

多囊桁拖网选择性研究中对照网囊网目尺寸的选择

张健^{1,2,3}, 石建高⁴, 张鹏², 孙满昌^{1*}

(1. 上海海洋大学大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室, 上海 201306;

2. 上海海洋大学大洋生物资源开发和利用上海市高校重点实验室, 上海 201306;

3. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 农业部渔业生态环境重点实验室, 广东 广州 510300;

4. 中国水产科学研究院东海水产研究所农业部海洋与河口渔业重点实验室, 上海 200090)

摘要:对比作业法是拖网渔具选择性研究中重要的试验方法之一,而对对比试验中对照网囊网目的选择至关重要。研究利用多囊桁拖网不同网目尺寸(20、30、35和40 mm)网囊捕获的哈氏仿对虾、小黄鱼和棘头梅童鱼渔获体长分布数据,应用几何相似原理,分析过滤性渔具的选择性,并按不同假设条件下(假设1:符合几何相似原理对渔获具有一定的选择性;假设2:对渔获种类没有选择性),探讨如何合理选择对照网囊网目尺寸。结果表明,对照网囊网目尺寸为20 mm,在上述2种假设下,对选择性模型的拟合、简化及对其它网囊的选择性参数没有显著的影响;在考虑了桁拖网渔具各网囊具有相同相对作业强度,以及桁拖网渔具与普通拖网渔具选择性分析方法上的差异等因素后,认为在此项研究中,将小于20 mm网目尺寸的网囊视为没有选择性的对照网囊是可行的。

关键词:尺寸选择性;对比试验法;对照网囊;网目尺寸;多囊桁拖网

中图分类号: S 972

文献标识码: A

拖网网囊选择性研究是保护渔业资源、实现渔业科学管理和合理开发的重要基础^[1-2]。选择性试验方法多种多样,归纳起来主要有套网法和对比作业法(包括双囊网法、平行作业法、联体作业法以及交替作业法等)^[3-5]。套网的安装会对尺寸选择性分析产生影响,例如套网引起的“覆盖效应”^[4,6]以及改变网囊内部流态从而影响鱼类的逃逸行为^[4,6]、安装较小网目尺寸的套网会影响到网囊形状进而影响到网囊的选择性^[3,7-8]等;对比作业法克服了套网法所面临的这些问题,在拖网网目选择性研究中得到了广泛运用^[4-5],而试验中对照网囊(或称控制网囊及标准网囊)网目尺寸的选择在对比试验法中起着至关重要的作用。

多囊桁拖网是我国近海渔业所特有的渔具,其多囊结构有利于对比作业的开展(或平行作业),因此对比作业法比套网法更适合于该渔具

的网目选择性研究。本文利用多囊桁拖网渔具选择性对比试验的渔获数据,探讨对照网囊网目尺寸对多囊桁拖网网囊选择性分析的影响及对照网囊网目尺寸的选择,以期对网囊选择性对照试验提供参考。

1 材料与方 法

1.1 渔获数据的获取

从2005年10月到2006年9月,笔者在东海区吕四渔场进行4个航次的选择性海上生产试验,试验渔具为多囊桁拖网,第1、2航次试验网具规格为256.0 m×15.5 m×32.0 m,装配8个网囊;第3、4航次试验网具规格为172.8 m×15.4 m×22.0 m,装配6个网囊;采用对比作业法进行选择试验,即在多囊桁拖网不同网囊位置安装具有各种网目尺寸的网囊进行对比作业,通过比较各网囊的渔获体长分布,分析网目尺寸的选择性。

收稿日期:2008-02-03 修回日期:2008-10-27

资助项目:国家科技支撑计划(2006BAD09A05);上海市重点学科建设项目(S30702);上海海洋大学博士科研启动基金(B-8202-08-0289);农业部渔业生态环境重点实验室开放基金(2007-3)

通讯作者:孙满昌,E-mail:mcsun@shou.edu.cn

具体的试验条件、方法以及试验过程见参考文献[11]。本文仅运用 20 mm(作为对照网囊)、30 mm、35 mm 和 40 mm 的菱形网目网囊对哈氏仿对虾 (*Parapenaeopsis hardwickii*)、小黄鱼 (*Pseudosciaena polyactis*) 和棘头梅童鱼 (*Collichthys lucida*) 的渔获数据进行分析。

1.2 选择性分析方法

选择性模型 多囊桁拖网的各网囊在主尺度、网片材料和装配等方面都相同,并处于同一作业条件下,因此可认为不同网目尺寸网囊对同一渔获种类的选择性曲线符合几何相似原理,即可使用选择性曲面(或主选择性曲线)来表示不同网目尺寸网囊的选择性曲线^[12]:

$$S_{ij} = \left[\frac{\exp(a + b \cdot \frac{l_j - l_0}{m_i})}{1 + \exp(a + b \cdot \frac{l_j - l_0}{m_i})} \right]^{\frac{1}{\delta}} \quad (1)$$

式中, $\theta = (a, b, \delta, l_0)^T$ 为模型参数; l_j 表示第 j 组渔获体长; m_i 表示第 i 网囊的网目尺寸。

各网囊的选择性参数 $(L_{50}, SR)^T = f(\theta)$, 分别为

$$L_{50i} = \frac{-m_i}{b} [\text{Ln}(2^\delta - 1) + a] + l_0 \quad (2)$$

$$SR_i = L_{75i} - L_{25i} =$$

$$\frac{m_i}{b} [\delta \text{Ln}3 + \text{Ln}(4^\delta - 1) - \text{Ln}(4^\delta - 3^\delta)] \quad (3)$$

模型参数估算方法 根据 SELECT 模型,认为不同网囊的渔获服从多项分布^[12-13],使用极大似然估计法进行模型参数的估算^[4, 14],对数似然函数 $\text{Ln}L$ 为

$$\text{Ln}L(\theta) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \left(c_{ij} \cdot \text{Ln} \frac{\phi_{ij}}{\sum_{i=1}^I \phi_{ij}} \right) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \left(c_{ij} \cdot \text{Ln} \frac{P_i S_{ij}}{\sum_{i=1}^I P_i S_{ij}} \right) \quad (4)$$

式中, c_{ij} 表示第 i 网囊捕获的第 j 体长组的渔获数量; P_i 表示第 i 网囊的相对作业强度,且 $\sum_{i=1}^I P_i = 1$, 并假设 $P_i = P = 1/I$, I, J 分别表示试验网囊数量及体长组数。

通过计算 Fisher 信息矩阵 $I(\hat{\theta})$ 的逆阵获得模型参数估计值的方差^[6-7],根据 Delta 理论,估算选择性参数 $(L_{50}, SR)^T$ 估计值的标准差^[15]。利用 MS-EXCEL 软件的“规划求解”功能实现似然

函数最大化^[16]。

模型拟合优劣性及模型简化 若选择性模型正确,那么模型拟合偏差(Deviance)统计量应服从自由度为 $(I-1) \times J' - k$ 的 χ^2 分布^[14-15],以此判断模型对渔获数据的拟合优劣程度,这里 J' 表示具有足够渔获数量的体长组数, k 为模型参数个数。

根据模型各参数的含义^[12],可使用假设检验理论对模型进行简化。包括,

$H_{0A}: \delta = 1$, 即单个网囊选择性曲线简化为 Logistic 曲线, $k = 3$;

$H_{0B}: l_0 = 0$, 即选择性曲线是相对体长 l/m 的函数, $k = 3$;

$H_{0AB}: \delta = 1, l_0 = 0, k = 2$ 。

简化模型与完整模型偏差之差应服从自由度为 $d(H_{0A}, H_{0B})$ 简化模型 $d = 1, H_{0AB}$ 简化模型 $d = 2$ 的 χ^2 分布,以此判断模型简化的合理性^[14-15]。

1.3 对照网网目尺寸对选择性的影响

在选择性分析时,对对照网囊的选择性作 2 个假设:假设 1:对照网囊具有选择性,且选择性曲线符合几何相似原理,即 $S_{ij} = S_{ij}(l_j | \theta)$;假设 2:20 mm 网目尺寸小网目对照网囊对渔获种类没有选择性,即选择率 $S_{ij} = 1$ 。

通过比较上述 2 个假设条件下,选择性分析模型对渔获数据拟合、选择性模型简化情况及各网囊的选择性参数估计值等来探讨对照网网目尺寸对选择性分析的影响,在此基础上,检验对照网囊对渔获种类没有选择性这一假设的合理性,并探讨对照网囊的合理网目尺寸。使用 AIC (AKAIKE Information Criterion) 理论判断不同假设条件的合理性^[17-18]。

$$AIC = -2MLL + 2k \quad (5)$$

式中, MLL 表示最大对数似然函数值; k 表示模型参数的个数;在合理的范围内,模型拟合 AIC 值较小的假设更为合理。

2 结果

2.1 渔获体长分布

各航次不同网目尺寸的菱形网目网囊捕获的哈氏仿对虾(3 个航次 15 网次渔获汇总,取样比例为 1/8)、小黄鱼和棘头梅童鱼(2 个航次 10 网次渔获汇总,取样比例 1/4,并将 2 种鱼类的渔获叠加)的体长分布情况如图 1 所示。

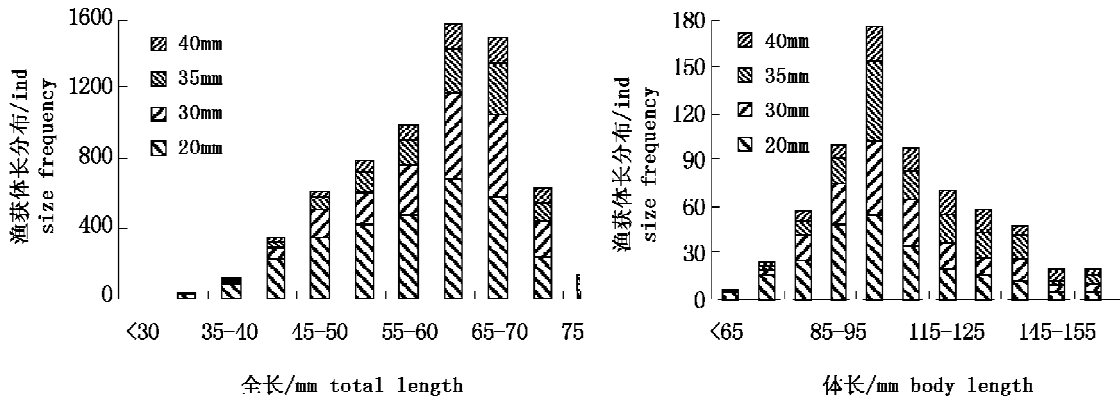


图1 哈氏仿对虾(a)、小黄鱼和棘头梅童鱼(b)的渔获体长分布

Fig.1 Catch frequency of *Parapenaeposis hardwickii* (a), *Pseudosciaena polyactis* and *Collichthys lucida* (b)

2.2 不同假设条件下的选择性分析

在 $S_{ij} = 1$ 和 $S_{ij} = S_{ij}(l_j | \theta)$ 假设条件下,对渔获体长分布进行拟合,同时对选择性曲线进行简

化。表1、表2分别列出了不同假设条件下渔获数据的拟合和模型简化结果。

表1 不同假设条件下哈氏仿对虾渔获数据的模型拟合及模型简化

Tab.1 Fit and simplification of model for catch frequency of *Parapenaeposis hardwickii* under two contrary hypotheses

假设 hypotheses		完整模型 full model	H_{0A}	H_{0B}	
1	模型参数 model parameters	\hat{a}	-9.61(3.33)	-7.35(0.29)	-4.76(1.32)
		\hat{b}	2.83(0.82)	2.32(0.17)	2.71(0.46)
		$\hat{\delta}$	1.48(0.71)	1	0.69(0.27)
		\hat{l}_0	-42.39(11.48)	-41.56(8.27)	0
	模型拟合 model fit	偏差 deviance	30.36	31.53	69.96
		自由度 df	26	27	27
		p	0.253	0.250	<0.0001
		AIC	16287.78	16286.95	16325.39
	模型简化 model simplification	偏差 deviance	-	1.173	39.608
		自由度 df	-	1	1
p		-	0.279	<0.0001	
2	模型参数 model parameters	\hat{a}	-9.76(2.32)	-7.36(0.29)	-14.78(4.32)
		\hat{b}	2.75(0.60)	2.18(0.16)	6.70(1.85)
		$\hat{\delta}$	1.52(0.50)	1	3.25(1.06)
		\hat{l}_0	-46.88(7.90)	-48.80(7.90)	0
	模型拟合 model fit	偏差 deviance	29.48	30.90	103.89
		自由度 df	26	27	27
		p	0.290	0.275	<0.0001
		AIC	16286.91	16286.32	16359.32
	模型简化 model simplification	偏差 deviance	-	1.417	74.409
		自由度 df	-	1	1
p		-	0.234	<0.0001	

注:括号中的数值表示参数估计标准差

Notes: Numbers in bracket stands for standard errors of estimates of model parameters

表 2 不同假设条件下小黄鱼和棘头梅童鱼渔获数据的模型拟合及模型简化
Tab.2 Fit and simplification of model for catch frequency of *Pseudosciaena polyactis* and *Collichthys lucida* under two contrary hypotheses

假设 hypotheses		完整模型 full model	H_{0A}	H_{0B}	H_{0AB}		
1	模型参数 model parameters	\hat{a}	-8.65(6.20)	-6.87(1.43)	-8.73(5.97)	-6.95(1.07)	
		\hat{b}	3.10(1.72)	2.64(0.56)	3.09(1.71)	2.61(0.44)	
		$\hat{\delta}$	1.41(1.38)	1	1.41(1.38)	1	
		\hat{l}_0	1.12(24.26)	2.29(25.70)	0	0	
	模型拟合 model fit	偏差 deviance	27.58	27.69	27.59	27.70	
		自由度 df	35	36	36	37	
		p	0.810	0.838	0.842	0.866	
		AIC	2038.38	2036.49	2036.39	2034.50	
	模型简化 model simplification	偏差 deviance	-	0.104	0.002	0.112	
		自由度 df	-	1	1	2	
		p	-8.65(6.20)	-6.87(1.43)	-8.73(5.97)	-6.95(1.07)	
		\hat{a}	-9.02(6.07)	-6.86(1.51)	-9.01(6.06)	-6.68(1.14)	
	2	模型参数 model parameters	\hat{b}	3.08(1.79)	2.48(0.51)	3.14(1.74)	2.52(0.46)
			$\hat{\delta}$	1.53(1.45)	1	1.56(1.44)	1
\hat{l}_0			-2.44(22.32)	-4.19(22.50)	0	0	
偏差 deviance			27.56	27.73	27.57	27.76	
模型拟合 model fit		自由度 df	35	36	36	37	
		p	0.811	0.837	0.842	0.864	
		AIC	2038.36	2036.53	2036.37	2034.56	
		偏差 deviance	-	0.166	0.012	0.202	
模型简化 model simplification		自由度 df	-	1	1	2	
		p	-9.02(6.07)	-6.86(1.51)	-9.01(6.06)	-6.68(1.14)	

注:括号中的数值表示参数估计标准差

Notes: Numbers in bracket stands for standard error of estimates of model parameters

2.3 对照网网囊选择性假设对选择性分析影响

从表 1 可以看到,对于哈氏仿对虾,选择性模型对渔获数据具有良好的拟合性;无论对照网是否具有选择性,都接受 H_{0A} 假设,但拒绝 H_{0B} 假设 ($p < 0.0001$),即单一网囊的选择性曲线可以使用 Logistic 曲线来表示,但是 L_{50} 和网目尺寸的线性关系中,截距不为 0;这表明对照网网囊的选择性假设不影响数据的拟合。在 H_{0A} 模型、 $S_{ij} = S_{ij}(l_j|\theta)$ 和 $S_{ij} = 1$ 假设条件下,各网囊的选择性参数如表 3 所示。

从表 2 可以看出,对于小黄鱼和棘头梅童鱼,对照网囊是否具有尺寸选择性的假设对模型拟合及简化没有影响,2 种假设下,选择性模型都接受 H_{0AB} 假设,即单一网囊的选择性曲线可以使用 Logistic 曲线来表示,且 L_{50} 和网目尺寸的线性关系中截距为 0;在 H_{0A} 模型、 $S_{ij} = S_{ij}(l_j|\theta)$ 和 $S_{ij} = 1$ 假设条件下,各网囊的选择性参数如表 3 所示。

比较不同假设条件下,各网囊的选择性参数估计值及其标准差发现,在 $S_{ij} = 1$ 假设条件下,各

网囊的 SR 比 $S_{ij} = S_{ij}(l_j|\theta)$ 假设条件下的略大,但是 L_{50} 没有明显的差异。而 $S_{ij} = 1$ 假设条件下的模型拟合的 AIC 值均小于 $S_{ij} = S_{ij}(l_j|\theta)$ 假设条件下的 AIC 值,因此笔者认为,假设 20 mm 对照网囊对各渔获种类没有尺寸选择性的假设是可以成立的。

3 讨论

3.1 对渔获能力的假设

在选择性分析中,假设各网囊的相对作业强度相同,即 $P_i = 1/I$ 。渔具的相对作业强度与渔具的相对捕捞努力量,相对作业效率有关等因素有关^[13,19];通常网目尺寸较大的网囊的相对作业强度较大^[4,20]。但是笔者认为,此项研究中 $P_i = 1/I$ 的假设是合理的:首先,对于多囊捕虾桁拖网,各网囊平行作业,而且在网具装配结构上,各试验网囊主尺度一致,被平均地安装于不同网囊位置,保证了各网囊的开口大小一致,保证了各网囊的捕捞努力量一致;其次,同时、同地的作业特点也避免了渔获种群局部分布不均所带来的影响;最

后,桁拖网渔具在长期的生产改造中,网具作业时呈扁平装,因此个别网囊的渔获数量不会影响到其它网囊的结构,而且试验中,网囊的前端安装了

漏斗网片以防止进入网囊的渔获个体从网囊中退出,这也使得个体的躲避行为对网囊相对作业强度的影响较小。

表3 不同假设条件下各网囊的选择性参数

Tab.3 Selective parameters of different codends under different hypotheses

渔获种类 species	假设条件 hypotheses	选择参数 selectivity parameters	网目尺寸/(mm) mesh size			
			20	30	35	40
哈氏仿对虾 <i>Parapenaeposis hardwickii</i>	$S_{ij} = S_{ij}(l_j \theta)$	L_{50}	22.55(3.17)	53.15(1.06)	69.29(1.14)	84.83(2.16)
		SR	19.17(1.45)	28.32(2.14)	33.14(2.50)	37.79(2.85)
	$S_{ij} = 1$	L_{50}	-	52.17(0.95)	69.37(1.17)	85.94(2.20)
		SR	-	30.16(2.23)	35.30(2.61)	40.25(2.97)
	$c_{ij} = 0$	L_{50}	-	60.85(1.93)	71.22(2.25)	81.20(2.57)
		SR	-	19.16(1.23)	22.42(1.44)	25.56(1.64)
小黄鱼和 棘头梅童鱼 <i>Pseudosciaena polyactis and Collichthys lucida</i>	$S_{ij} = S_{ij}(l_j \theta)$	L_{50}	53.81(1.77)	79.49(2.61)	93.04(3.06)	106.09(3.48)
		SR	17.01(2.87)	25.13(4.23)	29.41(4.96)	33.53(5.65)
	$S_{ij} = 1$	L_{50}	-78.50(2.54)	92.59(2.98)	106.16(3.39)	
		SR	-	26.47(4.79)	30.99(5.61)	35.33(6.39)
	$P_1 = 0.5$ (bootstrap)	L_{50}	-	79.78(2.15)	93.37(2.52)	106.46(2.87)
		SR	-	27.85(4.65)	32.60(5.45)	37.17(6.21)

Wilemen 等^[4]认为,在选择性试验以前,可比较各网囊的渔获重量来确定各网囊的渔获能力;而根据试验船船长及船员经验,多囊桁拖网渔具各网囊的网次渔获产量除第一和最后一个网囊渔获量相对较少以外,其余的基本没有差异;在试验设计时,笔者有意避开边缘网囊的使用,以保证各网囊的相对作业强度相同,这也间接说明 $P_i = 1/I$ 假设是可行的。

3.2 与普通拖网选择性分析的差异

多囊桁拖网的特殊结构方便了选择性分析,但与一般的拖网渔具的选择性分析还是存在较大差异。普通拖网渔具选择性试验中,通常使用2种渔具(或1种渔具的2个不同部分)的渔获进行比较;假设2种渔具的渔获能力相同(例如 SELECT 模型中的等分模型^[13]),则对照网和试验网的相对作业强度均为 $1/2$;然而在多囊桁拖网渔具的选择性分析中,若各网囊的相对作业强度一致,则对照网和试验网的总相对作业强度分别为 $1/I$ 和 $(I-1)/I$ 。为了评价相对作业强度对选择性分析的影响,笔者利用 Bootstrap 方法^[21-22],对20到mm网目尺寸对照网囊渔获进行2次重新取样(样本容量与原来的一致),并累加至原始数据,这样,在各网囊相对作业强度相同的假设条件下,试验网囊和对照网囊的总渔获能

力均为 $1/2$,这就与普通拖网渔具一致;以小黄鱼和棘头梅童鱼为例,选择性分析结果显示,无论对照网的网囊选择性假设如何,选择性模型得到了较好的拟合并进行了模型简化[接受 H_{0AB} , $S_{ij} = S_{ij}(l_j | \theta)$ 假设条件下,模型拟合 $p = 0.293$,模型简化 $p = 0.984$; $S_{ij} = 1$ 假设条件下,模型拟合 $p = 0.288$,模型简化 $p = 0.896$], $S_{ij} = 1$ 假设条件下各网囊的选择性参数见表3,对照网囊在不同的相对作业强度假设条件下各网囊选择性参数差异不显著,因此在此项研究中,将20mm网目尺寸网囊视为对照网(无选择性)的假设是可行的。

3.3 对照网网囊网目合理尺寸的选定

套网法和对比作业法在本质上是一致的,都通过小网目网囊(或套网,并假设这一网囊没有选择性)的渔获来描述进入网囊的种群分布情况,两者之间的最大差异在于套网法中进入套网的渔获比例一般可以确定,而对比作业法中,进入对照网囊的渔获比例不确定(例如 SELECT 模型中的估计分隔模型^[13-14])。显然,2种选择性试验方法中,小网目网囊(或套网)网目尺寸的选择是试验的一个关键问题。Wileman 等^[4]认为,这一网囊的网目尺寸要充分小,小到可将试验网囊可能捕获到一定数量的体长组渔获个体全部捕获;但是又不能过分小,过小的网目尺寸会限制网

囊内的流态,以双囊网为例,若对照网囊网目过小,就会引发对照网囊受力较大而使网具发生扭曲,从而影响选择性试验的真实性;一般情况下,对照网囊网目大小不应大于试验网囊网目尺寸的一半。绝大多数的选择性试验都遵循了这一原则,但在一些渔业中,特别是以个体较小的种类作为捕捞对象的渔业,为了保持渔具的渔获率,试验网囊网目尺寸不能很大,例如在北海褐虾(*Crangon crangon*)拖网渔业中,渔具网目尺寸很小^[23],若遵循上述原则,则无论是套网还是对照网,都可能会给选择性分析带来较大的影响。Perez-Comas 等^[3]认为,在交替作业法中,只有当标准网囊网目较小,其渔获可以评价渔场范围内个体小于试验网囊选择范围的渔获体长分布时,才可得到试验网囊有效的尺寸选择性;然而,这里存在 2 个问题:(1) 标准网囊的网目尺寸到底该如何选定并不清晰;(2) 选择性试验的本身是为了获得试验网囊的尺寸选择性信息,在没有这些信息的前提下,标准网囊的网目尺寸仍然是无法估计的。

从此次试验和选择性分析结果来看,虽然对照网囊网目尺寸(20 mm)都大于试验网囊网目尺寸的一半,但在对照网囊选择性 2 种不同假设条件下的分析结果之间并不存在显著差异,这表明在进行对照网囊网目尺寸的选择时,适当放大对照网囊网目尺寸是可行的。O' Neill 等^[8]在对套网网目尺寸对选择性分析影响的研究中也得到了类似的结果,他们在试验中选用了 100 mm 的试验网囊,但试验结果表明使用 60 mm 和 40 mm 网目尺寸的套网对选择性分析结果没有影响。当然,对照网囊网目也不能过分放大,笔者在 $S_{ij} = 1$ 假设前提下作了进一步假设,即仅使用了 30 mm、35 mm 和 40 mm 3 种网目尺寸的网囊,并假设 30 mm 网囊对渔获种类没有尺寸选择性(即 $S_{2j} = 1$) 进行选择分析,但是无论是哈氏仿对虾还是棘头梅童鱼和小黄鱼,选择性模型完全无法实现有效的拟合。

虽然 $S_{2j} = 1$ 假设被完全拒绝,但是利用几何相似原理,仅对 30 mm、35 mm 和 40 mm 网囊渔获数据进行拟合,得到了较好的拟合结果。以哈氏仿对虾为例,拟合结果显示,选择性曲线模型的在 H_{0A} 简化基础上,还可进行简化(接受 H_{0AB} , 模型拟合 $p = 0.396$, 模型简化 $p = 0.926$), 各网囊选择

性参数见表 3。笔者希望这种不使用小网目对照网,而通过对选择性曲线本身进行一定假设的方法^[12]能为今后开展对比作业法的选择性试验方法提供新的思路。

参考文献

- [1] Armstrong D W, Ferro R S T, MacLennan D N, *et al.* Gear selectivity and the conservation of fish [J]. *Journal of Fish Biology*, 1990, 37: 261 - 262.
- [2] MacLennan D N. Fishing gear selectivity: an overview [J]. *Fisheries Research*, 1992, 13(3): 201 - 203.
- [3] Perez-Comas J, Skalski J R. A parametric multinomial model for size selection in alternate-haul experiments [J]. *Fisheries Research*, 1996, 27(1 - 3): 113 - 129.
- [4] Wileman D A, Ferro R S T, Fonteyne R, *et al.* Manual of Methods of Measuring the Selectivity of Towed Fishing Gears [M]. Cooperative Research Report: ICES; 1996: 215.
- [5] 孙满昌, 张健, 许柳雄, 等. 渔具渔法选择性 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [6] Millar R B, Walsh S J. Analysis of trawl selectivity studies with an application to trouser trawls [J]. *Fisheries Research*, 1992, 13(3): 205 - 220.
- [7] Madsen N, Holst R. Assessment of the cover effect in trawl codend selectivity experiments [J]. *Fisheries Research*, 2002, 56(3): 289 - 301.
- [8] O' Neill F G, Kynoch R J. The effect of cover mesh size and cod-end catch size on cod-end selectivity [J]. *Fisheries Research*, 1996, 28(3): 291 - 303.
- [9] Mituhasi T, Tokai T. Estimating codend selectivity and fish escapement from a covernet of an insufficiently small mesh size [J]. *Fisheries Science*, 2000, 66(2): 327 - 333.
- [10] Uchida K, Tokai T, Fuxiang H, *et al.* Mesh selectivity of net pot for white-spotted conger eel estimated from a cover-net fishing experiment [J]. *Nippon Suisan Gakkaishi (Japanese Edition)*, 1998, 64(5): 815 - 821.
- [11] 张健, 孙满昌. 桁拖网不同网目结构网囊对虾类的尺寸选择性研究 [J]. *中国水产科学*, 2008, 15(4): 686 - 695.
- [12] 张健, 孙满昌. 几何相似原理在过滤性渔具网目选择性研究中的应用 [J]. *中国水产科学*, 2005, 12(3): 314 - 320.

- [13] Millar R B. Estimation the size-selectivity of fishing gear by conditioning on the total catch[J]. Journal of the American Statistical Association, 1992, 87: 962 - 968.
- [14] Millar R B, Fryer R J. Estimating the size-selection curves of towed gears, traps, nets and hooks[J]. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 1999, 9 (1): 89 - 116.
- [15] Zuur G, Fryer R J, Ferro R S T, *et al.* Modelling the size selectivities of a trawl codend and an associated square mesh panel[J]. ICES Journal of Marine Science, 2001, 58(3): 657 - 671.
- [16] Tokai T. Maximum likelihood parameter estimates of a mesh selectivity logistic model through SOLVER on MS-Excel [J]. Bulletin Of The Japanese Society Of Fisheries Oceanography, 1997 288, 61(3): 11.
- [17] 梁振林, 葛长宇, 刘英光. 国外渔具选择性研究进展[J]. 青岛海洋大学学报(自然科学版), 2001, 31(6): 835 - 841.
- [18] Omoto S, Tokai T, Tanda M, *et al.* Comparison of selectivity curve between square-mesh and diamond-mesh codends by AIC[J]. Nippon Suisan Gakkaishi (Japanese Edition), 1998, 64(3): 447 - 452.
- [19] Xu X, Millar R B. Estimation of trap selectivity for male snow crab (*Chionoecetes opilio*) using the SELECT modeling approach with unequal sampling effort [J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1993, 50(11): 2485 - 2490.
- [20] Cadigan N G, Millar R B. Reliability of selection curves obtained from trouser trawl or alternate haul experiments[J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1992, 49: 1625 - 1632.
- [21] Efron B, Tibshirani R. An introduction to the Bootstrap[M]. New York: Chapman and Hall, 1993.
- [22] Millar R B. Incorporation of between-haul variation using bootstapping and nonparametric estimation of selection curves[J]. Fishery Bulletin, 1993, 91: 564 - 572.
- [23] Reville A, Dunlin G, Holst R. Selective properties of the cutaway trawl and several other commercial trawls used in the Farne Deep North Sea Nephrops fishery[J]. Fisheries Research, 2006, 81(2 - 3): 268 - 275.

Selection of the mesh size of control codend in analysis of size selectivity of multi-codends beam trawls

ZHANG Jian^{1,2,3}, SHI Jian-gao⁴, ZHANG Peng², SUN Man-chang^{1*}

- (1. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;
2. Key Laboratory of Shanghai Education Commission for Oceanic Fisheries Resources Exploitation, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;
3. Key Laboratory of Marine Fishery Ecology and Environment, Ministry of Agriculture, South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China;
4. Key Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries, Ministry of Agriculture, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China)

Abstract: In comparative fishing method, one of important experimental methods in research on size selectivity of trawls, the control codend mesh size is crucial and a possible upper limit is generally suggested to be half the mesh size of the test codend. However, the suggestion is unavailable when the body size of target specie of trawl is small enough, especially in shrimp or prawn trawl fisheries. In order to discuss how to choose a rational mesh size of control codend, experiments, in which test codends with different mesh sizes (20, 30, 35 and 40 mm) were rigged in a same multi-codends beam trawl and fished simultaneously, were carried out in Lvsu Fishing Ground. The catch frequency of *Parapenaeposis hardwickii*, *Pseudosciaena polyactis* and *Collichthys lucida* retained by codends were fitted to a selectivity analysis model in which the selectivity curves of different codends were regarded as geometrical similar under two contrary hypotheses (hypothesis 1: the 20 mm mesh size codend is regarded as test codend and selective for catch species and, hypotheses 2: as control codend and non-selective for species). The result demonstrated that the goodness of model fit and the selective parameters of different test codends were not affected significantly by the two contrary hypotheses. Taking the difference in relative fishing intensity and statistical method of analyzing size selection between multi-conends trawl and conventional trawls into account, authors suggest that the assumption of non-selectivity of 20 mm mesh size control codend is acceptable in analysis of size selectivity in the experiemts, which means that the general upper limit of control codend mesh size could be broken.

Key words: size selectivity; comparative fishing method; control codend; mesh size; multi-codends beam trawl

Corresponding author: SUN Man-chang. E-mail; mcsun@shou.edu.cn

《水产学报》投稿须知(2009年12月)

《水产学报》主要报道水产科学领域各学科的最新研究成果,最新技术与方法,最新研究进展。以刊载研究论文为主,酌登研究简报与综述。

总体要求与说明

1. 本刊只接收原创论文。要求数据真实可靠,主要数据及图表应均未正式发表(非主要数据或图表已发表的,必须引用有关参考文献)。本刊反对抄袭,反对一稿多投,反对研究成果重复发表。署名作者能够对研究内容及结果负责,无署名争议。

2. 所有文章均应有中文和英文摘要。研究简报一般为某一新的研究方法或研究结果,但内容尚不足以研究论文的形式发表,而且作者在简报之后不应再以论文的形式发表相类似的研究结果。综述文章一般为约稿,作者投稿前请先与编辑部联系。未经编辑部同意的综述文章,编辑部可在不经审稿之前即退还作者。

3. 本刊优先发表由国家重大、重点及国家级基金项目资助的具有突破性进展或重要理论发现的研究成果。

4. 本刊已开通网上投稿系统,投稿时请登陆网站 <http://www.scxuebao.cn> 在线投稿,本刊仅对审稿通过的稿件收取200元审稿费。本刊一般在3个月内通知通讯作者稿件录用情况,审稿通过并经作者修改后的稿件即进入待发表状态。如6个月内未收到编辑部回信,作者可以自行处理。稿件在本刊决定录用并排版后,即向作者收取版面费,每印刷面200元,彩图费用另计。稿件刊出后,即向通讯作者支付稿酬并赠送5本当期期刊。

5. 凡在本刊发表论文的作者,发表前均应与本刊签署《版权转让协议》。本刊有权将所出版的刊物加入各相关网络,数据库或汇编制成光盘出版物,作者著作权的使用费包括在稿酬中,不再另外支付。作者如有异议,请务必在投稿时声明。

写作要求

1. 标题、作者及单位通讯地址

论文题目应简明、具体、概括文章的要旨。署名作者为对本论文作出主要贡献的人员,无署名争议。工作单位为完成论文时所在的研究机构的通讯地址。地址应包括单位全称、所在城市及邮政编码。通讯作者为负责稿件一切修改事宜的作者,联系方式在脚注处列出。

2. 摘要

中文和英文摘要应为相对完整且能独立成篇的报道性短文。中文摘要内容必须包涵研究目的、主要方法、主要研究成果以及结论,500字左右;英文摘要除包涵上述信息外,还应包括研究背景及讨论中的重要信息及展望,1000单词左右,以便给国外读者更详尽的介绍。

3. 关键词

关键词一般为3~8个,其间以“;”分开。关键词既要反映论文的主题,又要具有专指性,符合关键词标引规范。

4. 正文

包括5个部分:前言,材料与方法,结果,讨论,结论。

5. 图和图版

插图和图版务求清晰、自明,必要时应有图注解图中各符号的含义。插图的绘制应符合印刷制版技术要求,图版照片请拼排成不超过14 cm×16 cm(宽×高)大小的版面,并在图片右下角标明图序号。图例、图题及横纵坐标均要有中英文对照。所有插图在文中标出位置。图和图版如需要彩色印刷,务必在投稿时注明。

6. 表格

表格尽量用“三线表”,避免出现竖线,避免使用过大的表格。每个表格必须能独立解释,表格中的缩写、符号或计算公式应在表格脚注中列出。表题、各栏说明和表格脚注均要有中英文对照。图与表不得重复,能用表说明的不要用图。由数据生成的图或表如有需要,则要求作者提供数据的源文件。

7. 参考文献

采用顺序编码制(GB/T 7714-2005),即按其在正文中出现的顺序连续编码,在正文中以中括号标注于引用处的右上角。内部文献或尚未发表的文献列于正文引用当页的脚注,另行编码。参考文献只列确实参考过的,主要的,近期的,国内外公开发行的文献。每条文献要求列出前3位作者,多者以“等”或“*et al.*”表示。作者之间用逗号隔开,西文人名、文献名中的缩写点一律省略代以空格,人名按姓前名后排列。每条文献的题名后请注明文献类型:期刊论文[J],专著[M],论文集[C],学位论文[D],报告[R],标准[S],专利[P],类型不明的文献[Z]。公开发行的专著、论文集、报告集等必须注明出版地与出版社。

8. 量单位与量名称

量单位应使用法定计量单位,量名称应使用标准化名称。所有的度量应以公制为准,组合单位用“/”表示,如:“mg/L”。

9. 斜体的使用

变量符号用斜体表示,如长度(*L*),时间(*t*);物种拉丁学名用斜体,如:鲤 *Cyprinus carpio* Linnaeus;基因符号和一些限制性酶等也用斜体。