

中国南海黄鳍金枪鱼(*Thunnus albacares*) 幼鱼形态特征及其与体重的关系*

李炎璐¹ 陈 超^{1①} 于 宏¹ 孙曙光¹ 孟祥君² 孔祥迪^{1,3}

(1. 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 青岛市海水鱼类种子工程与生物技术重点实验室
中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071; 2. 三沙美济渔业开发有限公司 三亚 572000;
3. 上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306)

摘要 为研究出现在中国南海美济礁的黄鳍金枪鱼(*Thunnus albacares*)幼鱼的形态特征及其各性状特性与体重的关系, 对其附近海域捕捞的 52 尾野生黄鳍金枪鱼幼鱼的外部形态特征进行观察分析, 并对其全长、体长、头长、体高、头高、眼径、眼间距、口裂、吻长、尾柄长、尾柄高和体重 12 个可量性状进行测量。通过相关分析、通径分析和决定分析方法, 分析各形态性状对体重的影响程度, 运用多元线性回归分析法建立主要性状对体重的多元回归方程。结果显示, 鱼体呈纺锤形, 粗壮而圆, 向后逐渐细尖, 尾柄细长, 背部较暗, 呈深蓝色, 腹部银白色, 体表具有浅银灰色间隔的纵向条纹, 并有明亮的光泽, 尾鳍末端呈黄褐色; 体长、体高和尾柄高与体重的相关性达到极显著水平($P < 0.01$), 是影响体重的主要性状。体长对体重的通径系数最大(0.479)、决定系数最高(0.229), 体长、体高主要通过直接作用对体重产生影响, 而尾柄高主要通过体高、体长对体重起间接作用; 以体重为因变量(y), 体高(x_1)、体长(x_2)、尾柄高(x_3)为自变量, 得到估算体重的最优多元回归方程为 $y = 30.482 x_1 + 18.328 x_2 + 199.490 x_3 - 500.785$ 。

关键词 黄鳍金枪鱼; 形态性状; 体重; 通径分析; 多元回归方程

中图分类号 S917 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2016)01-0008-07

黄鳍金枪鱼(*Thunnus albacares*), 隶属鲈形目(Perciformes), 鲭亚目(Scombroidei), 鲭科(Scombridae), 金枪鱼属(*Thunnus*)。分布于印度洋、太平洋和大西洋的热带、亚热带以及温带广阔海域, 在我国主要分布于东海和南海海域。黄鳍金枪鱼具有跨洋洄游性, 成群活动的特点, 是以鱼类、头足类、甲壳类等为食的大型肉食性鱼类。是金枪鱼类中较为常见、渔获数量较多的一个种类, 常在深海区域活动并且游动速度快、活动能力强(林德芳等, 2001), 不易受近海环境污染。其鱼肉质鲜美, 口感香滑, 富含蛋白质、多不饱和脂肪酸和多种维生素, 具有较高的营养价值, 是世界上名贵的海洋经济鱼类之一(宋利明等, 2004; 李娟

等, 2008)。黄鳍金枪鱼的产量以捕捞为主, 2003 年黄鳍金枪鱼占全球金枪鱼捕捞量的 62.1%(杨宝瑞, 2007)。目前, 黄鳍金枪鱼被世界自然保护联盟(IUCN)列入“接近受威胁”的类别中, 资源遭受过度开发。据报道, 早在 2008 年, 印度洋、太平洋和大西洋三大洋区的黄鳍金枪鱼资源就处于完全开发状态(黄斌, 2008)。在我国, 东海和南海海域也有金枪鱼资源分布, 许多远洋渔船已经开始了金枪鱼围网渔业, 而我国金枪鱼养殖却处于空白状态(宋利明等, 2004)。

鱼类形态学的性状研究为其生物学分类提供重要依据, 并且与种质、行为和食性等紧密相关(王波等, 2002)。鱼类生长有其特定的生长模式, 研究其生

*国家高科技研究发展计划(863 计划)2012AA10A414 课题资助。李炎璐, E-mail: ysfriiyanlu@126.com

① 通讯作者: 陈 超, 研究员, E-mail: ysfriichenchao@126.com

收稿日期: 2014-12-12, 收修改稿日期: 2015-01-15

长参数和规律, 是对鱼类生长性能进行遗传评估的重要指标(李思发, 1998), 同时也为鱼类养殖提供理论基础。国内外学者对黄鳍金枪鱼的研究多集中在不同海域的资源状况和渔业生物学方面。国外学者对其种群结构(Appleyard *et al.*, 2001; Ward *et al.*, 1997)、分布与海洋环境关系(Brill *et al.*, 1999; Lu *et al.*, 2011)、资源状况(Langley *et al.*, 2009、2011)、生物学特性(Itano, 2000; Lehodey *et al.*, 1999; Sun *et al.*, 2005)等方面进行了研究。宋利明等(2004)对大西洋中部黄鳍金枪鱼的性腺成熟度、摄食等级、摄食种类、性比、叉长与体重关系等生物学特性进行了分析。朱国平等(2006)对印度洋中西部黄鳍金枪鱼不同时期的体长与体重关系、雌雄性比、摄食等级等生物学特性也做了相关研究。由于研究海域及时间不同, 结果也不尽相同。对黄鳍金枪鱼的形态特征和生长参数的研究, 特别对其幼鱼的生物学指标和特性的分析研究目前尚未见报道。本研究以中国南海三沙市美济礁海域捕获的野生黄鳍金枪鱼幼鱼作为研究对象, 测量与其外部形态和生长相关的参数, 对其形态特征、生长模式和规律进行分析, 为黄鳍金枪鱼种质资源的保护和利用, 为我国金枪鱼养殖模式和苗种繁育技术研究, 提供理论依据和基础资料。

1 材料与方法

1.1 材料

黄鳍金枪鱼于 2013 年 9 月取自中国南海美济礁海域(9°55'N, 115°32'E)。采用光诱单网捕捞船捕获的黄鳍金枪鱼当龄鱼 52 尾, 体重为 195.12–327.21 g, 体长为 21.0–24.4 cm。

1.2 测量方法

采用 Kerstan(1995)的测量方法, 用游标卡尺和直尺(± 0.1 cm)对全长、体长、头长、体高、头高、眼径、眼间距、口裂、吻长、尾柄长和尾柄高 11 个指标进行测量, 用电子天平(± 0.1 g)称重。记录第 1 背鳍、第 2 背鳍、胸鳍、腹鳍、臀鳍、尾鳍和脊椎骨 7 项数量性状。

1.3 数据分析

用 Excel 2013 和 SPSS 19 软件进行分析, 数据以平均值 $\pm$ 标准差(Mean $\pm$ SD)表示。用标准差/平均值 $\times$ 100%计算变异系数; 体重与各形态参数的关系分别以体重为因变量, 各参数为自变量进行相关分析, 并进行通径分析和多元回归分析。 $P < 0.01$ 为差异极显著, $P < 0.05$ 为差异显著。

计算平均值($\bar{x}$)、标准差(SD)和变异系数(CV), 相关系数(r_{xy}), 通径系数(P_i), 单个自变量决定系数(d_i)和共同决定系数(d_{ij})。计算公式为:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}; \quad SD = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}; \quad CV(\%) = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\%;$$

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n [(x - \bar{x}) \times (y - \bar{y})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2 \times \sum_{i=1}^n (y - \bar{y})^2}}; \quad r_{x,y} = P_i + \sum r_{ij} \times P_j;$$

$$d_i = P_i^2; \quad d_{ij} = 2r_{ij} \times P_i \times P_j$$

式中, x 、 y 为性状测量值, $\bar{x}$ 、 $\bar{y}$ 为性状测量平均值, r_{xy} 为相关系数, n 为测量尾数(王新安等, 2008; 耿绪云等, 2011)。

2 结果

2.1 外部形态特征

本次采集的样本特征: 鱼体呈纺锤形, 体形较长、粗壮而圆, 横断面略呈圆形, 向后逐渐细尖, 尾柄细长, 尾鳍呈叉状(图 1)。头长略大于体高; 眼小, 侧上位, 眼间隔大于眼径; 口大, 口裂向下倾斜。体最高处位于第 1 背鳍基中部, 第 2 背鳍高于第 1 背鳍。第 1 背鳍鳍条数为 14, 第 2 背鳍鳍条数为 14–15, 胸鳍鳍条为 33–34, 腹鳍鳍条为 5, 臀鳍鳍条为 14–15, 尾鳍鳍条为 28–30; 背鳍、臀鳍后方各有一排鳍条数为 8 的小鳍, 每个小鳍上又有 8 根细小分支。背部较暗, 呈深蓝色, 腹部银白色, 体表具有浅银灰色纵向间隔的条纹, 并有彩色明亮的光泽, 尾鳍末端呈白色。椎骨为 37。全长为体长的 1.2 倍, 体长为体高的 3.7 倍, 为头长的 3.5 倍; 头长为吻长的 2.9 倍, 为眼径的

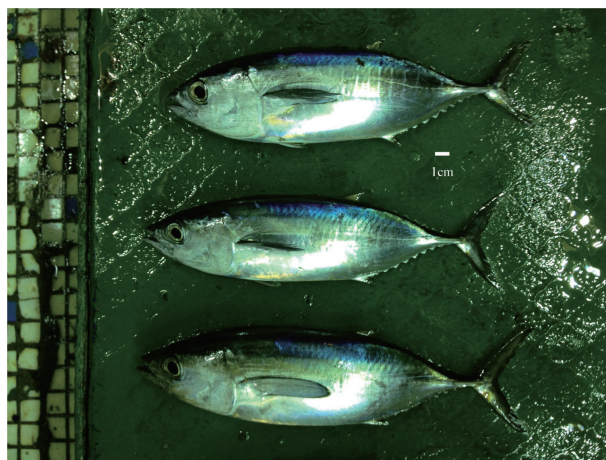


图 1 黄鳍金枪鱼幼鱼的外部形态
Fig.1 Morphology of *T. albacares*

4.3 倍,为眼间距的 2.8 倍;尾柄长为尾柄高的 5.7 倍。可数性状符合黄鳍金枪鱼形态分类特征。

2.2 各性状间的相关分析

形态特征的参数值见表 1。从表 1 可以看出,在黄鳍金枪鱼幼鱼形态性状中体重的变异系数最大,为 14.5%。相关分析结果见表 2。从表 2 可以看出,参数间具有差异极显著($P<0.01$)的性状包括:全长与体长、全长与头长、全长与体高、全长与体重、体长与体重、头长与体重、体高与尾柄长、体高与尾柄高、体高与体重、眼间距与尾柄高、尾柄高与体重;具有差异显著($P<0.05$)的性状有全长与口裂、体长与头长、头长与体高、头长与吻长、体高与头高、体高与口裂、眼径与眼间距、眼径与尾柄高、眼间距与体重、口裂与体重。其余性状间差异不显著($P>0.05$)。

相关关系分析结果显示,与其他参数存在最多相关性是体重、体高,分别与其他 7 项性状存在显著差异($P<0.05$);存在最少相关性的是头高、吻长、尾柄长,分别与其他 1 项性状存在显著差异($P<0.05$)。各形态性状与体重相关系数从大到小依次为体高、全长、尾柄高、头长、体长、口裂和眼间距,各性状与体高的相关系数从大到小依次为体重、尾柄高、尾柄长、全长、头高、头长和口裂。

2.3 各性状对体重影响的通径分析

在相关关系分析的基础上,将外部形态性状对体重的影响进行通径分析,删除通径系数不显著的性状后,有体长、体高、尾柄高 3 个性状的通径系数差异

极显著($P<0.01$),结果见表 3。直接通径系数分别为 0.479、0.469、0.266,体长、体高对体重的直接作用大于间接作用的影响,而尾柄高对体重通过体高、体长间接作用大于其直接作用的影响。

通径分析结果显示,不同性状对体重产生直接作用从大到小依次为体长、体高和尾柄高,对体重产生间接作用从大到小依次为尾柄高、体高和体长。

2.4 各性状对体重的决定系数分析

决定系数包括单个性状和各性状间对体重的共同决定系数,在通径分析的基础上对决定系数进行计算,结果见表 4。从表 4 可以看出,体长、体高、尾柄高单个性状对体重的决定系数分别为 0.229、0.220、0.071,各性状间对体重的决定系数中体高与尾柄高的共同作用最大,为 0.173,体长与尾柄高的共同作用最小,为 0.086。结果显示,对体重起决定性作用的性状为体长和体高,尾柄高主要通过与体高、体长协同起作用。各形态特征对体重的决定系数总和($\sum d$)为 0.932,说明体长、体高、尾柄高是影响体重的主要性状。

2.5 各性状对体重的多元回归方程

综合 2.1–2.4 分析,以体重为因变量(y),体高(x_1)、体长(x_2)和尾柄高(x_3)为自变量,对进行多元回归分析,得到估算体重的最优多元回归方程为:

$$y = 30.482 x_1 + 18.328 x_2 + 199.490 x_3 - 500.785$$

经显著性检验,体高、体长和尾柄高对体重的偏回归系数及回归常数均达到极显著水平($P<0.01$)。

表 1 黄鳍金枪鱼形态特征的统计值
Tab.1 Statistical analysis on the morphological characters of *T. albacares*

性状 Trait	最大值 Max	最小值 Min	平均值 Average	标准差 SD	变异系数 CV(%)
全长 Total length (cm)	28.7	24.4	26.2	1.1	4.2
体长 Body length (cm)	24.4	21.0	22.0	0.9	4.1
头长 Head length (cm)	7.0	5.9	6.6	0.3	4.8
体高 Body height (cm)	7.9	5.5	6.4	0.5	8.3
头高 Head depth (cm)	5.4	3.8	4.5	0.4	8.9
眼径 Eye diameter (cm)	1.5	1.3	1.4	0.1	5.4
眼间距 Interorbital width (cm)	2.4	1.9	2.2	0.1	6.5
口裂 Mouthbreadth (cm)	1.7	1.1	1.5	0.1	9.0
吻长 Snout length (cm)	2.6	2.2	2.3	0.1	5.6
尾柄长 Tail handle Length (cm)	5.7	3.6	4.7	0.5	11.0
尾柄高 Tail handle height (cm)	0.8	0.6	0.7	0.0	6.6
体重 Body weight (g)	327.2	195.1	238.7	34.6	14.5

表 2 黄鳍金枪鱼形态特征的相关系数
Tab.2 The correlation coefficient of morphological characters in *T. albacares*

性状 Trait	全长 Total length (cm)	体长 Body length (cm)	头长 Head length (cm)	体高 Body height (cm)	头高 Head depth (cm)	眼径 Eye diameter (cm)	眼间距 Interorbital width (cm)	口裂 Mouth breadth (cm)	吻长 Snout length (cm)	尾柄长 Tail handle length (cm)	尾柄高 Tail handle height (cm)	体重 Body weight (g)
全长 Total length (cm)	1	0.670**	0.751**	0.655**	0.480	-0.069	0.299	0.537*	0.329	0.444	0.416	0.768**
体长 Body length (cm)		1	0.510*	0.340	0.335	-0.172	0.208	0.354	0.477	-0.182	0.337	0.728**
头长 Head length (cm)			1	0.600*	0.306	-0.049	0.159	0.293	0.498*	0.331	0.496	0.747**
体高 Body height (cm)				1	0.621*	0.369	0.479	0.575*	0.096	0.667**	0.694**	0.816**
头高 Head depth (cm)					1	0.450	0.363	0.106	-0.032	0.474	0.472	0.479
眼径 Eye diameter (cm)						1	0.550*	0.103	-0.296	0.416	0.552*	0.239
眼间距 Interorbital width							1	0.310	0.007	0.226	0.650**	0.542*
口裂 Mouth breadth (cm)								1	0.334	0.279	0.327	0.588*
吻长 Snout length (cm)									1	-0.193	0.209	0.326
尾柄长										1	0.387	0.316
Tail handle length (cm)											1	0.752**
尾柄高												1
Tail handle height (cm)												1
体重 Body weight (g)												1

** 表示差异极显著 ($P < 0.01$), * 表示差异显著 ($P < 0.05$), 下同
** Denoted high significance ($P < 0.01$), and * denoted significance ($P < 0.05$). The same below

表 3 外部形态性状对体重的通径分析
Tab.3 The path coefficients of morphological traits on body weight

性状 Trait (cm)		相关系数 r_{iy} Correlation coefficients	直接通径系数 P_i Direct path coefficients	间接通径系数 Indirect path coefficients		
				Σ	体高 Body height (cm)	体长 Body length (cm)
体高	Body height	0.816**	0.469**	0.348		0.163
体长	Body length	0.728**	0.479**	0.249	0.159	
尾柄高	Tail handle height	0.752**	0.266**	0.487	0.326	0.161

表 4 外部形态性状对体重的决定系数
Tab.4 The determinant coefficients of morphological traits on body weight

性状 Trait (cm)		体高 Body height	体长 Body length	尾柄高 Tail handle height	决定系数总和(Σd)
体高	Body height	0.220	0.153	0.173	
体长	Body length		0.229	0.086	0.932
尾柄高	Tail handle height			0.071	

3 讨论

3.1 影响黄鳍金枪鱼幼鱼体重的主要形态性状分析

本研究测得的黄鳍金枪鱼幼鱼形态性状包括全长、体长、头长、体高、头高、眼径、眼间距、口裂、吻长、尾柄长、尾柄高和体重共 12 项。对其进行相关分析结果显示,存在显著差异的性状对体重的影响大小依次为体高、全长、尾柄高、头长、体长、口裂、眼间距。但由于相关分析不能判断各自变量对因变量所产生影响的大小(Deboski *et al*, 1999; Hame *et al*, 2000), 因此, 在相关分析的基础上, 进行通径分析和决定系数分析。通径分析可反映因变量和各自变量的关系, 同时, 将各自变量的影响效应直接进行比较, 并区分各自变量的直接作用和间接作用, 可以全面反映各自变量对因变量的相对重要性。结果显示, 单个性状和各性状间的共同决定系数之和, 即通径系数为 0.932, 通径分析和决定系数分析结果相一致, $\Sigma d > 0.85$, 表明被保留的体长、体高、尾柄高 3 个性状是影响体重的主要性状, 其他被删除的性状对其影响较小, 保留的 3 个性状中, 体长、体高主要通过直接作用来对体重产生影响, 而尾柄高主要与体高、体长协同对体重起间接作用, 以确保体重在生长中起到最具有实际意义的因素。

唐瞻杨等(2010)研究表明, 影响尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)雌鱼体重的主要性状为体长、体高、体宽和头长, 影响雄鱼体重的主要性状为体高、体长、躯干长和体宽; 影响黄姑鱼(*Nibea albiflora*)

1 龄幼鱼体重的主要形态性状为体长、体高、体厚、尾柄高和眼间距(薛宝贵等, 2011); 对于竹荚鱼(*Trachurus japonicus*)的 1 龄幼鱼和 2 龄成鱼, 头长、头高、尾柄高、体重这 4 个参数均与体长存在显著相关关系(胡晓亮等, 2013)。本研究中影响体重的 3 个主要性状是体长、体高和尾柄高, 与其他研究结果较一致。分析表明, 这些性状是影响鱼类体重的重点性状, 与金枪鱼的体型特征和习性密切相关, 尾柄细长, 尾部呈半月形, 可提供快速游动的动力, 使其能够具备快速向前冲刺的能力。

不同生长阶段和性别影响体重的主要性状各不同。唐瞻杨等(2010)研究表明, 影响尼罗罗非鱼雌鱼和雄鱼体重的主要性状有所不同; 梭鱼(*Liza haematocheila*)在不同年龄组, 影响其体重的重点形态性状明显不同(耿绪云等, 2011); 由于美国红鱼(*Sciaenops ocellatus*)的生长环境、生长阶段等不同, 其生长存在阶段性差异, 同时不同性别的美国红鱼其体长、体重生长也有差异(王波等, 2002)。因黄鳍金枪鱼较为珍贵并且捕捞难度大, 本研究只对黄鳍金枪鱼幼鱼阶段影响体重的主要性状进行分析, 对于这些主要性状是否会随生长时期的变化而有不同的影响效果, 有待进一步研究。

3.2 多元方程的建立

通过测定各形态性状值, 发现体重的变异系数最大, 说明体重受环境影响产生的系统误差较大, 体高、体长、尾柄高的变异系数相对较小, 性状较为稳定。以体重为因变量, 体高、体长、尾柄高为自变量, 进行通径分析和多元分析后建立了估算体重的最优多

元回归方程, 明确了体重与主要形态性状之间的数量关系, 经过回归预测, 实际值与估计值之间差异不显著($P > 0.05$), 表明该方程能够较为真实的反映体重与主要性状间的关系, 能够应用于实际研究工作中。

参考文献

- 王波, 刘世禄, 张锡烈, 等. 美国红鱼形态和生长参数的研究. 海洋水产研究, 2002, 23(1): 47–53
- 王新安, 马爱军, 许可, 等. 大菱鲆幼鱼表型形态性状与体重之间的关系. 动物学报, 2008, 54(3): 540–545
- 朱国平, 陈新军, 许柳雄. 印度洋中西部黄鳍金枪鱼生物学特性的初步研究. 海洋渔业, 2006, 28(1): 25–29
- 宋利明, 陈新军, 许柳雄. 大西洋中部金枪鱼延绳钓渔场黄鳍金枪鱼(*Thunnus albacares*)生物学特性的初步研究. 海洋与湖沼, 2004, 35(6): 538–542
- 李娟, 林德芳, 黄滨, 等. 世界金枪鱼网箱养殖技术现状与展望. 海洋水产研究, 2008, 29(6): 142–147
- 李思发. 中国淡水主要养殖鱼类种质研究. 上海: 上海科学技术出版社, 1998
- 林德芳, 关长涛, 黄文强. 金枪鱼曳绳拟饵研制与海上试验结果. 海洋水产研究, 2001, 22(3): 42–49
- 杨宝瑞. 日本金枪鱼养殖现状. 中国水产, 2007(2): 25
- 胡晓亮, 陈庆余. 竹荚鱼形态特征参数的比较分析. 现代食品科技, 2013, 29(1): 34–41
- 耿绪云, 马维林, 李相普, 等. 梭鱼(*Liza haematocheila*)外部形态性状对体重影响效果分析. 海洋与湖沼, 2011, 42(4): 530–537
- 唐瞻杨, 林勇, 陈忠, 等. 尼罗罗非鱼的形态性状对体重影响效果的分析. 大连海洋大学学报, 2010, 25(5): 428–433
- 黄斌. 世界主要金枪鱼类资源状况与管理. 现代渔业信息, 2008, 23(1): 22–25
- 薛宝贵, 辛俭, 楼宝, 等. 黄姑鱼一龄幼鱼形态性状对体重的影响分析. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2011, 30(6): 492–498
- Appleyard SA, Grewe PM, Innes BH, *et al.* Population structure of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the western Pacific Ocean, inferred from microsatellite loci. Mar Biol, 2001, 139(2): 383–393
- Brill RW, Block BA, Boggs CH, *et al.* Horizontal movements and depth distribution of large adult yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) near the Hawaiian Islands, recorded using ultrasonic telemetry: implications for the physiological ecology of pelagic fishes. Mar Bio, 1999, 133(3): 395–408
- Deboski P, Dobosz S, Robak S, *et al.* Fat level in body of juvenile Atlantic salmon(*Salmo salar* L.), and sea trout (*Salmo trutta* M. *trutta* L.), and method of estimation from morphometric data. Arch Polish Fish, 1999, 7(2): 237–243
- Itano DG. The reproductive biology of yellowfin tuna(*Thunnus albacares*) in Hawaiian waters and the western tropical Pacific Ocean: project summary. Hawaii: University of Hawaii, Joint Institute for Marine and Atmospheric Research, 2000, 1–62
- Harue K, Mutsuyshi T, Katsuya M, *et al.* Estimation of body fat content from standard body length and body weight on cultured Red Sea bream. Fisheries Sci, 2000, 66(2): 365–371
- Kerstan M. Age and growth rates of agulhas bank horse mackerel *Trachurus capensis*-comparison of otolith aging and length frequency analyses. S Afr J Marine Sci, 1995, 15(1): 137–156
- Lu HJ, Lee KT, Lin HL, *et al.* Spatio-temporal distribution of yellowfin tuna *Thunnus albacares* and bigeye tuna *Thunnus obesus* in the Tropical Pacific Ocean in relation to large scale temperature fluctuation during ENSO episodes. Fisheries Sci, 2011, 67(6): 1046–1052
- Langley A, Briand K, Kirby DS, *et al.* Influence of oceanographic variability on recruitment of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the western and central Pacific Ocean. Can J Fish Aquatic Sci, 2009, 66(9): 1462–1477
- Langley A, Hoyle S, Hampton J. Stock assessment of yellowfin tuna in the western and central Pacific Ocean. Pohnpei: Western and Central Pacific Fisheries Commission Scientific Committee, 2011, 1–33
- Lehodey P, Leroy B. Age and growth of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) from the western and central Pacific Ocean as indicated by daily growth increments and tagging data. Noumea: Oceanic Fisheries Programme Secretariat of the Pacific Community, 1999, 2–8
- Sun C, Wang WR, Yeh SZ. Reproductive biology of yellowfin tuna in the Central and Western Pacific Ocean. Noumea: the Scientific Committee of the Western and Central Pacific Fisheries Commission, 2005, 1–7
- Ward RD, Elliott N, Innes B, *et al.* Global population structure of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, inferred from allozyme and mitochondrial DNA variation. Fishery Bulletin, 1997, 95(3): 566–575

Morphological Characteristics and Their Relationships With the Body Weight of Wild Juvenile *Thunnus albacares*

LI Yanlu¹, CHEN Chao^{1①}, YU Hong¹, SUN Shuguang¹, Meng Xiangjun², KONG Xiangdi^{1,3}

(1. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Qingdao Key Laboratory of Marine Fish Breeding and Biotechnology, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071; 2. Sansha Meiji Fishery Development Limited Company, Sanya 572000; 3. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306)

Abstract Yellowfin tuna is a marine fish species with high economic value. In this study we identified the morphological characteristics of yellowfin tuna and investigated the correlation between their morphological traits and body weight. Fifty-two wild larval yellowfin tuna were sampled from Sansha mischief reef in the South China Sea, and twelve external morphological characteristics were measured and analyzed including the total length, body length, head length, body height, head height, eye diameter, interorbital width, mouth breadth, snout length, tail handle length, tail handle height and body weight. The correlation between those traits and the body weight was explored with a variety of methods such as correlation analysis, path analysis and decision analysis methods. We also used multivariate linear regression analysis to establish a multivariate regression equation for the body weight. The typical morphological traits were described below: think spindle body shape with a rounded cross section, tapering ends, slender tail handle, dark blue back, silver abdomen, silver gray stripes on the surface, bright luster, and yellow brown end of the tail fin. There was a significant correlation between the body weight and other traits such as the body length, body height, and the height of the tail handle ($P < 0.01$). The body length had the major direct effect (0.479) and determinacy (0.229) on the body weight. Body length and body height had strong direct effects on the body weight, while the height of the tail handle only had indirect effects. The multiple regression equation for the body weight was $y = 30.482 x_1 + 18.328 x_2 + 199.490 x_3 - 500.785$, where y was body weight, and x_1, x_2, x_3 were body height, body length and tail handle height respectively.

Key words Yellowfin tuna (*Thunnus albacares*); Morphological trait; Body weight; Path analysis; Multiple regression equation

① Corresponding author: CHEN Chao, E-mail: ysfrichenchao@126.com