Nibea albi flora</i>	/	/	/	/	3.33	0.55
白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>	1.12	0.03	6.02	1.58	/	/
鲾鱼 <i>Miichthys miiuy</i>	/	/	0.60	0.004	/	/
大黄鱼 <i>Pseudosciaena crocea</i>	/	/	1.20	0.10	/	/
小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i>	11.24	3.50	24.70	29.86	6.67	3.20
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	/	/	2.41	0.29	/	/
黄鲷 <i>Taius tumi frons</i>	/	/	/	/	3.33	1.04
真鲷 <i>Pagrosomus major</i>	/	/	/	/	3.33	0.38
六带拟鲈 <i>Paraercis sex fasciatus</i>	2.25	0.19	/	/	/	/
短鰐齿鱼 <i>Champsodon capensis</i>	10.11	7.21	22.29	11.13	3.33	0.20
云鲷 <i>Enedrias nebulosus</i>	1.12	0.01	/	/	/	/
长锦鲷 <i>Enchelyopus elongatus</i>	1.12	0.01	/	/	/	/
香鲛 <i>Callionymus olidus</i>	/	/	/	/	3.33	0.35
丝鳍鲛 <i>Calliurichthys doryssus</i>	/	/	/	/	3.33	0.19

续表 1

种类 Groups and species	黄海南部		东海北部		东海南部	
	South Yellow Sea		North East China Sea		South East China Sea	
	F%	IRI%	F%	IRI%	F%	IRI%
绯鲭 <i>Callionymus beniteguri</i>	/	/	/	/	3.33	0.29
带鱼 <i>Trichiurus haumela</i>	11.24	11.08	5.42	1.36	3.33	0.16
短蛇鲭 <i>Rexea prometheoides</i>	/	/	0.60	0.002	/	/
鲈鱼 <i>Pneumatophorus japonicus</i>	4.49	3.15	/	/	/	/
刺鲳 <i>Psenopsis anontala</i>	1.12	0.05	/	/	/	/
钟馗鰕虎鱼 <i>Triaenopogon barbatus</i>	/	/	4.22	0.21	/	/
矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	1.12	0.04	13.25	2.60	/	/
六丝矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys hexanema</i>	/	/	1.81	0.04	/	/
鰕虎鱼科 Gobiidae gen sp.	/	/	0.60	0.01	3.33	0.17
锯棱短鳍衰鲈 <i>Brachypterois serrulatus</i>	/	/	0.60	0.002	/	/
拟衰鲈 <i>Parapterois heterurus</i>	/	/	/	/	3.33	0.27
虹鲈 <i>Erisphex pottii</i>	3.37	0.14	4.22	0.17	/	/
虎鲈 <i>Minovs monodactylus</i>	/	/	/	/	3.33	0.94
绿鳍鱼 <i>Chelidonichthys kumu</i>	2.25	0.28	4.22	0.92	3.33	0.16
贡氏红娘鱼 <i>Lepidotrigla guntheri</i>	/	/	/	/	3.33	0.50
岸上红娘鱼 <i>Lepidotrigla kishinouyei</i>	/	/	/	/	3.33	0.86
红娘鱼属 <i>Lepidotrigla</i> sp.	2.25	0.13	/	/	/	/
红鲷 <i>Bembras japonicus</i>	/	/	/	/	3.33	0.61
细纹狮子鱼 <i>Liparis tanakae</i>	4.49	1.63	/	/	/	/
褐牙鲆 <i>Paralichthys olivaceus</i>	/	/	0.60	0.01	/	/
五眼斑鲆 <i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>	/	/	1.81	0.11	/	/
大斑鲆 <i>Psettina iijimae</i>	/	/	1.81	0.03	/	/
土山鲆 <i>Psettina tosana</i>	/	/	0.60	0.01	/	/
青墨鲆 <i>Crossorhombus azureus</i>	/	/	/	/	3.33	0.32
鲆科 Bothidae gen sp.	/	/	0.60	0.003	/	/
角木叶鲆 <i>Pleuronichthys cornutus</i>	1.12	0.02	2.41	0.09	/	/
长鲆 <i>Tanakius kitaharae</i>	/	/	0.60	0.03	/	/
褐斜鲆 <i>Plagiopsetta glossa</i>	/	/	/	/	3.33	0.33
褐斑栉鳞鲆 <i>Aseraggodes kobensis</i>	1.12	0.01	0.60	0.01	/	/
带纹条鲆 <i>Zebrias zebra</i>	1.12	0.08	0.60	0.01	/	/
宽体舌鲆 <i>Cunoglossus robustus</i>	/	/	0.60	0.003	/	/
半滑舌鲆 <i>Cunoglossus semilaevis</i>	/	/	0.60	0.01	/	/
窄体舌鲆 <i>Cunoglossus gracilis</i>	/	/	1.81	0.07	/	/
舌鲆属 <i>Cunoglossus</i> sp.	1.12	0.02	3.61	0.18	/	/
拟三刺鲆 <i>Triacanthodes anomalus</i>	/	/	/	/	3.33	0.40
黄鲛鲆 <i>Lophius litulon</i>	1.12	0.03	1.20	0.02	/	/
不可辨认鱼类 Unidentified osteichthyes	20.22	6.42	16.87	4.14	30.00	28.66
其他类 Others	13.47	6.48	15.66	2.11	9.99	1.19
牡蛎科 Ostreidae gen sp.	/	/	/	/	3.33	0.16
经氏壳蛞蝓 <i>Philine kinglipini</i>	1.12	0.01	/	/	/	/
方齿亮钩虾 <i>Photis kapapa</i>	1.12	0.01	/	/	/	/
太平洋磷虾 <i>Euphausia pacifica</i>	5.62	0.33	/	/	/	/

续表 1

种类 Groups and species	黄海南部		东海北部		东海南部	
	South Yellow Sea		North East China Sea		South East China Sea	
	F%	IRI%	F%	IRI%	F%	IRI%
寄居蟹属 <i>Pagurus</i> sp.	/	/	0.60	0.01	/	/
口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	1.12	0.01	1.20	0.04	/	/
口虾蛄属 <i>Oratosquilla</i> sp.	/	/	7.23	1.14	/	/
箭虫属 <i>Sagitta</i> sp.	3.37	6.11	/	/	/	/
沙鸡子属 <i>Phyllophorus</i> sp.	1.12	0.01	/	/	/	/
长吻角鲨 <i>Squalus mitsukurii</i>	/	/	/	/	3.33	0.66
其他 Other	/	/	6.63	0.92	3.33	0.37
合计 Total	246.07	100	352.41	100	246.67	100

黄海南部、东海北部和东海南部黄鮟鱇的食物组成差异较大,经检验,其胃含物中的长尾类( $\chi^2=15.87$ ,  $P<0.001$ )和硬骨鱼类( $\chi^2=19.58$ ,  $P<0.001$ )都有极显著的区域变化,而头足类( $\chi^2=2.49$ ,  $P>0.05$ )和短尾类( $\chi^2=0.67$ ,  $P>0.05$ )的区域变化不显著。其胃含物中的长尾类虽然有 22 种,但主要种类(%IRI>2%)只有 6 种。在黄海南部,为脊腹褐虾 *C. affinis*、葛氏长臂虾 *P. gravieri* 和假长缝拟对虾 *P. fissuroides*;在东海北部,为中华管鞭虾 *S. crassicornis*、须赤虾 *M. barbata* 和东海红虾 *Plesionika izumiae*。胃含物中硬骨鱼类种数,东海北部(49 种)较黄海南部(34 种)和东海南部(37 种)多。东海北部,胃含物中的主要种类(%IRI>2%)包括小黄鱼 *P. polyactis*、细条天竺鱼 *A. lineatus*、短鳄齿鱼 *C. capensis*、龙头鱼 *H. nehereus*、七星底灯鱼 *M. pterotum* 和矛尾虾虎鱼 *C. stigmatias*;黄海南部,主要摄食发光鲷 *Acropoma japonicum*、带鱼 *Trichurus haumela*、短鳄齿鱼、小黄鱼和鲈鱼 *P. japonicus*;东海南部,胃含物中的优势种有尖牙鲷 *S. argyrea*、竹荚鱼 *T. japonicus*、小黄鱼和鼠鱚 *G. abbreviatus*。

东、黄海黄鮟鱇的平均胃饱满系数为 113.77%,空胃率为 19.49%。平均胃饱满系数,黄海南部的(136.64%)高于东海北部(105.74%)和东海南部(94.45%),经检验,发现 3 个区域黄鮟鱇的平均胃饱满系数变化不显著( $F=2.89$ ,  $P>0.05$ )。空胃率,黄海南部(23.42%)高于东海北部(17.48%)和东海南部(18.92%),检验发现,这 3 个区域的变化也不显著( $\chi^2=1.64$ ,  $P>0.05$ )。

## 2.2 黄鮟鱇摄食习性随发育的变化

采集的黄鮟鱇样品(每批样品的取样数均在 30 尾左右)的体长范围为 45~650 mm,将其分为 6 个体长组(表 2)。黄鮟鱇平均胃饱满系数和空胃率随体长的增加而减少。经检验,各体长组的平均胃饱满系数的差别不显著( $F=2.06$ ,  $P>0.05$ ),空胃率的差别也不显著( $\chi^2=8.41$ ,  $P>0.05$ )。如果将其分成 45~249 mm 和 250~650 mm 两组,发现其平均胃饱满系数差别显著( $F=6.65$ ,  $0.01<P<0.05$ ),空胃率也显著( $\chi^2=4.65$ ,  $0.01<P<0.05$ )。

表 2 黄鮟鱇摄食的体长分组

Table 2 Feeding habits of *L. litulon* in each size-group

体长 Body length (mm)	<150	150~199	200~249	250~299	300~349	≥350
尾数 Number	40	31	49	120	63	51
平均体长 Average body length(mm)	114.78	172.29	230.76	275.80	322.13	424.08
平均胃饱满系数 Average stomach fullness index (%)	125.31	177.81	126.80	102.34	96.91	105.11
空胃率 Empty stomach percentage(%)	32.50	19.35	24.49	18.33	17.46	9.80
食物种类数 Number of prey species	15	15	31	74	61	58
食物多样性指数 Food diversity index	1.51	1.84	2.42	2.80	2.51	3.01
食物平均重量 Average food weight(g)	2.06	15.08	12.56	18.53	14.04	30.12
最小食物重量 Minimum food weight(g)	0.002	0.30	0.25	0.37	0.02	0.35
最大食物重量 Maximum food weight(g)	6.10	51.80	94.50	132.20	96.23	395.80

黄鮟鱇的食物多样性指数( $H'$ )与体长呈正相关,小于200 mm的黄鮟鱇食物多样性指数小于2,食物种类数也较少,主要以脊腹褐虾、箭虫 *Sagitta* sp.、鲱鱼 *Engraulis japoninus* 和双喙耳乌贼 *Sepiolo birostrata* 等小型饵料生物为主。随着体长的增加,食物多样性指数接近3,食物种类数也由小于150 mm时的15种扩展到大于250 mm时的74种,摄取的种类逐渐转变为小黄鱼、带鱼、发光鲷、大型长尾类和头足类等大型饵料生物,甚至还摄食长吻角鲨。在所有体长组的胃中都出现的种类有9种,为戴氏赤虾、脊腹褐虾、鲱鱼、龙头鱼、七星底灯鱼、细条天竺鱼、小黄鱼、短鳄齿鱼和蛸 *E. pottii*。黄鮟鱇食物个体的平均重量和最大重量随体长的增加而逐渐上升,而其最小重量基本不变。

黄鮟鱇的食物类别随着体长的变化而异,体长小于150 mm的主要摄食长尾类,特别是脊腹褐虾(%IRI高达46.49%)。随体长的增加,所摄食的鱼类逐渐增加,%IRI值从23.62%(45~150 mm)增加到86.86%(200~650 mm),特别是小黄鱼和带鱼,最高值分别为32.35%(300~349 mm)和14.06%(300~349 mm),黄鮟鱇主要食物随体长的变化见表3。经检验发现,其胃含物中的脊腹褐虾( $\chi^2=49.86, P<0.01$ )、葛氏长臂虾( $\chi^2=15.96, P<0.01$ )和发光鲷( $\chi^2=16.17, P<0.01$ )随发育有极显著的变化;小黄鱼( $\chi^2=13.07, 0.01<P<0.05$ )和带鱼( $\chi^2=13.74, 0.01<P<0.05$ )随发育有显著的变化;短鳄齿鱼( $\chi^2=2.88, P>0.05$ )、鲱鱼( $\chi^2=9.31, P>0.05$ )、细条天竺鱼( $\chi^2=2.87, P>0.05$ )、龙头鱼( $\chi^2=9.94, P>0.05$ )和七星底灯鱼( $\chi^2=9.50, P>0.05$ )随发育的变化不显著。脊腹褐虾主要出现在200 mm以下体长组的胃含物中,小黄鱼主要出现在200 mm以上体长组,而发光鲷、带鱼和葛氏长臂虾主要出现在300 mm以上体长组,其余种类随发育变化不明显。

表3 黄鮟鱇主要食物种类(%IRI>2%)随体长的变化

Table 3 Ontogenetic diet composition variation of *L. litulon* in each size-group

体长 Body length (mm)	<150	150~199	200~249	250~299	300~349	≥350
小黄鱼 <i>P. polyactis</i>	0.54	1.33	26.19	25.81	32.35	9.83
细条天竺鱼 <i>A. lineatus</i>	2.32	11.48	4.60	14.11	9.57	8.42
短鳄齿鱼 <i>C. capensis</i>	2.46	0.18	11.67	9.61	9.16	12.76
带鱼 <i>T. haumela</i>	/	/	0.14	1.51	14.06	3.35
葛氏长臂虾 <i>P. gravieri</i>	/	/	2.22	0.50	5.11	8.36
发光鲷 <i>A. japonicum</i>	/	/	/	0.35	4.71	18.24
七星底灯鱼 <i>M. pterotum</i>	0.28	/	4.47	4.31	1.01	0.03
龙头鱼 <i>H. nehereus</i>	0.53	/	15.23	3.96	0.06	1.67
鲱鱼 <i>E. japoninus</i>	8.64	3.20	7.19	3.65	/	0.36
脊腹褐虾 <i>C. affinis</i>	46.49	34.89	0.26	0.44	1.75	0.01

对其食物组成的聚类分析结果表明,可将黄鮟鱇的6个体长组分为两组(图2),其中一组为小于250 mm的3个低体长组,另一组为大于250 mm的3个高体长组。体长小于250 mm的黄鮟鱇主要摄食脊腹褐虾、箭虫、鲱鱼、细纹狮子鱼 *Liparis tana-kae*、龙头鱼和耳乌贼等;体长大于250 mm的黄鮟鱇主要摄食小黄鱼、细条天竺鱼、短鳄齿鱼、带鱼、发光鲷、中华管鞭虾和葛氏长臂虾等。此外,聚类分析结果还表明,小于250 mm的3个低体长组还可再分为两组,小于200 mm的为一组,主要摄食脊腹褐虾、箭虫、鲱鱼和细纹狮子鱼;200~249 mm为另一组,主要摄食小黄鱼、龙头鱼、鲱鱼和耳乌贼等。体长大于250 mm的3个高体长组也同样可分为两组,250~349 mm的为一组,主要摄食小黄鱼、带鱼、细条天竺鱼和中华管鞭虾等;大于350 mm的为一组,主要摄食发光鲷、短鳄齿鱼和葛氏长臂虾等。

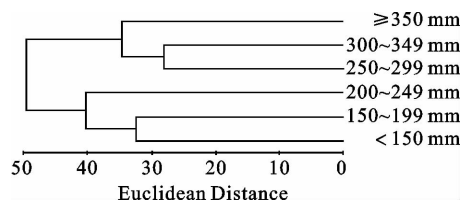


图2 黄鮟鱇食物组成的体长聚类分析

Fig. 2 Dendrogram of cluster analysis for dietary composition of *L. litulon* in each size-group



## 3 讨论

### 3.1 摄食习性的区域变化

黄鲛鳢的食物种类较多,包括13个大类、120多种,以鱼类为主,3个区域鱼类的平均相对重要性指数百分比高达81.19%,属于凶猛肉食性鱼类。张学建等(2010)研究认为,在黄海南部,黄鲛鳢的主要食物为小黄鱼、矛尾虾虎鱼、细条天竺鱼、带鱼、龙头鱼、鹰爪虾 *T. curvirostris* 和鲢鱼等;薛莹等(2010)研究发现,在北黄海,秋季黄鲛鳢主要食物是矛尾虾虎鱼和脊腹褐虾;Cha等(1997)研究,韩国附近水域黄鲛鳢的食性时发现,小黄鱼、黑鳃梅童鱼 *Collichthys niveatus*、鲢鱼和带鱼是其主要食物。这些学者对黄鲛鳢食物组成的研究都局限于黄海的一个区域,结果各不相同。作者对研究的范围进行扩大,认为东、黄海黄鲛鳢主要食物为小黄鱼、短鰓齿鱼、细条天竺鱼、发光鲷、带鱼、葛氏长臂虾、脊腹褐虾、龙头鱼、鲢鱼和七星底灯鱼。

鱼类食物组成随栖息水域的变化主要是由于不同水域中饵料生物群落组成的不同所致(殷名称等1995)。本研究也证明了这一点,虽然3个区域黄鲛鳢的主要摄食类群都为硬骨鱼类和长尾类,但其组成变化极显著。以长尾类为例,在黄海南部,长尾类所占的 *IRI*%为37.66%,主要种类为脊腹褐虾和葛氏长臂虾;在东海北部 *IRI*%下降为10.77%,主要种类变为中华管鞭虾、须赤虾和东海红虾;在东海南部 *IRI*%不到2%,只有凹管鞭虾 *Solenocera koelbeli* 等零星出现。从黄海南部到东海南部,长尾类所占的比例逐渐下降,种类变化也较大。据唐启升(2006)、宋海棠等(2006)和郑元甲等(2003)对东、黄海长尾类分布的描述,黄海长尾类的渔获尾数占总渔获尾数的百分比为27.8%,而东海只有14.95%;其中脊腹褐虾、葛氏长臂虾主要分布在长江口以北的东、黄海海域;中华管鞭虾主要分布在东海近海和东海北部海域;须赤虾和东海红虾主要分布在东海中北部外海的高盐海域;而凹管鞭虾等主要分布在东海南部的高温高盐海域。黄鲛鳢食物中的优势长尾类与其在各个区域中的分布相吻合。

作者对黄鲛鳢摄食强度的研究结果显示,3个区域黄鲛鳢的摄食强度虽有一定的差异,但变化不显著。鲛鳢是用背鳍变成的钓竿末端发光来诱鱼上钩,其食性取决于被捕食者对背鳍诱饵的反应及鲛鳢口径的大小(Armstrong *et al.* 1996),而且黄鲛鳢很少追捕其饵料生物(Chadwick 1929),对食物选择性较低。

### 3.2 摄食习性随发育的变化

Telmo等(2000)对黑尾鱼旨 *Serranus atricauda* 和Hovde等(2002)对大比目鱼 *Reinhardtius hippoglossoides* 的研究发现,其摄食强度随体长的增加而增强。而Lukoschek等(2001)的研究认为,条斑副绯鲤 *Parupeneus barberinus* 的摄食强度随体长的增加而减弱。张波(2004)的研究发现,带鱼的摄食强度随体长的变化不显著。作者对黄鲛鳢6个体长组的摄食研究表明,其摄食强度随体长变化也不显著,但如果把黄鲛鳢分成45~249 mm和250~650 mm两组,则发现摄食强度有显著的变化。聚类分析的结果表明,250 mm以下为一组,250 mm以上为另一组。这表明黄鲛鳢体长在达到250 mm时,饵料生物种类发生变化,影响了其摄食强度的变化。

通过对黄鲛鳢6个体长组的食物组成的研究,再结合Baeck等(2003)对韩国沿岸黄鲛鳢幼体(10 mm以上)的摄食习性研究结果,显示其食物组成随体长的变化在增大。从主要食物种类的%*IRI*来看,体长小于200 mm的黄鲛鳢主要摄食脊腹褐虾、箭虫和鲢鱼;200~249 mm的主要食物变为小黄鱼、龙头鱼、短鰓齿鱼和鲢鱼;250~349 mm的食物组成变为以小黄鱼、带鱼、细条天竺鱼、短鰓齿鱼和葛氏长臂虾为主,大于350 mm时,主要食物则变为以发光鲷、短鰓齿鱼、小黄鱼、细条天竺鱼和葛氏长臂虾为主。随着黄鲛鳢体长的增加,小型饵料生物如箭虫、磷虾类和长尾类中的脊腹褐虾等所占的比例逐渐下降;而大型饵料生物如鱼类中的小黄鱼、带鱼、发光鲷,长尾类中的葛氏长臂虾等所占的比例逐渐上升,卡方检验显示这几种食物的体长有显著的变化,对体长的聚类分析也同样说明了这一点。从食物个体的平均重量来看,随着黄鲛鳢体长的增加,所摄取食物个体的平均重量逐渐增大,而最小食物个体的重量基本保持不变。在对其他几种鱼类的研究中也发现相同的结果(Morato *et al.* 2000; Ware 1972)。这说明大个体黄鲛鳢能利用所有的饵料资源,从小个体的磷虾

类到大型饵料生物长吻角鲨,增强了黄鲛鲷对食物的竞争优势(Brooks *et al.* 1965)。食物种类和个体的平均重量随黄鲛鲷体长的变化,说明其总是尽可能地捕食个体较大的饵料生物,这符合“最佳摄食理论”(Gerking 1994)。计算黄鲛鲷食物组成的香农-威纳多样性指数,结果同样证明了这一点。体长小于 200 mm 黄鲛鲷的食物多样性指数小于 2,食物种类数也较少,随着体长的增加,食物多样性指数逐渐接近 3,食物种类数也由 15 种扩展到 60 种左右。可见黄鲛鲷在生长发育过程中,食物种类数的上升,食物个体平均重量的增加,食物多样性指数的升高,都说明黄鲛鲷自身对环境饵料生物适应,也说明其对环境适应(张波 2004)。以往许多学者的研究也证实了这一变化特征(Morato *et al.* 2000; Schafer *et al.* 2002; 张波 2007)。

## 参 考 文 献

- 李春喜,姜丽娜,邵云,王文林. 2005. 生物统计学(第三版). 北京:科学出版社, 287~291
- 张波. 2004. 东、黄海带鱼的摄食习性及其随发育的变化. 海洋水产研究, 25(2): 6~12
- 张波. 2007. 黄海中部高眼鲷的摄食及随体长的变化. 应用生态学报, 18(8): 1 849~1 854
- 张学健,程家骅,沈伟,刘尊雷. 2010. 黄海南部黄鲛鲷摄食生态. 生态学报, 30(12): 3 117~3 125
- 宋海棠,俞存根,薛利建,姚光展. 2006. 东海经济虾蟹类. 北京:海洋出版社, 57~76
- 郑元甲,陈雪忠,程家骅,王云龙,沈新强,陈卫忠,李长松. 2003. 东海大陆架生物资源与环境. 上海:上海科学技术出版社, 411~657
- 周红,张志南. 2003. 大型多元统计软件 PRIMER 的方法原理及其在底栖群落生态学中的应用. 青岛海洋大学学报, 33(1): 58~64
- 徐开达,贺舟挺,李鹏飞,薛利建,朱文斌. 2010. 东海北部、黄海南部黄鲛鲷的年龄和生长. 渔业科学进展, 31(6): 9~14
- 唐启升. 2006. 中国专属经济区海洋生物资源与栖息环境. 北京:科学出版社, 472~499
- 殷名称. 1995. 鱼类生态学. 北京:中国农业出版社, 116~121
- 梁振林. 2000. 21 世纪初海洋监测高新技术发展战略研讨会论文集. 北京:海洋出版社, 61~64
- 窦硕增,杨纪明. 1992. 渤海南部半滑舌鳎的食性及摄食的季节性变化. 生态学报, 12(4): 368~376
- 薛莹. 2005. 黄海中南部主要鱼种摄食生态和鱼类食物网研究. 见:中国海洋大学硕士学位论文文
- 薛莹,徐宾铎,高天翔,徐浩,林龙山. 2010. 北黄海秋季黄鲛鲷摄食习性的初步研究. 中国海洋大学学报, 40(9): 39~44
- 小坂昌也. 1966. キアッコウの食生活. 東海大学海洋学部纪要, 1: 51~71
- Armstrong, M. P., Musick, J. A., and Colvocoresses, J. A. 1996. Food and ontogenetic shift in feeding of the Goosefish, *Lophius americanus*. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 18: 99~103
- Baeck, G. W., and Huh, S. H. 2003. Feeding habits of juvenile *Lophius litulon* in the coastal waters of Kori, Korea. J. Kor. Fish. Soc. 36(6): 695~699
- Brodeur, R. D., and Pearcy, W. G. 1992. Effects of environmental variability on trophic interaction and food web structure in a pelagic upwelling ecosystem. Mar. Eco. Pro. Ser. 84(2): 101~119
- Brooks, J. L., and Dodson, S. I. 1965. Predation, body size, and competition of plankton. Science, 150(3 692): 28~35
- Cha, B. Y., Hong, B. Q., Jo, H. S., Sohn, H. S., and Park, Y. C. 1997. Food habits of the yellow goosefish, *Lophius litulon*. J. Kor. Fish. Soc. 30(1): 95~104
- Chadwick, H. C. 1929. Feeding habits of the Anglerfish *Lophius piscatorius*. Nature, 124: 337
- Gerking, S. D. 1994. Feeding ecology of fish. San Diego: Academic Press
- Hovde, S. C., Albert, O. T., and Nilssen E. M. 2002. Spatial, seasonal and ontogenetic variation in diet of Northeast Arctic Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*). Journal of Marine Science, 59(2): 421~437
- Lukoschek, V., and McCormick, M. I. 2001. Ontogeny of diet changes in a tropical benthic carnivorous fish, *Parupeneus barberinus* (Mullidae): Relationship between foraging behaviour, habitat use, jaw size, and prey selection. Marine Biology, 138(6): 1 099~1 113
- Morato, T., Santos, R. S., and Andrade, J. P. 2000. Feeding habits, seasonal and ontogenetic diet shift of blacktail comber, *Serranus atricauda* (Pisces: Serranidae), from the Azorees, north-eastern Atlantic. Fisheries Research, 49(1): 51~59
- Rosecchi, E., and Nouaze, Y. 1987. Comparaison de cinq indices alimentaires utilises dans analyse des contenus stomacaux. Rev. Trav. Inst. Peches. Marit, 49 (3-4): 111~123
- Schafer, L. N., Platell, M. E., Valesini, F. J., and Potter, I. C. 2002. Comparisons between the influence of habitat type, season and body size on the dietary compositions of fish species in nearshore marine waters. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 278(1): 67~92
- Ware, D. M. 1972. Predation by rainbow trout (*Salmo gairdneri*): the influence of hunger, prey density, and prey size. J. Fish. Res. Board Can. 29: 1 193~1 201
- Zar, J. H. 1984. Biostatistical analysis. Second edition. New York: Prentice-Hall, Englewood Cliffs