

北部湾鲷(*Euthynnus affinis*)的摄食习性 及其随生长发育的变化*

宿鑫¹ 李永东¹ 何雄波¹ 卢伙胜^{1,2} 颜云榕^{1,2①}

(1. 广东海洋大学水产学院 湛江 524088; 2. 广东海洋大学南海渔业资源监测与评估中心 湛江 524088)

摘要 基于2008年9月–2009年9月在北部湾逐月采集的435尾鲷(*Euthynnus affinis*)生物学数据,对鲷生长、摄食习性及其随生长发育的变化进行了分析。结果显示,北部湾鲷属于广食性鱼类,主要摄食中上层小型鱼类,另外还包括底栖鱼类、甲壳类和头足类等。少鳞犀鲷(*Bregmaceros rarisquamosus*, 45.50%)、青带小公鱼(*Stolephorus zollingeri*, 11.81%)和长颌棱鯧(*Theyssa setirostris*, 5.89%)为鲷优势饵料生物种类,并且其主要饵料生物种类随采样时间的不同而有所差异,如金色小沙丁鱼(*Sardinella aurita*, 1月)、未能鉴定鱼类(4–7月)、长颌棱鯧(8月)、条鲷(*Leignathus riviulatus*, 9月)、青带小公鱼(10月)、少鳞犀鲷(11–翌年3月)。体长小于340 mm的鲷个体随体长的增加其平均摄食饵料生物的个数与质量呈上升趋势;体长在341–520 mm范围内的鲷个体,随着体长的增加其平均摄食饵料生物的个数与质量总体上呈现下降趋势。鲷产卵主要集中在4–8月,根据雌性GSI(性腺成熟度指数)分析,具有两个产卵高峰期(6月、8月),产卵高峰期和中上层水温的升高有密切关系。鲷的摄食强度在性腺发育过程中波动较大,但在产卵期间,其摄食强度并未明显降低。

关键词 北部湾; 鲷; 摄食习性; 性腺发育

中图分类号 S931.1 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2015)04-0065-08

鲷(*Euthynnus affinis*)属于鲈形目(Perciformes)、鲷科(Scombroidei)、鲷属(*Euthynnus*),为海洋中上层高度洄游性鱼类,主要分布在印度洋、太平洋与大西洋中部,属于热带–亚热带大洋性经济价值较高的种类(FAO, 2003)。鲷作为高营养级捕食者,在中上层海洋生态系统的食物链中扮演重要角色(Korsmeyer *et al.*, 2001),其相关的研究也引起了国内外学者的普遍关注。目前,这些研究主要集中在摄食习性的变化、洄游和繁殖特征等(Muthiah, 1985; Ommann, 1953; Williamson, 1970; Blaber *et al.*, 1990; Chiou *et al.*, 2004a、b; Shane *et al.*, 2009)方面。北部湾位于我国南海西北部,为中越两国共用的重要渔场,鲷为北部湾渔业中主要的中上层渔获种类,在北部湾渔业生态系统中占有非常重要的地位(卢伙胜等, 2009),关于北部湾鲷摄食习性及其相关的研究尚未见报道。

本研究基于2008年9月–2009年9月逐月采集的北部湾鲷样品的生物学数据,研究了其摄食习性及其随生长发育的变化,旨在为北部湾鲷资源的可持续性开发提供理论依据,也为北部湾鱼类的生态学提供基础资料。

1 材料与方 法

1.1 样品采集和分析

1.1.1 样品采集 样品取自2008年9月–2009年9月北部湾海域的渔获物。采样地点为广西北海、海南三亚、八所以及广东江洪(图1),对在北部湾内中方海域及湾口海域作业的流刺网和拖网渔获物进行随机抽样。采集的样品按照海洋调查规范(GB/T12763)进行体长(精确到1 mm)、体重和纯体重(精确到1 g)、

* 国家自然科学基金项目(41376158)和(30771653)共同资助。宿鑫, E-mail: xinsu_gdou@126.com

① 通讯作者: 颜云榕, 教授, E-mail: yanyr@gdou.edu.cn

收稿日期: 2014-08-18, 收修改稿日期: 2014-12-20

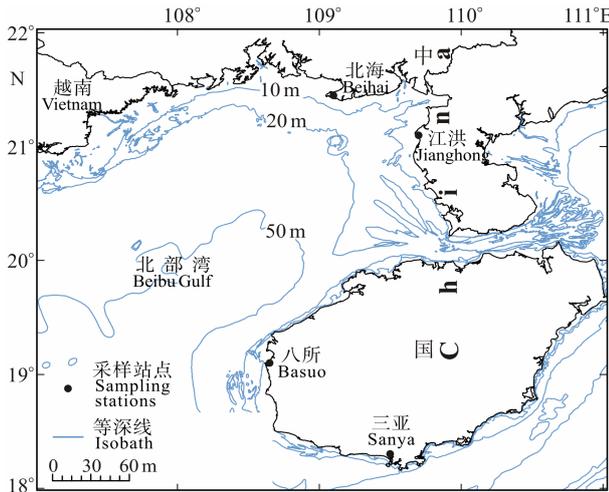


图1 北部湾鲷样品采集地点分布

Fig.1 The location of sampling fishing ports in the Beibu Gulf

性腺重量(精确到 0.1 g)等生物学参数的测定。

1.1.2 样品胃含物及性腺的分析 鲷的胃样品在接近口部的食道处剪断,采用低温速冻保存后带回实验室,进行胃含物分析,主要将胃分为5个等级。使用双筒解剖镜(Leica Zoom 2000 Z45V)进行胃含物分析,参考海洋生物分类资料(成庆泰等, 1987; 宋海棠等, 2006; 黄宗国, 2008),依据形态特征尽可能鉴定到最低分类阶元,用滤纸吸干表面水后,用精度为 0.001 g 的电子天平称重。样品性腺成熟度分为 I 期、II 期、III 期、IV 期、V 期、VI 期共 6 个等级(福建水产学校, 1985; 陈新军, 2004)。

1.2 数据统计和分析

1.2.1 体长与体重关系 通过鲷体长(L , mm)与体重(W , g)的关系式 $W=aL^b$,研究鲷体重与体长的生长关系(詹秉义, 1995)。

1.2.2 数据分析 每种食物的出现率($F\%$)、个数百分比($N\%$)、重量百分比($W\%$)(Hyslop, 1980)和空胃率(Weitkamp *et al.*, 2008)分别采用以下公式计算:

$$F\% = \frac{\text{该食物成分出现的次数}}{\text{各食物成分出现的总次数}} \times 100 \quad (1)$$

$$N\% = \frac{\text{该食物成分的尾数}}{\text{食物团中食物组成的总尾数}} \times 100 \quad (2)$$

$$W\% = \frac{\text{该食物成分的更正重量}}{\text{食物团的更正重量}} \times 100 \quad (3)$$

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

每种食物成分的重要性(Hacunda, 1981)用相对重要性指标(IRI)(Field *et al.*, 1982)和相对重要性指数百分比($IRI\%$)(Pinkas *et al.*, 1971)来衡量,计算公式如下:

$$IRI = (N\% + W\%) \times F\% \quad (4)$$

$$IRI\% = (IRI / \sum IRI) \times 100 \quad (5)$$

用饱满指数(Repletion Index, RI)(Figueiredo *et al.*, 2005)、空胃率和摄食率评估鲷的摄食强度,其公式如下:

$$RI = \frac{\text{饵料重量}}{\text{纯体重}} \times 100 \quad (6)$$

用雌性的性成熟指数(Gonad Somatic Index, GSI)(Htun-Han, 1978)分析鲷的繁殖情况,研究其食性随繁殖阶段的变化。

$$GSI = \frac{\text{卵巢重量}}{\text{纯体重}} \times 100 \quad (7)$$

采用 Brillouin 指数 H_k 评估营养多样性(Pielou, 1969)。

$$H_k = \frac{1}{N} \log_{10} \frac{N!}{N_1! N_2! \dots N_k!} \quad (8)$$

式中, N 为 k 种饵料生物种类的总个数, N_k 为第 k 种饵料生物的个体数。计算最大营养多样性指数 H_z 和处于 $H_z \pm 0.05H_z$ 范围内的个数,判断各月样本数量是否满足评估营养多样性的要求(Koen *et al.*, 2002)。

北部湾中上层水温(表层、20 m、30 m)数据来源于法国 CATSAT(凯撒)系统海洋环境数据。数据统计分析应用 SPSS 17.0 软件对鲷不同体长组、月份的摄食变化进行单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 鲷群体结构及摄食随个体生长的变化

共采集 435 尾(表 1)鲷(实胃数 338 尾),体长范围为 165–520 mm。除 2009 年 6 月由于胃含物中的鱼类未能鉴定而导致营养多样性指数(H_z)为 0 外,其余各月的 H_z 变化较小[方差 $D(X)=0.14$],且各月样品 H_z 落在 $H_z \pm 0.05H_z$ 范围内的个数均超过两个。

北部湾鲷群体最小体长为 165 mm,最大体长为 520 mm;优势体长为 220–370 mm,占总体样本的 66.67%(图 2)。最大体重为 2580 g,最小体重为 24.7 g;优势体重为 171–920 g,占总体样本的 63.91%(图 3)。其体长与体重的关系式为 $W_1 = 8.002 \times 10^{-6} L^{3.16}$, $R_1^2 = 0.9709$ 。

北部湾鲷在 311–340 mm 体长组中平均饵料生物个数最多,达 6.58 个;在 491–520 mm 体长组中,平均饵料生物个数最少,只有 0.7 个。平均饵料生物重量最大值为 11.14 g,最小值为 1.0 g(图 4)。

2.2 食物组成及其月变化

2.2.1 食物组成 北部湾鲷的摄食对象包括鱼类(少鳞犀鲂 *Bregmaceros rarisquamosus*, 青带小公鱼 *Stolephorus zollingeri*, 长颌棱鯧 *Theyssa setirostris* 和金色小沙丁鱼 *Sardinella aurita* 等),甲壳类(对虾类、蟹类和毛虾类)和头足类,共 21 种(表 2),属于广食性鱼类。

表 1 北部湾鲷胃含物样品
Tab.1 Samples for analysis of stomach content of *E. affinis* in the Beibu Gulf

采样时间(年-月) Sampling time (Year-Month)	体长范围 Range of SL(mm)	平均体长 Average SL(mm)	总胃数 Number of stomachs	空胃数 Empty stomachs	营养多样性指数 Trophic diversity H_z	$H_z \pm 0.05 H_z$ 数据个数 Samples number within $H_z \pm 0.05 H_z$
2008-09	165-285	229±6	35	7	0.47	22
2008-10	224-325	282±6	32	8	0.18	27
2008-11	304-355	330±3	21	0	0.44	18
2008-12	269-390	324±4	45	14	0.26	38
2009-01	283-355	330±2	51	34	0.37	19
2009-02	232-304	258±3	50	3	0.53	28
2009-03	274-444	374±11	15	2	0.59	8
2009-04	408-435	421±2	12	4	0.47	4
2009-05	216-425	279±7	50	11	0.47	19
2009-06	343-441	417±11	8	0	-	-
2009-07	345-520	460±7	30	4	0.45	11
2009-08	205-466	295±7	47	9	0.52	31
2009-09	290-333	303±4	39	1	0.60	25

-表示无; -. No data

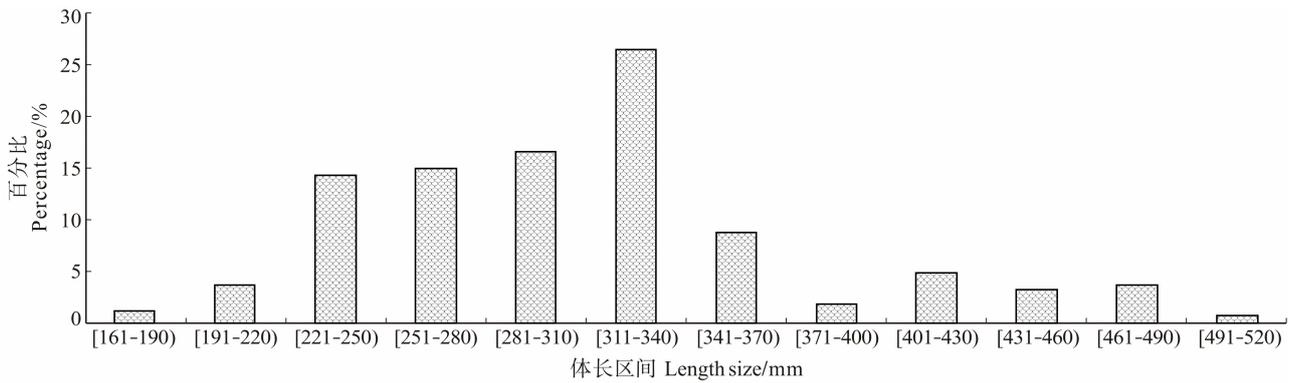


图 2 鲷体长组成

Fig.2 The body length distribution of *E. affinis*

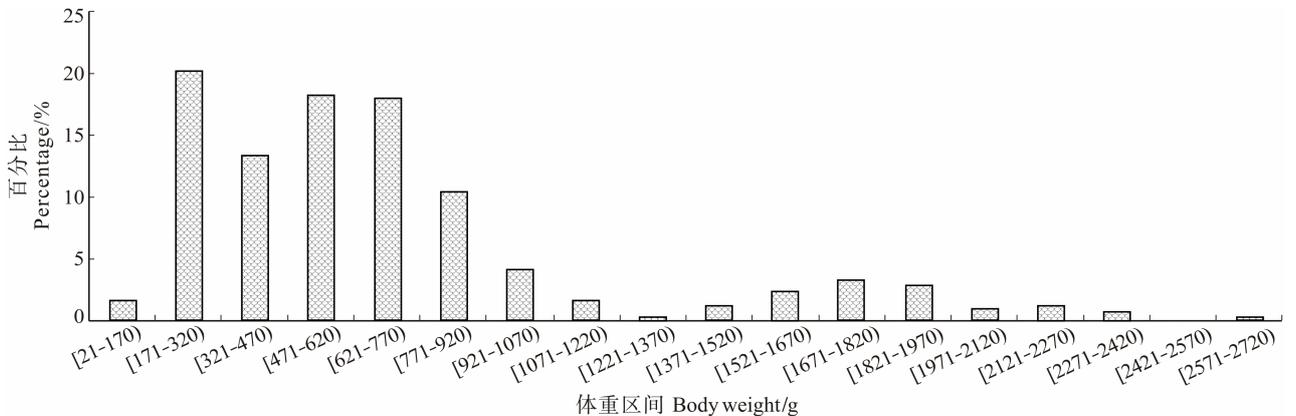


图 3 鲷体重组

Fig.3 The body weight distribution of *E. affinis*

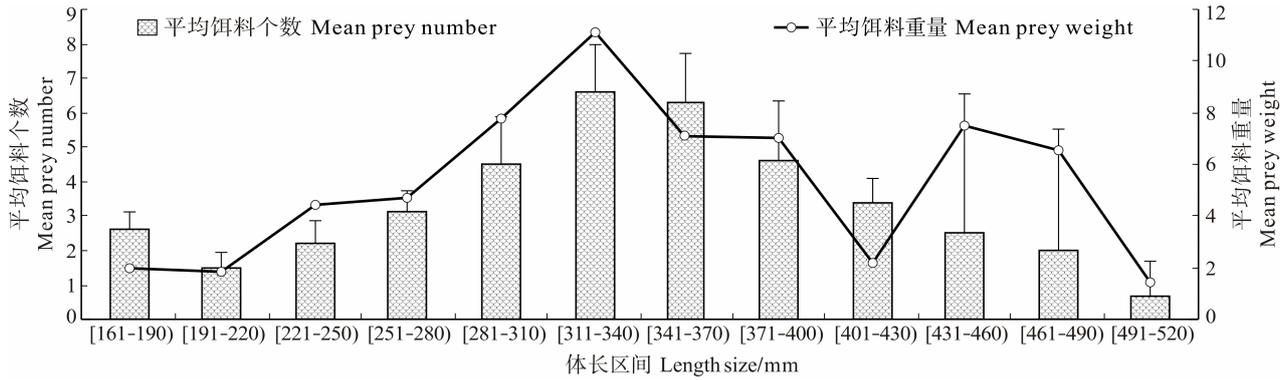


图4 北部湾鲷摄食饵料生物个数及体重随体长的变化

Fig.4 Comparative mean prey numbers and prey weight of *E. affinis* in different body length groups

表2 北部湾鲷食物组成

Tab.2 Diet composition of *Euthynnus affinis* in the Beibu Gulf

饵料种类 Prey category	个数 No.	个体数 百分比(%) <i>N</i>	体重 百分比(%) <i>W</i>	出现 频率 <i>F</i>	出现频率 百分比(%) <i>F</i>	相对重要性 指数 <i>IRI</i>	<i>IRI</i> %
蟹类 (Crabs)	9	0.48	—	4	0.76	0.36	0.02
口虾蛄(<i>Oratosquilla oratoria</i>)	1	0.05	—	1	0.19	0.01	—
大管鞭虾(<i>Solenocera crassicomis</i>)	7	0.37	0.52	4	0.76	0.68	0.04
中国毛虾(<i>Acetes chinensis</i>)	5	0.27	0.22	3	0.57	0.27	0.01
滑脊等腕虾(<i>Heterocarpoides laevis</i>)	68	3.61	1.21	19	3.60	17.35	0.91
不可辨认虾类(Unidentified shrimps)	33	1.75	0.54	9	1.70	3.90	0.20
多齿蛇鲻(<i>Saurida tumbil</i>)	2	0.11	0.66	2	0.38	0.29	0.02
少鳞犀鲂(<i>Bregmaceros rarisquamosus</i>)	600	31.86	16.43	95	17.99	868.85	45.50
银腰犀鲂(<i>Bregmaceros nectabanus</i>)	4	0.21	0.29	2	0.38	0.19	0.01
金色小沙丁鱼(<i>Sardinella aurita</i>)	178	9.45	10.97	29	5.49	112.18	5.88
裘氏小沙丁鱼(<i>Sardinella jussieu</i>)	23	1.22	3.63	9	1.70	8.27	0.43
青带小公鱼(<i>Stolephorus zollingeri</i>)	145	7.70	16.60	49	9.28	225.50	11.81
尖吻小公鱼(<i>Stolephorus heteroboba</i>)	25	1.33	1.76	13	2.46	7.61	0.40
康氏小公鱼(<i>Stolephorus commersoni</i>)	16	0.85	1.93	8	1.52	4.21	0.22
小公鱼属(<i>Stolephorus</i> sp.)	48	2.55	4.15	28	5.30	35.50	1.86
长颌棱鯧(<i>Thryssa setirostris</i>)	250	13.28	6.53	30	5.68	112.56	5.90
蓝圆鲹(<i>Decapterus maruadsi</i>)	24	1.27	1.55	11	2.08	5.89	0.31
大甲鲹(<i>Megalapis cordyla</i>)	6	0.32	2.12	5	0.95	2.31	0.12
竹荚鱼(<i>Trachurus japonicus</i>)	8	0.42	2.64	6	1.14	3.49	0.18
条鲷(<i>Leignathus riviulatus</i>)	111	5.89	2.25	28	5.30	43.18	2.26
粗纹鲷(<i>Leignathus lineolatus</i>)	32	1.70	2.01	13	2.46	9.13	0.48
黄斑鲷(<i>Leignathus bindus</i>)	94	4.99	5.84	23	4.36	47.18	2.47
带鱼(<i>Trichiurus japonicus</i>)	6	0.32	7.28	5	0.95	7.20	0.38
不可辨认鱼类(Unidentified Pisces)	153	8.13	9.72	115	21.78	388.60	20.35
不可辨认头足类(Unidentified Cephalopod)	1	0.05	0.11	1	0.19	0.03	—
中国枪乌贼(<i>Uroteuthis chinensis</i>)	26	1.38	0.53	10	1.89	3.62	0.19
枪乌贼属(<i>Uroteuthis</i> sp.)	8	0.42	0.50	6	1.14	1.05	0.06

—表示所占比例<0.01%

— means the value was <0.01%

在饵料生物组成中, 以 *IRI%*(相对重要性指数百分比)为指标, 鲷的主要摄食对象为鱼类(98.57%), 其次为甲壳类(1.18%)和头足类(0.25%)。优势饵料生物为少鳞犀鲂(45.50%)、青带小公鱼(11.81%)和长颌棱鯧(5.89%)。

2.2.2 食物组成的月变化 北部湾鲷以鱼类为主要摄食对象, *IRI%*达 98.57%(表 3)。在不同月, 其主要饵料生物种类也有差别: 2008 年 9 月以条鲷(*Leignathus riviulatus*)为主; 10 月以青带小公鱼为主; 11、12 月及 2009 年 2 月以少鳞犀鲂、黄斑鲷和青带小公鱼为主; 2009 年 1 月以金色小沙丁鱼为主; 3 月以少鳞犀鲂、青带小公鱼和蓝圆鲹为主; 4-7 月以未能鉴定鱼类为主; 8 月以长颌棱鯧为主。在饵料生物中,

少鳞犀鲂的相对重要性指数百分比(*IRI%*)最高, 为 17.64%, 其次为青带小公鱼和长颌棱鯧, 分别为 12.27% 和 7.19%。饵料生物在不同月份出现的频数有显著差异, 如少鳞犀鲂、青带小公鱼、长颌棱鯧、金色小沙丁鱼等分别在不同月份出现, 而蟹类、口虾蛄、大管鞭虾、多齿蛇鲻、银腰犀鲂和裘氏小沙丁鱼仅在个别月出现。

2.3 摄食随性腺发育的变化

2.3.1 性腺发育的月变化 北部湾鲷在 4 月开始性成熟, 其中, 性腺为 IV 期的个体占 39.56%, V 期的个体占 17.6%; 5 月性腺为 V 期的个体比例明显增加, 达到 37.89%; 6 月性腺全部为 V 期, 进入产卵高峰期。从 2008 年 10 月-2009 年 3 月, 性腺为 I 期的个体

表 3 北部湾鲷食物组成 *IRI%*月变化
Tab.3 Monthly variation of *IRI%* of *E. affinis* in the Beibu Gulf

饵料种类 Prey category	2008.9	2008.10	2008.11	2008.12	2009.1	2009.2	2009.3	2009.4	2009.5	2009.6	2009.7	2009.8	2009.9
蟹类(Crabs)								12.45					
口虾蛄(<i>O. oratoria</i>)								0.56					
大管鞭虾(<i>S. crassicomis</i>)											1.34		
中国毛虾(<i>A. chinensis</i>)							0.12						0.38
滑脊等腕虾(<i>H. laeivarinata</i>)			8.63										0.74
不可辨认虾类(Unidentified shrimps)								31.82	1.87		1.67		
多齿蛇鲻(<i>S. tumbil</i>)			0.25										
少鳞犀鲂(<i>B. rarisquamosus</i>)	3.43		55.67	54.45	3.73	79.47	30.31		2.34				
银腰犀鲂(<i>B. nectabanus</i>)												0.38	
金色小沙丁鱼(<i>S. aurita</i>)		15.40			51.84	8.23	10.28						
裘氏小沙丁鱼(<i>S. jussieu</i>)													17.67
青带小公鱼(<i>S. zollingeri</i>)		84.24		45.30			30.02						
尖吻小公鱼(<i>S. heteroboba</i>)											4.05		10.76
康氏小公鱼(<i>S. commersoni</i>)												8.34	
小公鱼属(<i>Stolephorus</i> sp.)	18.77		4.33		7.67	0.38							
长颌棱鯧(<i>T. setirostris</i>)	2.44	0.36										57.45	33.22
蓝圆鲹(<i>D. maruadsi</i>)							29.12		0.76		1.35		
大甲鲹(<i>M. cordyla</i>)			0.03						6.16				
竹荚鱼(<i>T. japonicus</i>)	1.39										12.23		
条鲷(<i>L. riviulatus</i>)	73.97				2.78	1.42							
粗纹鲷(<i>L. lineolatus</i>)								0.10				16.00	
黄斑鲷(<i>L. bindus</i>)			31.09	0.25									
带鱼(<i>T. japonicus</i>)						0.04						2.04	3.47
不可辨认鱼类(Unidentified Pisces)					29.62	6.17		47.88	88.77	100.00	80.70	14.46	33.73
不可辨认头足类(Unidentified Cephalopod)						0.04							
中国枪乌贼(<i>U. chinensis</i>)						4.24							0.04
枪乌贼属(<i>Uroteuthis</i> sp.)					4.35		0.16	7.28					

均占当月总样本含量的30%以上,其中2008年10月最高,为93.56%。

2.3.2 摄食与性腺发育及水温变化的关系 鲭的摄食强度在不同月份具有明显差异,月摄食率与平均饱满指数(RI)曲线的波动趋势基本一致(图5)。鲭的平均性成熟指数在6月最高(6.44),此时摄食率为100%,饱满指数较低;8月平均性成熟指数又出现一次小高峰(2.08)。摄食率在1月最低,为33%;在3月、6月和11月最大,为100%。饱满指数在10月最大,为3.79;在4月最低,为0.0003。单因素方差检验表明,各月摄食强度差异显著($P<0.05$)。

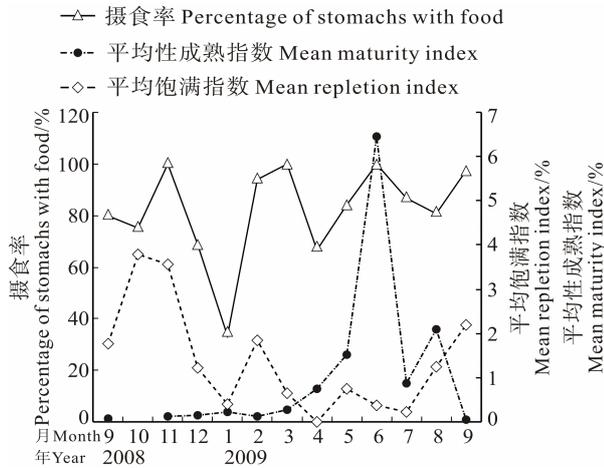


图5 北部湾鲭摄食强度及成熟系数的月变化
Fig.5 Monthly variation of feeding intensity and maturity coefficient of *E. affinis* in the Beibu Gulf

北部湾表层(SST)、20 m和30 m水深水温变化趋势大致相同,每年6-9月水温相对较高,这与鲭的性成熟指数GSI值的变化相吻合,相关性分析显示二者显著相关($P>0.05$),表明鲭产卵高峰期的出现与中上层水温的变化有密切关系。北部湾鲭雌性个体的GSI值在1-5月增长,6月达到最高值,进入产卵高峰期,此时雌雄个体的GSI值最高,分别为6.44和4.15;从7月开始下降,至8月出现较高值(2.08);9月则开始下降至最低值(图6)。

3 讨论

3.1 鲭的摄食习性

北部湾鲭的摄食对象包括中上层小型鱼类、底栖鱼类、甲壳类和头足类,主要以鱼类为主(IRI%为98.57%),甲壳类(1.18%)和头足类(0.25%)比例较低,其优势饵料生物为少鳞犀鲭(IRI%为45.50)、青带小公鱼(11.81)和长颌棱鲳(5.89%)。在不同的海域环境

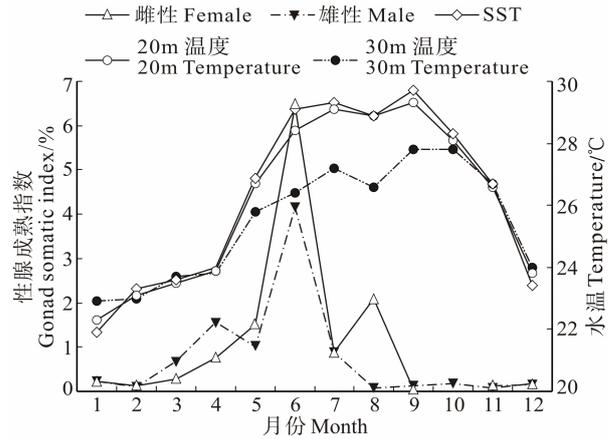


图6 北部湾鲭的性腺成熟指数与中上层水温变化的关系曲线
Fig.6 Monthly variation of different layers water temperature and *E. affinis* GSI in the Beibu Gulf

中,由于饵料生物种类及丰度的差异,鲭的摄食对象及其优势饵料生物种类有所差异:在所罗门群岛海域,鲭的饵料生物中90%以上是鱼类,其优势饵料生物为小公鱼属(Blaber *et al.*, 1990);台湾岛附近海域鲭摄食对象包括鱼类和软体动物类,主要以鳀科和灯笼鱼科幼鱼为主(Chiou *et al.*, 2004);澳大利亚东部近岸海域鲭的优势饵料生物是中上层鲱科鱼类,而小公鱼属仅占8.7%(Shane *et al.*, 2009)。鲭在其分布海域属于中上层捕食者,而其摄食对象包含底栖鱼类、甲壳类和头足类,这可能与鲭属于广食性鱼类有关,当中上层饵料生物减少时,鲭可选择性地摄食底栖生物。

北部湾鲭的饵料生物种类随采样时间不同具有明显差异,少鳞犀鲭、金色小沙丁鱼、青带小公鱼等在各月份出现频率较高,蟹类、口虾蛄、大管鞭虾、多齿蛇鲻、银腰犀鲭等饵料生物仅在个别月份出现,这种变化与饵料生物种类和丰度的季节变化直接相关,也可能与不同月份鲭优势个体体长的差异有关(Chen *et al.*, 1986)。

3.2 鲭摄食随个体生长的变化

鱼类摄食习性随体长变化是一个普遍现象(Takahashi, 1974),北部湾鲭也不例外,体长小于340 mm的鲭个体随体长的增加其平均摄食饵料生物的个数与重量呈上升趋势;体长在341-520 mm范围内的鲭个体,随着体长的增加其平均摄食饵料生物的个数与重量总体上呈现下降趋势。Yesaki(1994)研究发现,在印度洋-大西洋海域,体长250-350 mm的鲭个体为未达到性成熟的1龄个体,因此,北部湾体长在340 mm以下的鲭个体可能属于未达到性成熟的1龄个体,这种个体由于其快速发育的形态和运动特征,

捕食饵料生物的数量和体重随体长的增加而增加。本研究中体长较大的鲷个体(体长大于 341 mm)主要采集于 2009 年 4、6、7 和 8 月(表 1), 性成熟比例较高, 性成熟个体的体腔绝大部分被性腺占据, 大大压缩胃的空间, 促使个体捕食的饵料生物质量减小, 同时减少单次进食饵料生物的数量。

3.3 鲷摄食随性腺发育的变化

水温变化是影响鱼类性成熟的一个重要因素(Takahashi, 1974)。北部湾鲷产卵主要集中在 4–8 月, 此时该海域水温较高(表层水温高达 29.7°C), 表明鲷的繁殖与水温的变化有着密切关系。雌性个体的 *GSI* 值在一年中出现两个峰值, 与其平均性成熟指数的峰值吻合, 反映北部湾鲷有一个主要产卵高峰期(6 月)和一个次要产卵高峰期(8 月)。在其他研究中也类似发现, 如在坦桑尼亚沿岸海域, 鲷具有两个产卵期, 分别为 6–7 月和 11–翌年 2 月(Buñag, 1956), 芒格洛尔近岸海域鲷的产卵高峰期出现在 9–10 月(Muthiah, 1985), 西印度洋鲷的产卵期从 11、12 月一直延伸到翌年 4、5 月(Ommann, 1953)。

北部湾鲷在产卵高峰期, 其摄食率仍保持在一个较高水平(80%以上), 表明鲷的摄食强度并不会随产卵高峰期的出现而明显降低, 这与澳大利亚东部近岸海域鲷的摄食习性不同(Shane *et al.*, 2009), 但与北部湾鱼类如宝刀鱼(颜云榕等, 2011)、带鱼(颜云榕等, 2010b)和多齿蛇鲻(颜云榕等, 2010a)等摄食情况相似。这可能与北部湾鲷的洄游习性有关, 鲷具有明显的生殖洄游和索饵洄游(Chiou *et al.*, 2004a、b), 广东省沿岸海域的鲷在每年 6–8 月洄游到香港东部海域进行产卵(Williamson, 1970), 因此, 为了补充洄游过程中的能量消耗, 这一时期北部湾内的鲷仍强烈索饵。同时, 6 月鲷的采集受到南海禁渔期的影响, 样品采集数量相对偏少, 且样品均采集于单片表层刺网, 这可能也会对其摄食强度造成影响。

鲷在产卵前(3–4 月)会大量摄食, 为产卵期积累营养。产卵后, 通过增加食物量来补充在产卵期消耗的能量。但是, 鲷的食物组成伴随其性腺的发育没有显著变化, 都是以鱼类为主要摄食对象。

参 考 文 献

- 中华人民共和国国家标准. 海洋调查规范, 第 6 部分: 海洋生物调查. GB/T12763. 6–2007, 2007
- 成庆泰, 郑葆珊. 中国鱼类系统检索. 北京: 科学出版社, 1987
- 卢伙胜, 颜云榕, 侯刚, 等. 2009 年度南海渔业资源调查报告. 湛江: 广东海洋大学, 2010
- 陈新军. 渔业资源与渔场学. 北京: 科学出版社, 2004
- 宋海荣, 俞存根, 薛利建, 等. 东海经济虾蟹类. 北京: 海洋出版社, 2006
- 黄宗国. 中国海洋生物种类及分布. 北京: 海洋出版社, 2008
- 福建水产学校. 渔业资源与渔场. 北京: 农业出版社, 1985
- 詹秉义. 渔业资源评估. 北京: 中国农业出版社, 1995
- 颜云榕, 王田田, 侯刚, 等. 北部湾多齿蛇鲻摄食习性及其随生长发育的变化. 水产学报, 2010a, 34(7): 89–98
- 颜云榕, 杨厚超, 卢伙胜, 等. 北部湾宝刀鱼的摄食生态. 生态学报, 2011, 31(3): 654–665
- 颜云榕, 陈骏岚, 侯刚, 等. 北部湾带鱼的摄食习性. 应用生态学报, 2010b, 21(3): 749–755
- Blaber SJM, Milton DA, Rawlinson NJF. Diets of lagoon fishes of the Solomon Islands: predators of tuna baitfish and trophic effects of baitfishing on the subsistence fishery. *Fish Res*, 1990, 8: 263–286
- Buñag DM. Spawning habits of some Philippine tuna based on diameter measurements of the ovarian ova. *J Philipp Fish*, 1956, 4: 145–177
- Chiou WD, Lee LK. Migration of Kawakawa *Euthynnus affinis* in the waters near Taiwan. *Fish Sci*, 2004a, 70: 746–757
- Chiou WD, Cheng LZ, Chen KW. Reproduction and food habits of kawakawa *Euthynnus affinis* in Taiwan. *J Fish Soc Taiwan*, 2004b, 31: 23–38
- Chen YU, Tsay CT. Food and feeding habits of oceanic bonito, *Euthynnus affinis yaito* (Kishinouye) in eastern waters of Taiwan. *Bull Taiwan Fish Res Inst*, 1986, 42: 51–56
- FAO. FISHSTAT Plus: Universal Software for fishery Statistical Time Series, version 2.3. FAO Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistics Unit, 2003
- Field JG, Clarke KR, Warwick RM. A practical strategy for analysis of multispecies distribution patterns. *Mar Ecol Prog Ser*, 1982, 8: 37–52
- Figueiredo M, Morato T, Barreiros JP, *et al.* Feeding ecology of the white seabream, *Diplodus sargus*, and the ballan wrasse, *Labrus bergylta*, in the Azores. *Fish Res*, 2005, 75(1–3): 107–119
- Hacunda JS. Trophic relationships among demersal fishes in a coastal area of the Gulf of Maine. *Fish Bull*, 1981, 79: 775–788
- Htun-Han M. The reproductive biology of the dab *Limanda limanda* (L.) in the North Sea: Seasonal changes in the ovar. *Jour of Fish Biol*, 1978, 13(3): 351–359
- Hyslop EJ. Stomach contents analysis—a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, 1980, 17: 411–429
- Johnson MG, Tamatamah AR. Length frequency distribution, mortality rate and reproductive biology of kawakawa (*Euthynnus affinis*-Cantor, 1894) in the coastal waters of Tanzania. *Pakistan Jour Biol Sci*, 2013, 16(21): 1270–1278
- Koen AM, Alberto CE, Anbal GN, *et al.* Fishery and ontogenetic driven changes in the diet of the spiny dogfish, *Squalus acanthias*, in Patagonian Waters, Argentina. *Env Biol Fish*, 2002, 63(2): 193–202
- Korsmeyer KE, Dewar H. Tuna metabolism and energetics. In *Tuna Physiology, Ecology and Evolution*, pp. 35–78. Ed by

- Block BA, and Stevens ED. Academic Press, San Diego. 2001
- Muthiah C. Maturation and spawning of *Euthynnus affinis*, *Auxis thazard* and *Auxis rochei* in the Mangalore Inshore Area during 1979–82. Central Mar Fish Res Ins, 1985, 36: 71–85
- Ommanne FD. The pelagic fishes. Note on tow nettings: Part II: Distribution of macroplankton, fish eggs and young fish. In Report on the Mauritius-Seychelles Fisheries Survey 1948–49. G B Colon Off Fish Publ, 1953, 1(3): 58–104
- Pielou EC. An Introduction to Mathematical Ecology. New York: Wiley-Interscience, 1969, 286
- Pinkas L, Oliphant M S, Iverson L K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. State of California The Resources Agency Department of Fish and Game. Fish Bulletin, 1971, 152: 1–105
- Shane PG, Petra MK, Gary FF, *et al.* Temporal and size-related variation in the diet, consumption rate, and daily ration of mackerel tuna (*Euthynnus affinis*) in neritic waters of eastern Australia. ICES Jour Mar Sci, 2009, 66(4): 720–733
- Takahashi S. Sexual maturity of isaza (*Chaenogobius isaza*) -I. The seasonal changes of growth and sexual maturation. Bull Jpn Soc Sci Fish, 1974, 40: 847–857
- Weitkamp LA, Sturdevant MV. Food habits and marine survival of juvenile Chinook and coho salmon from marine waters of Southeast Alaska. Fish Oceanog, 2008, 17(5): 380–395
- Williamson GR. Little tuna *Euthynnus affinis* in the Hong Kong area. Bull Jpn Soc Sci Fish, 1970, 36(1): 9–18
- Yesaki M. A review of the biology and fisheries for kawakawa (*Euthynnus affinis*) in the Indo-Pacific region. Interactions of Pacific tuna fisheries, vol. 2: papers on biology and fisheries, processing of the first FAO expert consultation on interactions of Pacific tuna fisheries. 1994, 3–11

(编辑 江润林)

Feeding Habits and Ontogenetic Diet Shifts of Mackerel Tuna (*Euthynnus affinis*) in the Beibu Gulf, South China Sea

SU Xin¹, LI Yongdong¹, HE Xiongbo¹, LU Huosheng^{1,2}, YAN Yunrong^{1,2}①

(1. College of Fisheries, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088; 2. Center of South China Sea Fisheries Resources Monitoring and Assessment, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088)

Abstract To study the mackerel tuna (*Euthynnus affinis*) feeding habits and its ontogenetic diet shifts, 435 mackerel tuna were collected for an annual research from September 2008 to September 2009 in the main fishing ports such as Beihai, Basuo, Sanya and Jianghong of the Beibu Gulf, South China Sea. Results showed that the mackerel tuna of the Beibu Gulf was omnivorous and it predated not only the small pelagic fish but also the benthic fish, crustaceans and cephalopods. Pisces were dominant in the diets with the percentage of Index of Relative Importance (IRI%) of 98.57%. Among these, 21 species were identified. As indicated with IRI%, *Bregmaceros rarisquamosus* (45.50%), *Stolephorus zollingeri* (11.81%), *Theyssa setirostris* (5.89%), and *Sardinella aurita* (5.87%) were principal in the food constituent. The main species changed monthly and it was *Sardinella aurita* in January; *Bregmaceros rarisquamosus* in February, March, November, December; Unidentified Pisces from April to July; *Sardinella aurita* in August; *Leignathus riviulatus* in September; *Stolephorus zollingeri* in October. The prey weight and numbers increased when body size of mackerel tuna was less than 340 mm (SL<340 mm), but there were decreased when body size of mackerel tuna was from 341 to 520 (341–520 mm). The spawning periods of the mackerel tuna were spring and summer, mainly from April to August. There were two spawn peaks, June and August, which were recognized by the female gonad somatic index (GSI) that maintained strong feeding intensity during the reproduction periods. Moreover, the peak periods were consistent with the water temperature of pelagic layers provided by France CATSAT fisheries remote sensing system.

Key words Beibu Gulf; *Euthynnus affinis*; Feeding habits; Gonadal development

① Corresponding author: YAN Yunrong, E-mail: yanyr@gdou.edu.cn