

文章编号: 1674-5566(2014)03-0456-07

库克群岛海域长鳍金枪鱼脂肪含量

宋利明^{1,2,3,4}, 陈浩¹, 胡桂森¹, 李冬静¹

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306; 2. 上海海洋大学国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306; 3. 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; 4. 远洋渔业协同创新中心, 上海 201306)

摘要: 根据2012年9月21日至11月15日库克群岛海域金枪鱼延绳钓调查数据, 对所捕获的长鳍金枪鱼的叉长分布、脂肪含量分布、脂肪含量时空分布、脂肪含量与叉长的关系进行了分析, 结果表明: (1) 渔获中长鳍金枪鱼叉长范围为0.50~1.14 m, 平均叉长为0.95 m, 其中0.90~0.99 m为优势叉长, 占80.36%; (2) 长鳍金枪鱼的最低脂肪含量为0.3%, 最高脂肪含量为4.6%, 平均脂肪含量为2.0%, 其群体组成丰富; (3) 从9月底至10月中旬, 脂肪含量较低, 10月中旬以后, 脂肪含量随时间推移逐渐升高; (4) 西北部(11°S~13°S, 162°W~168°W)长鳍金枪鱼的脂肪含量较高, 为2.7%~3.0%, 其他海域的较低, 为1.0%~2.5%; (5) 长鳍金枪鱼叉长(0.85~1.14 m)与脂肪含量无显著相关性($P>0.05$)。研究认为: (1) 10月中旬以后, 长鳍金枪鱼开始存储脂肪, 从而为产卵准备; (2) 调查期间, 捕获的长鳍金枪鱼基本是成熟个体, 开始生殖洄游, 即从南部返回北部的热带水域; (3) 库克群岛西北部海域11°S~13°S, 162°W~168°W之间可能为长鳍金枪鱼的产卵场。

研究亮点: (1) 首次研究库克群岛海域长鳍金枪鱼脂肪含量时空分布、脂肪含量与叉长的关系, 有利于掌握其洄游和渔场性质; (2) 10月中旬以后, 长鳍金枪鱼开始存储脂肪, 准备产卵; (3) 叉长与脂肪含量无相关性; (4) 库克群岛西北部海域可能为长鳍金枪鱼的产卵场。

关键词: 长鳍金枪鱼; 脂肪含量; 叉长; 库克群岛

中图分类号: S 932.4; Q 54

文献标志码: A

许多研究表明环境的变化对大部分鱼类的生长和繁殖具有很大的影响, 而且生长和繁殖方式会出现季节性的变化^[1-3]。通常, 鱼体脂肪含量已作为其生理状况季节变化的指标, 积聚的脂肪可用作产卵洄游中新陈代谢的能量, 对于怀卵的亲鱼, 脂肪会转移到发育的鱼卵中^[4]。测定脂肪含量、结合鱼类的生理状况可用于研究鱼类生活史和栖息环境的变化^[5]。长鳍金枪鱼(*Thunnus alalunga*)是一种温带金枪鱼, 在南太平洋区域, 长鳍金枪鱼在体长达到35 cm时开始从热带向南方游动, 随后沿亚热带辐合区向东部移动。当达到成熟期开始产卵时, 它们又返回热带水域^[6]。很多学者已对长鳍金枪鱼的年龄生

长^[6-7]、摄食^[6,8-9]、繁殖^[10]等相关基础生物学特征^[11-14]以及该物种资源分布与海洋环境的关系^[15-17]、资源状况^[18-20]等展开了研究, 并为各渔业委员会制定管理措施提供了参考依据。GOÑI和ARRIZABALAGA对大西洋比斯开湾的长鳍金枪鱼幼鱼的脂肪含量的季节和年间变化进行了研究^[21], 对南太平洋长鳍金枪鱼脂肪含量的研究还未见报道。南太平洋长鳍金枪鱼已成为我国远洋延绳钓渔业重要的目标鱼种, 2012年我国的渔获量为2.5万吨左右^[22]。本研究根据2012年9-11月间南太平洋库克群岛海域金枪鱼延绳钓调查数据, 对该海域长鳍金枪鱼脂肪含量的变化展开研究, 为进一步研究南太平洋长鳍

收稿日期: 2013-11-21 修回日期: 2014-01-02

基金项目: 国家高技术研究发展计划项目(2012AA092302); 农业部远洋渔业探捕项目(D8006128005); 上海市教育委员会科研创新项目(12ZZ168); 高等学校博士学科点专项科研基金联合项目(20113104110004)

作者简介: 宋利明(1968—), 男, 博士, 教授, 博导, 研究方向为金枪鱼渔业、深海底层延绳钓渔业和网箱养殖工程。E-mail: lmsong@shou.edu.cn

金枪鱼的洄游、生长、繁殖、栖息环境的变化和渔场性质提供重要参考。

1 材料与方 法

1.1 调查船、调查时间和海区

执行本次海上调查任务的渔船为金枪鱼延绳钓渔船“华南渔 716”,主要的船舶参数如下:

总长 36.60 m;型宽 6.60 m;型深 3.30 m;总吨 190.00 t;净吨 57.00 t;主机功率 440.00 kW。调查时间为 2012 年 9 月 21 日 - 11 月 15 日,此次调查历时 56 d。调查海域为南太平洋库克群岛专属经济区渔场(10°50'S ~ 15°05'S, 156°14'W ~ 168°01'W)。调查的范围和站点见图 1。

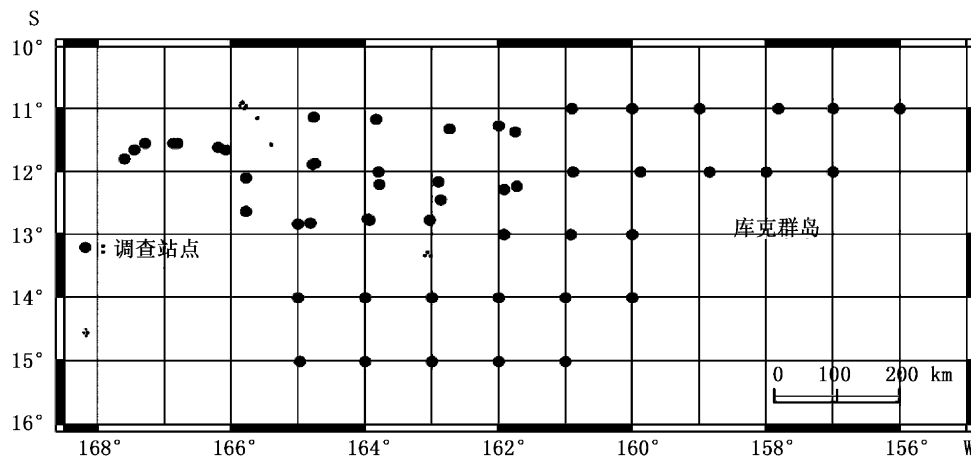


图 1 本研究调查站点

Fig. 1 Survey positions in the study

1.2 方 法

1.2.1 调查方法

本次调查对设定的站点用延绳钓渔具进行调查,用皮尺拉紧测定了长鳍金枪鱼的叉长(精确到 mm),用英国 Distell 鱼类脂肪含量仪 (FFM692, Scotland, UK) 抽样测定了部分长鳍金枪鱼的脂肪含量(指单位质量肌肉中脂肪的质量百分比,单位为%)。脂肪含量的测定误差为 0.5% ~ 1.0%,由生产厂家在出厂前使用氯仿-甲醇法根据氯仿和甲醇提取得到的脂肪含量数据与脂肪含量仪测定数据进行对比的方法对仪器进行标定^[21,23]。由于不同部位脂肪含量不同,为了较全面地反映样本的整体平均脂肪含量,测定了样本 8 个部位的脂肪含量,求其算术平均值作为该尾鱼的脂肪含量(图 2)。

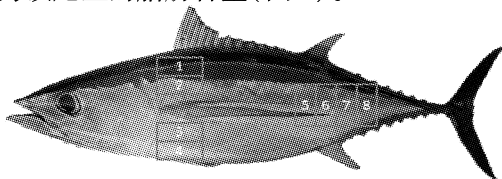


图 2 长鳍金枪鱼脂肪含量测定部位

Fig. 2 The measured area of the albacore tuna, *Thunnus alalunga*, fat content

□为测定区域;数字为测定顺序。

1.2.2 调查的渔具与渔法

本次调查所用的延绳钓渔具结构为:浮子直径为 360 mm;浮子绳直径为 5.0 mm,长 17 m;干线直径为 4.0 mm;支绳第一段为直径 3.5 mm 的硬质聚丙烯,长 1.0 m 左右,第二段为 180#(直径为 1.8 mm)的尼龙单丝,长 20 m;自动挂扣与第一段用转环连接;第一段用转环与第二段连接,全长 21 m。

调查期间,一般情况下,早晨 05:30 ~ 09:30 投绳,持续时间为 4.0 h 左右;下午 15:30 ~ 凌晨 03:00 起绳,持续时间为 7.5 h 左右。

投绳时船速 8.0 ~ 8.9 kn、出绳速度一般为 10.5 kn、两浮子间的钓钩数为 28 枚、两钓钩间的时间间隔为 6 s。每天投放钓钩 1200 ~ 3100 枚。

1.2.3 数据处理方法

由于对于每尾取样鱼记录的数据不全,所以不同的研究项目可用的尾数不同。叉长分布、脂肪含量分布采用频率统计的方法;日脂肪含量变化采用计算每天的取样渔获物的平均脂肪含量;脂肪含量时空变化分布采用计算每天的取样渔获物的平均脂肪含量并用 Marine Explore 4.0 软件叠图;叉长(0.85 ~ 1.14 m)与脂肪含量的关系

采用广义加性模型 (generalized additive model, GAM) 来分析其相关性。

2 结果

2.1 叉长分布

调查期间,共捕获长鳍金枪鱼 1 163 尾,测定了其中 1 156 尾长鳍金枪鱼的叉长,取样覆盖率为 99.4%,叉长范围为 0.50 ~ 1.14 m,平均叉长为 (0.95 ± 0.01) m。叉长分布见图 3,其中 0.90 ~ 0.99 m 为优势叉长,占 80.36%。

2.2 脂肪含量

共测定了 40 个调查站点、478 尾长鳍金枪鱼的脂肪含量,覆盖率为 41.1%。最小脂肪含量为

0.3%,最大脂肪含量为 4.6%,平均脂肪含量为 $2.0\% \pm 0.0\%$ 。脂肪含量分布见图 4,脂肪含量主要分布在 0.6% ~ 3.6% 之间。长鳍金枪鱼的逐日平均脂肪含量见图 5,从 9 月底至 10 月中旬,脂肪含量较低,且较稳定,10 月中旬以后,脂肪含量逐渐升高。平均脂肪含量空间分布见图 6 (圆圈的右上角表示测定的站位编号,1、2、3、……、40 号站位分别对应图 5 中的 2012/9/23、2012/9/24、2012/9/25、……、2012/11/12),西北部 ($11^{\circ}\text{S} - 13^{\circ}\text{S}, 162^{\circ}\text{W} - 168^{\circ}\text{W}$) 长鳍金枪鱼的脂肪含量较高,为 2.7% ~ 3.0%,其他海域普遍较低,为 1.0% ~ 2.5% 之间。

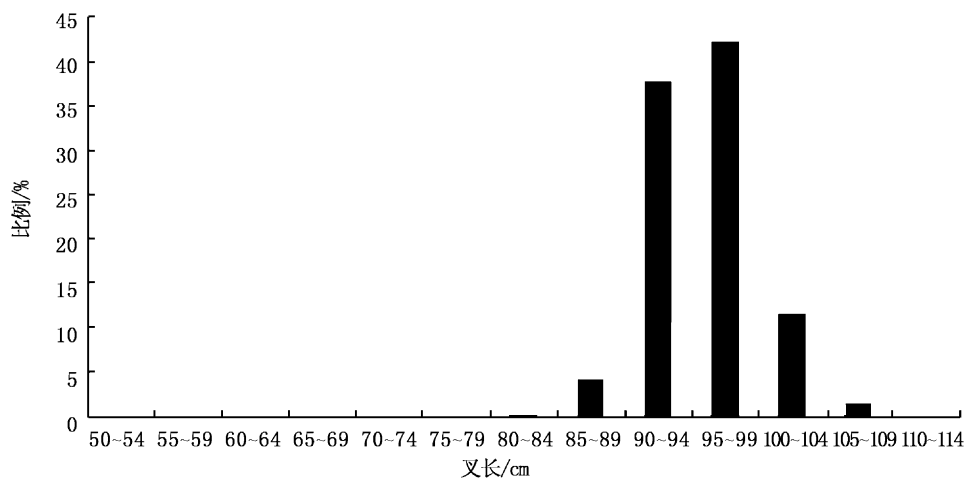


图 3 调查期间长鳍金枪鱼叉长分布

Fig. 3 Distribution of fork length of albacore tuna, *Thunnus alalunga*

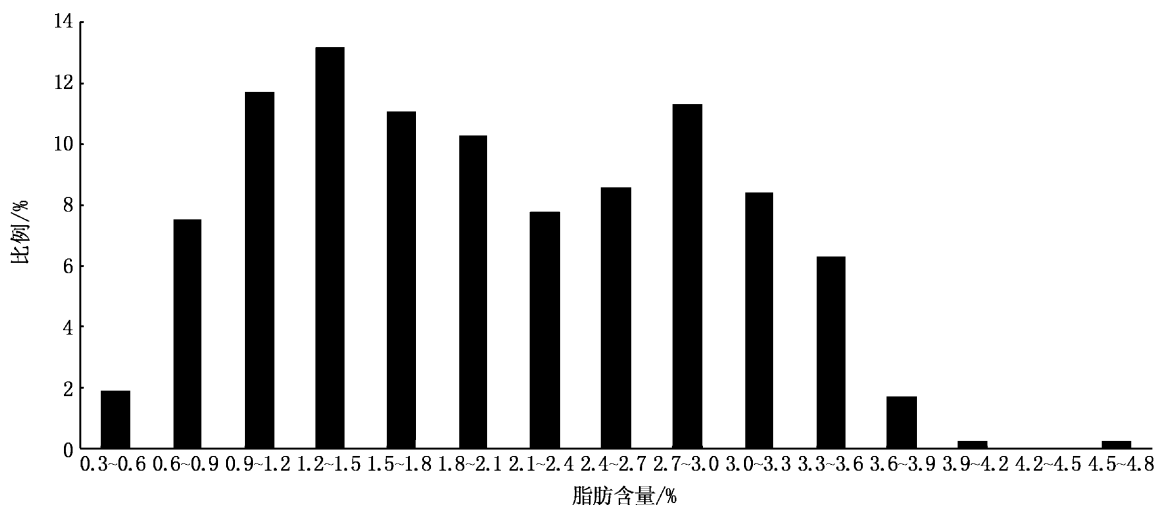


图 4 调查期间长鳍金枪鱼脂肪含量分布

Fig. 4 Distribution of fat content of albacore tuna, *Thunnus alalunga*, in the study

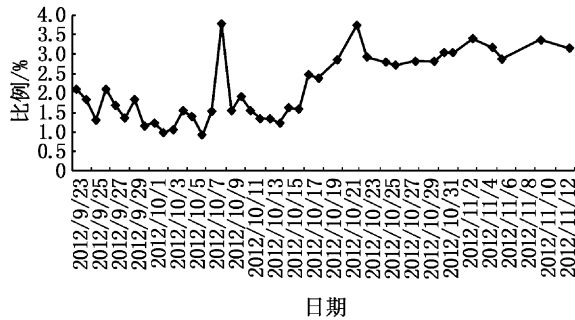


图5 调查期间长鳍金枪鱼日脂肪含量分布
Fig. 5 Daily fat content of albacore tuna, *Thunnus alalunga*, in the study

2.3 脂肪含量与叉长的关系

同时测定了 416 尾长鳍金枪鱼的脂肪含量和叉长(0.85 m ~ 1.14 m)利用 GAM 模型分析了

脂肪含量和叉长的关系,结果(表 1 和图 7)表明 P 值大于 0.05,模型解释能力为 2.4%, R -sq. (adj)为 0.0181,说明脂肪含量与叉长不存在显著相关性。

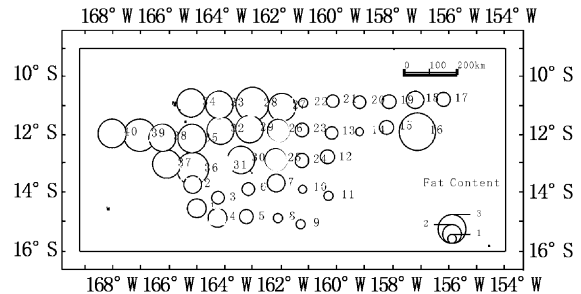


图6 调查期间长鳍金枪鱼脂肪含量空间分布
Fig. 6 Spatial distribution of albacore tuna, *Thunnus alalunga*, fat content in the study area

表 1 GAM 分析结果

Tal. 1 Analysis results of GAM

选项	自由度	F	p -value	模型解释能力	R -sq. (adj)
叉长	2.473	2.551	0.052 1	2.4%	0.018 1

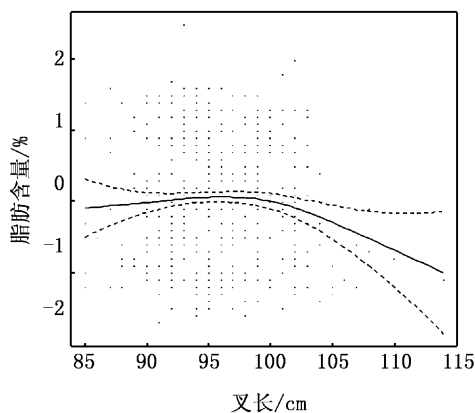


图7 叉长和脂肪含量的 GAM 模型残差结果
Fig. 7 Generalized additive model of the fat content as a function of fork length

3 讨论

3.1 叉长分布

调查中,长鳍金枪鱼叉长范围为 0.50 ~ 1.14 m,平均叉长为 (0.95 ± 0.01) m(图 3)。陈峰等^[17]通过 2011 年 8 - 9 月调查得出南太平洋所罗门群岛海域长鳍金枪鱼叉长范围为 77.5 ~ 112.9 cm,平均叉长为 97.6 cm,优势叉长为 93 ~

103 cm(占总数的 67.2%),这与本研究得出的结果基本一致。对比显示两个海区同属南太平洋,而且纬度基本相同,库克群岛海域和所罗门群岛海域的长鳍金枪鱼群体组成相似。

3.2 脂肪含量

SHUL'MAN 指出,脂肪是鱼体新陈代谢能量的主要物质来源,这导致了鱼类在越冬、摄食和洄游中脂肪含量变化非常明显^[24]。长鳍金枪鱼的脂肪含量受其自身的生长和外界的各种因素的影响,如温度、饵料生物、海流等。调查中,长鳍金枪鱼脂肪含量范围为 0.3% ~ 4.6%,平均脂肪含量为 $2.0\% \pm 0.0\%$ (图 4),说明其群体组成丰富。从 9 月下旬至 10 月中旬,脂肪含量较低,而 10 月下旬以后脂肪含量升高且趋于稳定,说明 9 月下旬至 10 月中旬摄入的能量主要用于体型的生长。10 月中旬以后,脂肪含量随时间推移逐渐升高,说明该种群开始存储脂肪,从而为产卵准备。

RAMON 和 BAILEY 通过对南太平洋延绳钓长鳍金枪鱼的精巢和卵巢的观察发现,成熟的长鳍金枪鱼(雌性叉长大于 80 cm)每年产卵一次,并且集中在南半球 10 ~ 25°S 热带和亚热带水域

的夏季(11月到2月)^[10]。这与10月中旬以后,长鳍金枪鱼脂肪含量随时间推移逐渐升高的现象一致。同时,调查期间,捕获的长鳍金枪鱼基本是成熟个体,开始生殖洄游,即它们从南部返回北部的热带水域。因此,东南部的长鳍金枪鱼脂肪含量较低,并随着时间的推移和作业位置向西北方向移动,其脂肪含量有增加的趋势。库克群岛西北部海域 11°S ~ 13°S, 162°W ~ 168°W 之间可能为长鳍金枪鱼的产卵场。

3.3 脂肪含量与叉长的关系

随着长鳍金枪鱼的生长,其捕食能力不断提高,获得的能量不断增加。由于代谢状态与生理状况变化,脂肪的积累呈现不同的速率。在幼鱼阶段,大部分能量用于其体格的生长,BARD认为当幼体长鳍金枪鱼叉长达 85 cm 后,进入性成熟阶段,将消耗部分能量用于性腺的发育,因而脂肪含量会有一个增加相对平缓的过程^[25];性腺基本成熟后,大部分能量将转换成脂肪并积聚在体内,准备产卵。而产卵后,由于摄食相对较少并消耗大量的体力,脂肪含量会有一定的下降。因此,随叉长的增加脂肪含量先呈上升趋势,到一定的叉长后(特别是产卵后)脂肪含量呈下降趋势。GOÑI 和 ARRIZABALAGA 使用曳绳钩、竿钩渔具和中层拖网取样研究得出长鳍金枪鱼脂肪含量与叉长呈非线性关系,在 87 cm 时脂肪含量达最大,在最小和最大叉长时,脂肪含量最低^[21]。这些研究结果与本研究结果不同,本次调查得出长鳍金枪鱼脂肪含量与叉长(0.85 m ~ 1.14 m)无显著相关性,可能的原因为:(1)本次调查所用渔具为延绳钩,捕获的个体偏大且叉长相对较为集中,未能对各种叉长的鱼进行取样;(2)取样的大部分鱼不是初次性成熟,是二次或多次性腺发育的鱼,导致叉长与脂肪含量无显著相关性;(3)调查的海区、时间不同,鱼所处的环境不同^[21]。

由于本次调查时间较短、样本偏少,可能存在一定的误差。因此,在以后的研究中需延长调查时间、扩大调查范围、增加样本并改变取样方式,增加幼鱼样本并收集性别、性腺成熟度和年龄数据,以提高研究结果的准确性,为进一步研究提供参考。

本研究得到库克群岛政府的许可,并得到深圳市华南渔业有限公司董事长黄富雄、部门经理李攀、“华南渔

716”船长李科才及全体船员、上海海洋大学研究生徐伟云、杨嘉樑、李杰和刘海阳等的大力支持,谨致谢意。

参考文献:

- [1] KELSO J R M. Seasonal energy change in walleye and their diet in west blue lake, Manitoba [J]. Transactions of American Fisheries Society, 1973, 102(2): 363-368.
- [2] FLATH L E, DIANA J S. Seasonal energy dynamics of the alewife in southeastern Lake Michigan [J]. Transactions of American Fisheries Society, 1985, 114(3): 328-337.
- [3] DYGERT P H. Seasonal changes in energy content and proximate composition associated with somatic growth and reproduction in a representative age-class of female English sole [J]. Transactions of American Fisheries Society, 1990, 119(5): 791-801.
- [4] BLACK K D, PICKERING, A D. Biology of Farmed Fish [M]. England: Sheffield Academic Press Ltd., 1998.
- [5] ENCINA L, GRANADO-LORENCIO C. Seasonal changes in condition, nutrition, gonad maturation and energy content in barbel, *Barbus sclateri*, inhabiting a fluctuating river [J]. Environmental Biology of Fishes, 1997, 50(1): 75-84.
- [6] SHOMURA R S, MAJKOWSKI J, LANGI S. Interactions of Pacific tuna fisheries [R]. Rome: FAO, FAO Fisheries Technical Paper, 1994: 188-206.
- [7] LEE L K, YEH S Y. Age and growth of South Atlantic albacore—a revision after the revelation of otolith daily ring counts [R]. Madrid: ICCAT, Collect Vol Sci Pap ICCAT, 2007, 60(2): 443-456.
- [8] WATANABE H, KUBODERA T, MASUDA S, et al. Feeding habits of albacore *Thunnus alalunga* in the transition region of the central North Pacific [J]. Fisheries Science, 2004, 70(4): 573-579.
- [9] CONSOLI P, ROMEO T, BATTAGLIA P, et al. Feeding habits of the albacore tuna *Thunnus alalunga* (Perciformes, Scombridae) from central Mediterranean Sea [J]. Marine Biology, 2008, 155(1): 113-120.
- [10] RAMON D, BAILEY K. Spawning seasonality of albacore, *Thunnus alalunga*, in the South Pacific Ocean [J]. Fishery Bulletin, 1996, 94(4): 724-733.
- [11] CHOW S, USHIAMA H. Global population structure of albacore (*Thunnus alalunga*) inferred by RFLP analysis of the mitochondrial ATPase gene [J]. Marine Biology, 1995, 123(1): 39-45.
- [12] WU G C, CHIANG H C, CHEN K S, et al. Population structure of albacore (*Thunnus alalunga*) in the Northwestern Pacific Ocean inferred from mitochondrial DNA [J]. Fisheries Research, 2009, 95(1): 125-131.
- [13] 李攀, 许柳雄, 朱国平, 等. 印度洋中南部长鳍金枪鱼生物学特性的研究 [J]. 大连海洋大学学报, 2010, 25(3): 249-250.
- [14] 陈峰, 郭爱, 周永东, 等. 南太平洋所罗门群岛海域长鳍金

- 枪鱼的生物学特征[J]. 浙江海洋学院学报, 2012, 31 (2): 125 - 126.
- [15] CHEN I, LEE P F, TZENG W N. Distribution of albacore (*Thunnus alalunga*) in the Indian Ocean and its relation to environmental factors[J]. Fisheries Oceanography, 2005, 14 (1): 71 - 80.
- [16] LAURS R M, FIEDLER P C, MONTGOMERY D R. Albacore tuna catch distributions relative to environmental features observed from satellites [J]. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, 1984, 31 (9): 1085 - 1099.
- [17] ZAINUDDIN M, KIYOFUJI H, SAITOH K, et al. Using multi-sensor satellite remote sensing and catch data to detect ocean hot spots for albacore (*Thunnus alalunga*) in the northwestern North Pacific [J]. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 2006, 53 (3/4): 419 - 431.
- [18] FOURNIER D A, HAMPTON J, SIBERT J R. Multifan-CL: a length-based, age-structured model for fisheries stock assessment, with application to South Pacific albacore, *Thunnus alalunga* [J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1998, 55(9): 2105 - 2116.
- [19] PUNT A, BUTTERWORTH D, PENNEY A. Stock assessment and risk analysis for the South Atlantic population of albacore *Thunnus alalunga* using an age-structured production model [J]. South African Journal of Marine Science, 1995, 16 (1): 287 - 310.
- [20] HOYLE S. Adjusted biological parameters and spawning biomass calculations for south Pacific albacore tuna, and their implications for stock assessments [EB/OL]. [2013 - 07 - 06]. [http://www.wcpfc.int/system/files/MF-WP-2-Hoyle-Albacore biological parameters. pdf](http://www.wcpfc.int/system/files/MF-WP-2-Hoyle-Albacore%20biological%20parameters.pdf).
- [21] GONI N, ARRIZABALAGA H. Seasonal and interannual variability of fat content of juvenile albacore (*Thunnus alalunga*) and bluefin (*Thunnus alalunga*) tunas during their feeding migration to the Bay of Biscay [J]. Progress in Oceanography, 2010, 86(1/2): 115 - 123.
- [22] DAI X J, ZHU J F, WANG Z H, et al. Annual Report to the Commission Part 1: Information on Fisheries, Research and Statistics [EB/OL]. [2013 - 07 - 06]. [http://www.wcpfc.int/system/files/AR-CCM-03-China-AR-Part-1. pdf](http://www.wcpfc.int/system/files/AR-CCM-03-China-AR-Part-1.pdf).
- [23] DISTELL. Technical manual distell fish fat meter [EB/OL]. [2013 - 12 - 06] [http://www.distell.com/products/prd-fish-fatmeter/downloads/ffm-fish-fat-meter-manual. pdf](http://www.distell.com/products/prd-fish-fatmeter/downloads/ffm-fish-fat-meter-manual.pdf).
- [24] SHUL' MAN C E. Life cycles of fish: Physiology and Biochemistry [M]. New York: Wiley, 1974.
- [25] BARD F X. Le thon germon (*Thunnus alalunga* Bonnaterre 1788) de l'Océan Atlantique [D]. Paris: Université Paris (in French), 1981.

The fat content of albacore tuna in waters near Cook Islands

SONG Li-ming^{1,2,3,4}, CHEN Hao¹, HU Gui-sen¹, LI Dong-jing¹

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. National Distant-water Fisheries Engineering Research Center, Shanghai 201306, China; 3. The Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai 201306, China; 4. Collaborative Innovation Center for National Distant-water Fisheries, Shanghai 201306, China)

Abstract: Based on the survey from September 21, 2012 through November 15, 2012 in the waters near Cook Islands by Chinese tuna longliner, we analyzed the biological characteristics of albacore tuna, such as fork length distribution, fat content distribution, the temporal and spatial distribution of fat content, and the relationship between fat content and fork length. The results showed: (1) The fork length of the albacore tuna was 0.50 – 1.14 m, the average fork length was 0.95 m, and dominant with 0.90 – 0.99 m, accounted for 80.36%; (2) The minimum fat content of albacore tuna was 0.3%, the maximum fat content was 4.6%, and the average fat content was 2.0%, and the size composition was very rich; (3) From September 21 to October 13, 2012, the fat content of albacore tuna was low, while after October 13, 2012, the fat content of albacore tuna increased over time; (4) In the northwest area (11°S – 13°S, 162°W – 168°W), the fat content of albacore tuna (2.7% – 3.0%) was higher than that of the other areas (1.0% – 2.5%); (5) There was no significant relationship between fat content of albacore tuna and its fork length (0.85 – 1.14 m, $P > 0.05$). This study suggested: (1) After mid-October, the albacore tuna started to store fat to prepare for spawning; (2) The albacore tuna captured in the survey were mature individuals, basically, and they began to spawn and were migrating from the southern waters to northern tropical waters; (3) The spawning might occur in the northwest area (11°S – 13°S, 162°W – 168°W) of the waters near Cook Islands.

Key words: albacore tuna; fat content; fork length; Cook Islands