

## 黄海海州湾小黄鱼幼鱼的食性及其随体长的变化

郭斌<sup>1,2</sup>, 张波<sup>1</sup>, 金显仕<sup>1</sup>

(1. 农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室, 山东省渔业资源与生态环境重点实验室, 中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 266071; 2. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306)

**摘要:** 根据 2008 年 7 月和 8 月在黄海海州湾海域进行的定点底拖网调查, 应用 K-W 非参数秩检验、卡平方检验和聚类分析等方法, 对小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis*) 幼鱼(体长 20~110 mm) 的食物组成及其与体长之间的关系进行研究。结果表明, 小黄鱼幼鱼摄食的饵料种类有 30 余种, 甲壳类(桡足类、糠虾类和虾类) 是主要的饵料类群, 在食物中所占的个数百分比为 99.50%。优势饵料有真刺唇角水蚤(*Labidocera euchaeta*)、长额刺糠虾(*Acanthomysis longirostris*) 和细螯虾(*Leptochela gracilis*)。小黄鱼幼鱼的摄食强度和食物组成随体长的增长都有明显的变化, 随着体长的增加, 食物中虾类和鱼类的比例有所增加, 而桡足类和糠虾类的比例则减少。饵料生境宽度在体长大于 80 mm 后有明显的增加。聚类分析的结果表明, 小黄鱼幼鱼在体长达到 80 mm 时, 出现了明显的食物转换现象。可以认为, 小黄鱼幼鱼食性的转变与其体长密切相关。[中国水产科学, 2010, 17(2): 289-297]

**关键词:** 小黄鱼; 食物组成; 摄食习性; 体长

**中图分类号:** S91

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-8737-(2010)02-0289-09

小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis*) 为温水性底层洄游鱼类, 在中国近海可分为 3 个独立的群系, 即黄渤海群、南黄海群和东海群。其中南黄海群体最大, 尤其以长江口径流影响较大的黄海南部和东海北部的海域分布密度最高<sup>[1]</sup>。小黄鱼是中国沿海重要的经济鱼类之一, 在中国的海洋渔业中占有重要的地位。然而随着捕捞力量和生产效率的迅速提高, 小黄鱼受到了过度捕捞, 从 20 世纪 60 年代中期开始, 其资源量大幅度下降<sup>[2]</sup>。近年来, 由于伏季休渔制度的有效实施, 小黄鱼产卵场和补充群体得到有效的养护, 资源数量有所恢复, 产量明显上升。但是, 其个体小型化、性腺成熟提早的现象进一步加剧, 渔获物主要以幼鱼为主, 种群结构表现为低龄化特征<sup>[3]</sup>。

关于小黄鱼食性的研究, 国内曾有过报道<sup>[4-10]</sup>, 研究表明, 小黄鱼属广食性鱼类, 摄食方式是吞食兼滤食, 主要摄食甲壳类和鱼类。有关于小黄鱼幼鱼的摄

食习性仅在 20 世纪 60 年代进行过研究, 此后就未见有这方面的专门报道。近 40 年来, 黄海生物群落结构发生了很大的变化, 其结果势必引起食物网结构的变化。薛莹等<sup>[9-10]</sup> 对 2001 年 3 月至 2002 年 1 月在黄海中部海域捕获的小黄鱼样品的摄食习性进行了详细的报道, 其中小黄鱼体长范围为 80~180 mm。而对于体长 80 mm 以下的小黄鱼幼鱼的摄食习性尚未见报道。海州湾是黄海小黄鱼的重要产卵场, 本研究依据在 2008 年夏季所收集的黄海海州湾调查获取的样品, 对体长 110 mm 以下的小黄鱼幼鱼的摄食习性进行了分析, 为进一步研究小黄鱼幼鱼对浮游动物的摄食压力及黄海海洋生物食物网结构变化提供基础资料。

### 1 材料与方法

#### 1.1 样品收集

样品取自 2008 年 7 月和 8 月, 在黄海海州湾海

收稿日期: 2009-08-25; 修订日期: 2009-10-16.

基金项目: 国家 863 计划课题(2009AA09Z401); 国家重点研究发展规划项目(2006CB400607); 国家自然科学基金资助项目(30371104).

作者简介: 郭斌(1984-), 男, 硕士研究生, 主要从事鱼类摄食生态研究. E-mail: bingzone@hotmail.com

通讯作者: 金显仕, 研究员, 博士生导师. E-mail: jin@ysfri.ac.cn

域(34° 00' -34° 30' N, 120° 30' -121° 30' W) 进行的连续站定点底拖网调查。调查船为黄海水产研究所的资源调查船“北斗”号,昼夜连续进行。将收集到的小黄鱼幼鱼样品放入冷库中冷冻保存。

### 1.2 样品分析

将冷冻保存的小黄鱼幼鱼样本带回实验室进行生物学测定,分别测量每尾鱼的体长(mm)和体

质量(g)。小黄鱼幼鱼体长范围为20~109 mm,以10 mm为间隔,将其划分为9个体长组:20~29 mm、30~39 mm、40~49 mm、50~59 mm、60~69 mm、70~79 mm、80~89 mm、90~99 mm、100~109 mm。每个体长组取100尾为最大上限,共743尾,其中81尾是空胃,空胃率为10.90%。表1中列出了用于分析的样品数及空胃的个数。

表1 各个体长组小黄鱼幼鱼胃含物样品的取样情况  
Tab. 1 Stomach content samples of juvenile small yellow croaker from each size class

体长组/mm Size class	尾数 Number	空胃数 Empty stomachs	空胃率/% Percentage of empty stomachs
20~29	71	1	1.41
30~39	98	1	1.02
40~49	100	1	1
50~59	100	4	4
60~69	100	1	1
70~79	100	18	18
80~89	100	24	24
90~99	53	21	39.62
100~109	21	10	47.62

胃含物中饵料种类的鉴定在解剖镜以及显微镜下进行,原则上尽可能鉴定到最低的分类单元。根据剩余的残体确定每种饵料的个数,再用1/10 000电子天平称量其实际质量,称重前先用滤纸将饵料表面的水分尽可能的吸干。

### 1.3 数据分析

用于评价饵料重要性的指标有饵料的质量百分比(W%),个数百分比(N%),出现频率百分比组成(FO%)和相对重要性指数百分比(%IRI)<sup>[11]</sup>。

$$\text{质量百分比}(W\%) = \frac{\text{某饵料生物的实际质量}}{\text{胃含物总质量}} \times 100$$

$$\text{个数百分比}(N\%) = \frac{\text{某饵料生物的个数}}{\text{胃含物饵料生物总个数}} \times 100$$

$$\text{出现频率}(F\%) = \frac{\text{某饵料生物的出现次数}}{\text{实胃数}} \times 100$$

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

$$FO_i\% = F_i\% / \sum_{i=1}^n F_i\% \times 100$$

$$\%IRI_i = IRI_i / \sum_{i=1}^n IRI_i \times 100$$

其中FO<sub>i</sub>%和%IRI<sub>i</sub>,分别代表食物*i*的出现频率百分比组成和相对重要性指数百分比。

空胃率,饱满指数<sup>[12]</sup>用于研究小黄鱼幼鱼的摄食强度。计算公式如下:

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

$$\text{饱满指数}(\%) = \frac{\text{食物团的实际质量}(g)}{\text{鱼体体长}(cm)} \times 100$$

选择该饱满指数是因为胃含物的质量与鱼体体长之间的相关性比其与鱼体质量之间的相关性更好<sup>[13]</sup>。

各个体长组的饵料生境宽度用Shannon-Wiener多样性指数*H'*<sup>[14]</sup>计算。计算公式如下:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \cdot \ln P_i$$

式中*S*为饵料的种类数,*P<sub>i</sub>*为饵料*i*在所有饵料中所占的个数百分比。Shannon-Wiener指数对于

稀有饵料很灵敏,是描述生境宽度的较好的指标<sup>[15]</sup>。

用 Kruskal-Wallis 非参数秩检验和卡平方 ( $\chi^2$ ) 检验平均饱满指数和空胃率的差异情况。用 PRIMER v5.0 软件<sup>[16]</sup> 进行聚类分析,研究各个体长组食物组成的相似性,以 60% 的 Bray-Curtis 相似性指数为标准来进行分组<sup>[17]</sup>,计算公式如下:

$$C_{BC} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^S |X_{ij} - X_{im}|}{\sum_{i=1}^S (X_{ij} + X_{im})}$$

其中,  $C_{BC}$  代表 Bray-Curtis 相似性指数,  $X_{ij}$  和  $X_{im}$  分别代表第  $i$  种在  $j$  和  $m$  体长组中所占的百分比,  $S$  为种类数。

饵料的分类阶元会对计算结果产生影响<sup>[18]</sup>,在进行聚类分析时采用的分类单元是“种”和“属”。此外,不可辨认的饵料也会使分析结果产生误差<sup>[19]</sup>,在分析前先将它们除去。

## 2 结果与分析

### 2.1 食物组成

分析结果表明,海州湾海域小黄鱼幼鱼主要摄食鱼类、甲壳类、头足类、多毛类 4 种饵料类群,能够鉴定到种的饵料生物有 34 种(表 2)。

甲壳类是最重要的饵料种类,其质量百分比(87.35%)、个数百分比(99.50%)、相对重要性指数百分比(99.85%)和出现频率百分比组成(97.13%)都是最高的。按照个数百分比进行排序,甲壳类中的重要饵料依次为真刺唇角水蚤(*Labidocera euchaeta*)和长额刺糠虾(*Acanthomysis longirostris*),其他饵料所占的比例均不超过 5.00%(表 2)。按照出现频率百分比组成和相对重要性指数百分比进行排序的结果与个数百分比相似。若按照质量百分比进行排序,则重要的饵料种类依次是长额刺糠虾、细螯虾(*Leptochela gracilis*)、真刺唇角水蚤,其中长额刺糠虾的质量百分比高达 41.95%。真刺唇角水蚤由于其个体小,因此质量百分比较低,只占 11.45%。甲壳类中其他的一些饵料种类,如细巧拟对虾(*Parapenaeopsis tenellus*)、戴氏赤虾(*Metapenaeopsis*

*dalei*)、日本鼓虾(*Alpheus japonicus*)和葛氏长臂虾(*Palaemon gravieri*)则只占很少的比例。鱼类是第二重要的饵料类群,尽管其个数百分比(0.41%)、相对重要性百分比(0.15%)和出现频率百分比组成(2.36%)很低,但其质量百分比却达到了 10.96%。鱼类中能够辨认的比较重要的饵料是方氏云鲷(*Enedrias fangi*)和虾虎鱼(*Gobiidae* sp.),而其中大部分鱼类由于消化充分,无法辨认其准确的种类,这部分鱼类占质量百分比 4.12%。其余 2 个饵料类群(头足类和多毛类)是次要饵料,它们在食物中所占的质量百分比之和只有 1.70%(表 2)。

### 2.2 摄食随体长的变化

分析结果表明,小黄鱼幼鱼的平均饱满指数( $\chi^2=154.03$ ,  $P<0.001$ )和空胃率( $\chi^2=176.61$ ,  $P<0.001$ )都有显著的体长变化(图 1),但是饱满指数并没有呈现出明显的变化规律,空胃率则是总体上呈现随体长增加而递增的趋势。

小黄鱼幼鱼的食物组成随体长的变化有明显的差异。根据个数百分比(图 2),体长 80 mm 以下的小黄鱼幼鱼主要以糠虾类和桡足类为食。随着体长的增加,胃含物中虾类和鱼类的比例逐渐增加,尤其当体长大于 90 mm 后,虾类的比例超过糠虾类成为最重要的饵料种类。其他饵料则没有发生显著的变化。

通过计算小黄鱼幼鱼各个体长组的香浓-威纳多样性指数发现,体长大于 80 mm 的小黄鱼幼鱼的食物多样性有显著地增加(图 3);小于 80 mm 的小黄鱼幼鱼几乎完全以桡足类的真刺唇角水蚤和糠虾类的长额刺糠虾为食,属狭食性。随着生长发育,摄食食物的种类逐渐增加,当小黄鱼幼鱼体长大于 80 mm 后,摄食种类由之前的 17 种扩展到 34 种,逐渐向广食性转变。

分别以  $W\%$ 、 $N\%$ 、 $FO\%$  和  $\%IRI$  为指数对小黄鱼幼鱼各个体长组食物组成进行聚类分析。以  $W\%$  为指数进行聚类分析的结果,以相似系数 60% 为标准进行分组,将 9 个体长组分为 2 个组(图 4),分别是 80 mm 以下和 80 mm 以上。从饵料上来看,体长 80 mm 以下的小黄鱼幼鱼主要摄食桡足类、糠虾类

表 2 黄海海州湾海域小黄鱼幼鱼的食物组成  
 Tab. 2 Diet composition of juvenile small yellow croaker in Haizhou Bay, Yellow Sea

饵料种类 Prey item	W%	N%	%IRI	FO%
甲壳类 Crustacea	87.35	99.50	99.85	97.13
桡足类 Copepoda	11.59	55.71	44.10	42.16
真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i>	11.45	54.50	44.08	38.87
双刺唇角水蚤 <i>Labidocera bipinnata</i>	0.06	0.28	0.01	1.10
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>	0.04	0.21	+	1.01
墨氏胸刺水蚤 <i>Centropages mcMurrichi</i>	0.02	0.09	+	0.34
近缘大眼剑水蚤 <i>Corycaeus affinis</i>	0.01	0.56	+	0.59
歪镖水蚤 <i>Toranus</i> spp.	+	0.01	+	0.08
纺锤水蚤 <i>Acartia</i> spp.	+	0.01	+	0.08
大眼剑水蚤 <i>Corycaeus</i> spp.	+	0.05	+	0.08
糠虾类 Mysidacea	41.96	39.22	53.30	38.28
长额刺糠虾 <i>Acanthomysis longirostris</i>	41.95	39.21	53.30	38.20
囊糠虾 <i>Gastrosaccus</i> spp.	0.02	0.01	+	0.08
磷虾类 Euphausiacea	0.64	0.20	0.01	0.84
太平洋磷虾 <i>Euphausia pacifica</i>	0.59	0.17	0.01	0.76
不可辨认的磷虾 Unidentified Euphausiacea	0.05	0.02	+	0.08
端足类 Amphipoda	0.20	0.24	0.01	1.18
钩虾 <i>Gammaridean</i> spp.	0.13	0.19	+	0.93
藻钩虾 <i>Ampithoidae</i> spp.	0.05	0.02	+	0.08
小眼端足类 <i>Gammaropsis</i> spp.	0.01	0.01	+	0.08
轮双眼钩虾 <i>Ampelisca cyclops</i>	0.01	0.01	+	0.08
口虾姑幼体 Stomatopoda larvae (Alima)	0.53	0.09	+	0.34
涟虫类 Cumacea	0.02	0.01	+	0.08
细长涟虫 <i>Iphinoe tenera</i>	0.02	0.01	+	0.08
毛虾类 Acetes	0.34	0.02	+	0.17
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	0.34	0.02	+	0.17
底层虾类 Decapoda	31.78	3.80	2.42	13.32
细螯虾 <i>Leptochela gracilis</i>	13.86	1.83	1.91	7.08
细巧拟对虾 <i>Parapenaeopsis tenellus</i>	6.45	0.10	0.06	0.51
戴氏赤虾 <i>Metapenaeopsis dalei</i>	3.49	0.15	0.05	0.76
日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>	1.82	0.02	0.01	0.17
葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	1.79	0.02	0.01	0.17
中华安乐虾 <i>Eualus sinensis</i>	0.41	0.01	+	0.08
七腕虾 <i>Heptacarpus</i> spp.	0.21	0.01	+	0.08
褐虾 <i>Crangon</i> spp.	0.12	0.01	+	0.08
不可辨认的虾类 Unidentified decapoda	3.62	1.63	0.40	4.38
蟹类 Crabs	0.02	0.01	+	0.08
泥脚隆背蟹 <i>Carcinoplax vestitus</i>	0.02	0.01	+	0.08
等足类 Isopoda	0.26	0.20	0.01	0.67
头足类 Cephalopoda	1.60	0.07	0.01	0.42
双喙耳乌贼 <i>Sepiella birostrata</i>	1.10	0.02	+	0.17
枪乌贼 <i>Loligo</i> spp.	0.51	0.05	+	0.25
多毛类幼体 Polychaeta	0.09	0.01	+	0.08
鱼类 Pisces	10.96	0.41	0.15	2.36
方氏云鲷 <i>Enedrias fangi</i>	3.64	0.06	0.02	0.34
虾虎鱼 <i>Gobiidae</i>	2.35	0.11	0.03	0.67
鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	0.84	0.01	+	0.08
不可辨认的鱼类 Unidentified pisces	4.12	0.22	0.09	1.26

注：“+”表示所占比例小于0.01%。

Note: “+” indicates that the ratio was smaller than 0.01%.

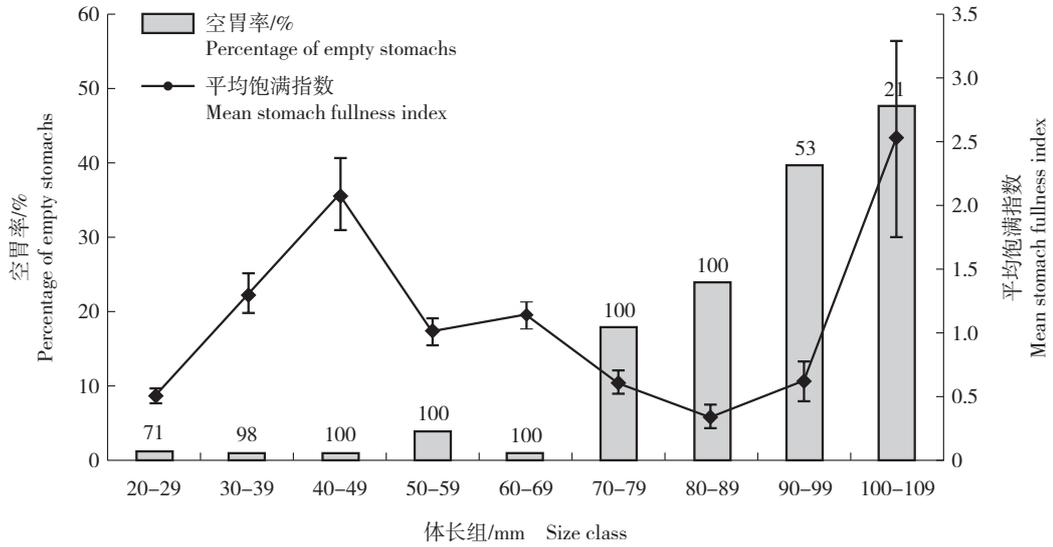


图1 小黄鱼幼鱼各体长组的平均饱满指数和空胃率(数字表示样本个数)

Fig. 1 Mean stomach fullness index and percentage of empty stomachs for each size class of juvenile small yellow croaker (numbers indicate the quantity of samples).

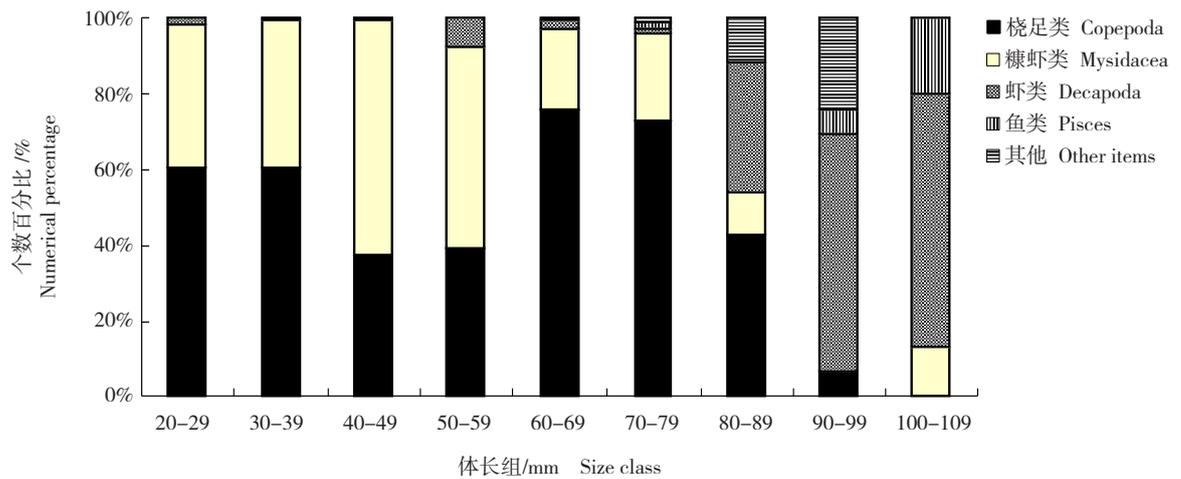


图2 不同体长组小黄鱼幼鱼食物组成的个数百分比

Fig. 2 Diet composition with percentage number of juvenile small yellow croaker for each size class

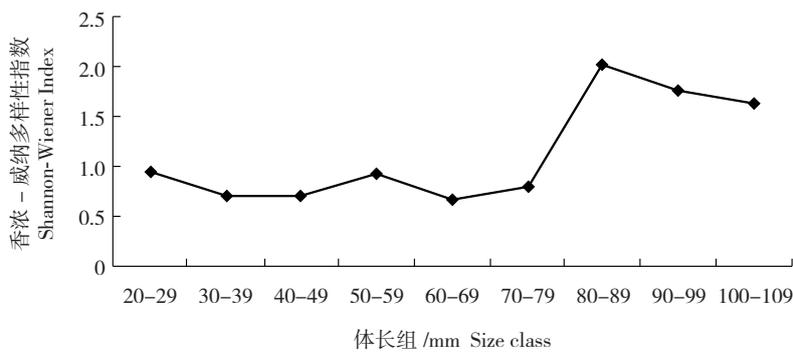


图3 小黄鱼幼鱼各个体长组的饵料生境宽度

Fig. 3 Dietary breadth calculated for each size class of juvenile small yellow croaker

和虾类,而体长 80 mm 以上的小黄鱼幼鱼则主要摄食虾类和鱼类。以 %IRI 为指数进行聚类分析的结果与  $W\%$  的结果相似。

而以  $N\%$  为指数进行聚类分析的结果,则将 9 个体长组分为 4 个组(图 4),分别是 80 mm 以下、80 ~ 89 mm、90 ~ 99 mm、100 ~ 109 mm。从饵料来

看,体长 80 mm 以下的小黄鱼幼鱼主要摄食桡足类和糠虾类;体长 80 ~ 89 mm 的小黄鱼幼鱼主要摄食桡足类、糠虾类和虾类;体长 90 ~ 99 mm 的小黄鱼幼鱼主要摄食虾类;100 ~ 109 mm 的小黄鱼幼鱼则主要摄食虾类和鱼类。以  $FO\%$  为指数进行聚类分析的结果与  $N\%$  的结果相似。

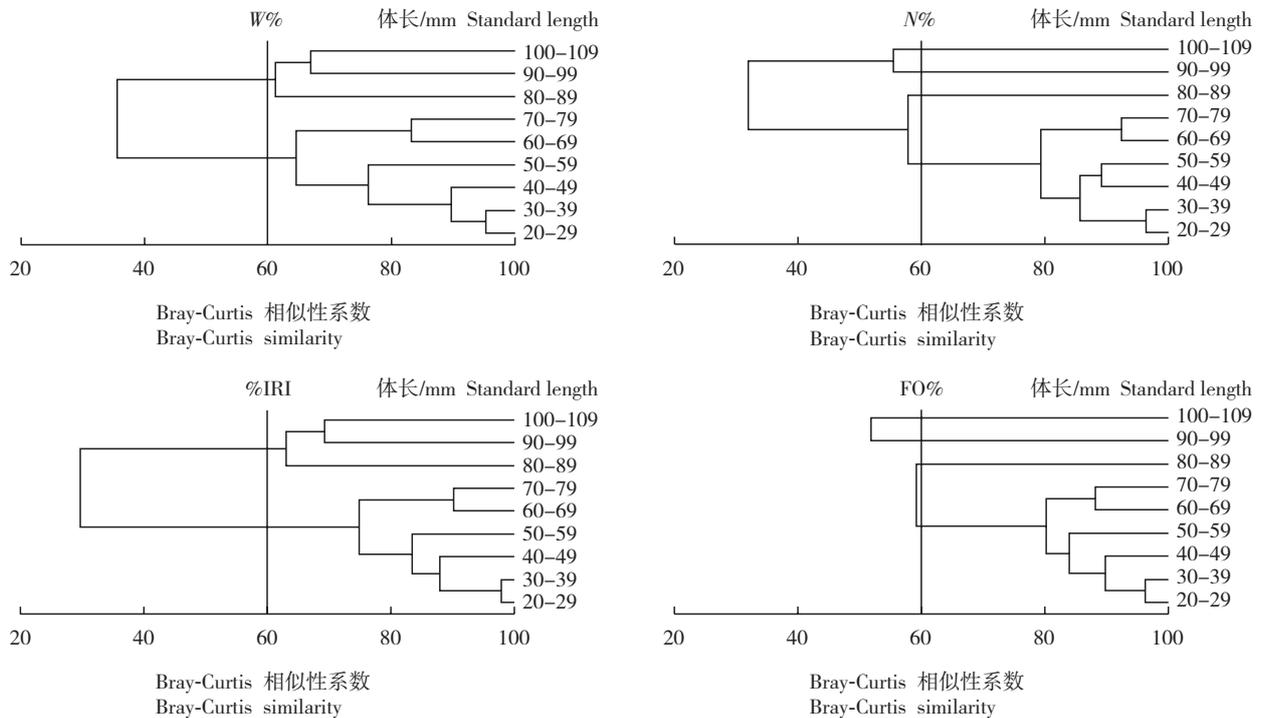


图 4 小黄鱼幼鱼各个体长组食物组成的聚类分析

Fig. 4 Cluster analysis of the dietary of juvenile small yellow croaker for each size class

### 3 讨论

#### 3.1 食物组成

浮游动物是支持大多数鱼类幼鱼生长的主要食物来源,海州湾水域小黄鱼幼鱼是以浮游动物为主的广食性鱼类,甲壳类(桡足类和糠虾类)是最重要的饵料类群,其次是虾类和鱼类。其摄食的饵料种类多达 30 多种,优势饵料是真刺唇角水蚤、长额刺糠虾和细螯虾。同以往的研究相比,小黄鱼幼鱼的食物组成发生了一些变化。林景祺<sup>[5]</sup>在 1955-1957 年对莱州湾和渤海湾小黄鱼幼鱼的摄食习性进行了研究,认为小黄鱼幼鱼体长超过 11 mm 以

后,其主要饵料为桡足类的双刺纺锤水蚤(*Acartia biflosa*)、太平洋哲水蚤(*Calanus pacificus*)、真刺唇角水蚤等;糠虾类的长额刺糠虾;毛颚类的强壮剑虫(*Sagitta crassa*);甲壳动物的中国毛虾(*Acetes chinensis*)、脊腹褐虾(*Crangon affinis*)和虾、蟹幼体以及虾虎鱼科幼鱼等。

本研究中小黄鱼幼鱼摄食的饵料种类和以往的研究相比少了很多,摄食的桡足类主要以真刺唇角水蚤为主,太平洋哲水蚤所占的比例极低,其他主要的桡足类种类和毛颚类种类也没有出现。虾类饵料中的优势种类不是脊腹褐虾,取而代之的是细螯虾占主要部分。产生这个变化的原因,可能是由于

取样海区不同从而导致其食物组成不同,因为在不同海区某些饵料种类组成分布特点的不同,会在不同程度上反映到仔、幼鱼的摄食习性上<sup>[6]</sup>。此外还有可能是由于黄海生物群落结构以及食物网结构自身发生的变化所引起的,但是由于缺乏平行对比,难以确定。因此,调查其他海域情况、收集其他海域信息、进行综合对比是下一步工作的重点。

### 3.2 体长变化

洪惠馨等<sup>[4]</sup>研究发现,小黄鱼摄食强度与体长组之间具有明显的相反关系。但是张波<sup>[20]</sup>对于东、黄海带鱼的摄食强度随体长变化的研究和薛莹等<sup>[9]</sup>对于黄海中部小黄鱼摄食强度随体长变化的研究中发现,鱼类摄食强度与体长变化并没有发生显著的变化。本研究经统计检验发现,小黄鱼幼鱼的摄食强度虽然随体长有显著变化,但是却没有明显的变化规律。造成这种情况的原因可能是由于小黄鱼幼鱼本身摄食饵料个体较小、种类较多、数量较大,还有一些胃含物已经被完全消化,无法准确称量,计量质量时采用的是换算质量,结果难免会存在一些误差。因此,关于小黄鱼幼鱼摄食强度的体长变化,还需做进一步的研究。

从食物的组成来看,各个体长组小黄鱼幼鱼的主要饵料食物有所不同。体长较小的小黄鱼幼鱼主要以小型浮游甲壳类(桡足类和糠虾类)为主要食物。然而,随着体长的增加,大型饵料(鱼类和虾类)在食物中所占的比例逐渐上升,而小型浮游甲壳类的比例逐渐下降。以往的研究发现,小黄鱼幼鱼在各个发育阶段,食物转换现象十分明显<sup>[5-6]</sup>,本研究中也得到了相似的结论。但是,所得到的小黄鱼幼鱼食性转化结果在细节上略有不同。以往小黄鱼幼鱼摄食虾类是从体长 60 mm 以后开始的,而本研究结果发现小黄鱼幼鱼在 20 ~ 29 mm 体长范围内就开始摄食虾类,说明其摄食习性发生改变,从而适应生物学特征的改变。此外,Shannon-Wiener 多样性指数在小黄鱼幼鱼体长大于 80 mm 后摄食范围有明显的增加,这说明个体较大的鱼类,其饵料生境宽度也较高,从而增强了其适应环境波动的能力,许多学者都有过类似的报道<sup>[21-22]</sup>。

### 3.3 聚类分析对比

在分别以  $W\%$ 、 $N\%$ 、 $FO\%$  和  $\%IRI$  为指数进行的聚类分析结果中(图 4),都将体长 80 mm 以下的小黄鱼幼鱼分为一组,其主要饵料为桡足类和糠虾类。而以  $N\%$  和  $FO\%$  为指数的聚类分析则将体长 80 mm 以上的小黄鱼幼鱼又细分为 3 组,80 ~ 89 mm 体长组主要摄食桡足类、糠虾类和虾类,90 ~ 99 mm 主要摄食虾类,100 ~ 109 mm 主要摄食虾类和鱼类。可见,使用  $N\%$  和  $FO\%$  进行聚类分析能够更加准确的描述出小黄鱼幼鱼摄食习性的转变特点,是逐渐由浮游动物转变为底栖和游泳动物,摄食环境由中上层逐渐转变为底层。而使用  $W\%$  和  $\%IRI$  则不能得到这个结果。这是由于在生物量谱分布中,个体大小是按照桡足类、糠虾类、虾类、鱼类的顺序由小到大排列的<sup>[23]</sup>。本研究中小黄鱼幼鱼个体较小(体长 20 ~ 109 mm),所摄食的种类主要为小型浮游动物。如果使用  $W\%$  或  $\%IRI$  为指数,则会掩盖了以数量多,质量小为特点的饵料种类对于小黄鱼幼鱼食物组成的重要性。由此可见,当鱼类样本长度较小,摄食种类多为小型浮游动物,且数量较多的情况下,使用  $N\%$  或  $FO\%$  为指数的针对性更强,结果也将更加准确。Miranda 等<sup>[24]</sup>在对美国密西西比河萨迪斯水库中的美洲真鲷(*Dorosoma cepedianum*) (体长范围为 4 ~ 45 mm) 食性变化的研究中,以及 Mario 等<sup>[25]</sup>在对罗斯海域的斑条渊龙(*Bathyraco marri*) (体长范围为 91 ~ 166 mm) 食性变化的研究中,都是使用个数百分比来评价各饵料成分的重要性以及进行各项统计分析的。

近年来,由于过度捕捞,小黄鱼个体小型化、性腺成熟提早的现象进一步加剧。笔者预测小黄鱼幼鱼由于生态学特征的改变而改变其摄食习性,那么其发生明显食性转变时的体长也应该改变。但是从聚类分析对比的结果来看,小黄鱼幼鱼食性发生明显转变的体长为 80 mm,这个结果与近半个世纪之前的研究结果相同<sup>[5]</sup>。这是因为鱼类摄食浮游动物是有特殊的摄食方法,只适于摄取一定大小范围的食物<sup>[26]</sup>。因此,产生食性转化的原因,应该是由于鱼类摄食形态特征改变,例如取食器官(口、齿、腮

耙),消化道(食道、胃、肠)和体型等因素决定的<sup>[27]</sup>。本研究证明,小黄鱼幼鱼食性的转变是与其体长密切相关的。

致谢:本研究工作得到了韦晟、戴芳群等老师的大力帮助,在此一并致谢。

#### 参考文献:

- [1] 邓景耀,赵传纲. 海洋渔业生物学[M]. 北京: 农业出版社,1991.
- [2] 赵传纲,陈永法,洪港船,等. 东海区渔业资源调查和区划[M]. 上海: 华东师范大学出版社,1990.
- [3] 林龙山,程家骅,任一平,等. 东海区小黄鱼种群生物学特征的分析[J]. 中国水产科学,2004,11(4): 333-338.
- [4] 洪惠馨,秦忆芹,陈莲芳,等. 黄海南部、东海北部小黄鱼摄食习性的初步研究[A]. 海洋渔业资源论文选集[C],北京: 农业出版社,1962,45-57.
- [5] 林景祺. 小黄鱼幼鱼和成鱼的摄食习性及其摄食条件的研究[A]. 海洋渔业资源论文选集[C],北京: 农业出版社,1962,34-43.
- [6] 白雪娥. 渤海小黄鱼仔幼鱼的摄食习性[A]. 太平洋西部渔业研究委员会第八次会议论文集[C]. 北京: 科学出版社,1966.
- [7] 韦晟,姜卫民. 黄海鱼类食物网的研究[J]. 海洋与湖沼,1992,23(2): 182-192.
- [8] 邓景耀,姜卫民,杨纪明,等. 渤海主要生物种间关系及食物网的研究[J]. 中国水产科学,1997,4(4): 1-7.
- [9] 薛莹,金显仕,张波,等. 黄海中部小黄鱼摄食习性的体长变化与昼夜变化[J]. 中国水产科学,2004,11(5): 420-425.
- [10] 薛莹,金显仕,张波,等. 黄海中部小黄鱼的食物组成和摄食习性的季节变化[J]. 中国水产科学,2004,11(3): 237-243.
- [11] Hyslop E J. Stomach contents analysis\_a review of methods and their application[J]. J Fish Biol, 1980,17(4): 411-429.
- [12] Letourneur Y, Galzin R, Harmelin-Vivien M. Temporal variations in the diet of the damselfish *Stegastes nigricans* (Lacepède) on a Réunion fringing reef[J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1997,217: 1-18.
- [13] de Vlaming V, Grossman G D, Chapman F. On the use of the gonadosomatic index[J]. Comp Biochem Physiol, 1982,73: 31-41.
- [14] Krebs C J. Ecological Methodology[M]. New York: Harper and Row, 1989.
- [15] Marshall S, Elliott M. A comparison of univariate and multivariate numerical and graphical techniques for determining inter-and intra-specific feeding relationships in estuarine fish[J]. J Fish Biol, 1997,51: 526-545.
- [16] Clarke K R, Gorley R N. Primer v5: User Manual/Tutorial[M]. Plymouth: Primer-E,2001.
- [17] 张波,唐启升,金显仕. 东海高营养层次鱼类功能群及其主要种类[J]. 中国水产科学,2007,14: 939-949.
- [18] Green H W, Jaksic F M. Food-niche relationships among sympatric predators: effects of level of prey identification[J]. Oikos,1983,40: 151-154.
- [19] Schafer L N, Platell M E, Valesinni F J, et al. Comparisons between the influence of habitat type, season and body size on the dietary compositions of fish species in nearshore marine waters[J]. J Exp Mar Biol Ecol,2002,278: 67-92.
- [20] 张波. 东、黄海带鱼的摄食习性及其随发育的变化[J]. 海洋水产研究,2004,25(2): 6-12.
- [21] Schafer L N, Platell M E, Valesini F J, et al. Comparisons between the influence of habitat type, season and body size on the dietary compositions of fish species in nearshore marine waters[J]. Journal of Experiment Marine Biology Ecology,2002,278(1): 67-92.
- [22] Platell M E, Sarre G A, Potter I C. The diets of two co-occurring marine teleosts, *Parequula melbournensis* and *Pseudocaranx wrighti*, and their relationship to body size and mouth morphology, and the season and location of capture[J]. Environ Biol Fish,1997,49(3): 361-376.
- [23] 左涛,王俊,唐启升,等. 秋季南黄海网采浮游生物的生物量谱[J]. 海洋学报,2008,30(5): 71-80.
- [24] Maristela C M, Keshiyu N, Andrea B, et al. Ontogenetic shifts in digestive tract morphology and diet of fish larvae of the Itaipu Reservoir, Brazil[J]. Environmental Biology of Fishes,2005,72: 99-107.
- [25] Mario L M, Joseph T E, Priscilla L. Feeding habits of *Bathyraco marri* (Pisces, Notothenioidei, Bathyracoconidae) from the Ross Sea, Antarctica[J]. Polar Biol,2007,30: 541-547.
- [26] 沈国英,施并章. 海洋生态学[M]. 北京: 科学出版社,1990.
- [27] 刘晓娜. 几种肉食性鱼类摄食形态学适应的初步研究[J]. 湖北农学院学报,1996,16(4): 280-283.

## Diet composition and ontogenetic variation in feeding habits of juvenile small yellow croaker *Pseudosciaena polyactis* Bleeker in the Yellow Sea

GUO Bin<sup>1,2</sup>, ZHANG Bo<sup>1</sup>, JIN Xianshi<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fishery Resources, Ministry of Agriculture; Shandong Provincial Key Laboratory of Fishery Resources and Eco-environment, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China; 2. College of Ocean, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** Small yellow croaker, *Pseudosciaena polyactis* Bleeker, is a commercially important bottom fish distributing from the northern East China Sea to the Bohai Sea, and plays an important role in the marine ecosystems. In recent years, although the stock has showed recovering, the catches were mainly composed of juveniles, and characterized by lower age population structure. In spite of its high abundance and importance to fisheries, only limited information is available on its feeding ecology in juvenile stage of small yellow croaker.

In the present paper, the diet composition and ontogenetic variation in the feeding habits of juvenile small yellow croaker at standard length (SL) of 20–109 mm were examined by applying the Kruskal-Wallis test, a chi-squared test and the cluster analysis based on the total of 743 samples from seasonal bottom trawl surveys in the Haizhou bay of the Yellow Sea from July 2008 to August 2008. The juvenile small yellow croaker was a generalist with a diet of more than 30 prey species from stomach contents analysis. Crustaceans, including copepodas, mysidaceas and decapodas, were the most important prey groups, occupying 99.50% of the total food by numerical percentage. At the species level, *Labidocera euchaeta*, *Acanthomysis longirostris*, and *Leptochela gracilis* were the dominant preys. The relative importance of cephalopod, polychaeta and pisces was relatively low. The feeding intensity, as indicated by the percentage of empty stomach (PES) and mean stomach fullness index (MSFI), varied significantly among different classes of sizes. The PES increased with increasing fish size, but the MSFI did not present the obvious trend of change. The percentage of decapoda and pisces significantly increased with increasing of fish size, whereas the percentage of copepoda and mysidacea decreased. The dietary breadth increased significantly for fish greater than 80 mm SL. It indicated that the larger fish have broader dietary breadth, and can enhance their ability to accommodate the impact of environmental fluctuation. Cluster analysis revealed that there was an abrupt change in diet composition in the fish at about 80 mm SL. *Labidocera euchaeta* and *Acanthomysis longirostris* dominated the diet of fish smaller than 80 mm SL, whereas *Leptochela gracilis* and *Enedrias fangi* were the dominant prey for fish greater than 80 mm SL.

Compared with historical data, the diet composition of juvenile small yellow croaker in the Yellow Sea varied significantly. The number of preys was much less than the past, *Labidocera euchaeta* was the dominant portion of copepoda, and the other species of copepoda were totally absent. *Leptochela gracilis* was the dominant prey of the decapoda instead of *Crangon affinis*. And the juvenile small yellow croaker started to prey on decapoda in the 20–26 mm SL, indicating that the fish may change their feeding habit to adapt the change of its biological characters. It is found that it is better to use numerical percentage ( $N\%$ ) or the percentage of frequency occurring (FO%) for the index of the cluster analysis. To compare with the SL of the abrupt change of the diet of the juvenile small yellow croaker in the past years, we conclude that the ontogenetic variation of juvenile small yellow croaker is not related with the age, but with the length. [Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17 (2): 289–297]

**Key words:** *Pseudosciaena polyactis*; diet composition; feeding habits; ontogenetic variation

**Corresponding author:** JIN Xianshi. E-mail: jin@ysfri.ac.cn