

文章编号: 1000-0615(2016)08-1265-07

DOI: 10.11964/jfc.20150709969

## 东海区单层流刺网对棘绿鳍鱼的选择性

李灵智<sup>1,2</sup>, 熊 璘<sup>3</sup>, 汤建华<sup>3</sup>, 黄洪亮<sup>1,2\*</sup>, 吴 磊<sup>3</sup>,  
施金金<sup>3</sup>, 高银生<sup>3</sup>, 吴福权<sup>3</sup>

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所,  
农业部东海与远洋渔业资源开发利用重点实验室, 上海 200090;  
2. 中国水产科学研究院海洋捕捞工程技术研究中心, 上海 200090;  
3. 江苏省海洋水产研究所, 江苏南通 226007)

**摘要:** 为了明晰东海区单层流刺网对棘绿鳍鱼的选择性特征, 开展不同网目尺寸(45、50和55 mm)和网片高度(6和10 m)的单层流刺网生产实验。结果显示, 不同实验网渔获物中棘绿鳍鱼体长频率呈单峰分布; 选用Normal、Lognormal和Gamma模型对渔获数据进行拟合, 并使用极大似然法估算模型参数, 似然比卡方检验和赤池信息系数(AIC)比较表明, Lognormal模型拟合效果最佳, 其卡方值为30.65, 明显小于临界值, AIC值为147.78, 模型曲线向右倾斜明显, 峰值左侧选择率递增较快, 右侧下降缓慢, 与原始数据相符; 50 mm网目50%选择性体长为123 mm, 有效捕捞体长范围为123~209 mm; 根据遭遇网具的棘绿鳍鱼资源结构估算结果, 实验海域棘绿鳍鱼体长频率呈正态分布, 优势体长范围为125~185 mm, 与早期研究结果相近; 50 mm网目有效捕捞体长范围与当前资源优势体长范围相近, 可实现捕捞效率的最大化; 总体上两种高度(6和10 m)实验网渔获物中, 棘绿鳍鱼体长频率分布相似, 优势体长范围相近, 上述两种网片高度对棘绿鳍鱼资源的影响差异不显著。上述研究结果可为近海渔业生产和管理提供参考。

**关键词:** 棘绿鳍鱼; 刺网选择性; 网目尺寸; 网片高度; 东海区

**中图分类号:** S 972.11

**文献标志码:** A

棘绿鳍鱼(*Chelidonichthys spinosus*)隶属于鲈形目(Perciformes), 鲂鲷科(Triglidae), 绿鳍鱼属(*Chelidonichthys*), 分布于中国渤海、黄海、东海, 是中国沿海重要的底栖鱼类<sup>[1]</sup>, 也是沿海底层流刺网渔业、底层拖网渔业主要捕捞种类之一, 近海的鱼类资源相关调查表明, 棘绿鳍鱼的资源量近年来呈递增趋势<sup>[2-3]</sup>。虽然经济价值不如小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)等, 但是其营养级与小黄鱼相似, 在沿海生态系统中扮演着重要角色, 既是小型浮游生物的捕食者也是大型鱼类的饵料。棘绿鳍鱼主要摄食小型甲壳类和小型鱼类, 饵料生物组成非常复杂<sup>[4]</sup>。

流刺网是近海的一种传统渔具, 年产量仅

次于拖网, 目标种类包括小黄鱼、蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)等, 棘绿鳍鱼是底层流刺网的主要兼捕种类之一, 研究表明流刺网对于刺入和契入捕获的鱼类具有较好的选择性, 通过合理选择网目尺寸能有效调整目标渔获的规格, 这种方法已被应用于捕捞渔具管理, 如2014年农业部颁布了《关于实施海洋捕捞网具最小网目尺寸制度的通告》, 通过限制最小网目尺寸以降低刺网对渔业资源的负面影响, 选择性捕捞、减少兼捕。目前东海区单层流刺网最小网目尺寸限制为50 mm, 目标种类为小黄鱼等小型鱼类。虽然近年来部分流刺网的网目尺寸

收稿日期: 2015-07-13 修回日期: 2016-03-22

资助项目: 公益性行业(农业)科研专项(201203018)

通信作者: 黄洪亮, E-mail: ecshhl@163.com

选择性研究<sup>[5-7]</sup>有所开展,但是50 mm网目尺寸对主捕种类的选择性特征并未见报道,能否满足渔业资源养护的需要有待研究论证。除了网目尺寸之外,网片高度也是影响渔获组成的重要因素之一,Oh等<sup>[8]</sup>研究了流刺网不同作业水层对小黄鱼渔获组成的影响,表明将生产网放置于距离海底4.6~13.8 m的水层,能有效降低幼鱼和非目标种类的兼捕。网片高度对棘绿鳍鱼捕捞的影响尚无研究。

综上所述,本实验设置两种网片高度(6和10 m),每种高度3种网目尺寸(45、50和55 mm),在东海区开展生产实验,以不同实验网渔获中棘绿鳍鱼体长频率分布数据,探索单层流刺网网目尺寸和网片高度对棘绿鳍鱼的选择性特征,以期为近海渔业管理政策制定提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 数据来源

调查海域为32°02'~33°16'N, 123°25'~123°54'E(图1),调查时间为2011年10月22日—11月5日。调查船为苏如渔02309,主机功率184 kW,总吨位80 t,船舶全长32 m,船型宽6 m。

实验网具为单层流刺网,网具材料为聚乙烯单丝,线径为0.2 mm;所有实验网单片刺网缩结长度均为20 m,高度为6和10 m两种,每种高

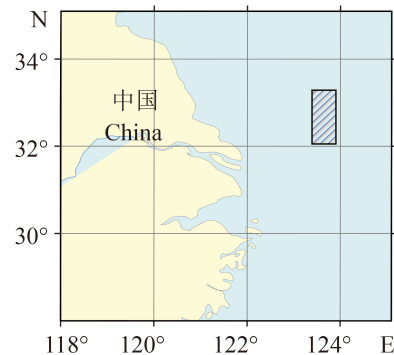


图1 实验海域(阴影部分)

Fig. 1 The survey area of the selectivity experiment(shaded part)

度设置3种网目尺寸(45、50、55 mm);每种实验网15片(其中生产时每种实验网10片,5片备用);两种高度的实验网相邻串联排列,网具作业时间介于2~5 h,不同实验网因放网和起网的顺序原因,存在10 min左右时间差,为了尽量降低时间差的影响,本实验起网时采用先放先起的方法(图2)。

### 1.2 数据采集及预处理

起网后,将所有样品按照实验网的网目尺寸和网片高度分别冷冻保存,带回实验室测量体长、体质量等参数,分析网目尺寸对棘绿鳍鱼的选择性时,网目尺寸相同的实验网渔获数

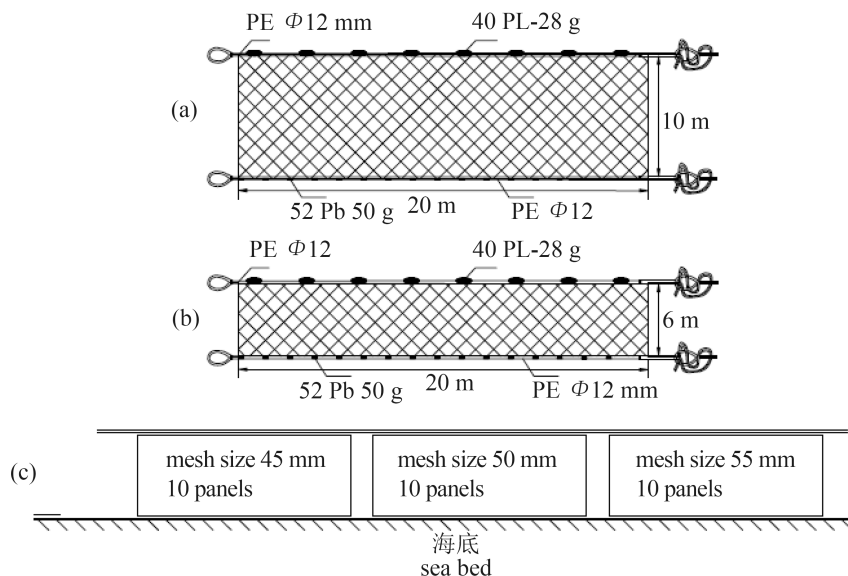


图2 实验网结构和排列方式

(a) 10 m高网片结构; (b) 6 m高网片结构; (c) 不同网目尺寸实验网排列方式

Fig. 2 The configuration and arrangement of the test nets

(a)the structure of 10 m test nets; (b) the structure of 6 m test nets; (c)the arrangement of the test nets with different mesh size

据累加, 根据体长数据以 10 mm 为间隔进行体长频率统计。

### 1.3 选择性模型构建

渔获数量取决于渔具作业范围内的资源总数、渔具的可捕率、选择率、渔获能力以及所投入的捕捞努力量<sup>[9-10]</sup>。不同网目尺寸的实验网同步进行海上实验, 实验船、船员人数等条件相同, 因此假设具有相同的捕捞努力量, 同时忽略网目尺寸改变引起的捕捞能力差异, 则渔获尾数与网具选择性参数的关系可以表示为

$$C_{ij} = qN_jS_{ij} + N \tag{1}$$

式中,  $C_{ij}$ 表示网目为*i*的实验网捕获体长组*j*的渔获尾数,  $q$ 为可捕率, 表示接触渔具的资源量占总资源量的比率,  $N_j$ 为渔具作业范围内的体长组*j*的资源总数,  $S_{ij}$ 为网具选择率,  $N$ 表示随机误差, 随机误差项包括了由于鱼类分布集群性、鱼类对渔具行为差异、渔具性能差异以及取样差异等因素所造成的影响。

不同实验网棘绿鳍鱼体长频率分布呈单峰结构特征, 应用正态钟形曲线(Normal)、对数正态分布曲线(Lognormal)和Gamma曲线对其进行拟合, 应用极大似然法估算模型参数(表1)。

表 1 常用的选择性曲线

Tab. 1 The commonly used selection curve

模型 model	选择性曲线 selection curve	备注 note
正态分布模型 Normal model	$\exp\left(-\frac{\left(\frac{l_j}{m_i} - R_0\right)^2}{2\sigma^2}\right)$	$l_j$ : 第 <i>j</i> 体长组的体长 $l_j$ is the body-length of the <i>j</i> length group $m_i$ : 第 <i>i</i> 种网目的网目尺寸 $m_i$ is the mesh size of the <i>i</i> kind test nets
对数正态分布模型 Lognormal model	$\exp\left\{-\frac{\left[\ln\left(\frac{l_j}{m_i}\right) - \ln(R_0)\right]^2}{2\sigma^2}\right\}$	$R_0$ : 众数相对体长 $R_0$ is the selectivity factor $\sigma$ : 模型标准差 $\sigma$ is the model standard error
伽玛模型 Gamma model	$\left[\frac{l_j}{(\alpha - 1)\beta}\right]^{\alpha - 1} \exp\left(\alpha - 1 - \frac{l_j}{\beta}\right)$	$\alpha, \beta$ : 模型参数 $\alpha, \beta$ is model parameters

通常假设渔获量( $C_{ij}$ )服从参数为 $\lambda=qN_jS_{ij}$ 的泊松分布<sup>[9]</sup>, 则选择率可以表示为

$$P_{ij} = \frac{\lambda^{C_{ij}}}{C_{ij}!} e^{-\lambda} \tag{2}$$

构造对数似然函数:

$$\ln P = \sum_i \sum_j [C_{ij} \ln(\lambda) - \ln C_{ij}! - \lambda] \tag{3}$$

应用规划求解, 当式(3)取最大值时, 模型参数估算结果即是最佳值<sup>[13]</sup>。

应用似然比卡方检验<sup>[5-7]</sup>和赤池信息指数(AIC值)<sup>[9]</sup>进行拟合优度比较, 其统计量如式(4)和式(5)所示:

$$\chi^2 = 2 \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{14} C_{ij} \ln\left(\frac{C_{ij}}{qN_jS_{ij}}\right) \tag{4}$$

$$AIC = -2MLL + 2T \tag{5}$$

式中,  $MLL$ 为对数似然值的最大值,  $T$ 为待估参

数个数。

## 2 结果与分析

### 2.1 体长与体质量

实验网渔获中棘绿鳍鱼优势体长范围为 100~220 mm, 优势体质量范围为 30~170 g; 体长与体质量成幂函数关系, 如式(6)所示, 幂值为 2.98, 体长增长率随个体增大而递减, 体质量增长率逐渐递增, 则其肥满度指数呈递增趋势(图3)。

$$y = 2 \times 10^{-5} x^{2.9812} \quad (R^2 = 0.9653) \tag{6}$$

### 2.2 网片高度对棘绿鳍鱼的影响

不同实验网渔获中, 棘绿鳍鱼体长频率分布呈单峰结构, 峰值左右两侧频率变化趋势存在差异, 右侧递增速率较快, 左侧下降缓慢; 3种网目实验网优势体长组分别为 125~175、135~185

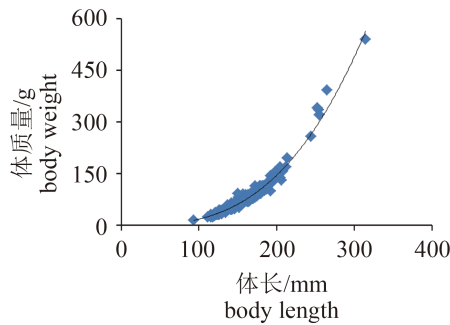


图3 体长与体质量相关关系

Fig. 3 The correlation between body length and weight

和145~195 mm。网目尺寸为45 mm时,两种网高的渔获组成存在一定差异,6 m高的实验网仅捕获1尾棘绿鳍鱼,可能与遭遇资源量有关;50、55 mm网目,两种网高捕捞的棘绿鳍鱼体长频率

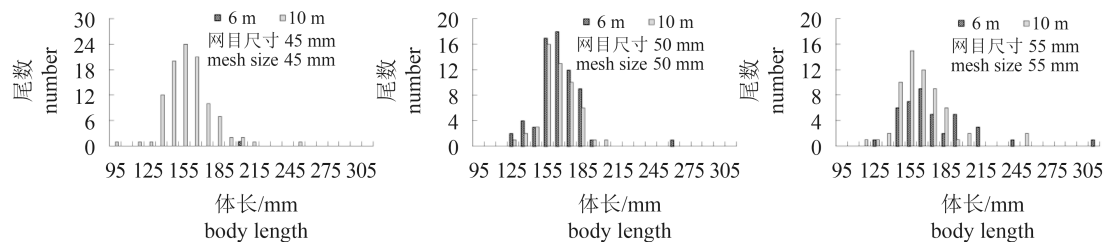


图4 不同实验网渔获物中棘绿鳍鱼体长频数分布

Fig. 4 The body length frequency distribution of *C. spinosus* caught by different test nets

表2 模型参数估计值和拟合优度检验

Tab. 2 The results of the model parameter estimation and test of the goodness of fit

模型 model	$R_0$	$\sigma$	$\alpha$	$\beta$	AIC	$\chi^2$	df
正态分布模型 Normal model	3.28	0.56	-	-	149.21	34.41	22
对数正态分布模型 Lognormal model	3.21	0.05	-	-	147.78	30.65	22
伽玛模型 Gamma model	-	-	20.27	0.164	148.07	33.267	22

尺寸为45、50和55 mm的实验网理论众数体长分别为144.25、160.28和176.30 mm,众数体长左侧选择率下降较快,右侧缓慢,左右两侧偏离众数体长相同距离对应的选择率值右侧大于左侧,与不同实验网渔获物中棘绿鳍鱼体长频率分布特征相似;50 mm网目50%选择性体长为123 mm,有效捕捞范围为123~209 mm(图4,图5)。

#### 2.4 遭遇网具的棘绿鳍鱼资源结构估算

根据最佳选择性曲线估算遭遇实验网的棘

分布相似,差异显著性分析 $t$ 值均 $\leq 0.05$ ,差异不显著(图4)。总体上,相同网目尺寸,10 m高实验网渔获尾数多于6 m高实验网,但是优势体长范围差异不明显。

#### 2.3 网目尺寸选择性分析

不同选择性模型参数估算结果显示,Lognormal模型拟合效果最佳,卡方值为30.65,明显小于临界值和其他两种模型,Gamma模型卡方值稍小于临界值,Normal模型拟合卡方值大于临界值,表明差异显著;不同模型AIC值变化趋势与卡方值相似,Lognormal模型AIC最小,其次为Gamma模型和Normal模型。因此选择Lognormal模型表征单片刺网网目尺寸对棘绿鳍鱼的选择性特征(表2)。

Lognormal选择性曲线向右倾斜明显,网目

绿鳍鱼资源结构,表明实验海域棘绿鳍鱼体长频率呈正态分布,峰值所对应的体长组为155 mm,假设以渔获尾数占总资源量的百分率大于5%为衡量优势体长范围的临界值,则实验海域棘绿鳍鱼资源优势体长范围为125~185 mm,与网目尺寸为50 mm的实验网捕获的优势体长组范围相近(图6)。

### 3 讨论

Baranov几何相似理论认为刺网选择性曲线为对称钟形,选择率呈对称分布,这一原理已被广泛应用于渔具选择性研究,但是该原理亦过于简单<sup>[9-11]</sup>,流刺网选择率被定义为鱼与网具的接触概率和接触后被留存概率的乘积,相同网目尺寸,目标渔获物的鱼体越大,接触网具概率也越大,另外大多数鱼体的体形随着年龄增长逐渐鼓起,体周与体长不成比例<sup>[12]</sup>,选择性曲线应向右倾斜。棘绿鳍鱼肥满度指数随体长

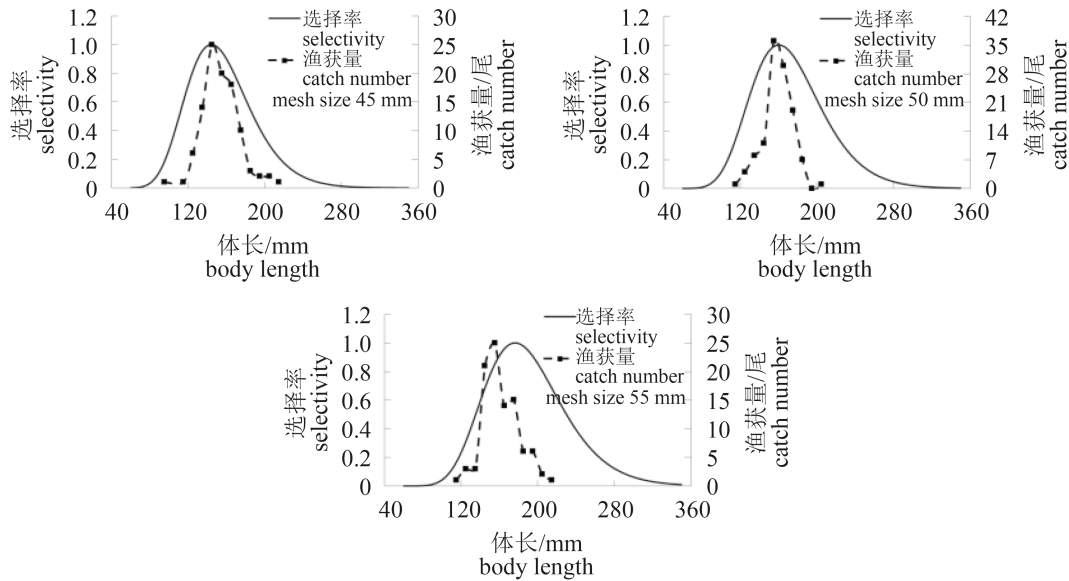


图 5 不同网目尺寸对棘绿鳍鱼的选择性曲线

Fig. 5 The selectivity curve of different mesh sizes to *C. spinosus*

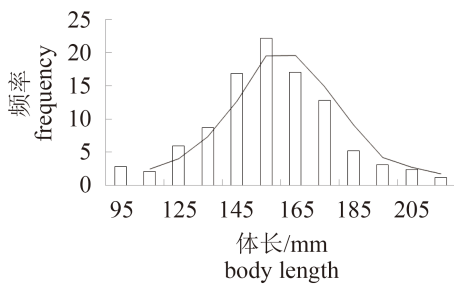


图 6 遭遇网具的棘绿鳍鱼资源结构

Fig. 6 The contact fishery estimation resource of *C. spinosus*

增长递增, 选择性估算结果表明Lognormal模型拟合效果较好, 选择性曲线向右倾斜明显。

由于食性改变等原因, 部分鱼类随着个体增大、年龄增长, 栖息水层逐渐向更深水层转移<sup>[13-15]</sup>, 因此底层流刺网网片高度或者作业水层与渔获组成息息相关。东海区棘绿鳍鱼在成长过程中确实存在食性转移现象<sup>[4]</sup>, 但是成长过程中均是以底层虾类和底层鱼类为主要饵料, 成鱼和幼鱼的分布水层相近, 本研究对两种不同高度实验网进行比较, 表明两种高度实验网对目标渔获的利用能力差异不显著, 渔获体长频率分布相似, 优势体长范围相近。6和10 m高的网片对于棘绿鳍鱼个体大小的选择性影响不大。

流刺网是一种选择性极强的网具, 其有效利用体长范围与网目尺寸关系密切, 渔业中为了追求最高的效益, 通常通过调整网目尺寸,

将有效利用体长范围与资源优势体长范围重合, 根据遭遇网具的资源结构估算和选择性评估, 网目尺寸50 mm与当前资源现状相符, 峰值相近, 优势体长范围重合, 可实现渔业效益最大化。50 mm网目对应的50%选择性体长为123 mm, 由于棘绿鳍鱼尚无幼鱼判断标准, 该网目尺寸对幼鱼资源的影响无法评估。

2000—2009年底拖网调查表明, 东黄海区棘绿鳍鱼优势体长范围为120~200 mm<sup>[3]</sup>, 与本实验的估算结果相近, 但是本实验的估算结果上限小于早期调查, 且优势度更集中, 主要集中于最适捕捞体长组附近, 这可能与调查网具的选择性差异相关, 拖网是捕大放小, 而刺网则更擅长捕捞有效捕捞范围内的目标渔获物。

综上所述, Lognormal模型能较好地表述单层刺网网目尺寸对棘绿鳍鱼的选择性; 50 mm网目50%选择性体长为123 mm, 有效捕捞范围为123~209 mm; 与当前资源优势体长范围相近, 可实现捕捞效率的最大化, 但是由于棘绿鳍鱼尚无幼鱼判断标准, 该网目尺寸对其幼鱼资源的影响无法评估; 两种高度的实验网(6和10 m)对于棘绿鳍鱼捕捞影响不显著。

参考文献:

[1] 朱元鼎, 张春霖, 成庆泰. 东海鱼类志[M]. 北京: 科学出版社, 1963: 468-470.  
 Zhu Y D, Zhang C L, Cheng Q T. Fishes of East China Sea[M]. Beijing: Science Press, 1963: 468-470 (in

- Chinese).
- [ 2 ] 张迎秋. 长江口近海鱼类群落环境影响分析[D]. 青岛: 中国科学院海洋研究所, 2012: 1-88.
- Zhang Y Q. Environmental impact on the fish assemblage structure in adjacent sea area of the Yangtze River Estuary[D]. Qingdao: Institute of Oceanology of the Chinese Academy of Sciences, 2012: 1-88 (in Chinese).
- [ 3 ] 胡芬, 严利平, 李建生. 东海北部黄海南部小眼绿鳍鱼数量分布及群体组成[C]//中国水产学会. 2010年中国水产学会学术年会摘要集. 西安: 中国水产学会, 2010: 48.
- Hu F, Yan L P, Li J S. Biomass distribution and colony constitutes of red gurnard(*Chelidonichthys spinosus*) in the southern Yellow Sea and northern East China Sea[C]//China Society of Fisheries. China Society of Fishery Annual Academic Conference Proceedings. Xi'an: China Fisheries Society, 2010: 48 (in Chinese).
- [ 4 ] 李振华, 徐开达, 蒋日进, 等. 东海中北部小眼绿鳍鱼的食物组成及摄食习性的体长变化[J]. 中国水产科学, 2011, 18(1): 185-193.
- Li Z H, Xu K D, Jiang R J, *et al.* Diet composition and feeding habits variation with body length of *Chelidonichthys spinosus* in central and northern East China Sea[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2011, 18(1): 185-193 (in Chinese).
- [ 5 ] 尤宗博, 李显森, 赵宪勇, 等. 蓝点马鲛大网目流刺网的选择性研究[J]. 水产学报, 2014, 38(2): 289-296.
- You Z B, Li X S, Zhao X Y, *et al.* The selectivity research of big mesh gillnet for *Scomberomorus niphonius*[J]. Journal of Fisheries of China, 2014, 38(2): 289-296 (in Chinese).
- [ 6 ] 李灵智, 黄洪亮, 王磊, 等. 东黄海区银鲳流刺网网目尺寸选择性研究[J]. 海洋渔业, 2010, 32(1): 89-94.
- Li L Z, Huang H L, Wang L, *et al.* The mesh size selectivity research of silvery pomfret gillnet in Yellow and East China Sea[J]. Marine Fisheries, 2010, 32(1): 89-94 (in Chinese).
- [ 7 ] 张鹏, 杨吝, 张旭丰, 等. 刺网网目尺寸对南海区金线鱼选择性研究[J]. 南方水产, 2005, 1(2): 61-66.
- Zhang P, Yang L, Zhang X F, *et al.* Study on selectivity of different mesh size gillnet for *Nemipterus virgatus* in South China Sea[J]. South China Fisheries Science, 2005, 1(2): 61-66 (in Chinese).
- [ 8 ] Oh T Y, Cho Y B, Seo Y I, *et al.* Fishing characteristics of small yellow croaker drift gill net by net height[J]. Journal Korea Society of Fishery Technology, 2014, 50(3): 368-377.
- [ 9 ] 孙满昌. 渔具渔法选择性[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 109-160.
- Sun M C. Fishing Gear Selectivity[M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2004: 109-160 (in Chinese).
- [10] 张健, 孙满仓. 刺网渔具选择性研究进展[J]. 中国水产科学, 2006, 13(6): 1040-1048.
- Zhang J, Sun M C. Research progress on size selectivity of gillnet[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(6): 1040-1048 (in Chinese).
- [11] Hamley J M, Regier H A, Direct estimates of gillnet selectivity to walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*)[J]. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 1973, 30(6): 817-830.
- [12] Ishida T. The salmon gillnet mesh selectivity curve[J]. International North Pacific Fishery Commission Bulletin, 1969, 26: 1-11.
- [13] Álvarez-Colombo G L, Dato C V, Machinandiarena L, *et al.* Daylight vertical segregation of young-of-the-year Argentine hake *Merluccius hubbsi*: advances in assessment of juvenile abundance with acoustic methods[J]. Fisheries Research, 2014, 160: 85-95.
- [14] Haedrich R L, Rowe G T. Megafaunal biomass in the deep sea[J]. Nature, 1977, 269(5624): 141-142.
- [15] Nakamura T, Hamano A. Seasonal differences in the vertical distribution pattern of Japanese jack mackerel, *Trachurus japonicus*: Changes according to age?[J]. ICES Journal of Marine Science, 2009, 66(6): 1289-1295.

## The mesh size selectivity of gillnets to *Chelidonichthys spinosus* in the East China Sea

LI Lingzhi<sup>1,2</sup>, XIONG Ying<sup>3</sup>, TANG Jianhua<sup>3</sup>, HUANG Hongliang<sup>1,2\*</sup>,  
WU Lei<sup>3</sup>, SHI Jinjin<sup>3</sup>, GAO Yinsheng<sup>3</sup>, WU Fuquan<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory of East China Sea and Oceanic Fishery Resources Exploitation, Ministry of Agriculture,  
East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;

2. Engineering Technology Research Center of Marine Fishing, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;

3. Marine and Fisheries Research Institute in Jiangsu Province, Nantong 226007, China)

**Abstract:** In order to find the selectivity of gillnets in the East China Sea, a production test using several gillnets of various mesh sizes (45,50 and 55 mm) and two gear heights (6 and 10 m) was carried out. Three uni-models (Normal, Lognormal and Gamma) were used to analyze the selectivity of the test nets. The parameters were estimated using maximum likelihood methods. Likelihood ratio Chi-square test and Akaike's information criterion (AIC) were used to compare the goodness of fit of the different models. The result showed that the fitting goodness of lognormal model is the best. The model is lower than, AIC is 147.78. The right tilt of the lognormal is obvious, the selectivity increased faster at the left side of the model peak, and gentle decline at the right side, which are well coincided with the original data. The 50% select body length of 50 mm mesh size is 123 mm, the select range is 123-209 mm. According to the population structure estimation which contacted test nets, the catch number of different body-length groups is normally distributed, the dominant range is 125-185 mm, this result is similar to previous studies. The select range of 50 mm mesh size covered the estimated dominant range, 50 mm mesh size is the most efficient for *Chelidonichthys spinosus*, but the influence of the mesh size on the fishery resources can not be evaluated due to the lack of knowledge about *C. spinosus* resources situation; the catches of the two heights test nets (6 and 10) are similar. The influence of panel heights to catches of *C. spinosus* is not obvious. These results will provide scientific guideline for coastal fishery management.

**Key words:** *Chelidonichthys spinosus*; gillnet selectivity; mesh size; gear height; the East China Sea

**Corresponding author:** HUANG Hongliang. E-mail: ecshhl@163.com

**Funding projects:** Special Fund for Agro-scientific Research in the Public Interest (201203018)