

## 海州湾小黄鱼幼鱼和黄鲫幼鱼的食物竞争

郭 斌<sup>1,2</sup> 张 波<sup>1</sup> 戴芳群<sup>1</sup> 金显仕<sup>1\*</sup>

(<sup>1</sup>农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

(<sup>2</sup>上海海洋大学海洋科学学院, 201306)

**摘 要** 根据 2008 年 7~8 月在黄海海州湾海域进行的定点底拖网调查, 应用胃含物分析法、多元统计分析法、饵料重叠系数法等, 对小黄鱼 *Pseudosciaena polyactis* 幼鱼和黄鲫 *Setipinna taty* 幼鱼的食物竞争关系进行研究。结果表明, 小黄鱼幼鱼和黄鲫幼鱼的营养级相同, 均为 3.33 级。但是它们的食物组成相似性(0.06~0.20)和饵料重叠系数(0.03~0.38)并不高, 均小于 0.6, 而两种鱼类幼鱼种内的食物组成相似性和饵料重叠系数则较高。从饵料组成来看, 甲壳类中的真刺唇角水蚤 *Labidocera euchaeta* 和长额刺糠虾 *Acanthomysis longirostris* 在两种鱼类幼鱼体长/叉长较小阶段存在一定程度上的重叠, 之后随着个体的生长发育, 摄食逐渐产生分化。从本研究的结果判断, 小黄鱼幼鱼和黄鲫幼鱼之间可能存在较弱的种间资源利用性食物竞争, 而两种鱼类幼鱼各自则可能存在较大的种内资源利用性食物竞争。

**关键词** 小黄鱼 黄鲫 饵料重叠 食物竞争

**中图分类号** S932.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2011)01-0008-08

## Food competition between juvenile *Pseudosciaena polyactis* and juvenile *Setipinna taty* in the Haizhou Bay

GUO Bin<sup>1,2</sup> ZHANG Bo<sup>1</sup> DAI Fang-qun<sup>1</sup> JIN Xian-shi<sup>1\*</sup>

(<sup>1</sup>Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resources, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(<sup>2</sup>College of Ocean Sciences, Shanghai Ocean University, 201306)

**ABSTRACT** *Pseudosciaena polyactis* and *Setipinna taty* are two kinds of important commercial fish species in the northern East China Sea and the Bohai Sea, and they play an important role in the marine ecosystems. In our study, the dietary overlap and food competition between these two juvenile fish species at their common length of 35~69mm were examined by applying the multivariate statistical technique, the Schoener's similarity index, and the Pianka index, based on the total of 547 samples collected from seasonal bottom trawl surveys in the Haizhou Bay of the Yellow Sea during July~August, 2008. The results indicated that these two juvenile fish species had the same trophic level of 3.33. Both the Schoener's similarity index (0.06~0.20) and dietary overlap coefficient (0.03~

国家重点基础研究规划项目(2006CB400608)、国家自然科学基金项目(41076110、40906086)和山东省泰山学者专项基金共同资助

\* 通讯作者。E-mail: jin@ysfri.ac.cn

收稿日期:2010-05-04;接受日期:2010-06-18

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, Tel:(0532)85836344

0.38) between juveniles of the two fish species were lower than 0.6. In contrast, their intra-specific values of food composition similarity and dietary overlap coefficient were relatively high. At the species level, crustaceans including *Labidocera euchaeta* and *Acanthomysis longirostris* were the common preys in the developing prophase of the two fish species. Then different changes in diet appeared as the two juvenile fish grew. We conclude that there is low inter-specific competition between juveniles of these two fish species and high intra-specific competition within each species.

**KEY WORDS** *Pseudosciaena polyactis* *Setipinna taty* Dietary overlap  
Food competition

食物竞争是食物关系的重要研究内容之一。鱼类食物竞争包括种间食物竞争和种内食物竞争,特别是种间食物竞争,是研究食物网营养动力学的基础(唐启升 1999)。海州湾水域既是众多鱼类的产卵场、育幼场和索饵场,又是一些洄游性鱼类重要的过路渔场,对鱼类的繁殖和资源的补充起着重要作用(程济生等 2004)。其中小黄鱼 *Pseudosciaena polyactis* 和黄鲫 *Setipinna taty* 具有较高的经济价值,也是海州湾及其毗邻海域重要的渔业资源种类。由于这两种鱼类在分布区域上有一定的重叠(刘效舜等 1990),因而可能存在食物竞争关系,特别是死亡率较高的幼鱼阶段。有关这两种鱼类幼鱼的食性已经有过详细的报道(郭 斌等 2010a, b),但其食物关系还没有被研究过。本文采用胃含物分析法、多元统计分析法、饵料重叠系数法等,对海州湾海域小黄鱼幼鱼和黄鲫幼鱼的食物竞争开展研究,旨在为深入探讨这两种鱼类幼鱼之间的种间竞争关系及其早期存活机制提供基础资料,同时为研究黄海鱼类群落的结构、功能及其变化提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 样品的采集与分析

本研究样品采自 2008 年夏季(7~8 月)中国水产科学研究院黄海水产研究所“北斗”号海洋科学调查船在黄海海州湾海域(34°00'~34°30'N, 120°30'~121°30'E)进行的连续站定点底拖网调查。小黄鱼幼鱼和黄鲫幼鱼样本取其共有体长/叉长范围 35~69mm,以 5mm 为间隔将其分为 7 个体长/叉长组:35~39、40~44、45~49、50~54、55~59、60~64、65~69mm。共计 547 个胃含物样品(表 1)。采用胃含物分析法分析样品鱼类的食物组成,饵料种类尽量鉴定到最低分类阶元。

表 1 各个体长/叉长组小黄鱼幼鱼和黄鲫幼鱼胃含物样品的取样情况  
Table 1 Samples of stomach content of juveniles *P. polyactis* and *S. taty* at different size

体长/叉长组 Body or Fork length (mm)	小黄鱼幼鱼 Juvenile <i>P. polyactis</i>		黄鲫幼鱼 Juvenile <i>S. taty</i>	
	空胃数 Number of individual with empty stomach	尾数 Total number	空胃数 Number of individual with empty stomach	尾数 Total number
35~39	49	1	15	3
40~44	59	1	12	4
45~49	41	0	33	5
50~54	71	4	43	4
55~59	29	0	46	10
60~64	64	0	36	4
65~69	36	1	13	2
合计 Total	349	7	198	32

## 1.2 营养级计算方法

本研究的营养级用下列公式计算：

$$TL_i = 1 + \sum_{j=1}^n DC_{ij} \cdot TL_j \quad (1)$$

式中,  $TL_i$  为鱼种  $i$  的营养级;  $TL_j$  为饵料生物  $j$  的营养级;  $DC_{ij}$  为饵料生物  $j$  在鱼种  $i$  食物中所占的比例, 本研究用食物成分的个数百分比(N%) (Hyslop 1980) 表示, 选择该指数是因为在鱼类样本个体较小、摄食种类多为小型浮游动物且数量较多的情况下, 使用该指数针对性更强, 结果也更加准确 (Makrakis *et al.* 2005; La Mesa *et al.* 2007; 郭斌等 2010a)。计算使用的初始营养级数(绿色植物)采用目前国际通用的营养级划分标准, 即将第 1 营养层次的绿色植物定为 1 级。基础饵料生物的营养级参照值(张波等 2004)见表 2。

$$\text{个数百分比(N\%)} = \frac{\text{某饵料生物的个数}}{\text{胃含物饵料生物总个数}} \times 100\% \quad (2)$$

表 2 饵料生物类群营养级

Table 2 Trophic levels of food organism taxa

浮游生物 Plankton		底栖生物 Benthos	
饵料生物类别 Food organism taxa	营养级 Trophic level	饵料生物类别 Food organism taxa	营养级 Trophic level
介型类 Ostracoda	2.1	涟虫类 Cumacea	2.1
糠虾类 Mysidae	2.1	腹足类 Gastropoda	2.2
毛虾类 Sergestidae	2.1	双壳类 Lamellibranchia	2.2
甲壳类幼体 Crustacea larva	2.1	端足类 Amphipoda	2.3
磷虾类 Euphausiacea	2.2	多毛类 Polychaeta	2.4
桡足类 Copepoda	2.5	短尾类 Brachyura	2.6
仔、幼鱼 Fish larva	3.1	长尾类 Macrura	2.8

注:表中数据引自张波等(2004)

## 1.3 多元统计分析

Primer v5.0 软件 (Clarke *et al.* 2001a) 广泛应用于海洋生物群落的结构、功能和生物多样性的研究, 该软件在鱼类食性的研究中取得了比较好的效果 (Cattrijsse *et al.* 1994; Platell *et al.* 1996), 鉴于此, 本研究采用该软件来研究海州湾海域小黄鱼幼鱼和黄鲫幼鱼食物组成的相似性。进行多元统计分析时, 所用的指数是饵料生物的个数百分比。利用 Bray-Curtis 相似性指数构造样品间食物组成的相似性矩阵 (Clarke *et al.* 2001b), 计算公式如下:

$$C_{BC} = \frac{\sum_{i=1}^S |X_{ij} - X_{im}|}{\sum_{i=1}^S (X_{ij} + X_{im})} \quad (3)$$

式中,  $C_{BC}$  代表 Bray-Curtis 相似性指数;  $X_{ij}$  和  $X_{im}$  分别代表第  $i$  种饵料生物在  $j$  和  $m$  体长/叉长组中所占的个数百分比;  $S$  为种类数。并以此为基础进行了非度量性 MDS 标序分析 (Non-metric multidimensional scaling)。

## 1.4 食物组成相似性

食物组成相似性是指两个物种利用资源的相似程度, 使用 Schoener 相似性系数  $D_{ij}$  (Schoener 1970) 进行计算, 用于分析各个体长/叉长组间食物组成的相似性, 计算公式如下:

$$D_{ij} = 1 - \frac{1}{2} \sum_{k=1}^S |P_{ik} - P_{jk}| \quad (4)$$

式中,  $P_{ik}$ 、 $P_{jk}$  为共有饵料  $k$  在  $i$ 、 $j$  鱼种食物中所占的个数百分比;  $S$  为饵料种数;  $D_{ij}$  表示物种  $i$  与  $j$  的食物组成相似程度,  $D_{ij}$  的值域为  $[0, 1]$ 。

### 1.5 饵料重叠系数

种群间的饵料重叠可表征它们对同一类食物资源的共同利用程度, 在一定程度上可以反映出物种间对资源利用的竞争关系(向悟生等 2002)。饵料重叠较大的种群不是有相近的生态特征, 就是对食物资源有互补性的要求, 即饵料重叠是两个种在其与食物资源联系上的相似性(王 刚 1984)。

使用 Pianka (1973) 提出的公式计算两种幼鱼的饵料重叠系数:

$$O_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^S P_{ik} \cdot P_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^S P_{ik}^2 \cdot \sum_{k=1}^S P_{jk}^2}} \quad (5)$$

式中,  $P_{ik}$ 、 $P_{jk}$  为共有饵料  $k$  在  $i$ 、 $j$  鱼种的胃含物中所占的个数百分比;  $S$  为饵料种数;  $O_{ij}$  表示物种  $i$  与  $j$  的饵料重叠值,  $O_{ij}$  的值域为  $[0, 1]$ 。

式(4)中  $D_{ij}$  和式(5)中  $O_{ij}$  的值, 以 0.6 为临界值, 如果大于或等于 0.6, 就说明食物组成相似或者饵料重叠显著(Keast 1978; Scrimgeour *et al.* 1987)。

## 2 结果

### 2.1 两种鱼类幼鱼的营养级

海州湾小黄鱼幼鱼和黄鲫幼鱼的食物组成见郭 斌等(2010a, b)。

小黄鱼幼鱼摄食桡足类的个数百分比为 53.33%, 糠虾类为 44.27%, 端足类为 0.08%, 甲壳类幼体为 0.02%, 涟虫类为 0.02%, 长尾类为 2.13%, 仔、幼鱼为 0.15%, 以此计算海州湾海域小黄鱼幼鱼营养级为 3.33 级。

黄鲫幼鱼摄食桡足类的个数百分比为 43.64%, 端足类为 0.52%, 多毛类为 2.08%, 腹足类为 2.86%, 双壳类为 0.78%, 介型类为 1.56%, 涟虫类为 0.52%, 短尾类为 0.26%, 糠虾类为 7.53%, 磷虾类为 32.21%, 毛虾类为 2.34%, 长尾类为 1.82%, 甲壳类幼体为 3.90%, 以此计算海州湾海域黄鲫幼鱼营养级为 3.33 级。

### 2.2 食物组成的比较

图 1 是以 Bray-Curtis 相似性指数矩阵转化的 MDS 图, 所得压力系数(Stress)的值为 0.02。MDS 图清晰地显示出, 小黄鱼幼鱼和黄鲫幼鱼的各个体长/叉长组被分为两个明显不同的聚类组, 而且两个聚类组之间的距离较远, 表明两种鱼类幼鱼的食物组成差异较大。此外, 我们可以看出, 小黄鱼幼鱼各个体长组的食物组成几乎完全重叠, 而黄鲫幼鱼的各个叉长组的食物组成则随叉长的变化而有明显的不同。

从饵料组成上来看(图 2), 两种鱼类幼鱼在体长/叉长较小阶段对真刺唇角水蚤 *Labidocera euchaeta* 和长额刺糠虾 *Acanthomysis longirostris* 的摄食存在一定程度的重叠。随着个体的生长发育, 小黄鱼幼鱼继续以真刺唇角水蚤和长额刺糠虾为主要饵料, 而黄鲫幼鱼则逐渐以摄食太平洋磷虾 *Euphausia pacifica* 为主。

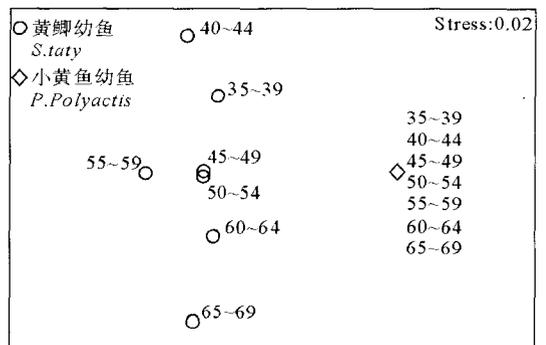


图 1 两种幼鱼各个体长/叉长组食物组成的 MDS  
Fig. 1 MDS plot of the dietary samples from juveniles of two fish species

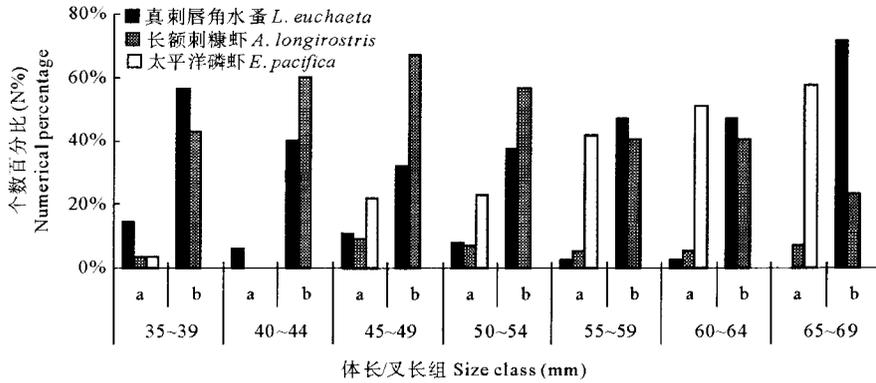


图 2 主要饵料生物在黄鲫幼鱼(a)和小黄鱼幼鱼(b)各个体长/叉长组中所占的比例

Fig. 2 Percentage of main prey items of *S. taty* (a) and *P. polyactis* (b) at different sizes

表 3 两种幼鱼各个体长/叉长组间的 Schoener 相似性指数

Table 3 Schoener's similarity index between different size-class juveniles of two fish species

体长/叉长组 (mm) Body or Fork length	黄鲫幼鱼 <i>S. taty</i>						小黄鱼幼鱼 <i>P. polyactis</i>						
	40~44	45~49	50~54	55~59	60~64	65~69	35~39	40~44	45~49	50~54	55~59	60~64	65~69
<b>黄鲫幼鱼 <i>S. taty</i></b>													
35~39	0.56	0.54	0.49	0.33	0.27	0.07	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
40~44		0.39	0.44	0.21	0.20	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
45~49			<b>0.77</b>	0.53	0.53	0.36	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
50~54				0.55	<b>0.65</b>	0.49	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
55~59					<b>0.62</b>	0.49	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08
60~64						<b>0.64</b>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
65~69							0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
<b>小黄鱼幼鱼 <i>P. polyactis</i></b>													
35~39							<b>0.83</b>	<b>0.75</b>	<b>0.80</b>	<b>0.88</b>	<b>0.77</b>	<b>0.80</b>	
40~44								<b>0.92</b>	<b>0.94</b>	<b>0.80</b>	<b>0.60</b>	<b>0.63</b>	
45~49									<b>0.90</b>	<b>0.73</b>	0.53	0.57	
50~54										<b>0.84</b>	0.59	<b>0.65</b>	
55~59											<b>0.68</b>	<b>0.74</b>	
60~64													<b>0.93</b>

表 3 列出了两种幼鱼各个体长/叉长组之间的 Schoener 相似性指数的值。由表 3 可见,小黄鱼幼鱼和黄鲫幼鱼之间的食物组成相似指数位于 0.06~0.20 之间,均小于 0.6。相似性指数的最大值(0.20)出现在黄鲫 45~49mm 叉长组和小黄鱼的各个体长组之间。而两种鱼类幼鱼各自的体长/叉长组之间的相似性指数则较高。黄鲫幼鱼叉长组之间有 4 对的相似性指数超过 0.6,最高值(0.77)出现在 45~49mm 和 50~54mm 叉长组之间。小黄鱼幼鱼除了 3 对体长组以外,其他体长组间的相似性指数均超过 0.6,最高值(0.94)出现在 40~44mm 和 50~54mm 体长组之间。

通过计算得到两种幼鱼各个体长/叉长组之间的饵料重叠系数的值(表 4)。由表 4 可见,小黄鱼幼鱼和黄鲫幼鱼之间的饵料重叠系数值位于 0.03~0.38 之间,均小于 0.6。两种鱼类幼鱼各自的体长/叉长组之间的饵料重叠系数值较高。黄鲫幼鱼叉长组之间有 6 对的饵料重叠系数值低于 0.6,最高值(0.97)出现在 45~49mm 和 50~54mm 叉长组之间。小黄鱼幼鱼体长组间的饵料重叠系数均超过 0.6,有的甚至接近完全重叠( $O_{ij}$  值接近 1)。

表 4 两种幼鱼各个体长/叉长组间的饵料重叠系数

Table 4 The dietary overlap coefficient between juveniles at different sizes of two fish species

体长/叉长组 (mm) Body or Fork length	黄鲫幼鱼 <i>S. taty</i>						小黄鱼幼鱼 <i>P. polyactis</i>						
	40~44	45~49	50~54	55~59	60~64	65~69	35~39	40~44	45~49	50~54	55~59	60~64	65~69
黄鲫幼鱼 <i>S. taty</i>													
35~39	<b>0.80</b>	<b>0.71</b>	<b>0.69</b>	0.34	0.29	0.10	0.34	0.27	0.24	0.27	0.33	0.37	0.37
40~44		<b>0.66</b>	<b>0.70</b>	0.25	0.18	0.02	0.10	0.07	0.06	0.07	0.10	0.12	0.12
45~49			<b>0.97</b>	<b>0.78</b>	<b>0.74</b>	<b>0.61</b>	0.38	0.37	0.35	0.36	0.38	0.35	0.35
50~54				<b>0.79</b>	<b>0.75</b>	<b>0.61</b>	0.27	0.26	0.25	0.26	0.27	0.25	0.25
55~59					<b>0.95</b>	<b>0.92</b>	0.12	0.13	0.13	0.13	0.12	0.09	0.09
60~64						<b>0.95</b>	0.14	0.12	0.10	0.12	0.13	0.15	0.15
65~69							0.07	0.10	0.11	0.10	0.08	0.03	0.04
小黄鱼幼鱼 <i>P. polyactis</i>													
35~39							<b>0.94</b>	<b>0.89</b>	<b>0.94</b>	<b>0.98</b>	<b>0.92</b>	<b>0.94</b>	
40~44								<b>0.99</b>	<b>0.99</b>	<b>0.95</b>	<b>0.74</b>	<b>0.78</b>	
45~49									<b>0.99</b>	<b>0.90</b>	<b>0.64</b>	<b>0.69</b>	
50~54										<b>0.96</b>	<b>0.74</b>	<b>0.78</b>	
55~59											<b>0.89</b>	<b>0.92</b>	
60~64													<b>0.99</b>

### 3 讨论

#### 3.1 食物组成相似性与饵料重叠系数

在本研究中用来计算食物组成相似性的 Schoener 相似性公式与用来计算饵料重叠系数的 Pianka 重叠公式也广泛应用于计算生态位相似性以及生态位重叠的方法中。生态位是描述一个物种在生态系统中的位置,是由物种对栖息地的要求及其对系统的功能和作用所组成(沈国英等 1990)。鱼类食物竞争方面的研究也可以称为是对鱼类在食物利用维度上的生态位重叠的描述。但是国内关于运用生态位方法研究生物群落的文献,大多都集中于研究陆生生物群落结构(初红军等 2008;王新功等 2003;罗梅浩等 2002),应用于海洋鱼类群落结构则鲜有报道。

有不少学者认为,生态位相似性其实就是生态位重叠,它们都说明了物种之间对环境资源的利用情况。因此国内外学者在对鱼类食物重叠的研究中,一些只使用 Schoener 相似性公式进行计算(Bozek *et al.* 1994;薛莹等 2005;Barrera-Oro 2003),另一些则只使用 Pianka 重叠公式计算(Frederick *et al.* 2003;张波等 2005;邓景耀等 1997)。计算生态位相似性的 Schoener 相似性公式(曲线平均模型)(式 4)和计算生态位重叠的 Pianka 重叠公式(对称  $\alpha$  模型)(式 5)尽管在名称上有所不同,但本质上并没有较大的区别,二者都是用来计算生态位重叠的公式,并且各有其优缺点(李德志等 2006)。Schoener 相似性公式从离散数据向连续数据转化十分简单,计算方法简便,并适用于超过一维资源的情况,但从一维转换到多维则存在数学和观测上的困难;Pianka 重叠公式适用于离散型和连续型数据的生态位重叠,所产生的矩阵具有对称性质,但对种群的个体数量或其在群落中种群的数量特征不敏感(李 黎等 2003)。相同的数据如果同时使用这两种公式计算所得到的结果差异较大。

本研究中所得到的小黄鱼幼鱼和黄鲫幼鱼各个体长/叉长组之间的饵料重叠系数值普遍比食物组成相似性的值大很多。如果单独使用其中一个公式进行计算,那么结果就会低估或高估这两种鱼类幼鱼食物重叠的程度。而在对陆生生物生态位的研究中,大多都同时使用 Schoener 相似性公式和 Pianka 重叠公式对生态位重叠情况进行综合评价(谢春平等 2008;陈子林等 2007;曹春等 2006)。笔者认为这种方法是可行的,在对鱼类食物重叠的研究中,也应该同时使用 Schoener 相似性公式与 Pianka 重叠公式进行计算,对两组

数据进行综合对比后再得出结果,同时也能够为以后的相关研究提供参照。在今后的研究中,我们还应该根据实际情况来检验这些计算公式的准确性,不断地验证、改进研究方法,力求更加客观、更加准确地描述海洋环境中鱼类真实的食物重叠情况。

### 3.2 两种鱼类幼鱼的食物竞争

通过计算小黄鱼幼鱼和黄鲫幼鱼的营养级发现,两种鱼类幼鱼的营养级相同,均为 3.33 级。但是它们的食物组成相似性(0.06~0.20)和饵料重叠系数(0.03~0.38)并不高,均小于 0.6,并且随着鱼体体长/叉长的增加,食物重叠程度越来越低。而两种鱼类幼鱼种内的食物组成相似性和饵料重叠系数则较高。值得注意的是,食物重叠常常被用作食物竞争系数的估计。这种处理虽然可能较为方便,然而,将食物重叠与竞争系数等同,可能值得怀疑并容易引起误解(李德志等 2006)。“重叠-相似-竞争”三者之间的关系并不是必然的,只是在环境资源发生变化时,才会体现出来(谢春平等 2008)。资源量与供求比以及资源满足生物需要的程度对研究食物重叠与竞争的关系是非常重要的,而这一点很容易被人们所忽略。所以,竞争的一个必要条件是食物重叠,但重叠并不一定导致竞争,竞争是在资源供应不足且食物重叠条件下形成的。由于生态位重叠比竞争系数更容易测定,所以当在资源短缺、存在竞争的条件下,常常用食物重叠值等同于竞争系数(李 黎等 2003)。

从饵料组成来看,甲壳类中的真刺唇角水蚤和长额刺糠虾在两种鱼类幼鱼体长/叉长较小阶段存在一定程度上的重叠。小黄鱼幼鱼在整个体长组范围内都是以摄食真刺唇角水蚤和长额刺糠虾这两种饵料为主。黄鲫幼鱼在叉长较小阶段还摄食一些其他桡足类,如小拟哲水蚤 *Paracalanus parvus*、中华哲水蚤 *Calanus sinicus* 等,并且随着生长发育,所摄食的真刺唇角水蚤和长额刺糠虾的比例逐渐减少,转而主要以太平洋磷虾为主要摄食种类,与小黄鱼幼鱼产生明显的摄食分化。考虑到两种鱼的幼鱼阶段活动能力较弱,捕食能力有限,因此从本研究的结果判断,小黄鱼幼鱼和黄鲫幼鱼之间可能存在较弱的种间资源利用性食物竞争,而两种鱼类幼鱼各自则可能存在较大的种内资源利用性食物竞争。

鱼类的食性及其摄食行为除受其生理活动以及环境生态因子影响外,也受其摄食器官功能形态发育的影响(柳 琪等 2006)。一般来说,每种鱼对喜好的饵料生物都有特定的形态学适应,这是进化过程中自然选择的结果,是对环境的适应(殷名称 1995)。摄食器官发达、胃肠容量较大的鱼类通常以鱼、虾类等大型饵料为食;摄食器官不甚发达,胃肠容量不大的鱼类则通常以底栖无脊椎动物或小型饵料生物为食(刘晓娜 1996)。本研究中小黄鱼幼鱼和黄鲫幼鱼产生明显的摄食分化,应该与其各自摄食器官功能形态上的差异有关。两种鱼类幼鱼在体长/叉长较小阶段存在一定程度的食物重叠,说明此时其摄食形态特征(口、齿、体型、消化道等因素)并没有较大的差异。而之后两种鱼类幼鱼随着体长/叉长的不断增加,出现了明显的摄食分化,说明随着生长发育,其摄食形态特征的差异越来越明显。这样就使得两种鱼类幼鱼能够进一步减少食物竞争,充分利用环境资源,提高成活率。因此,进一步研究鱼类摄食器官功能形态随发育的变化及其与饵料生物之间的适应机制,对阐明鱼类早期存活机制是尤为重要的。

## 参 考 文 献

- 王 刚. 1984. 关于生态位定义的探讨及生态位重叠计测公式改进的研究. 生态学报, 4(2): 119~126
- 王新功, 洪 伟, 吴承祯, 程 煜, 封 磊, 廖成章, 蓝 斌. 2003. 武夷山米槠林主要种群生态位研究. 中南林学院学报, 23(3): 34~38
- 邓景耀, 杨纪明, 姜卫民, 李 军. 1997. 渤海主要生物种间关系及食物网的研究. 中国水产科学, 4(4): 1~7
- 刘晓娜. 1996. 几种肉食性鱼类摄食形态学适应的初步研究. 湖北农学院学报, 16(4): 280~283
- 刘效舜, 吴敬南, 韩光祖. 1990. 黄渤海区渔业资源调查与区划. 北京: 海洋出版社
- 向悟生, 李先琨, 苏宗明, 欧祖兰, 宁世江, 唐润琴, 李瑞棠. 2002. 元宝山冷杉群落主要树木种群生态位的初步研究. 武汉植物学研究, 20(2): 105~112
- 李德志, 石 强, 臧润国, 王绪平, 盛丽娟. 2006. 物种或种群生态位宽度与生态位重叠的计测模型. 林业科学, 42(7): 95~103
- 李 黎, 朱金兆, 朱清科. 2003. 生态位理论及其测度研究进展. 北京林业大学学报, 25(1): 100~107

- 张 波,唐启升. 2004. 渤、黄、东海高营养层次重要生物资源种类的营养级研究. 海洋科学进展,22(4): 393~404
- 张 波,唐启升,金显仕,薛 莹. 2005. 东海和黄海主要鱼类的食物竞争. 动物学报,51(4): 616~623
- 陈子林,张志祥,刘 鹏,康华靖,陈 煜. 2007. 浙江六十田常绿阔叶林主要乔木种生态位研究. 中南林业科技大学学报,27(6): 77~82
- 初红军,蒋志刚,兰文旭,王 臣,陶永善. 2008. 蒙古野驴、鹅喉羚和家畜的食物重叠. 动物学报,54(6): 941~954
- 沈国英,施并章. 1990. 海洋生态学. 北京: 科学出版社
- 罗梅浩,郭线茹,郑晓军,陈 智,马继盛. 2002. 烟青虫和棉铃虫在烟草上的生态位及其种间竞争. 中国烟草学报,8(4): 34~37
- 柳 琪,区又君. 2006. 鱼类早期发育阶段摄食行为研究现状. 南方水产,2(1): 71~75
- 郭 斌,张 波,金显仕. 2010a. 黄海海州湾小黄鱼幼鱼的食性及其随体长的变化. 中国水产科学,17(2): 289~297
- 郭 斌,张 波,戴芳群,金显仕. 2010b. 海州湾黄鲫幼鱼的食性及其随叉长的变化. 水产学报,34(6): 741~747
- 唐启升. 1999. 海洋食物网与高营养层次营养动力学研究策略. 海洋水产研究,20(2): 1~11
- 曹 春,巨天珍,王勤花. 2006. 甘肃小陇山锐齿栎林主要种群生态位的研究. 甘肃农业大学学报,41(3): 65~59
- 殷名称. 1995. 鱼类生态学. 北京: 中国农业出版社,1~295
- 程济生,邱盛尧,李培军,崔 毅. 2004. 黄渤海近岸水域生态环境与生物群落. 青岛: 中国海洋大学出版社
- 谢春平,伊贤贵,王贤荣. 2008. 野生早樱群落乔木层优势种群生态位研究. 浙江大学学报,34(5): 578~585
- 薛 莹,金显仕,张 波,梁振林. 2005. 南黄海三种石首鱼类的食性. 水产学报,29(2): 178~187
- Barrera-Oro, E. 2003. Analysis of dietary overlap in Antarctic fish (Notothenioidae) from the South Shetland Islands; no evidence of food competition. Polar Biol. 26: 631~637
- Bozek, M. A., DeBrey, L. D., and Lockwood, J. A. 1994. Diet overlap among size classes of Colorado River cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki pleuriticus*) in a high-elevation mountain stream. Hydrobiologia, 273(1): 9~17
- Cattrijsse, A., Makwaia, E. S., Dankwa, H. R., Hamerlynck, O., and Hemminga, M. A. 1994. Nekton communities of an intertidal creek of a European estuarine brackish marsh. Mar. Ecol. Prog. Ser. 109: 195~208
- Clarke, K. R., and Gorley, R. N. 2001a. Primer v5: User Manual/Tutorial. Plymouth: Primer-E
- Clarke, K. R., and Warwick, R. M. 2001b. Change in marine communities. An approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition. Plymouth, PRIMER-E Ltd. 1~144
- Feyrer, F., Herbold, B., Matern, S. A., and Moyle, P. B. 2003. Dietary shifts in a stressed fish assemblage Consequences of a bivalve invasion in the San Francisco Estuary. Environmental Biology of Fishes, 67: 277~288
- Hyslop, E. J. 1980. Stomach contents analysis a review of methods and their application. J. Fish Biol. 17(4): 411~429
- Keast, A. 1978. Trophic and spatial interrelationships in the fish species of an Ontario temperate lake. Environ. Biol. Fish. 3: 7~31
- La Mesa, M., Eastman, J. T., and Licandro, P. 2007. Feeding habits of *Bathyraco marri* (Pisces, Notothenioidae, Bathyracoidea) from the Ross Sea, Antarctica. Polar Biol. 30(5): 541~547
- Makrakis, M. C., Nakatani, K., Bialezki, A., Sanches, P. V., Baumgartner, G., and Gomes, L. C. 2005. Ontogenetic shifts in digestive tract morphology and diet of fish larvae of the Itaipu Reservoir, Brazil. Environmental Biology of Fishes, 72(1): 99~107
- Pianka, E. R. 1973. The structure of lizard communities. Annu. Rev. Ecol. Syst. 4: 53~74
- Platell, M. E., and Potter, I. C. 1996. Influence of water depth, season, habit and estuary location on the macrobenthic fauna of a seasonally closed estuary. J. Mar. Biol. Assoc. UK, 76: 1~21
- Schoener, T. W. 1970. Non-synchronous spatial overlap of lizard in patchy habitats. Ecology, 51: 408~418
- Scrimgeour, G. J., and Winterbourn, M. J. 1987. Diet, food resource partitioning and feeding periodicity of two riffle-dwelling fish species in a New Zealand river. J. Fish Biol. 31: 309~324