

## 北部湾多齿蛇鲻摄食习性及其随生长发育的变化

颜云榕<sup>1,2,3</sup>, 王田田<sup>1</sup>, 侯刚<sup>1,2</sup>, 卢伙胜<sup>1,2\*</sup>, 金显仕<sup>4</sup>

(1. 广东海洋大学水产学院, 广东 湛江 524088;

2. 广东海洋大学南海渔业资源监测与评估中心, 广东 湛江 524088;

3. 中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071;

4. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东 青岛 266071)

**摘要:** 2008年10月至2009年9月,对北部湾多齿蛇鲻逐月采样共749尾(实胃数408个),通过胃含物分析法研究其摄食习性及其随生长发育的变化。结果表明,北部湾多齿蛇鲻捕食种类包括鱼类、头足类以及虾类等饵料生物,其中可鉴定出的鱼类种类有17种。以相对重要性指数百分比为指标,鱼类为最主要饵料(98.8%),其中优势饵料种类有蓝圆鲹(34.9%)、少鳞犀鲹(26.6%)、长颌棱鲷(4.30%)和条鲷(2.5%)。多齿蛇鲻摄食强度、饱满指数和成熟系数的月份差异十分显著,而以 Brillouin 指数表征的各月份营养多样性则无显著差异。一年中呈现3个产卵高峰期(3-4月、6月及11月),产卵期间摄食强度没有降低,仍然强烈索饵。随着体长的增长,北部湾多齿蛇鲻饵料生物个数变化较小,但平均单个饵料生物质量却明显增加。聚类分析表明,北部湾多齿蛇鲻各体长组间食物组成相近,其中136~255 mm 各体长组相似性系数均大于60%。

**关键词:** 多齿蛇鲻; 胃含物分析; 摄食习性; 食性转换; 北部湾

**中图分类号:** Q 958; S 917

**文献标识码:** A

北部湾为天然半封闭海湾,位于南海西北部,是中越两国重要的传统作业渔场。多齿蛇鲻(*Saurida tumbil* Bloch, 1795)是我国南海北部的的主要经济鱼类之一,分布广,渔获量高<sup>[1]</sup>。在2009年南海捕捞产量调查中,蛇鲻属产量为 $5.6 \times 10^4$  t(多齿蛇鲻为最主要物种),居第9位<sup>[2]</sup>。鉴于多齿蛇鲻在渔业资源结构中具有重要地位,有关该鱼种的生物学研究,历来为渔业资源研究学者所关注。

多齿蛇鲻的生物学研究,主要集中在年龄生长<sup>[3-6]</sup>、繁殖特性<sup>[7]</sup>、群体组成<sup>[6]</sup>和资源变动<sup>[8]</sup>,关于其食性方面,南海水产研究所<sup>[1]</sup>在南海北部(海南岛以东)曾有过系统研究,Yamada等<sup>[9]</sup>在东海进行过摄食生态研究,Rao等<sup>[10]</sup>在孟加拉湾做过相应食物组成分析,张其永等<sup>[11]</sup>对闽南-台湾浅滩渔场的多齿蛇鲻与花斑蛇鲻(*S. undosquamis*)和大头狗母鱼(*Trachinocephalus myops*)食

性做过比较研究,张月平等<sup>[12-13]</sup>在南海南沙群岛陆架区海域以及北部湾也曾有多齿蛇鲻食性介绍。然而,北部湾多齿蛇鲻的周年摄食习性及其随生长发育的变化,却未有报道。

本研究通过一周年对北部湾多齿蛇鲻胃含物的定量分析,研究其饵料生物组成、摄食强度及其随生长发育和月份的变化,旨在探讨北部湾海洋生态系统食物网的营养结构和能流途径,丰富南海多齿蛇鲻食性研究资料,为构建该海域海洋食物网模型提供基础数据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 样品采集与分析

2008年10月至2009年9月,逐月在广西北海以及按季节在湛江江洪、海南三亚和八所4个北部湾主要渔港进行一周年随机采样,样品主要为底拖网和流刺网的渔获物,采样渔船作业范围

收稿日期:2010-03-17 修回日期:2010-04-17

资助项目:国家自然科学基金项目(30771653);农业部南海渔业资源调查专项(2008);广东海洋大学校选科研课题(2009-11)

通讯作者:卢伙胜, Tel:0759-2339421, E-mail:luhs@gdou.edu.cn

为北部湾内中方海域及北部湾口海域。

在渔港现场测定其体长、体质量、性腺质量以及纯体质量等生物学数据。纯体质量和饵料质量精确到克,性腺质量精确到 0.1 g,体长精确到 1 mm。性腺成熟度分为 6 期<sup>[14-15]</sup>,本研究同时考虑繁殖后的 VI 转 II 期,以超过 III 期平均体长界定 II 期中的 VI ~ II 期,以进一步分析 II 期与 VI ~ II 摄食强度区别。胃从接近口部的食道处剪断,并速冻在 -20 °C 作分析用。

在实验室内,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<sup>[16-19]</sup>,用传统胃含物分析方法对多齿蛇鲭的食物组成进行研究<sup>[20]</sup>,依据形态特征尽可能精确分到最低的分类阶元,用滤纸吸干表面水后,用精度为 0.001 g 的电子天平(Shimadzu Auy220)分别称重。

## 1.2 数据分析与统计

计算营养多样性指数(trophic diversity index)采用合并样方方法(pooled quadrat method)<sup>[21-24]</sup>,根据随机合并的累计胃样本数量来计算累计营养多样性,评价各个月份的样本数量是否满足计算要求,采用 Brillouin 指数<sup>[25]</sup>评估营养多样性:

$$H_k = \frac{1}{N} \text{Log}_{10} \frac{N!}{N_1! N_2! \cdots N_k!} \quad (1)$$

式中, $N$  指  $k$  种饵料物种的总个数, $N_k$  指第  $k$  种饵料的个体数。每个月  $H_k$  进行随机迭代 1 000 次取平均值取得;同时计算最大营养多样性指数(total trophic diversity)  $H_z$  和处于  $H_z \pm 0.05H_z$  范围内的个数,如果在此范围内每个月个数不少于 2,则可认为各月样本数量满足评估营养多样性的要求<sup>[26]</sup>。

采用出现频率(% $F$ ),物种个数百分比(% $N$ )和饵料质量百分比(% $W$ )等指标,评价各饵料物种的重要性<sup>[27]</sup>;计算营养级( $TLA$ )( $K_n$  为第  $n$  种饵料的营养级, $I_n$  为该饵料在食物中所占的比例,本研究中以 % $IRI$  计算)<sup>[28]</sup>;并用相对重要性指数( $IRI$ )<sup>[29]</sup>和相对重要性指数百分比(% $IRI$ )<sup>[30]</sup>评估饵料物种重要性<sup>[31]</sup>,计算公式如下:

$$TLA = 1 + \sum_{n=1}^s (K_n \times I_n) \quad (2)$$

$$IRI = (\%N + \%W) \times \%F \quad (3)$$

$$\%IRI = (IRI / \sum IRI) \times 100 \quad (4)$$

用饱满指数(repletion index, RI)、空胃

率<sup>[22,32]</sup>和摄食率<sup>[11]</sup>评估多齿蛇鲭每月的摄食强度。用雌性性成熟指数(gonad somatic index, GSI)<sup>[33]</sup>分析多齿蛇鲭繁殖情况,并与饱满指数相对比研究其食性随繁殖阶段的变化,公式如下:

饱满指数(%)

$$RI = \text{饵料质量} / \text{纯体质量} \times 100 \quad (5)$$

雌性性成熟指数(%)

$$GSI = \text{卵巢质量} / \text{纯体质量} \times 100 \quad (6)$$

将多齿蛇鲭体长分为 12 个组,每组样品数量均在聚类分析图中相应体长处标出,聚类分析采用 Primer 5.2 软件<sup>[29]</sup>,分析各体长组多齿蛇鲭平均值的 Bray-Curtis 相似性指数<sup>[34]</sup>,并应用非参数秩检验[Kruskal-Wallis test- $H(df, N)$ ]<sup>[35]</sup>检验每月饱满指数、各体长组的饵料质量和饵料物种丰富度。

## 2 结果

### 2.1 营养多样性曲线

2008 年 10 月至 2009 年 9 月逐月在北部湾主要渔港采样,共取得多齿蛇鲭样品 749 尾(表 1),其中实胃样品 408 尾;样品体长范围 75 ~ 375 mm,各月平均体长 159 ~ 229 mm;除 2009 年 9 月由于胃含物中仅有粗纹鲷与不可辨认鱼类导致营养多样性指数( $H_z$ )为 0 外,各月份的  $H_z$  变化较小[方差  $D(X) = 0.17$ ]。

除 2009 年 9 月外,其余各月样品  $H_z$  落在  $H_z \pm 0.05H_z$  范围内均超过 2 个(表 1),而各条曲线总体趋向于渐近线,说明各月样品数足够用于分析多齿蛇鲭的摄食情况,按月绘制北部湾多齿蛇鲭的营养多样性曲线(trophic diversity curves)(图 1),其中,2008 年 11 月最高(0.67)。

### 2.2 食物组成和营养级

北部湾多齿蛇鲭摄食包括鱼类、甲壳类以及头足类 3 大类,其中可辨别鱼类 17 种(表 2)。从各饵料种类的相对重要性指数百分比来看,该海域多齿蛇鲭主要摄食鱼类,占食物组成 98.77%,其次为甲壳类和头足类,分别占 1.06% 和 0.21%;优势饵料生物为蓝圆鲹(*Decapterus maruadsi*, 34.92%)、少鳞犀鲑(*Bregmaceros rarisquamosus*, 26.57%)和长颌棱鯧(*Thryssa setirostris*, 4.30%)。北部湾多齿蛇鲭既摄食小型中上层鱼类,又摄食底栖鱼类、虾类和头足类,属于广食性动物食性鱼类。根据式(2)估算北部湾多齿蛇鲭的营养级为 4.2。

表 1 北部湾多齿蛇鲻胃含物样品的采样情况  
Tab. 1 Summary of diet samples of *S. tumbil* in the Beibu Gulf

时间 time	体长范围(mm) SL range	平均体长(mm) average SL	总胃数 stomach number	空胃数 empty stomachs	$H_z$ $H_z$	$H_z \pm 0.05H_z$ 样品个数 samples number within $H_z \pm 0.05H_z$
2008-10	162 ~ 348	229 ± 5	84	31	0.42	63
2008-11	105 ~ 287	213 ± 6	60	21	0.67	23
2008-12	104 ~ 326	191 ± 6	60	23	0.32	44
2009-01	135 ~ 285	203 ± 3	51	12	0.46	34
2009-02	140 ~ 184	159 ± 2	39	6	0.36	24
2009-03	153 ~ 326	218 ± 5	51	27	0.55	21
2009-04	126 ~ 375	198 ± 5	107	53	0.34	57
2009-05	75 ~ 206	159 ± 3	52	20	0.43	26
2009-06	145 ~ 239	204 ± 3	50	43	0.26	7
2009-07	166 ~ 304	219 ± 3	48	27	0.44	12
2009-08	124 ~ 278	189 ± 3	97	51	0.59	43
2009-09	133 ~ 226	177 ± 3	50	27	0	-

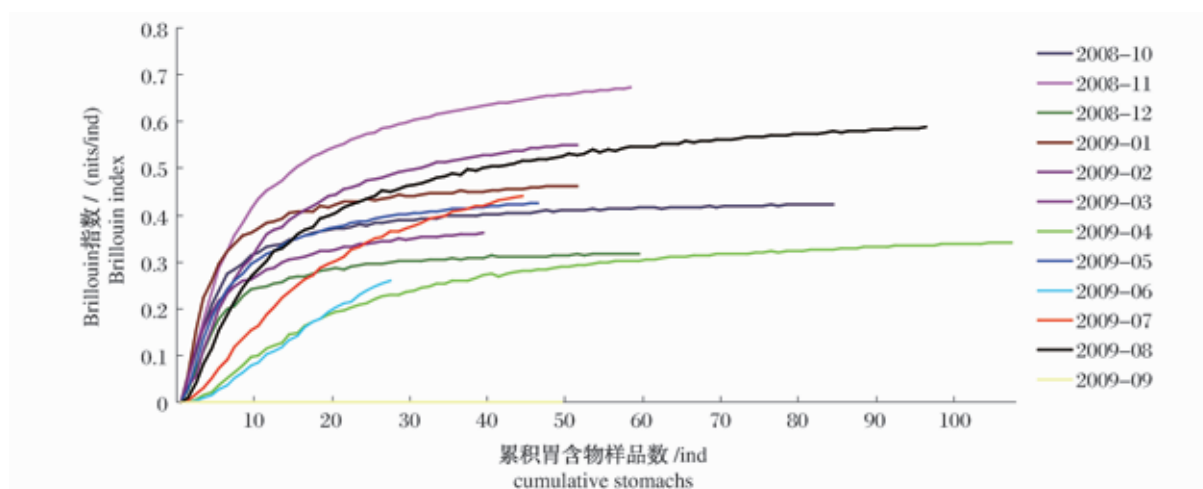


图 1 北部湾多齿蛇鲻 2008 年 10 月至 2009 年 9 月各月份营养多样性曲线图

Fig. 1 Cumulative trophic diversity curves of *S. tumbil* in the Beibu Gulf from October 2008 to September 2009

表 2 北部湾多齿蛇鲻食物组成  
Tab. 2 Diet composition of *S. tumbil* in the Beibu Gulf

饵料种类 prey category	个体数 no.	个体数百分比(%) N	重量百分比(%) W	出现频率 F	频率百分比(%) F	相对重要性 指数 IRI	% IRI
甲壳类 Crustacea							
不可辨认虾类 Unidentified shrimps	36	3.8	1.1	32	6.0	29.80	1.06
鱼类 Pisces							
裘氏小沙丁 <i>Sardinella jussieu</i>	7	0.7	3.9	6	1.1	5.24	0.19
尖吻小公鱼 <i>Stolephorus heteroloba</i>	7	0.7	0.6	6	1.1	1.49	0.05
长颌棱鳀 <i>Thryssa setirostris</i>	153	16.3	2.1	35	6.6	121.35	4.30
多齿蛇鲻 <i>Saurida tumbil</i>	3	0.3	1.4	3	0.6	1.00	0.04
少鳞犀鳕 <i>Bregmaceros rarisquamosus</i>	323	34.3	5.0	101	19.1	750.39	26.57
丽叶鲷 <i>Caranx kalla</i>	2	0.2	0.2	2	0.4	0.16	0.01
蓝圆鲷 <i>Decapterus maruadsi</i>	91	9.7	55.5	80	15.1	986.13	34.92
大甲鲷 <i>Megalapis cordyla</i>	2	0.2	0.2	2	0.4	0.16	0.01
竹筴鱼 <i>Trachurus japonicus</i>	20	2.1	4.5	18	3.4	22.59	0.80
黄斑鲷 <i>Leiognathus bindus</i>	1	0.1	0.2	1	0.2	0.05	+

· 续表 2 ·

饵料种类 prey category	个体数 no.	个体数百分比(%) N	重量百分比(%) W	出现频率 F	频率百分比(%) F	相对重要性 指数 IRI	% IRI
粗纹鲷 <i>Leiognathus lineolatus</i>	49	5.2	1.8	36	6.8	47.77	1.69
条鲷 <i>Leiognathus riviulatus</i>	66	7.0	2.7	39	7.4	71.80	2.54
金线鱼 <i>Nemipterus virgatus</i>	3	0.3	1.0	3	0.6	0.76	0.03
条尾绯鲤 <i>Upeneus bensari</i>	1	0.1	0.7	1	0.2	0.15	0.01
短鳄齿鱼 <i>Champsodon snyderi</i>	17	1.8	1.0	15	2.8	7.82	0.28
带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i>	3	0.3	0.5	3	0.6	0.46	0.02
木叶鲷 <i>Pleuronichthys cornutus</i>	3	0.3	0.2	3	0.6	0.28	0.01
不可辨别鱼类 unidentified Pisces	142	15.1	16.0	131	24.8	770.55	27.29
头足类 cephalopoda							
枪乌贼 <i>Loligo sp.</i>	12	1.3	1.4	12	2.3	6.07	0.21

注: + :所占比例 &lt; 0.01%。

Notes: + means the ratio was &lt; 0.01%.

### 2.3 摄食习性月份变化

北部湾多齿蛇鲷摄食强度月变化明显(图2), 12个月间平均RI差异极显著(Kruskal-Wallis检验  $H_{(11,749)} = 71.0, P < 0.001$ ), 月摄食率与平均RI波动趋势基本一致, 月平均成熟系数(MC)在11月、3-4月及6月出现3个峰值, 并且与平均RI呈现相关性, 反映北部湾多齿蛇鲷在全年中分段产卵。2009年6月摄食率(14.0%)和平均RI(1.52%)均为最低, 2009年2月摄食率最高(84.6%), 而平均RI最高值(13.29%)则出现在2008年11月, 平均MC最高值(5.01)出现在2009年3月。

表3反映每种饵料在每月中IRI百分比, 其

中, 优势饵料生物蓝圆鲷IRI百分比最高, 平均为26.06%, 全年除了2008年12月、2009年2月和9月, 其他月份都有出现; 其次为不能辨别的鱼类为25.01%, 每月均有出现; 再次为少鳞犀鲷22.90%, 一年中有6个月出现; 其他饵料种类%IRI相对较低; 部分饵料生物仅在个别月份出现, 如裘氏小沙丁(*Sardinella jussieu*)、丽叶鲷(*Caranx kalla*)、大甲鲷(*Megalapis cordyla*)、黄斑鲷(*Leiognathus bindus*)、粗纹鲷(*Leiognathus lineolatus*)、条尾绯鲤(*Upeneus bensari*)、带鱼(*Trichiurus lepturus*)和木叶鲷(*Pleuronichthys cornutus*)各仅出现一次; 2009年2月、7月和8月饵料中有多齿蛇鲷幼鱼, 说明北部湾多齿蛇鲷存在同类相食现象。

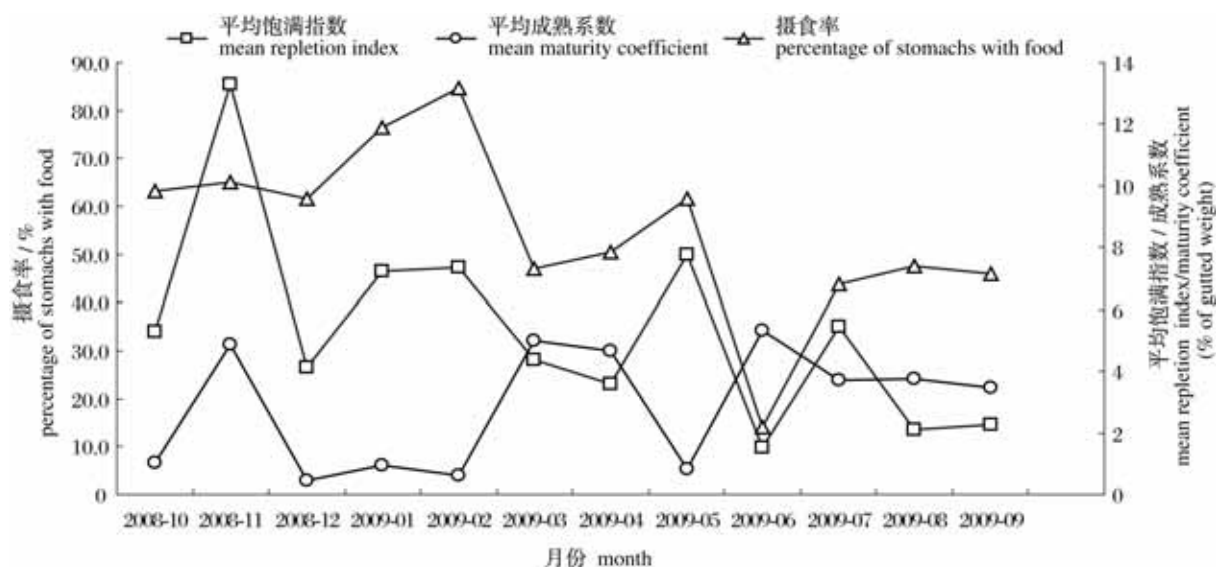


图2 北部湾多齿蛇鲷摄食强度及成熟系数的月变化

Fig. 2 Monthly variation of feeding intensity and maturity coefficient of *S. tumbil* in the Beibu Gulf

表 3 北部湾多齿蛇鲭食物组成 %IRI 月变化表  
 Tab. 3 Monthly variation of %IRI of *S. tumbil* in the Beibu Gulf

	2008-10	2008-11	2008-12	2009-01	2009-02	2009-03	2009-04	2009-05	2009-06	2009-07	2009-08	2009-09
甲壳类 crustacea												
虾类 shrimps	0.05	0.21	2.28	1.08	1.52	4.62		0.07	3.27		2.34	
鱼类 pisces												
裘氏小沙丁鱼 <i>Sardinella jussieu</i>	4.50											
尖吻小公鱼 <i>Stolephorus heteroloba</i>		0.56								0.95	0.48	
长颌棱鯧 <i>Thyssa setirostris</i>	70.12	0.06	0.04									
多齿蛇鲭 <i>Saurida tumbil</i>					0.19					4.54		
少鳞犀鲂 <i>Bregmaceros rarisquamosus</i>		5.47	84.46	61.86	92.51	24.25		6.30				
丽叶鲆 <i>Caranx kalla</i>							0.29					
蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i>	8.81	81.16		21.74		2.82	25.61	82.04	65.46	24.55	0.99	
大甲鲈 <i>Megalapis cordyla</i>		0.07										
竹筴鱼 <i>Trachurus japonicus</i>				0.33	0.12		9.57			25.08		
黄斑鲳 <i>Leiognathus bindus</i>	0.04											
粗纹鲳 <i>Leiognathus lineolatus</i>											75.90	52.33
条鲳 <i>Leiognathus riviulatus</i>	14.44	1.12	0.88	8.60								
金线鱼 <i>Nemipterus virgatus</i>						0.68	0.31					
条尾绯鲤 <i>Upeneus bensari</i>		0.12										
短鳍齿鱼 <i>Champsodon snyderi</i>				0.07	2.13	0.12					9.12	
带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i>					1.55							
角木叶鲷 <i>Pleuronichthys cornutus</i>			0.69									
不可辨别鱼类 unidentified Pisces	1.85	11.01	11.54	6.26	1.99	67.26	64.21	11.59	31.27	44.88	8.22	47.35
头足类 cephalopoda												
枪乌贼 <i>Loligo</i> sp.	0.19	0.22	0.11	0.06		0.25					2.85	0.32

#### 2.4 摄食随个体生长发育的变化

北部湾多齿蛇鲭摄食强度在性腺发育过程中比较稳定,饱满指数 RI 在产卵期(V)间相对较高(5.98%),此时空胃率也达到峰值(61.5%),RI 值在产卵后 VI~II 期达最高(7.61%),而空胃率则随性腺发育逐渐降低,由 IV 期的 55.1% 降至 VI~II 的 21.1% (图 3),各阶段的样品数量已统计并标注在对应成熟期后。

北部湾多齿蛇鲭 12 个体长组间摄食饵料质量差异极显著 (Kruskal-Wallis 检验  $H_{(11,749)} =$

84.5,  $P < 0.001$ ),摄食的饵料个数则无显著差异 (Kruskal-Wallis 检验  $H_{(11,749)} = 11.9, P > 0.05$ )。多齿蛇鲭摄食饵料质量随体长组变化明显,随着体长增大,摄食饵料平均质量逐渐增加(图 4)。

基于不同体长组食物组成中饵料各种类 %IRI 的聚类分析(图 5)表明,北部湾多齿蛇鲭各体长组间食物组成相近,若以相似性系数 60% 为标准,可分为 5 组:124~135、136~255、256~270、271~285 和 286~375。

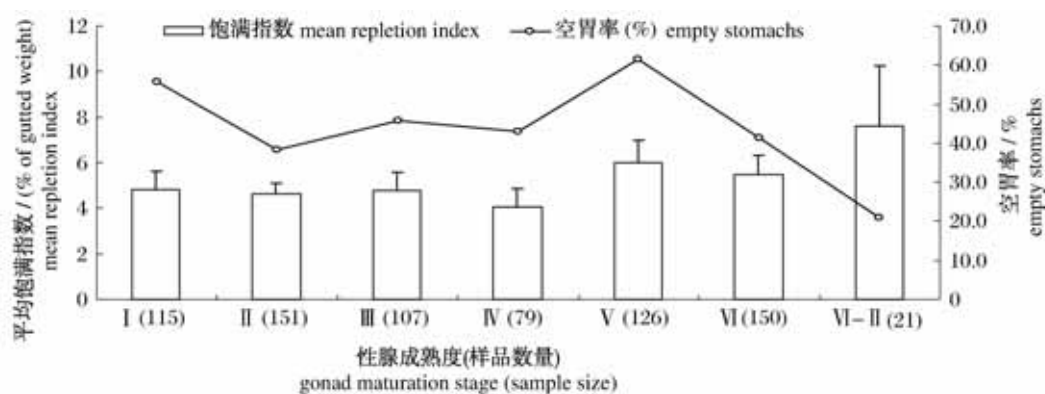


图3 北部湾多齿蛇鲻摄食强度随性腺成熟度的变化

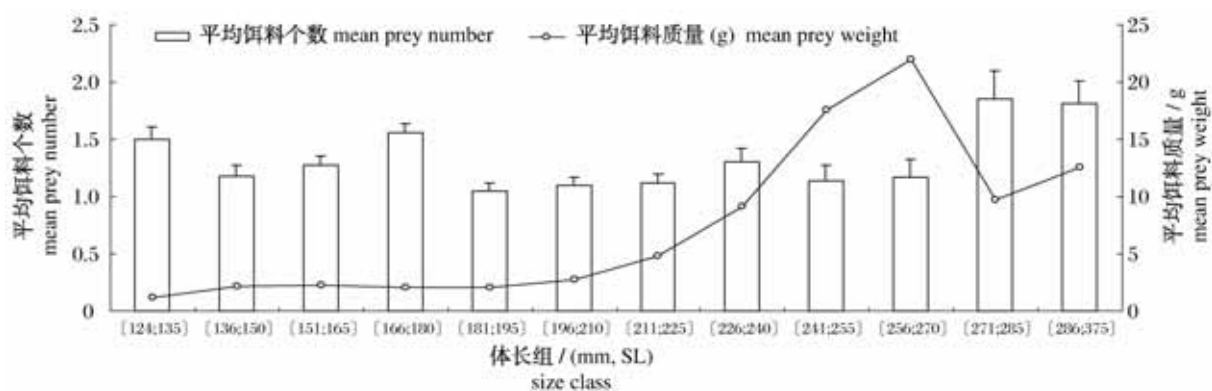
Fig. 3 Comparative repletion index and percentage of empty stomachs of *S. tumbil* at different maturation stages

图4 北部湾多齿蛇鲻摄食饵料个数及质量随生长发育的变化

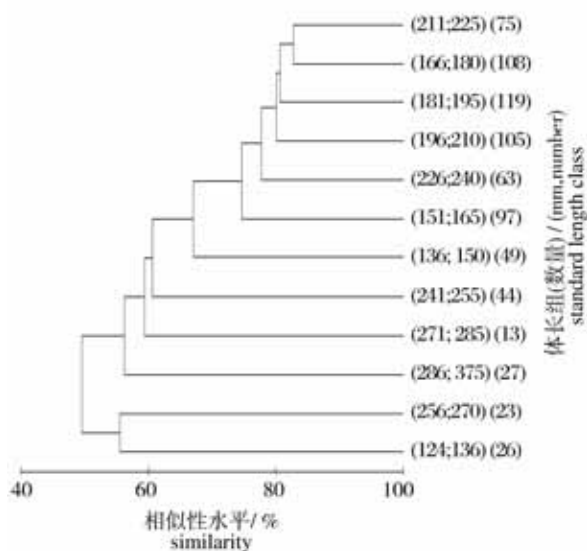
Fig. 4 Comparative mean prey numbers and prey weight of *S. tumbil* of different standard length groups

图5 基于相对重要性指数对北部湾多齿蛇鲻不同体长组食物组成的聚类分析图

Fig. 5 Dendrogram based on the %IRI values of *S. tumbil* diet indicating classification by standard length into main groups

### 3 讨论

#### 3.1 多齿蛇鲻的摄食习性

多齿蛇鲻为热带、亚热带底层鱼类,在北部湾海域既摄食少鳞犀鲂和短鳄齿鱼 (*Champsodon snyderi*) 等小型底层鱼类及虾类,也主要摄食蓝圆鲈和长颌棱鲷等小型中上层鱼类,反映该鱼种游泳能力较强,在各水层中广泛摄食。本研究表明,北部湾多齿蛇鲻以游泳鱼类 (% IRI = 98.8%) 为主要饵料生物,并具有同种相残的摄食习性,与南海北部(海南岛以东)<sup>[1]</sup>及闽南-台湾浅滩渔场<sup>[11]</sup>研究结果一致。

与闽南-台湾浅滩、南海北部及北部湾海域之前研究相比(表4),排除体长组的差异,本研究北部湾多齿蛇鲻食物组成内小型、低营养层次鱼类占据绝大多数和更大比例,考虑到北部湾内较高的海洋捕捞强度,在一定程度上反映了 Pauly 等<sup>[36]</sup>提出的“捕捞导致海洋食物网营养级下降”。

由于缺少北部湾少鳞犀鲂、长颌棱鲷、条鲷等

鱼类营养级数据,因此只能根据科属及食性相近的鱼类粗略估算多齿蛇鲭的营养级,万祎等<sup>[37]</sup>研究表明应用稳定氮和碳同位素能够准确构建海洋食物网主要物种的营养层次,因此,下一步的北部

湾多齿蛇鲭食性研究工作可采集其主要饵料生物并做碳氮稳定同位素测定,以准确计算该鱼种的营养级并可评估其变化。

表 4 中国各海域多齿蛇鲭摄食习性对比  
Tab. 4 Diet comparison of *Saurida tumbil* in different Chinese sea areas

	样品尾数/实胃数 samples number/ stomachs with contents	样品体长范围(mm) standard length range	主要摄食种类 main diet species	营养级 trophic level
闽南-台湾浅滩 <sup>[11]</sup> Minnan-Taiwan shoals	537/-	215~400(叉长)	金色小沙丁鱼 <sup>①</sup> 、小公鱼 <sup>②</sup> 、多齿蛇鲭 <sup>③</sup> 、剑尖枪乌贼 <sup>④</sup> 、戴氏赤虾 <sup>⑤</sup> 等	4.4*
南海北部 <sup>[1]</sup> Northern South China Sea	1 863/947	112~515	蓝圆鲹 <sup>⑥</sup> 、细纹鲷 <sup>⑦</sup> 、深水金线鱼 <sup>⑧</sup> 、中线天竺鲷 <sup>⑨</sup> 、鳄齿鱼 <sup>⑩</sup> 、枪乌贼 <sup>⑪</sup> 、细螯虾 <sup>⑫</sup> 等	-
南沙群岛西南海域 Southwestern Nansha Islands sea areas <sup>[12]</sup>	71/-	80~269(叉长)	粗纹鲷 <sup>⑬</sup> 、银腰犀鲂 <sup>⑭</sup> 、细螯虾 <sup>⑫</sup> 、磷虾 <sup>⑮</sup>	4.4*
北部湾 <sup>[13]</sup> Beibu Gulf	168/-	210~339	多齿蛇鲭 <sup>③</sup> 、二长棘鲷 <sup>⑯</sup> 、斑鲆 <sup>⑰</sup> 、烟管鱼 <sup>⑱</sup> 、粗纹鲷 <sup>⑬</sup> 等	4.8*
北部湾 Beibu Gulf	749/408	75~375	蓝圆鲹 <sup>⑥</sup> 、少鳞犀鲂 <sup>⑱</sup> 、长颌棱鯧 <sup>⑲</sup> 、条鲷 <sup>⑲</sup> 、粗纹鲷 <sup>⑬</sup> 、竹筴鱼 <sup>⑳</sup> 等	4.2

注: - :在文献中未注明该部分内容 Absent in the reference; \* :该营养级数值为原值加 1 后的校正值 Original value adjusted by adding one.

Notes: ① *Sardinella aurita*; ② *Stolephorus* sp.; ③ *Saurida tumbil*; ④ *Loligo edulis*; ⑤ *Metapenaeopsis dalei*; ⑥ *Decapterus maruadsi*; ⑦ *Leiognathus berbis*; ⑧ *Nemipterus bathybius*; ⑨ *Apogon kiensis*; ⑩ *Champsodon snyderi*; ⑪ *Loligo* sp.; ⑫ *Leptochela gracilis*; ⑬ *Leiognathus lineolatus*; ⑭ *Bregmaceros nectabanus*; ⑮ *Euphausia* sp.; ⑯ *Parargyrops edita*; ⑰ *Pseudorhombus* sp.; ⑱ *Fistularia* sp.; ⑲ *B. Rarisquamus*; ⑳ *Thryssa setirostris*; ㉑ *Leiognathus rivulatus*; ㉒ *Trachurus japonicus*.

### 3.2 多齿蛇鲭摄食习性的月份变化

采用合并样方方法计算营养多样性指数,并根据  $H_2 \pm 0.05H_2$  范围内的个数判断营养多样性曲线的渐近程度,从而评估研究期限内胃样品个数是否足够,在国外鱼类食性研究文献<sup>[21-22,26]</sup>中已有采用,而在国内则尚未见报道。由于各月份 Brillouin 指数是 1000 次迭代后取平均值而得,工作量庞大,本研究通过计算机编程进行计算,如需简化,也可用 Shannon-Weiner 指数 (Shannon-Weiner index)<sup>[36]</sup> 计算营养多样性指数<sup>[22]</sup>。表 1 中,北部湾多齿蛇鲭各月份营养多样性指数  $H_2$  除 2009 年 9 月外波动不大,说明该海域饵料生物基础较为稳定,而 2009 年 9 月饵料中仅出现粗纹鲷和不可辨认鱼类,该月份  $H_2$  为 0,分析其原因可能是为单次采样且此多齿蛇鲭样品集中摄食单一粗纹鲷种群所造成。

北部湾多齿蛇鲭全年摄食,摄食强度月份间波动明显,月摄食率变化范围为 14.00%~84.62%,周年平均摄食率为 55.09%;而月平均饱满指数变化范围为 1.52%~13.29%,周年平均饱满指数为

5.36%,此波动与闽南-台湾浅滩多齿蛇鲭<sup>[9]</sup>情况相似。本研究中 2009 年 6 月平均饱满指数和摄食率最低,分析其原因主要是南海在此阶段除钓具及单片刺网外禁止作业,该月份样品全部来自海南八所的单片刺网。由于刺网作业时间较长,罹网鱼类胃含物会有部分消化,或由于在网中剧烈挣扎以及短时间从海底被提升至表层出现“吐胃”现象,对食性研究产生一定的影响<sup>[39]</sup>。

因此,在进一步的研究工作中,渔港取样时应考虑多次采样以减少单一群体的偶然性误差,在此基础上,南海休渔期间应考虑对刺网较短作业时间内的渔获物进行海上取样并分析该种作业方式对底栖鱼类食性研究的误差,在非休渔期间时可考虑跟随拖网渔船出海进行现场采样,扩大样品体长范围,对胃含物及时进行冷冻或 5% 甲醛浸泡处理。

### 3.3 多齿蛇鲭摄食与个体发育的关系

北部湾多齿蛇鲭一年中呈现 3 个产卵高峰期 (3-4 月、6 月及 11 月),产卵期间摄食强度没有降低,仍然强烈索饵,其 V 期的饱满指数相对较

高,与南海北部(海南岛以东)<sup>[1]</sup>及闽南-台湾浅滩渔场<sup>[11]</sup>研究结果相似;但该期的空胃率也达最高值,估计是由于多齿蛇鲭产卵期间直到之前的食物消化完成或接近完成后才开始重新捕食的策略有关,在柠檬鲨(*Negaprion brevirostris*)等凶猛性捕食鱼类中有类似报道<sup>[40]</sup>。以往的多数研究中按鱼类食性随性腺发育的变化将其划分 I 至 IV 期<sup>[39,41]</sup>,本研究中单独分出 VI~II 期以与 II 期作区分,结果表明,多齿蛇鲭在 VI~II 期时平均饱满指数和摄食率均为最高,推断原因是产卵繁殖后补充能量从而加强摄食所导致。

随着体长的增长,北部湾多齿蛇鲭饵料生物个数变化较小,但平均单个饵料生物质量却明显增加,尤其在[241:255]、[256:270]两个体长组间最为显著。伴随生长发育,多齿蛇鲭口裂比增加,颌牙等摄食器官和胃盲囊、胃纵褶等消化器官都在不断增强与其肉食性的适应性,游泳能力也不断提高,增强对较大个体饵料生物的捕食能力,本结果与闽南-台湾浅滩渔场<sup>[9]</sup>及南沙群岛西南陆架海域<sup>[12]</sup>研究一致。

北部湾多齿蛇鲭食物种类较少,除蓝圆鲹、少鳞犀鳕出现频繁外,其它种类波动较大,其中裘氏小沙丁鱼、带鱼等 8 种饵料鱼类仅在单月份偶然出现,说明多齿蛇鲭摄食具有一定的随机选择性。各体长组食物组成的聚类分析表明,不同体长组间食物相似性系数较高;135 mm 以下体长组以少鳞犀鳕和粗纹鲷为主要食物,与其它体长组差异较大,而 136~255 mm 体长组的相似性系数大于 60%。在本研究中,由于多齿蛇鲭胃内含物中的虾类、头足类及部分鱼类消化后仅余残体,不能鉴定到种,影响对各体长组食性的准确分析,所收集的样品中无 75 mm 以下及 375 mm 以上体长的个体,尚有待在今后的工作中进一步补充。

广东海洋大学海洋渔业科学与技术专业本科生殷其群、陈骏岚、杨厚超、李永东、张武科等同学参加了渔港采样和生物学测定的部分工作,本论文初稿的英文摘要及图表英文标注得到广东海洋大学加拿大外教 Barbara Kieser 女士的指导,在此一并致谢。

#### 参考文献:

[1] 南海水产研究所. 南海北部底拖网鱼类资源调查报告(海南岛以东)[R]. 第四册. 广州:南海水产

研究所,1966.

- [2] 卢伙胜,颜云榕,侯刚,等. 2009 年度南海渔业资源调查报告[R]. 湛江:广东海洋大学,2010.
- [3] 张其永,徐旭才. 闽南-台湾浅滩渔场多齿蛇鲭种群年龄和生长特性[J]. 台湾海峡,1988(3): 256-263.
- [4] 徐旭才,张其永. 多齿蛇鲭鳞片年轮形成的研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版),1989,28(2): 208-210.
- [5] 舒黎明,邱永松. 南海北部多齿蛇鲭生物学分析[J]. 中国水产科学,2004,11(2):154-158.
- [6] 刘金殿,卢伙胜,朱立新,等. 北部湾多齿蛇鲭雌雄群体组成、生长、死亡特征的差异[J]. 海洋渔业,2009,31(3):243-253.
- [7] Bakash A A. Reproductive biology of lizard fish, *Saurida tumbu* (Forsk.) in the jizan region of the Red Sea[J]. Marine Sciences,1996,7:169-178.
- [8] 黄梓荣,陈作志. 南沙群岛西南陆架区多齿蛇鲭的资源变动[J]. 海洋湖沼通报,2005(3):50-56.
- [9] Yamada U, Tagawa M, Mako H. On the feeding activity of the lizard-fish, *Saurida tumbil* (BLOCH), in the East China Sea[J]. Bulletin of the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, 1966, 34: 11-25.
- [10] Rao K V S. Food and feeding of lizardfishes (*Saurida* spp.) from northwestern part of Bay of Bengal[J]. Indian Journal of Fisheries,1981,28(1 & 2):47-64.
- [11] 张其永,杨甘霖. 闽南-台湾浅滩渔场狗母鱼类食性的研究[J]. 水产学报,1986,10(2):213-222.
- [12] 张月平,章淑珍. 南沙群岛西南陆架海域主要底层经济鱼类的食性[J]. 中国水产科学,1999,6(2): 57-60.
- [13] 张月平. 南海北部湾主要鱼类食物网[J]. 中国水产科学,2005,12(5):621-631.
- [14] 陈大刚. 渔业资源生物学[M]. 北京:农业出版社,1997.
- [15] Davis T. Seasonal changes in gonad maturity, and abundance of larvae and early juveniles of barramundi, *Lates calcarifer* (Bloch), in Van Diemen Gulf and the Gulf of Carpentaria[J]. Marine and Freshwater Research,1985,36(2):177-190.
- [16] 上海水产学院,中国科学院动物研究所,中国科学院海洋研究所. 南海鱼类志[M]. 北京:科学出版社,1962.
- [17] 成庆泰,郑葆珊. 中国鱼类系统检索[M]. 北京:科学出版社,1987.
- [18] 宋海棠,俞存根,薛利建,等. 东海经济虾蟹类



- [M]. 北京:海洋出版社,2006.
- [19] 黄宗国. 中国海洋生物种类及分布[M]. 北京:海洋出版社,2008.
- [20] 邓景耀,杨纪明. 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.
- [21] Adams C F, Pinchuk A I, Coyle K O. Seasonal changes in the diet composition and prey selection of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the northern Gulf of Alaska [J]. Fisheries Research, 2007,84(3):378-389.
- [22] Figueiredo M, Morato T, Barreiros J P, et al. Feeding ecology of the white seabream, *Diplodus sargus*, and the ballan wrasse, *Labrus bergylta*, in the Azores [J]. Fisheries Research, 2005,75(1-3):107-119.
- [23] Hurtubia J. Trophic diversity measurement in sympatric predatory species [J]. Ecology, 1973, 54(4):885-890.
- [24] Pielou E C. The measurement of diversity in different types of biological collections [J]. Journal of Theoretical Biology, 1966, 13:131-144.
- [25] Pielou E C. An introduction to mathematical ecology [M]. New York: Wiley-Interscience, 1969.
- [26] Koen Alonso M, Alberto Crespo E, Anbal Garca N, et al. Fishery and ontogenetic driven changes in the Diet of the spiny dogfish, *Squalus acanthias*, in Patagonian waters, Argentina [J]. Environmental Biology of Fishes, 2002, 63(2):193-202.
- [27] Hyslop E J. Stomach contents analysis—a review of methods and their application [J]. Journal of Fish Biology, 1980, 17:411-429.
- [28] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京:农业出版社,1995.
- [29] Field J G, Clarke K R, Warwick R M. A practical strategy for analysis of multispecies distribution patterns [J]. Marine Ecology Progress Series, 1982, 8(37-52).
- [30] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson L K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters [J]. State of California The Resources Agency Department of Fish and Game: Fish Bulletin, 1971, 152:1-105.
- [31] Hacunda J S. Trophic relationships among demersal fishes in a coastal area of the gulf of Maine [J]. Fisheries Bulletin, 1981, 79:775-788.
- [32] Morato T, Santos R S, Andrade J P. Feeding habits, seasonal and ontogenetic diet shift of blacktail comber, *Serranus atricauda* (Pisces: Serranidae), from the Azores, north-eastern Atlantic [J]. Fisheries Research, 2000, 49(1):51-59.
- [33] Htun-Han M. The reproductive biology of the dab *Limanda limanda* (L.) in the North Sea: Seasonal changes in the ovary [J]. Journal of Fish Biology, 1978, 13(3):351-359.
- [34] Clarke K R, Gorley R N. PRIMER 5 for Windows, version 5. 2. 9 [M]. Plymouth, UK: PRIMER-E, Ltd., 2002.
- [35] 范金城,梅长林. 数据分析[M]. 北京:科学出版社,2002.
- [36] Pauly D, Christensen V, Dalsgaard J, et al. Fishing down marine food webs [J]. Science, 1998, 279(5352):860-863.
- [37] 万祎,胡建英,安立会,等. 利用稳定氮和碳同位素分析渤海湾食物网主要生物种的营养层次[J]. 科学通报,2005,50(7):708-712.
- [38] Magurran A E. Ecological diversity and its measurements [M]. Princeton: Princeton University Press, 1998.
- [39] 颜云榕,陈骏岚,侯刚,等. 北部湾带鱼的摄食习性[J]. 应用生态学报,2010,21(3):749-755.
- [40] Corté E, Gruber S H. Diet, feeding habits and estimates of daily ration of young lemon sharks, *Negaprion brevirostris* (Poey) [J]. Copeia, 1990: 204-218.
- [41] Liu Y, Cheng J, Chen Y. A spatial analysis of trophic composition: a case study of hairtail (*Trichiurus japonicus*) in the East China Sea [J]. Hydrobiologia, 2009, 632(1):79-90.

## Feeding habits and monthly and ontogenetic diet shifts of the greater lizardfish, *Saurida tumbil* in the Beibu Gulf of the South China Sea

YAN Yun-rong<sup>1,2,3</sup>, WANG Tian-tian<sup>1</sup>, HOU Gang<sup>1,2</sup>,  
LU Huo-sheng<sup>1,2\*</sup>, JIN Xian-shi<sup>4</sup>

(1. College of Fisheries, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China;

2. Center of South China Sea Fisheries Resources Monitoring and Assessment,

Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China;

3. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China;

4. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Qingdao 266071, China)

**Abstract:** To advance the understanding of the diet of the greater lizardfish, *Saurida tumbil* (Bloch, 1795) and its monthly and ontogenetic variations, an annual research was conducted from October 2008 to September 2009. Stomachs of 749 greater lizardfish, ranging in size from 124 mm to 375 mm in standard length (SL), were sampled monthly in the Beibu Gulf of the South China Sea, and analysis of their stomach contents showed *Decapterus maruadsi* to be the primary prey components of the diet, averaging 9.7% by number, 55.5% by weight and 34.9% by percentage of Index of Relative Importance (IRI). Small benthic fish, *Bregmaceros rarisquamosus* and pelagic fish, *Thryssa setirostris* and *Leiognathus riviulatus*, with IRI percentages of 26.6%, 4.3% and 2.5%, respectively were also relatively essential in the diet of this fish, whereas the other species of prey were only present in comparatively lower percentages. The research findings revealed that the mean repletion index and mean maturity coefficient varied considerably by month, while trophic diversity, calculated by Brillouin index  $H_z$ , proved to be relatively consistent throughout the year. Mean repletion index (RI) was highest (RI = 7.61%) at the stage of VI – II indicating that this group of greater lizardfish that reverted from Stage VI to Stage II increased their food input to compensate for energy loss during reproduction. On the other hand, the proportion of empty stomachs reached its peak with 61.5% while mean RI reached the second highest position with 5.98% at Stage V, indicating that during the reproduction periods from March to April, and in June and November, greater lizardfish ceased feeding until digestion of the prior meal was completed or near completion. The 12 SL classes demonstrated significant differences with respect to prey weight but showed relative consistency in prey numbers. The tendency of mean prey weight increased the body size following with the improvement of the feeding organs and swimming ability of greater lizardfish. Using PRIMER 5.2 software, the cluster analysis, based on IRI values for the above SL classes, showed that the feeding habits of greater lizardfish were generally homogeneous among different sizes, particularly among the 136 – 255 mm SL classes, with similarities of more than 60%. In conclusion, the diet of greater lizardfish, *Saurida tumbil* varied significantly by month and ontogenetic development. These findings may assist in the development and improvement of marine ecosystem modeling for the Beibu Gulf, South China Sea.

**Key words:** *Saurida tumbil*; greater lizardfish; stomach content analysis; ontogenetic diet shift; the South China Sea; the Beibu Gulf

**Corresponding author:** LU Huo-sheng. E-mail: luhs@gdou.edu.cn