

长江口及南黄海水域秋季小黄鱼与皮氏叫姑鱼的食物竞争

李忠义,戴芳群,左 涛,金显仕,庄志猛

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

摘要:根据长江口及邻近南黄海水域多个站位中不同体长小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis*)与皮氏叫姑鱼(*Johnius belengerii*)及其饵料的碳氮稳定同位素比值,研究了两者的主要食物组成及竞争策略。结果表明:(1)红狼牙鰕虎鱼(*Odontamblyopus rubicundus*)、六丝矛尾鰕虎鱼(*Chaeturichthys hexanema*)、中华栉孔鰕虎鱼(*Ctenotrypauchen chinensis*)、龙头鱼(*Harpadon nehereus*)、葛氏长臂虾(*Palaemon gravieri*)、口虾蛄(*Squilla oratoria*) 6种生物饵料为两者的优选食物;(2)小黄鱼与皮氏叫姑鱼的体长与碳氮稳定同位素比值间无显著相关性($P > 0.05$);(3)小黄鱼、皮氏叫姑鱼及其一些生物饵料的碳氮稳定同位素比值存在站位间的极显著差异($P < 0.01$);(4)2种鱼采取了栖息地与食物分化的摄食策略来缓和食物竞争。

关键词:小黄鱼;皮氏叫姑鱼;长江口与南黄海;食物竞争

中图分类号:S931.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2009)02-0067-06

在生态系统中,生物种间关系主要表现在营养关系即食物关系上。因栖息环境的特殊性,鱼类几乎可以利用水体中所有可得食物资源,大部分鱼类都同时摄食多种类型的食物,而栖息在同一水域的很多种类之间食物种类差异有限,食物组成相似性一般较大,食物竞争剧烈。为了缓和竞争带来的生存压力,鱼类采取了摄食分化来应对食物竞争。在长期的种间食物竞争中,鱼类除形成了一系列适应自身食性类型和摄食方式的形态学特征外,还形成了各自的摄食行为。其对资源利用的时间差异包括昼夜格局、季节格局和不同发育阶段资源利用的变化等主要形式(Knight R L & Vondrack B, 1995; 谢松光等, 2000);对资源利用的空间差异包括水平格局和垂直格局(Stewart DJ & Ibarra M, 1991; Pierce C, 1994; Dibble E D, 1996);对资源利用的营养差异包括食性类型的分化、食物可塑性的大小(谢松光等, 2003)。小黄鱼与皮氏叫姑鱼同属石首鱼科(Sciaenidae),系暖温性底层鱼类(孟庆闻等, 1984)。它们在黄海和东海渔业中占有重要的地位,由于这2种鱼在洄游和分布区域上有一定的重叠,因此它们

之间可能存在食物竞争关系,特别在两者产卵后分散觅食所至的长江口水域。国内对这2种鱼的食性研究较多(韦晟和姜卫民, 1992; 薛莹等, 2004a; 2004b);然而有关两者的食物关系,特别是摄食分化的研究很少。本文采用碳氮稳定同位素技术,研究长江口及南黄海水域两者的食物组成和摄食分化,探讨2种鱼的同地共栖机制。

1 材料与方法

1.1 样品采集

样品于2005年10月取自长江口及南黄海水域($32^{\circ}29' \sim 33^{\circ}30'N$, $122^{\circ}14' \sim 124^{\circ}53'E$),为中国水产科学研究院黄海水产研究所的资源调查船“北斗”号秋季定点底拖网调查所获样品。取样站位如图1所示。

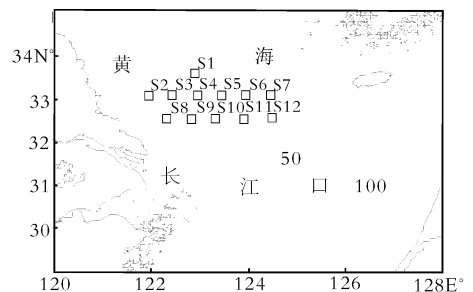


图1 小黄鱼、皮氏叫姑鱼及其饵料的取样站位示意

Fig.1 Station positions for little yellow croaker, vorvina and their food

以10 mm体长段为取样间隔单位对小黄鱼和皮氏叫姑鱼进行取样,对样品量较多的体长组,每个体长段取5尾左右,数量小于5尾的体长组则全取。

收稿日期:2009-02-24

基金项目:国家重点基础研究发展计划(2006CB400600);国家自然科学基金重大项目(30490233);国家自然科学基金面上项目(30570293,40606037);黄海水产科学研究所博士生启动基金(61200603);中央级公益性基础调查项目(2007-gy-01)。

通讯作者:金显仕。E-mail: jin@ysfri.ac.cn

作者简介:李忠义,男,1974年出生,湖南永州人,助理实验员,主要从事鱼类摄食生态研究。E-mail: lizy@ysfri.ac.cn

调查共收集小黄鱼样品 66 尾,体长范围 70 ~ 170 mm;皮氏叫姑鱼样品 32 尾,体长范围 40 ~ 120 mm。浮游动物采用标准中型和大型浮游动物网,从水底至水表垂直拖网采样,用筛绢将其分成 4 种粒级: >900 μm、900 ~ 500μm、500 ~ 300μm 和 300 ~ 100μm。每种游泳类饵料的样品量也在 5 ~ 10 尾,共取得 2 种鱼的 14 种可能饵料。将现场分级后的浮游动物转移到过滤海水中,并置于 4 ℃ 中的冰箱中进行 24 h 的胃排空,然后再冷冻保存,其它样品则立即冷冻保存。

1.2 实验室处理

样品带回实验室化冻,并用蒸馏水洗涤,取适量小黄鱼与皮氏叫姑鱼的背部白肌肉,虾取腹部肌肉、蟹取壳内肌肉、软体动物除内脏、浮游甲壳类动物取整个生物样。浮游甲壳动物在通风橱中用 1 mol/L HCl 多次酸化处理至不再冒气泡,并用蒸馏水洗涤至中性。最后所有样品置于冷冻干燥机 (Toffon LYD-2) 中 -80℃ 冻干,用石英研钵磨碎并混匀。

1.3 稳定同位素分析

样品进行碳氮稳定同位素比值的测定,稳定同位素质谱仪为菲尼根 Flash EA1112 元素分析仪与

菲尼根 DELT plus XP 稳定同位素质谱仪通过 Con Flo II 相连而成。为了保证测试结果的准确性,每测试 5 个样品后加测 1 个标准样,并且对个别样品进行 2 ~ 3 次复测,碳氮稳定同位素值分别以相对于国际标准的 PDB 和大气氮的 δ 值报道 (Craig H, 1957; Mariotti A, 1983),碳氮稳定同位素比值结果用 δ 值形式表示。

$$\delta^{13}\text{C}/\delta^{15}\text{N} = [(R_{\text{sample}} - R_{\text{s tan dard}}) / R_{\text{s tan dard}}] \times 10^3$$

其中, $R = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$ 或 ${}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}$; δ 值越小表示样品重同位素 (${}^{13}\text{C}$ 或 ${}^{15}\text{N}$) 含量越低, δ 值越大表示样品重同位素 (${}^{13}\text{C}$ 或 ${}^{15}\text{N}$) 含量越高。δ¹³C 和 δ¹⁵N 值的分析精度同为 ±0.5 × 10³。

2 结果

表 1 与表 2 分别列出了小黄鱼与皮氏叫姑鱼及两者潜在食物的碳氮稳定同位素比值,根据生物同位素与其食物相近的原则及系统中生物的同位素富集度,初步判断红狼牙鰕虎鱼、六丝矛尾鰕虎鱼、中华栉孔鰕虎鱼、龙头鱼、葛氏长臂虾、口虾蛄共 6 种生物饵料为小黄鱼与皮氏叫姑鱼的优选食物 (Partik Stenroth et al, 2006)。

表 1 小黄鱼与皮氏叫姑鱼可能饵料的碳氮稳定同位素比值测试结果 (平均值 ± 标准差)

Tab.1 δ¹³C and ¹⁵N signatures of potential food sources to little yellow croaker and vorvina (Mean ± SE)

种类 Species	体(壳、筒)长/mm Body length	δ ¹³ C/‰	δ ¹⁵ N/‰
粒径 >900 μm 浮游动物 (zooplankton)		1.867 ± 0.044	0.691 ± 0.036
鳀鱼 (Engraulis japonicus)	40 ~ 119	1.836 ± 0.024	0.931 ± 0.027
鹰爪虾 (Trachypenaeus curvirostris)	67 ~ 107	-1.737	1.034
细条天竺鲷 (Apogonichthys lineatus)	31 ~ 65	1.734 ± 0.003	1.048 ± 0.022
日本枪乌贼 (Loligo japonica)	29 ~ 38	-1.706	0.762
黄鲫 (Setipinna taty)	80 ~ 176	1.679 ± 0.015	1.097 ± 0.011
红狼牙鰕虎鱼 (Odontamblyopus rubicundus)	101 ~ 173	1.647 ± 0.050	1.079 ± 0.053
龙头鱼 (Harpodon nehereus)	50 ~ 200	1.636 ± 0.001	0.944 ± 0.009
六丝矛尾鰕虎鱼 (Chaeturichthys hexanema)	51 ~ 151	1.636 ± 0.022	1.111 ± 0.011
葛氏长臂虾 (Palaemon gravieri)	30 ~ 72	1.614 ± 0.025	1.003 ± 0.024
口虾蛄 (Squilla oratoria)	68 ~ 217	1.607 ± 0.054	1.065 ± 0.007
中华栉孔鰕虎鱼 (Ctenotrypauchen chinensis)	81 ~ 93	1.606 ± 0.034	1.179 ± 0.002
中华管鞭虾 (Solenocera sinensis)	55 ~ 122	1.549 ± 0.016	0.952 ± 0.013
日本鳾 (Charybdis japonica)	48 ~ 70	1.546 ± 0.087	1.020 ± 0.012

3 讨论

3.1 食物组成

薛莹等 (2005) 用胃含物研究法只发现小黄鱼与皮氏叫姑鱼 6 种优选食物中的 5 种,还未发现中华栉孔鰕虎鱼;中华栉孔鰕虎鱼的碳氮比介于红狼牙鰕虎鱼与六丝矛尾鰕虎鱼之间,从食物营养价值上不存在小黄鱼与皮氏叫姑鱼对其摄食偏离,究其

原因可能与它们的活动时间及中华栉孔鰕虎鱼的生物量等因素有关;龙头鱼属中下层鱼类,在两者的胃含物中只是偶而发现其残留物,这与龙头鱼易消化有关。2 种方法对小黄鱼与皮氏叫姑鱼食物分析的另一个差别是对日本枪乌贼等软体动物的判断,软体动物易消化,在鱼类胃中的残留时间较短,胃含物分析法不易识别。对这 2 种易于消化的食物还应从两者标志性氨基酸或硫稳定同位素等加以确认。受

表 2 小黄鱼与皮氏叫姑鱼碳氮稳定同位素比值的测试结果(平均值±标准差)
Tab.2 $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ signatures of little yellow croaker and vorvina (Mean ±SE)

站位 Station	种类 Species	体长/mm Body length	$\delta^{13}\text{C}/\%$	$\delta^{13}\text{C}$ 平均值/% $\delta^{13}\text{C}$ Mean	$\delta^{15}\text{N}/\%$	$\delta^{15}\text{N}$ 平均值/% $\delta^{15}\text{N}$ Mean
S1	小黄鱼 (<i>P. polyactis</i>)	70 ~ 79	-1.8431	-1.7249 ±0.0494	0.9657	1.0033 ±0.0226
		80 ~ 89	-1.7363		0.9752	
		90 ~ 99	-1.6506		0.9680	
		100 ~ 109	-1.5786		0.9750	
		110 ~ 119	-1.5954		0.9617	
		120 ~ 129	-1.5942		0.9823	
		130 ~ 139	-1.9122		1.1383	
S5	小黄鱼 (<i>P. polyactis</i>)	160 ~ 169	-1.8888	-1.6942 ±0.0582	1.0646	1.0209 ±0.0270
		70 ~ 79	-1.8117		0.9870	
		80 ~ 89	-1.7253		1.0094	
		100 ~ 109	-1.5576		0.9582	
		110 ~ 119	-1.5648		0.9800	
		120 ~ 129	-1.6039		1.0511	
	皮氏叫姑鱼 (<i>J. belengerii</i>)	160 ~ 169	-1.9021		1.1395	
		40 ~ 49	-1.7031	-1.6365 ±0.0146	1.0492	1.1058 ±0.0125
		50 ~ 59	-1.6296		1.1040	
		60 ~ 69	-1.6098		1.1095	
S8	小黄鱼 (<i>P. polyactis</i>)	70 ~ 79	-1.6340		1.1064	
		80 ~ 89	-1.6027		1.1347	
		90 ~ 99	-1.6398		1.1310	
		90 ~ 99	-1.5355	-1.5373 ±0.0003	0.8960	0.9105 ±0.0104
S9	小黄鱼 (<i>P. polyactis</i>)	110 ~ 119	-1.5418		0.8895	
		120 ~ 129	-1.5434		0.9276	
		140 ~ 149	-1.5285		0.9290	
		80 ~ 89	-1.5670	-1.5711 ±0.0120	0.9095	0.8990 ±0.0089
	皮氏叫姑鱼 (<i>J. belengerii</i>)	100 ~ 109	-1.5561		0.8795	
		110 ~ 119	-1.5550		0.8892	
		120 ~ 129	-1.6062		0.9179	
		70 ~ 79	-1.5507	-1.5737 ±0.0288	1.0128	0.9983 ±0.0141
S10	小黄鱼 (<i>P. polyactis</i>)	80 ~ 84	-1.5394		1.0119	
		100 ~ 109	-1.6310		0.9702	
S12	小黄鱼 (<i>P. polyactis</i>)	90 ~ 99	-1.5462	-1.5511 ±0.0049	0.9629	0.9282 ±0.0347
		130 ~ 139	-1.5559		0.8935	
		80 ~ 89	-1.7059		1.0151	
		90 ~ 94	-1.8037		1.0112	
		100 ~ 109	-1.5710		1.0268	
	皮氏叫姑鱼 (<i>J. belengerii</i>)	110 ~ 119	-1.6007	-1.6840 ±0.0399	1.1037	1.0495 ±0.0244
		120 ~ 129	-1.7837		1.1440	
		150 ~ 159	-1.6356		0.9960	
		70 ~ 79	-1.5471		1.1265	
		80 ~ 89	-1.6128		1.0883	
		90 ~ 99	-1.5846	-1.6055 ±0.0186	1.0722	1.0882 ±0.0222
	皮氏叫姑鱼 (<i>J. belengerii</i>)	100 ~ 109	-1.6267		1.0143	
		110 ~ 119	-1.6565		1.1397	

采样限制,我们只分析了一部分生物量较大的虾类、蟹类和日本枪乌贼样品。小黄鱼与皮氏叫姑鱼的食物中可能还包括其它种类的甲壳类动物和软体动物。

3.2 不同站位的同位素比值

在所调查的海域,共有 6 个站位采集到了小黄鱼,3 个站位采集到了皮氏叫姑鱼。检验小黄鱼与

皮氏叫姑鱼碳氮稳定同位素比值站位间差异,发现长江口北部海域 S8、S9、S10 站位小黄鱼的碳氮稳定同位素比值与其它站位有显著性差异($P < 0.05$),且 S8 与 S9 站间小黄鱼的碳同位素比值也存在显著差异($P < 0.05$);皮氏叫姑鱼 3 个站位两两间的碳氮稳定同位素比值均无显著性差异($P > 0.05$)。

Guelinckx 等(2006)认为,在同一栖息地,种间的 $\delta^{13}\text{C}$ 差异应不超过 0.2%。本研究中所调查海域小黄鱼间的碳稳定同位素比值的差值接近 0.387%,皮氏叫姑鱼的碳稳定同位素比值的差值接近 0.164%,由此推测在长江口北部海域与南黄海其它海域可能存在 2 个以上小黄鱼地理群和 1 个皮氏叫姑鱼地理群。对比发现 S8、S9 和 S10 此 3 个站位内小黄鱼碳稳定同位素比值的种间差异较小,分别为 0.015%、0.051%、0.010%,均小于 0.2%,而 S1、S5 和 S12 此 3 个站位内小黄鱼碳氮稳定同位素比值的种间差异较大,分别为 0.336%、0.334%、0.233%。综上所述,在所调查海域可能存在 3 个小黄鱼地理群与 1 个皮氏叫姑鱼地理群。这与其他学者得出的东海、黄海小黄鱼存在 3 个地理群系的结论相一致。林新濯(1965)根据小黄鱼的分布特征和脊椎骨、背鳍、臀鳍、鳃耙、幽门盲囊及髂支管等分节特征,将东海、黄海、渤海的小黄鱼分为 3 个不同的地理群;有些学者(刘效舜,1990;王贻观等,1996;金显仕等,2005)则根据小黄鱼产卵场和越冬场的分布及其洄游路线,将东海、黄海、渤海的小黄鱼划分为 3 个独立群系;蒙子宁等(2003)从基因组 DNA 变异水平将东海、黄海小黄鱼分为 3 个群系。

据上推测,皮氏叫姑鱼采取了扩大栖息地的摄食策略来缓和与小黄鱼的食物竞争。从此次资源调查情况判断,皮氏叫姑鱼与小黄鱼不同的栖息地也使得能够捕捞到皮氏叫姑鱼的站位要小于能捕到小黄鱼的站位。

3.3 不同体长的同位素比值

共采集到了 10 个体长段的小黄鱼,8 个体长段的皮氏叫姑鱼。在体长范围内,小黄鱼的碳稳定同位素比值最小值为 -1.912% ,最大值为 -1.529% ,极差为 0.383%,氮稳定同位素比值最小值为 0.880%,最大值为 1.144%,极差为 0.264%;皮氏叫姑鱼的碳稳定同位素比值最小值为 -1.703% ,最大值为 -1.539% ,极差为 0.164%,氮稳定同位素比值最小值为 0.970%,最大值为 1.140%,极差为 0.170%。皮氏叫姑鱼碳氮稳定同位素比值的体长极差值较小黄鱼都要小。Martin Thomas E(1980)在美国南达科塔州防风林中研究发现小面积岛屿的候鸟丰度较大面积的岛屿的候鸟丰度相对要高,其解释为饵料种类多,生长发育条件相对要好,则栖息面积相对要窄;饵料种类少,栖息面积相对要宽。小黄鱼的碳氮稳定同位素比值的极差值比皮氏叫姑鱼要大,可能与小黄鱼的栖息地比皮氏叫姑鱼的栖息地

数量相对多,栖息范围相对较窄,食物种类相对较多有关。与前面从站位间与种群间碳氮同位素比值差异推测所研究海域皮氏叫姑鱼的栖息地在数量小于小黄鱼的栖息地一致。

综上所述,在长江口北部海域与南黄海其它海域应存在 3 个小黄鱼及 1 个皮氏叫姑鱼地理群。

3.4 小黄鱼与皮氏叫姑鱼饵料同位素的站位关系

通过研究小黄鱼与皮氏叫姑鱼碳氮稳定同位素比值的站位差异,我们发现在所研究海域存在 3 个小黄鱼的地理群,1 个皮氏叫姑鱼的地理群,为证实这种现象的真实性,我们又研究了小黄鱼与皮氏叫姑鱼的食物碳氮稳定同位素比值的站位差异。所选食物主要为两者的 3 种优选食物及生物量较大的中华管鞭虾和浮游动物。在所研究海域中,这 5 种饵料站位间碳氮稳定同位素比值的差异不一样。

六丝矛尾鰕虎鱼共采集了 S1、S2、S4、S7、S10 和 S12 共 6 个站位的样品,其中 S4 站与 S1、S2、S7 及 S10 几个站位间都存在氮稳定同位素比值的极其显著差异($P < 0.01$),S1 与 S4、S7 与 S2、S7 与 S4、S12 与 S1 及 S12 与 S7 几个站位间存在碳稳定同位素比值的极其显著差异($P < 0.01$);对于龙头鱼共取了 S2、S4、S5、S8 和 S12 共 5 个站位样品,其中 S5 与 S12、S5 与 S4、S12 与 S8 存在显著的氮稳定同位素比值的站位差异($P < 0.05$),所有站位均不存在碳稳定同位素比值差异($P > 0.05$);葛氏长臂虾取样站位较少,只有 S3、S4、S5 和 S8 共 4 个基本相邻的站位,它们之间不存在碳氮稳定同位素比值差异($P > 0.05$);在中华管鞭虾 5 个站位中,S1 与 S8、S6 与 S10、S6 与 S4、S6 与 S8 两两间显著存在氮稳定同位素比值差异($P < 0.05$),S1 与 S8、S6 与 S8 存在碳稳定同位素比值的显著差异($P < 0.05$);浮游动物共采集了 S2、S3、S5、S7、S9 和 S11 共 6 个站位的样品,其中 S2 与 S5、S2 与 S7、S3 与 S5、S3 与 S7、S5 与 S11、S5 与 S9、S7 与 S9、S7 与 S11 两两间存在氮稳定同位素比值的极其显著差异($P < 0.01$),S2 与 S5、S2 与 S7、S3 与 S5、S3 与 S7、S9 与 S5、S9 与 S11、S9 与 S7、S11 与 S7 两两间存在碳稳定同位素比值的极其显著差异($P < 0.01$)。

从小黄鱼、皮氏叫姑鱼及上述 5 种食物碳氮稳定同位素比值的站位差异推测,在这 5 种食物中,小黄鱼主要选择六丝矛尾鰕虎鱼、浮游动物和中华管鞭虾,兼食其它种类的食物。薛莹等(2005)采用胃含物法证实南黄海小黄鱼对浮游动物中磷虾类的摄食比例远大于皮氏叫姑鱼,磷虾对两者的重量贡献

比分别为29.4%和4.8%。胃残留物中六丝矛尾鰕虎鱼和中华管鞭虾的出现频率较少,可能与其生物量和易消化等因素有关。对于其对小黄鱼的贡献比例究竟多大,还需从两者稳定同位素比值加以研究。皮氏叫姑鱼在所研究海域没有出现碳氮稳定同位素比值的站位差异,除与其索饵地宽广有关外,也可能与其摄食没有站位差异的食物有关,推测其食物以葛氏长臂虾等虾类物质为主。薛莹等(2005)研究发现皮氏叫姑鱼对虾类的摄食比例要远大于小黄鱼,虾类对两者的重量贡献比分别为70.2%和36.9%。食物碳氮稳定同位素比值的站位差异可能造成了小黄鱼的碳氮稳定同位素比值的站位差异和种群差异。

鱼类在长期进化过程中,形成了适应自己摄食生态的形态学特征(殷名称,1995)。薛莹等(2005)研究小黄鱼与皮氏叫姑鱼的摄食器官形态特征,发现小黄鱼的下颌伸展度、前颌骨长和口高等口部形态特征要大于皮氏叫姑鱼,而肠长小于它,这从形态上说明前者摄食鱼类饵料的能力要大于后者,进一步印证了小黄鱼摄取了相对高比例的鱼类。

4 小结

从小黄鱼与皮氏叫姑鱼及其食物的碳氮稳定同位素比值的站位差异与个体差异,可推测所研究海域存在3个小黄鱼地理群和1个皮氏叫姑鱼的地理群。东海与黄海中南部的小黄鱼于每年3月初至5月底分别在江苏沿岸、浙江北部沿海及长江口外的海域产卵,产卵后的鱼群分散在长江口一带海域索饵,11月前后随水温下降向东海北部作越冬洄游(金显仕等,2005)。本文的取样时间为10中旬,此时小黄鱼正准备作越冬洄游。为何S8、S9和S10站位只存在小黄鱼的单一种群,而S1、S5和S12站位的小黄鱼却为混合群体,33°N是否为东黄海小黄鱼的种群分界线。S1、S5、S12混合群体是否源于黄海中部与南部水域的越冬群体,而S8、S9和S10则源于东海水域的越冬群体,尚有待进一步研究。

生物的种间竞争有2种形式,干扰式竞争(interference competition)和资源利用性竞争(exploitation competition)。资源利用性竞争是通过竞争食物与栖息地形成生态隔离,而个体间不直接相互作用。干扰式竞争是生物为了竞争领地或食物进行的打斗,干扰式竞争也可通过代谢副产物、种间化学物质等方式实现(Fincke Ola M, 1994)。从本研究的结果判断,小黄鱼与皮氏叫姑鱼间的竞争是以资源利

用性竞争为主。Garrison L P & Link J S (2000)指出,栖息水层和饵料个体大小是影响食物资源分割的2个主要因素。从上述研究推测,小黄鱼与皮氏叫鱼两者间为摄食个体相对较大饵料生物与相对较小饵料生物的食物分割;另外,从两者在调查海域内碳氮稳定同位素比值站位间差异判断,同为底层鱼类的两者采取了不同大小栖息地的捕食策略来避免种间竞争。

参考文献:

- 金显仕,赵宪勇,孟田湘,等. 2005. 黄渤海生物资源与栖息环境[M]. 北京:科学出版社,308-322.
- 林新濯. 1965. 海洋渔业资源论文选集[M]. 北京:农业出版社,84-108.
- 刘效舜. 1990. 黄渤海区渔业资源调查与区划[M]. 北京:海洋出版社,191-200.
- 蒙子宁,庄志猛,金显仕,等. 2003. 黄海和东海小黄鱼遗传多样性的RAPD分析[J]. 生物多样性,11(3):197-203.
- 孟庆闻,缪学祖,俞泰济,等. 1984. 鱼类学[M]. 上海:上海科学技术出版社.
- 王貽观,马珍影,尤洪宝. 1996. 海洋渔业资源论文选集[M]. 北京:农业出版社,9-11.
- 韦晟,姜卫民. 1992. 黄海鱼类食物网的研究[J]. 海洋与湖沼,23(2):182-192.
- 谢松光,崔奕波,李钟杰. 2000. 湖泊食鱼性鱼类渔业生态学的理论与方法[J]. 水生生物学报,24(1):72-81.
- 谢松光,崔奕波,李钟杰. 2003. 湖泊鱼类群落资源利用格局研究进展与方法[J]. 水生生物学报,27(1):78-84.
- 薛莹,金显仕,张波,等. 2004a. 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,11(3):237-243.
- 薛莹,金显仕,张波,等. 2004b. 黄海中部小黄鱼摄食习性的体长和昼夜变化[J]. 中国水产科学,11(3):420-425.
- 薛莹,金显仕,张波,等. 2005. 南黄海三种石首鱼类的食性[J]. 水产学报,29(2):178-187.
- 殷名称. 1995. 鱼类生态学[M]. 北京:中国农业出版社,64-88.
- Craig H. 1957. Isotopic standards for carbon and oxygen and correction factors for mass spectrometric analysis of carbon dioxide[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 12: 133-149.
- Dibble E D. 1996. Assessment of fish-plant interactions[J]. Amer Fish Soc Symposium, 16:357-372.
- Fincke Ola M. 1994. Population Regulation of a Trophic Damselfly in the Larval Stage by Food Limitation, Cannibalism, Intraguild Predation and Habitat Drying[J]. Oecologia, 100:118-127.

- Garrison L P & Link J S. 2000. Fishing Effects on Spatial Distribution and Trophic Guild Structure of the Fish Community in the Georges Bank Region[J]. ICES J Mar Sci, 57: 723 – 730.
- Guelinckx Jef, Joachim Maes, L Brabandere, et al. 2006. Migration dynamics of clupeoids in the Schelde estuary: A stable isotope approach [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 66: 612 – 623.
- Knight R L & Vondrack B. 1995. Changes in prey fish populations in Western Lake Erie, 1969 ~ 1988, as related to Walleye, *Stizostedion vitreum* predation [J]. Can J Fish Aquatic Sci, 50: 1 289 – 1 298.
- Mariotti A. 1983. Atmospheric nitrogen is a reliable standard for natural ^{15}N abundance measurements [J]. Nature, 303: 658 – 687.
- Martin Thomas E. 1980. Diversity and Abundance of Spring Migratory Birds Using Habitat Island on the Great Plain [J]. Condor, 82: 430 – 439.
- Partik Stenroth, Niklas Hoimqvist, Per Nystrom, et al. 2006. Stable isotopes as an indicator of diet in omnivorous crayfish (*Pacifastacus ieniusculus*): the influence of tissue, sample treatment, and season [J]. Can J Fish Aquat Sci, 63: 821 – 631.
- Pierce C. 1994. Littoral fish communities in southern Quebec lakes: relation – ships with limnological and prey resource variables [J]. Can J Fish Aquat Sci, 1994, 51: 1 128 – 1 138.
- Stewart DJ & Ibarra M. 1991. Predation and production by salmonine fishes in Lake Michigan, 1978 – 88 [J]. Can J Fish Aquat Sci, 48: 909 – 922.

(责任编辑 万月华)

Studies on Food Competition between *Pseudosciaena polyactis* and *Johnius belengerii* from Changjian Estuary and Adjacent Southern Yellow Sea in Autumn

LI Zhong-yi, DAI Fang-qun, ZUO Tao, JIN Xian-shi, ZHUAN Zhi-meng

(Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resource, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Qingdao 266071, China)

Abstract: Stable isotopes have been used in many research areas as natural labels, and are becoming the more appropriate option for the aquatic ecological studies. An organism's stable isotope ratios ($\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ etc) are an integration of the isotopic signatures of preys that have been assimilated through time, the organism will come into isotopic equilibrium with its diets depending on growth and tissue turnover rates, the ratios can change with different food, are good labels of organism living conditions. According to the stable isotope ratio of an organism and preys, we can judge their food composition. Through determining the carbon and nitrogen stable isotope ratios of the different stations and different body length of *Pseudosciaena polyactis* and *Johnius belengerii* and their preys, we found that *Odontamblyopus rubicundus*, *Chaeturichthys hexanema*, *Ctenotrypauchen chinensis*, *Harpadon nehereus*, *Palaeomon gravieri* and *Squilla oratoria* were the better preys than others for *Pseudosciaena polyactis* and *Johnius belengerii*. The carbon or nitrogen stable isotope ratios of *Pseudosciaena polyactis*, *Johnius belengerii* or some species of preys among different stations had significant difference. From these results, we speculated that *Pseudosciaena polyactis* and *Johnius belengerii* had different habitat and feeding habit, *Pseudosciaena polyactis* had smaller habitat than *Johnius belengerii*, and fed on fishes mostly, while *Johnius belengerii* swim longer distance to look for preys, mostly be crustacea, in order to mitigate the food competition with *Johnius belengerii*.

Key words: *Pseudosciaena polyactis*; *Johnius belengerii*; Changjian estuary and adjacent southern Yellow Sea; food competition