

黄海中部小黄鱼的食物组成和摄食习性的季节变化

薛莹^{1,2}, 金显仕², 张波², 梁振林¹

(1. 中国海洋大学水产学院, 山东青岛 266003; 2. 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, 山东青岛 266071)

摘要: 根据2001年3月至2002年1月在黄海中部海域进行的4个季节的定点底拖网调查, 应用聚类分析、单因素方差分析和列联表检验等方法, 对小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis* Bleeker)的食物组成和摄食的季节变化进行研究。结果表明, 小黄鱼摄食的饵料种类有30余种, 甲壳类(磷虾类和虾类)和鱼类是其主要的饵料类群, 二者在食物中所占的重量百分比之和为97.45%。优势饵料种类有太平洋磷虾(*Euphausia pacifica*)、脊腹褐虾(*Crangon affinis*)、细螯虾(*Leptochela gracilis*)和赤鼻棱鲮(*Thryssa kammalsensis*)。小黄鱼的摄食强度有显著的季节变化, 秋季最高, 春季和冬季较低。食物组成也随季节的不同而有所变化, 夏季主要以虾类为食, 其它季节则主要以磷虾类为食。聚类分析的结果表明, 小黄鱼春、夏季的食物组成与秋、冬季相比, 存在较大差异。通过与历史资料进行比较发现, 黄海小黄鱼的食物组成发生了较大的变化, 其中鳀鱼(*Engraulis japonicus*)在食物中所占的比例有明显的下降。

关键词: 小黄鱼; 黄海中部; 食物组成; 摄食强度; 季节变化

中图分类号: S931.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8737-(2004)03-0237-07

小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis* Bleeker)为温水性洄游鱼类, 喜栖息于软泥或泥沙底质的海区^[1]。我国近海的小黄鱼可分为3个独立的群系, 即黄渤海群、南黄海群和东海群^[2-3], 一般认为, 黄渤海群的洄游与南黄海群和东海群的洄游区别明显^[2]。小黄鱼是黄渤海底拖网渔业中的重要捕捞对象, 然而随着渔业的发展, 捕捞力量和生产效率的迅速增高, 它在沿岸和近海都遭受了过度捕捞^[4]。尽管其资源已经严重衰退, 但在黄海的渔业中, 特别是在底拖网渔业中, 小黄鱼仍然占有重要的地位^[5]。

鱼类食性的研究, 是判断鱼类生长好坏、行动规律、洄游性质、种间关系以及数量变动等方面问题的重要方法之一, 也是渔业生物学研究的基本内容之一^[6]。关于小黄鱼食性的研究国内曾有过报道, 林景祺^[7]研究过东、黄、渤海小黄鱼幼鱼和成鱼的食性, 洪惠馨等^[6]研究过黄海南部和东海北部小黄鱼的摄食习性, 白雪娥^[8]研究过渤海小黄鱼仔幼鱼的摄食习性, 其他一些学者在其研究中也对小黄鱼的食性有所涉及^[9-12]。以往的研究表明, 小黄鱼属广食性鱼类, 其优势饵料类群是甲壳类和鱼类。唐启

升和苏纪兰^[13]指出我国近海的食物网和营养动力学研究需要采用简化的食物网, 即以各营养层次的关键种为核心展开研究。而小黄鱼正是位于水层底栖营养层次中的关键鱼种^[13]。因此, 对小黄鱼开展营养动力学及其动态变化的研究是食物网营养动力学研究的重点之一。

本研究是黄海中部小黄鱼食性研究的第1部分, 主要研究了小黄鱼(主要为黄渤海群)的食物组成和摄食的季节变化。在第2部分中将要研究其摄食习性的体长和昼夜变化。这些研究旨在为深入了解小黄鱼的生物学特性和研究黄海中部食物网结构及其变化情况提供一定的基础资料。

1 材料和方法

1.1 样品收集

样品取自2001年3月至2002年1月在黄海中部海域(34°00'–36°00'N, 121°00'–125°00'E)进行的春(3–4月)、夏(6月)、秋(10–11月)、冬(1月)4个季节的定点底拖网调查。调查船为黄海水产研究所的资源调查船“北斗”号。调查以4h为间

收稿日期: 2003-11-27; 修订日期: 2004-02-03.

基金项目: 国家自然科学基金项目资助(30371104); 国家重点基础研究规划项目资助(G19990437).

作者简介: 薛莹(1977–), 男, 博士研究生, 主要从事鱼类摄食生态学研究.

通讯作者: 金显仕. E-mail: jin@ysfri.ac.cn

隔在昼夜内连续进行,调查海域的水深在 20 ~ 100 m。每一网都随机留取 25 尾小黄鱼样品放入冷库中冷藏保存。调查共收集小黄鱼样品 1 688 尾,其中 998 尾是空胃,空胃率为 59.12%,样品的体长为 80 ~ 178 mm。表 1 中列出了用于分析的样品数及空胃的个数。

1.2 胃含物分析

将留取的小黄鱼样品带回实验室作生物学测定,分别测量每 1 尾鱼的体长(mm)和体重(g)。胃含物中饵料种类的鉴定在解剖镜下进行,原则上尽可能鉴定到最低的分类阶元。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重量,称重前先用滤纸将饵料表面的水分尽可能

地吸干。有反刍现象的样品不用于胃含物分析。

1.3 数据处理

用于评价饵料重要性的指标有饵料的重量百分比、个数百分比和出现频率^[14]。空胃率和饱满指数^[15]用于研究小黄鱼的摄食强度,饱满指数的计算公式如下:

$$\text{饱满指数} = \frac{\text{食物团实际重量(g)}}{\text{鱼体体长(cm)}} \times 100$$

选择该饱满指数是因为胃含物的重量与鱼体体长之间比其与鱼体体重之间有更好的相关性^[16]。此外,小黄鱼在生殖季节的体重变化较大,用该指数可以减少这种影响。

表 1 各个季节各个体长组用于分析的小黄鱼的尾数

Table 1 Number of small yellow croaker from each size class sampled in each season

ind

体长组/mm Size class	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter	合计 Total
80 ~ 89	0	0	35(17)	46(26)	81(43)
90 ~ 99	25(16)	23(18)	149(64)	118(78)	315(176)
100 ~ 109	151(105)	40(9)	128(57)	119(94)	438(265)
110 ~ 119	153(114)	53(15)	104(49)	84(61)	394(239)
120 ~ 129	110(88)	44(17)	50(15)	42(30)	246(150)
130 ~ 139	56(37)	27(5)	20(10)	21(13)	124(65)
> 139	43(37)	19(11)	16(8)	12(4)	90(60)
合计 Total	538(397)	206(75)	502(220)	442(306)	1688(998)

注:括号内是空胃的个数。

Note: Number of empty stomach is given in parentheses.

为了研究各个季节食物组成的相似性,本研究应用 PRIMER v5 软件^[17]进行聚类分析,所用的指数是 Bray - Curtis 相似性系数^[18]。分析前,先将饵料的重量百分比作平方根变换,以便对稀有种给予一定程度的加权^[19]。饵料的分类阶元会对计算结果产生影响^[20],在进行聚类分析时采用的分类阶元是“种”和“属”。此外,不可辨认的饵料也会使分析结果产生误差^[19],在分析前先将它们除去。

本研究在分析时应用了一些统计学的方法,如:用列联表检验空胃率和饵料出现频率的变化,用单因素方差分析研究平均饱满指数的变化。在作方差分析前先将数据作对数变换,经 Bartlett 检验发现,变换后的数据满足方差齐性的要求^[21]。

2 结果

2.1 食物组成

分析结果表明,黄海中部的小黄鱼主要摄食鱼类、甲壳类、毛颚类、头足类和多毛类 5 种饵料类群,能够鉴定到种的饵料生物有 32 种(表 2)。

甲壳类是最重要的饵料类群,其出现频率(92.76%)、重量百分比(77.44%)和个数百分比(99.03%)都最高。出现频率最高的甲壳类是太平洋磷虾(*Euphausia pacifica*),其次是细长脚蚧(*Themisto gracilipes*)、细螯虾(*Leptochela gracilis*)、中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)和脊腹褐虾(*Crangon affinis*),其他饵料的出现频率均不超过 5.00%(表 2)。按个数百分比排序的结果与出现频率相似。若按重量百分比进行排序,则重要的饵料种类依次为太平洋磷虾、脊腹褐虾和细螯虾,其中太平洋磷虾的重量百分比高达 47.28%。细长脚蚧和中华哲水蚤由于其个体较小,因此重量百分比比较低,分别占 3.33% 和 1.31%。鱼类是第二重要的饵料类群,尽管其出现频率(8.17%)和个数百分比(0.47%)较低,但重量百分比却达到了 20.01%,比较重要的饵料鱼类是赤鼻棱鲷(*Thryssa kammalensis*)。其余 3 种饵料类群(毛颚类、头足类和多毛类)是次要饵料,它们在食物中所占的重量百分比之和只有 3.55%(表 2)。

表2 黄海中部长小黄鱼的食物组成

Table 2 The diet composition of small yellow croaker in the central Yellow Sea

饵料种类 Prey item	重量百分比 Weight percentage	个数百分比 Numerical percentage	出现频率 Percent frequency of occurrence
鱼类 Pisces	20.01	0.47	8.17
赤鼻棱鳀 <i>Thryssa kammalensis</i>	9.59	0.26	4.47
鳀鱼 <i>Engraulis japonicus</i>	4.67	0.07	0.92
细条天竺鱼 <i>Apogon lineatus</i>	3.36	0.07	1.39
方氏云鲷 <i>Eudrias fangi</i>	1.59	0.04	0.77
皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i>	0.36	0.01	0.15
玉筋鱼 <i>Ammodytes personatus</i>	0.26	0.01	0.15
鲢 <i>Platycephalus indicus</i>	0.16	0.01	0.15
不可辨认鱼类 unidentified pisces	0.03	0.01	0.15
甲壳类 Crustacea	77.44	99.03	92.76
磷虾类 Euphausiacea	48.49	66.89	64.25
太平洋磷虾 <i>Euphausia pacifica</i>	47.28	64.58	60.86
不可辨认磷虾 unidentified euphausiacea	1.21	2.30	3.39
虾类 Decapoda	22.92	3.77	25.12
脊腹褐虾 <i>Crangon affinis</i>	9.38	0.71	7.70
细螯虾 <i>Leptochela gracilis</i>	7.21	2.28	10.79
中华安乐虾 <i>Eualus sinensis</i>	2.44	0.45	3.85
鲜明鼓虾 <i>Alpheus distinguendus</i>	1.51	0.02	0.46
日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>	0.40	0.03	0.46
葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	0.33	0.04	0.31
海蜃虾 <i>Latreutes anoplonyx</i>	0.29	0.02	0.31
圆尾褐虾 <i>Crangon cassiope</i>	0.28	0.02	0.31
大螯蛄虾 <i>Upogebia major</i>	0.18	0.02	0.15
戴氏赤虾 <i>Metapenaeopsis dalei</i>	0.14	0.01	0.15
宽额虾 <i>Latreutes</i> spp.	0.11	0.02	0.46
七腕虾 <i>Heptacarpus</i> spp.	0.08	0.02	0.31
脊尾白虾 <i>Exopalaemon curinicauda</i>	0.06	0.01	0.15
不可辨认虾类 unidentified decapoda	0.51	0.11	1.08
端足类 Amphipoda	4.04	15.45	31.43
细长脚螯 <i>Themisto gracilipes</i>	3.33	13.40	28.51
博氏双眼钩虾 <i>Ampelisca bocki</i>	0.39	0.24	0.77
双眼钩虾 <i>Ampelisca</i> spp.	0.22	1.69	1.54
拟钩虾 <i>Gammaropsis</i> spp.	0.06	0.08	0.62
轮双眼钩虾 <i>Ampelisca cyclops</i>	0.04	0.02	0.31
不可辨认的端足类 unidentified amphipoda	+	0.02	0.15
桡足类 Copepoda	1.32	12.27	9.55
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>	1.31	12.25	9.40
小拟哲水蚤 <i>Paracalanus parvus</i>	<0.01	0.01	0.15
墨氏胸刺水蚤 <i>Centropages micrurichi</i>	<0.01	0.01	0.15
糠虾类 Mysidacea	0.61	0.64	2.00
黄海刺糠虾 <i>Acanthomysis huanhaiensis</i>	0.49	0.56	1.39
长额刺糠虾 <i>Acanthomysis longirostris</i>	0.12	0.07	0.62
口足类 Stomatopoda	0.06	0.01	0.15
口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	0.06	0.01	0.15
涟虫类 Cumacea	<0.01	0.02	0.31
细长涟虫 <i>Iphinoe tenera</i>	<0.01	0.02	0.31
头足类 Cephalopoda	2.12	0.04	0.77
双峰耳乌贼 <i>Sepiola birostrat</i>	2.12	0.04	0.77
毛颚类 Sagittoida	0.21	0.45	2.93
强壮箭虫 <i>Sagitta crassa</i>	0.21	0.45	2.93
多毛类 Polychaeta	1.22	0.01	0.30
日本刺枪鳞虫 <i>Leunira japonica</i>	1.22	0.01	0.30

若按饵料生物的生态习性来划分,则可将小黄鱼的饵料生物划分为3种生态类群,即:浮游动物、底栖动物和游泳动物。它们在食物中所占的重量百分比分别为54.66%、23.16%和22.14%。由此可见,黄海中部的小黄鱼是以浮游动物为主的广食性鱼类。

2.2 摄食强度和食物组成的季节变化

黄海中部小黄鱼的平均饱满指数和空胃率都有明显的季节变化(图1)。平均饱满指数在秋季最高,夏季次之,春季和冬季较低,季节变化极显著($F=23.82, P<0.001$)。空胃率的变化与平均饱满指数的变化相反,春季和冬季较高,夏季和秋季较低,季节变化也极显著($\chi^2=156.95, P<0.001$)。

小黄鱼的食物组成随季节的变化也有所不同。根据重量百分比(表3),小黄鱼在夏季主要以虾类为食,而在其他季节则主要以磷虾类为食,各种饵料在不同的季节所占的比例各不相同。磷虾类在春季和秋季的比例最高,主要饵料种类是太平洋磷虾;虾类在夏季的比例最高,主要饵料种类是细螯虾;鱼类在冬季的比例最高,主要饵料种类是赤鼻棱鲷;端足类在秋季的比例最高,主要饵料种类是细长脚蚧;桡足类在冬季的比例最高,主要饵料种类是中华哲水蚤。

表3中还列出了小黄鱼主要饵料类群在各个季节的出现频率。经检验发现,磷虾类($\chi^2=13.69, P$

<0.005)、端足类($\chi^2=145.64, P<0.005$)、桡足类($\chi^2=152.43, P<0.005$)和“其他”($\chi^2=45.09, P<0.005$)的出现频率都有极显著的季节变化,而鱼类($\chi^2=2.41, P>0.05$)和虾类($\chi^2=7.01, P>0.05$)的出现频率则没有显著的季节变化。需要指出的一点是,“其他”的出现频率在夏季较高,主要是因为这个季节摄食的糠虾类和毛颚类较多。

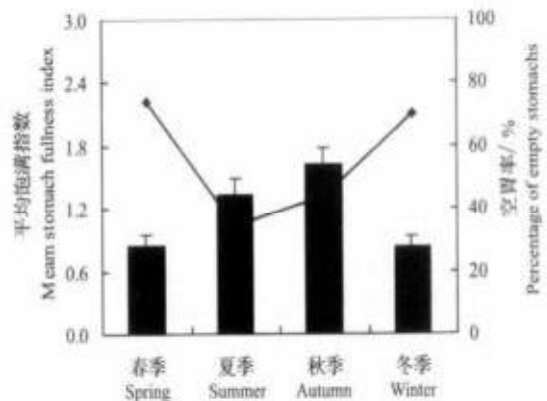


图1 小黄鱼各个季节的平均饱满指数和空胃率(竖线表示标准误差)

Fig. 1 Mean stomach fullness index and percent of empty stomachs of small yellow croaker in each season (vertical bars indicate S. E.)

表3 小黄鱼主要饵料类群重量百分比(W)和出现频率(F)的季节变化

Table 3 Seasonal variation in the percentage weight (W) and percentage frequency of occurrence (F) for major prey groups to the diets of small yellow croaker

饵料类群 Prey group	春季 Spring		夏季 Summer		秋季 Autumn		冬季 Winter	
	W	F	W	F	W	F	W	F
鱼类 Pisces	13.84	7.19	10.86	6.25	20.22	7.83	32.65	11.28
虾类 Decapoda	18.58	25.18	41.57	39.58	22.49	22.78	18.94	19.55
* 磷虾类 Euphausiacea	61.50	61.87	35.04	54.17	47.94	68.68	40.75	64.66
* 桡足类 Copepoda	0.02	1.44	0.01	3.13	0.08	2.49	6.41	37.59
* 端足类 Amphipoda	0.84	6.47	0.31	18.75	8.23	56.23	1.08	14.29
* 其他 Others	5.21	3.60	12.20	21.88	1.04	2.85	0.16	3.76

注: a. “其他”包括头足类、毛颚类、多毛类和其他甲壳类; b. “*”表示 $P<0.005$, 没有“*”表示 $P>0.05$ 。

Note: a. “Others” includes cephalopods, sagitta, polychaetes and other crustaceans; b. “*” indicates $P<0.005$, none “*” indicates $P>0.05$.

聚类分析将4个季节分为2组(图2),一组是春季和夏季(相似性系数是56.12%),另一组是秋季和冬季(相似性系数是60.82%),这2组之间的平均相似性系数是48.46%。从饵料种类来看,小

黄鱼在春、夏季主要摄食太平洋磷虾、细螯虾、细条天竺鱼(*Apogon lineatus*)和脊腹褐虾;而在秋、冬季,除了摄食太平洋磷虾和脊腹褐虾,还摄食大量的赤鼻棱鲷、中华哲水蚤和细长脚蚧。

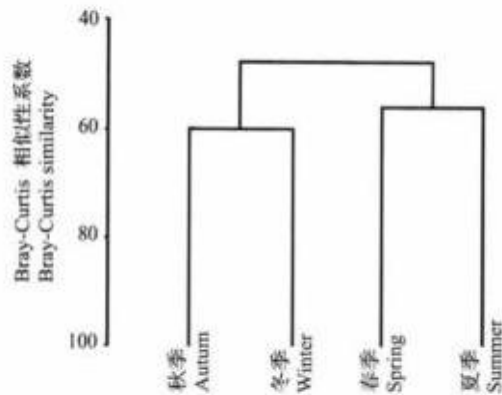


图2 小黄鱼各个季节食物组成的聚类分析图

Fig. 2 Dendrogram of the cluster analysis of the dietary composition of small yellow croaker in each season

3 讨论

3.1 食物组成

研究表明,黄海中部的小黄鱼是以浮游动物为主的广食性鱼类,甲壳类(磷虾类和虾类)是其最主要的饵料类群,其次是鱼类。它摄食的饵料种类多达30余种,优势饵料是太平洋磷虾、脊腹褐虾、细螯虾和赤鼻棱鳀。同以往的研究相比,小黄鱼的食物组成发生了一定的变化。林景祺^[7]认为黄海的小黄鱼主要以磷虾类、虾类和鱼类为食,优势饵料种类是太平洋磷虾和鳀鱼。韦晟和姜卫民^[11]根据1985~1986年的调查资料发现,黄海的小黄鱼主要以鱼类为食,其次是甲壳类,优势饵料种类是鳀鱼、戴氏赤虾(*Metapenaeopsis dalei*)和脊腹褐虾。食物组成的变化表明,在黄海生态系统中,一些关键饵料生物的生物量和可获得性可能发生了较大的变化,其中鳀鱼的变化最为明显。鳀鱼在小黄鱼食物中所占的重量百分比,由20世纪80年代中期的45.2%^[11],降至现在的4.8%。

鳀鱼是黄海生态系统中的一个关键鱼种,不仅是主要的捕捞对象,也是重要的饵料生物。在20世纪80年代中期,60%以上鱼类都共同捕食鳀鱼^[22]。然而,自20世纪90年代以来的大规模高强度的捕捞之后,鳀鱼的资源量就大幅度地下降,尤其是1999年以后更为严重,其资源量还不足开发前的1/5^[23]。2001年的调查结果显示,鳀鱼的生物量已经降至自20世纪80年代中期开始调查以来的最低水平^[24]。由此可见,小黄鱼食物组成中鳀鱼比例的减少与黄海鳀鱼生物量的下降是相吻合的,而食物中

减少的鳀鱼则被其他优势饵料生物(如:太平洋磷虾等)所取代。Hanson和Chouinard^[25]指出,对关键鱼种的食物组成进行年间变化的研究,可以了解主要饵料生物的资源波动情况。本研究证实了这一结论。

此外,小黄鱼的食物组成还因海区不同而异。渤海的小黄鱼主要以鱼类和虾类为食^[9-10],而东海北部的小黄鱼则主要以磷虾类、虾类和糠虾类为食^[6]。这种食物组成的地区差异,反映出不同海区饵料生物组成的差异。

3.2 季节变化

黄海中部的小黄鱼终年摄食,但其摄食强度存在显著的季节变化,秋季的摄食强度最高,夏季次之,春季和冬季最低,这与小黄鱼自身的生理特点以及环境因素的变化有关。Olaso等^[26]认为,鱼类在产卵期和产卵前期,发育的性腺会占据一定的体腔空间,从而导致摄食强度的降低。小黄鱼黄渤海群的主要产卵期是在5月份^[2],本研究所收集的春季样品是取自小黄鱼的产卵前期(3~4月)。因此,春季小黄鱼摄食强度的降低与其性腺发育有关,其它作者也曾有过类似的报道^[6-7]。秋季小黄鱼的摄食强度较高可能与能量储备有关,秋季增加的摄食有一部分能够转化为脂肪,从而为越冬及翌年的产卵繁殖储备能量^[15,27]。此外,鱼类的摄食强度还与水温有一定的联系,水温的降低能够引起新陈代谢的速率的下降^[28],从而导致鱼类摄食强度的降低。在黄海中部,春季和冬季的底层平均水温要低于夏季和秋季^[29],因此,小黄鱼在春、冬季的摄食强度要低于夏、秋季。

许多学者都认为鱼类食物组成的季节变化与海区中饵料生物的季节变化有着密切的联系^[15,19]。小黄鱼的食物组成也与黄海饵料生物的季节变化有关。例如:太平洋磷虾和脊腹褐虾都是小黄鱼的主要饵料,其中太平洋磷虾终年分布在东海北部、黄海和渤海中部,经常聚集在海洋岛渔场、大沙渔场及其附近^[7]。在黄海,太平洋磷虾的数量变化为双周期型,每年春季(3~4月)和秋季(8~9月)各出现1次高峰^[30]。脊腹褐虾在黄渤海也有广泛的分布,一年中有2次抱卵高峰期,即3~4月和8月,幼虾生长到9月和12月,形成2次比较集中的补充时期^[22]。研究表明,春季和秋季是小黄鱼摄食太平洋磷虾的主要季节,而秋季和冬季是摄食脊腹褐虾的主要季节。由此可见,小黄鱼食物组成的季节变

化与饵料生物的季节波动是相吻合的。聚类分析的结果表明,小黄鱼在春、夏季的食物组成与秋、冬季的差异较大,这说明黄海中部春、夏季的饵料生物组成与秋、冬季的存在一定的差异。

值得说明的一点是,本研究所分析的小黄鱼在各个季节的体长组成有所不同,这也是造成食物组成季节变化的一个不可忽视的因素。例如:由于春季和夏季小个体的小黄鱼(80~89 mm)没有收集到,所以在这2个季节,中华哲水蚤和细长脚蛾等小型饵料在食物中所占的比例较低。

致谢:本研究工作得到了韦晟、戴芳群、李延智和程济生等老师的大力帮助,在此一并致谢。

参考文献:

- [1] 孟庆闻,廖学祖,俞泰济,等. 鱼类学[M]. 上海:上海科学技术出版社,1989.
- [2] 邓景耀,赵传洞. 海洋渔业生物学[M]. 北京:农业出版社,1991.
- [3] 刘效舜. 中国海洋渔业区划[M]. 杭州:浙江科学技术出版社,1990.
- [4] Wang S D H, Zhan B. Marine fishery resource management in PR China [J]. *Marine Policy*, 1992, 16:197-209.
- [5] 金昱仕. 黄海小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis*)生态和种群动态的研究[J]. *中国水产科学*, 1996, 3(1):32-46.
- [6] 洪惠馨,秦忆芹,陈连芳,等. 黄海南部、东海北部小黄鱼摄食习性的初步研究[A]. 海洋渔业资源论文集[C]. 北京:农业出版社,1962,45-57.
- [7] 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]. 海洋渔业资源论文集[C]. 北京:农业出版社,1962,34-43.
- [8] 白雪娥. 渤海小黄鱼 *Pseudosciaena polyactis* 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.
- [9] 邓景耀,孟田湘,任胜民. 渤海鱼类的食物关系[J]. *海洋水产研究*, 1988, 9:151-172.
- [10] 孟田湘. 渤海重要底层鱼类食物重叠系数与鱼类增殖[J]. *海洋水产研究*, 1989, 10:1-7.
- [11] 韦 晟,姜卫民. 黄海鱼类食物网的研究[J]. *海洋与湖泊*, 1992, 23(2):182-192.
- [12] 邓景耀,姜卫民,杨记明,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.
- [13] 唐启升,苏纪兰. 中国海洋生态系统动力学研究. I. 关键科学问题与研究发展战略[M]. 北京:科学出版社,2000.
- [14] Hyslop E J. Stomach contents analysis—a review of methods and their application [J]. *J Fish Biol*, 1980, 17:411-429.
- [15] 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.
- [16] de Vlaming V, Grossman G D, Chapman F. On the use of the gonadosomatic index [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1982, 73:31-41.
- [17] Clarke K R, Gorley R N. Primer v 5: User Manual/Tutorial [M]. Plymouth:Primer-E, 2001.
- [18] Clarke K R, Warwick R M. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation [M]. Plymouth: Plymouth Marine Laboratories, 1994.
- [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] Green H W, Jakšić F M. Food-niche relationships among sympatric predators: effects of level of prey identification [J]. *Oikos*, 1983, 40:151-154.
- [21] Zar J H. Biostatistical analysis [M]. Second edition. New York: Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1984.
- [22] 唐启升,叶懋中. 山东近海渔业资源开发与保护[M]. 北京:农业出版社,1990.
- [23] 唐明芝,连大军,卢 岩,等. 东黄海区鳊鱼资源变动及渔业管理[J]. *水产科学*, 2002, 21(2):44-45.
- [24] 金昱仕, Johannes Hamre, 赵克勇,等. 黄海鳊鱼限额捕捞的研究[J]. *中国水产科学*, 2001, 8(3):27-30.
- [25] Hanson J M, Chouinard G A. Diet of Atlantic cod in the southern Gulf of St Lawrence as an index of ecosystem change, 1959-2000 [J]. *J Fish Biol*, 2002, 60:902-922.
- [26] Olaso I, Rauschert M, Broyer C D. Trophic ecology of the family Ardeidraconidae (Pisces: Osteichthyes) and its impact on the eastern Weddell Sea benthic system [J]. *Mar Eco Prog Ser*, 2000, 194:143-158.
- [27] Zamarro J. Feeding behaviour of the American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) on the Southern Grand Bank of Newfoundland [J]. *Neth J Sea Res*, 1992, 29(1-3):229-23.
- [28] MacPherson E, Duarte C M. Bathymetric trends in demersal fish size: is there a general relationship? [J]. *Mar Eco Prog Ser*, 1991, 71:103-112.
- [29] 陈冠贤. 中国海洋渔业环境[M]. 杭州:浙江科学技术出版社,1991.
- [30] 白雪娥. 黄海太平洋磷虾生态的初步研究[A]. 中国动物学会三十周年学术讨论会论文摘要汇编[C]. 北京:科学出版社,1965.

Diet composition and seasonal variation in feeding habits of small yellow croaker *Pseudosciaena polyactis* Bleeker in the central Yellow Sea

XUE Ying^{1,2}, JIN Xian-shi², ZHANG Bo², LIANG Zhen-lin¹

(1. Fisheries College, Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2. Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resource, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China)

Abstract: Small yellow croaker, *Pseudosciaena polyactis* (Bleeker), is an important bottom fish distributing from the northern East China Sea to the Bohai Sea. The central Yellow Sea is its important feeding and overwintering ground. Small yellow croaker is highly exploited in the Yellow Sea and plays an important role in the marine ecosystems. In spite of its high abundance and importance to fisheries, only limited information is available on its feeding ecology. In the present papers, the diet composition and seasonal variations in the feeding of small yellow croaker in the central part of the Yellow Sea were examined to provide more quantitative information on the feeding ecology. A total of 1 688 specimens of small yellow croaker at standard length (SL) of 80–178 mm were sampled from seasonal bottom trawl surveys by the R/V 'Bei Dou' in the central part of the Yellow Sea from March 2001 to January 2002.

Based on stomach contents analysis, the small yellow croaker was a generalist and more than 30 prey species were ingested. Crustaceans were the most important prey groups, occupying 92.76% of the stomachs with food and accounting for 77.44% of the total food by weight. Among the crustaceans, euphausiids made an important contribution to the diet, followed by decapods. At the species level, *Euphausia pacifica* was the most frequent prey, followed by *Themisto gracilipes*, *Leptochela gracilis*, *Calanus sinicus* and *Crangon affinis*. Fishes were the second most important prey group. The most important fish prey was *Thryssa kammalensis*. The relative importance of cephalopods, sagitta and polychaetes was comparatively low.

The feeding intensity, as indicated by the percentage of empty stomachs (PES) and mean stomach fullness index (MSFI), varied significantly among seasons. The feeding activity was the highest in autumn and the lowest in spring and winter. A chi-squared test revealed that there were significant seasonal differences between the ingestion of euphausiids, amphipods, copepods and "others". No significant differences were detected between fish and decapods. Decapods were more important in summer, whereas euphausiids were more important during other seasons. Cluster analysis employing Bray-Curtis similarity index revealed two major groups, linking at 48.46% similarity: one group consisted of specimens sampled in spring and summer (average similarity 56.12%), while the other group included autumn and winter samples (average similarity 60.82%). At species level, *E. pacifica*, *L. gracilis*, *C. affinis* and *Apogon angustatus* dominated the diet in spring and summer, whereas *T. kammalensis*, *C. sinicus* and *T. gracilipes* were the dominant preys in autumn and winter. The observed selection for some prey items coincides with an increased abundance of these preys in the environment.

Compared with historical data in the mid-1980s, the diet composition of small yellow croaker in the Yellow Sea varied significantly. The proportion of a small pelagic fish, *Engraulis japonicus*, in the diet markedly decreases and the reduced importance of *E. japonicus* seems to be offset by other abundant preys in the habitat, such as *E. pacifica*, *L. gracilis* and *C. affinis*. Direct surveys to estimate *E. japonicus* abundance in the Yellow Sea indicates that its biomass has declined sharply since 1999 due to the high fishing pressure. The decreased proportion of *E. japonicus* in the diet of small yellow croaker is consistent with the decline of its biomass in the Yellow Sea.

Key words: *Pseudosciaena polyactis*; central Yellow Sea; diet composition; feeding intensity; seasonal variation

Corresponding author: JIN Xian-shi. E-mail: jin@ysfri.ac.cn