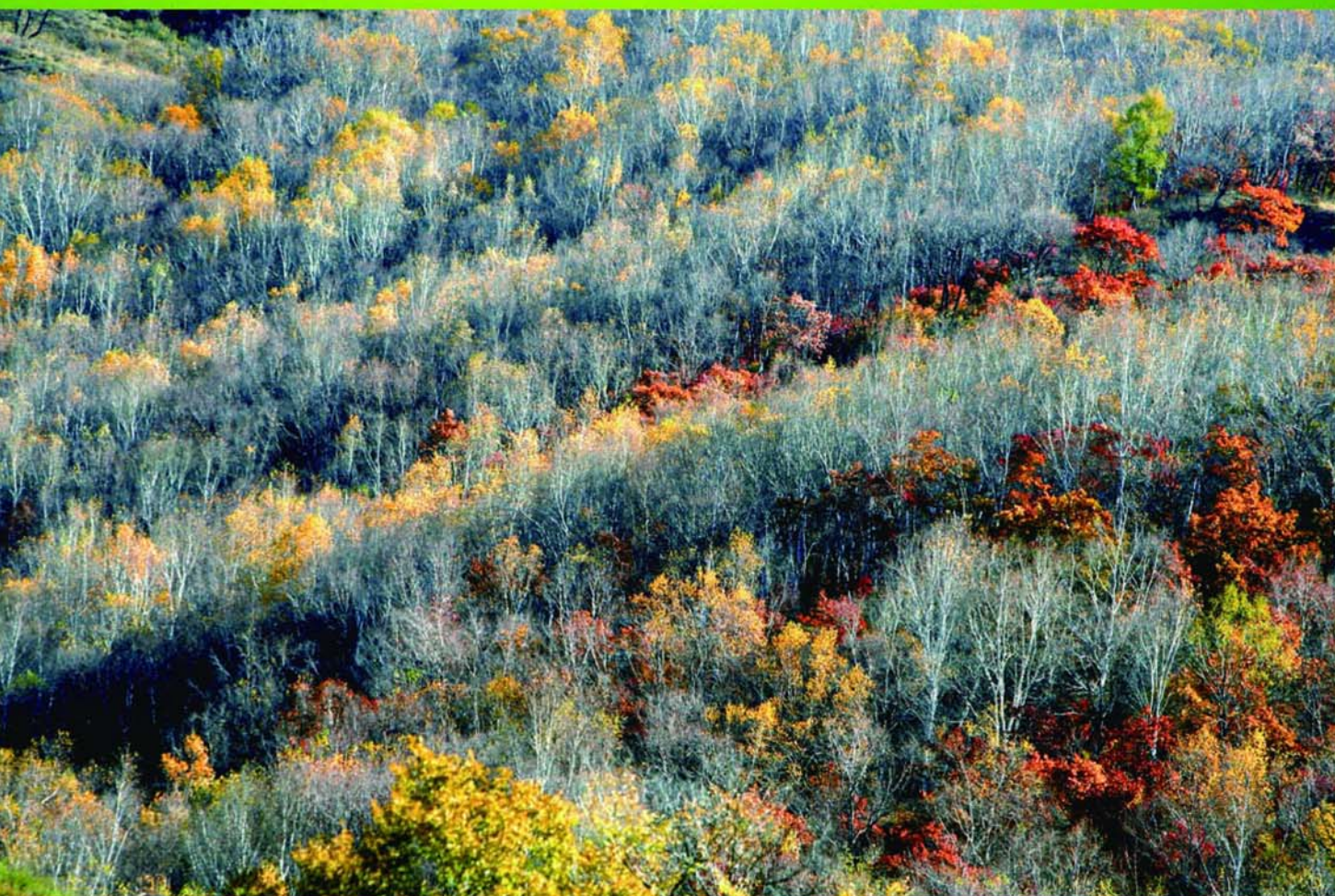


ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第16期 Vol.31 No.16 **2011**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 16 期

2011 年 8 月 (半月刊)

目次

人工和天然湿地芦苇根际土壤细菌群落结构多样性的比较·····	汪仲琼,王为东,祝贵兵,等 (4489)
不同土壤水分下山杏光合作用光响应过程及其模拟·····	郎莹,张光灿,张征坤,等 (4499)
不同颜色遮阳网遮光对丘陵茶园夏秋茶和春茶产量及主要生化成分的影响·····	秦志敏,付晓青,肖润林,等 (4509)
镉胁迫对烟草叶激素水平、光合特性、荧光特性的影响·····	吴坤,吴中红,邵付菊,等 (4517)
条浒苔和缘管浒苔对镉胁迫的生理响应比较·····	蒋和平,郑青松,朱明,等 (4525)
盐胁迫对拟南芥和盐芥莲座叶芥子油苷含量的影响·····	庞秋颖,陈思学,于涛,等 (4534)
长期双季稻绿肥轮作对水稻产量及稻田土壤有机质的影响·····	高菊生,曹卫东,李冬初,等 (4542)
基于水量平衡下灌区农田系统中氮素迁移及平衡的分析·····	杜军,杨培岭,李云开,等 (4549)
苏北海滨湿地互花米草种子特征及实生苗生长·····	徐伟伟,王国祥,刘金娥,等 (4560)
基于 AnnAGNPS 模型的三峡库区秭归县非点源污染输出评价·····	田耀武,黄志霖,肖文发 (4568)
镉污染对不同生境拟水狼蛛氧化酶和金属硫蛋白应激的影响·····	张征田,庞振凌,夏敏,等 (4579)
印度洋南赤道流区水体叶绿素 a 的分布及粒级结构·····	周亚东,王春生,王小谷,等 (4586)
长江口滩涂围垦后水鸟群落结构的变化——以南汇东滩为例·····	张斌,袁晓,裴恩乐,等 (4599)
应用鱼类完整性指数 (FAII) 评价长江口沿岸碎波带健康状况·····	毛成贵,钟俊生,蒋日进,等 (4609)
基于渔业调查的南极半岛北部水域南极磷虾种群年龄结构分析·····	朱国平,吴强,冯春雷,等 (4620)
水稻模型 ORYZA2000 在湖南双季稻区的验证与适应性评价·····	莫志鸿,冯利平,邹海平,等 (4628)
旱地农田不同耕作系统的能量/碳平衡·····	王小彬,王燕,代快,等 (4638)
宁夏黄灌区稻田冬春休闲期硝态氮淋失量·····	王永生,杨世琦 (4653)
太湖沉积物有机碳与氮的来源·····	倪兆奎,李跃进,王圣瑞,等 (4661)
日偏食对乌鲁木齐空气可培养细菌群落的影响·····	马晶,孙建,张涛,等 (4671)
灰飞虱与褐飞虱种内和种间密度效应比较·····	吕进,曹婷婷,王丽萍,等 (4680)
圈养马来熊行为节律和时间分配的季节变化·····	兰存子,刘振生,王爱善,等 (4689)
塔里木荒漠河岸林干扰状况与林隙特征·····	韩路,王海珍,陈加利,等 (4699)
珍稀植物伯乐树一年生更新幼苗的死亡原因和保育策略·····	乔琦,秦新生,邢福武,等 (4709)
垃圾堆肥复合菌剂对干旱胁迫下草坪植物生理生态特性的影响·····	多立安,王晶晶,赵树兰 (4717)
CLM3.0-DGVM 中植物叶面积指数与气候因子的时空关系·····	邵璞,曾晓东 (4725)
基于生态效率的辽宁省循环经济分析·····	韩瑞玲,佟连军,宋亚楠 (4732)
专论与综述	
土壤食物网中的真菌/细菌比率及测定方法·····	曹志平,李德鹏,韩雪梅 (4741)
生态社区评价指标体系研究进展·····	周传斌,戴欣,王如松,等 (4749)
问题讨论	
不同胁迫条件下化感与非化感水稻 PAL 多基因家族的差异表达·····	方长甸,王清水,余彦,等 (4760)
研究简报	
钦州湾大型底栖动物生态学研究·····	王迪,陈丕茂,马媛 (4768)
人工恢复黄河三角洲湿地土壤碳氮含量变化特征·····	董凯凯,王惠,杨丽原,等 (4778)
基于地统计学丰林自然保护区森林生物量估测及空间格局分析·····	刘晓梅,布仁仓,邓华卫,等 (4783)
晋西黄土区辽东栎、山杨树干液流比较研究·····	隋旭红,张建军,文万荣 (4791)
小兴安岭典型苔草和灌木沼泽 N ₂ O 排放及影响因子·····	石兰英,牟长城,田新民,等 (4799)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-08



封面图说:在长白山麓低海拔地区的晚秋季节,成片的白桦林用无数根白色的树干、树枝烘托着林冠上跳动的金黄色叶片,共生的柞木树冠用更浓重的颜色显示了它的存在,整个山梁层林尽染,秋意浓浓。

彩图提供:陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

朱国平, 吴强, 冯春雷, 许柳雄, 陈新军, 黄洪亮, 陈雪忠, 赵宪勇. 基于渔业调查的南极半岛北部水域南极磷虾种群年龄结构分析. 生态学报, 2011, 31(16): 4620-4627.

Zhu G P, Wu Q, Feng C L, Xu L X, Chen X J, Huang H L, Chen X Z, Zhao X Y. Population age structure of Antarctic krill *Euphausia superba* off the northern Antarctic Peninsula based on fishery survey. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(16): 4620-4627.

基于渔业调查的南极半岛北部水域 南极磷虾种群年龄结构分析

朱国平^{1,2}, 吴 强³, 冯春雷⁴, 许柳雄^{1,2,*}, 陈新军^{1,2}, 黄洪亮⁴, 陈雪忠⁴, 赵宪勇³

(1. 大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室, 上海海洋大学, 上海 201306; 2. 上海市高校大洋生物资源开发和利用重点实验室, 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306; 3. 中国水产科学研究院黄海水产研究所渔业资源室, 山东青岛 266071; 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开放实验室, 上海 200090)

摘要: 依据 2009—2010 年南极海洋生物资源开发与利用项目调查期间在南极半岛北部(南设得兰群岛和南奥克尼群岛)水域收集的南极磷虾样本, 应用 Bhattacharya 法分析了该水域南极磷虾的种群年龄结构。结果表明, 1 月份南极磷虾体长范围分布在 38.2—64.0mm, 2 月份体长范围分布在 33.2—59.0mm, 且 1 月份和 2 月份体长分布并不存在显著性差异(K-S 检验, $Z=1.061$, $P=0.211>0.05$); 种群内最多可能包含 5 个年龄组, 即 2⁺, 3⁺, 4⁺, 5⁺ 和 6⁺ 龄虾。年龄组成的区域变化较大, 2⁺ 龄虾仅在个别区域存在; 1 月份 5⁺ 龄在种群中所占比例显著高于其它年龄组(57.23%), 其次为 4⁺ 龄(23.42%), 而 2 月份 6⁺ 龄(53.29%) 所占比例也显著高于其它年龄组, 其次为 3⁺ 龄(25.85%)。

关键词: 南极磷虾; 种群年龄结构; 体长频度法

Population age structure of Antarctic krill *Euphausia superba* off the northern Antarctic Peninsula based on fishery survey

ZHU Guoping^{1,2}, WU Qiang³, FENG Chunlei⁴, XU Liuxiong^{1,2,*}, CHEN Xinjun^{1,2}, HUANG Hongliang⁴, CHEN Xuezhong⁴, ZHAO Xianyong³

1 The Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Shanghai Ocean University, Ministry of Education, Shanghai 201306, China

2 The Key Laboratory of Shanghai Education Commission for Oceanic Fisheries Resources Exploitation, College of Marine Science and Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 201306, China

3 Fisheries Resource Division, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Science, Qingdao, Shandong 266071, China

4 Key and Open Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries of Ministry of Agriculture, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Science, Shanghai 200090, China

Abstract: Antarctic krill, *Euphausia superba* Dana, is an important species in the Southern Ocean ecosystem. In the waters around South Orkney Islands, Antarctic krill contribute to a majority of the zooplankton biomass, forming a direct link between primary production and large top predators of the Antarctic. Thus, knowledge of the ecology and population dynamics of krill is fundamental to our understanding of the dynamics of the Southern Ocean ecosystem. The Antarctic krill is currently the major subject of biological research in the Antarctic. Despite considerable efforts to elucidate its life history and ecology, many questions are still un-answered.

基金项目: 国家“863”计划项目(2007AA092202); 教育部高等学校博士学科点专项科研基金新教师基金项目(20093104120005); 上海市重点学科建设项目(S30702); 南极海洋生物资源开发与利用项目(D-8003-09-0158)

收稿日期: 2010-08-12; **修订日期:** 2011-01-05

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lxxu@shou.edu.cn

As one of the most abundant living resources in the world, Antarctic krill has received increasing attention for its huge biomass, potential fishery resource and ecological roles in the Antarctic waters. Much of this attention has been focused on defining its longevity and growth characteristics, important parameters needed in the assessment and management of a fishery. However, the age of Antarctic krill has not been determined reliably, limiting our understanding of life history parameters that regulate the population dynamics of krill. Age structures of Antarctic krill sampled from the waters of the northern Antarctic Peninsula (South Shetland Islands and the South Orkney Islands) in austral summer of 2009/2010 were analyzed by the Bhattacharya method based on the length frequency data. The results showed that the standard length ranged from 38.2 to 64.0 mm in January and 33.2 to 59.0 mm in February, and there was no significant difference for the standard length distribution of Antarctic krill between January and February (K-S test, $Z = 1.061$, $P = 0.211 > 0.05$). Antarctic krill population might consist of as many as five age-groups from 2^+ , 3^+ , 4^+ , 5^+ and 6^+ . Great differences can be found for the age structure of samples collected at different stations, age group 2^+ only existed in the isolated area. The age-group 5^+ (57.23%) was dominant in the population and followed by age group 4^+ (23.42%) in January, the age-group 6^+ (53.29%) was significant higher than that of the other age groups and followed by 3^+ (25.85%).

The limited sampling duration in this study may, to some extent, make this study result inconclusive. Antarctic krill is an oceanic species, and continuous sampling on Antarctic krill samples throughout the year is difficult. In situ experiments on the growth and variation after over-wintering are also difficult. New methodology needs to be developed to improve our understanding of key life history process, such as growth, of Antarctic krill.

Key Words: Antarctic krill; population age structure; length-frequency method

南极磷虾通常是指南极大磷虾(*Euphausia superba* Dana, 1852), 隶属于节肢动物门(Arthropoda)、甲壳纲(Crustacea)、磷虾目(Euphausiacea)、磷虾科(Euphausiidae)、磷虾属(*Euphausia*), 个体最大体重达 2g。南极磷虾是南极磷虾种类中数量最多, 个体最大的种类, 是渔业的捕捞对象, 渔业捕捞的主要磷虾群体为体长介于 40—65mm 的较大成体, 最大密度分布在大西洋区, 特别是维德尔海、南奥克尼群岛北部的斯科舍海和南设得兰群岛周围以及南桑维奇群岛西部水域^[1]。

由于其生物量及其蛋白质含量巨大、渔业资源潜力较高以及在南极生态系中的特殊地位, 南极磷虾日益受到人们的关注^[2]。尽管近 30a 多来全球许多国家均投入了大量的人力和物力对其进行各个层次的研究, 但到目前为止仍无法全面而准确地了解其种群生物学, 包括年龄、生长及死亡等, 所以无法了解其资源动态^[3-6]。尽管相关的研究亟待开展, 但由于南大洋特别严酷的自然条件, 且考察研究耗资巨大, 现有有关南极磷虾生物学和资源等方面的知识仍有待完善^[4]。一些学者对南极磷虾的年龄结构进行了分析, 但结果不一^[7], 且目前尚未见到通过渔业调查分析南极磷虾年龄结构方面的报道。为此, 本研究尝试通过 FiSAT II 程序中的 Bhattacharya 法对南极磷虾种群年龄结构进行分析^[8], 国内首次以南极半岛北部水域南极磷虾种群为对象进行研究, 以期了解南设得兰群岛和南奥克尼群岛水域南极磷虾的种群年龄结构, 从而为进一步掌握该水域南极磷虾资源状况和种群变动提供参考资料。

1 材料与方法

1.1 调查海域和时间

所有样本均取自 2010 年 1 月 23 日—2 月 11 日在南极南设得兰群岛水域(40°—70°W, 59°—65°S)(图 1)调查的中国大型拖网渔船“安兴海”轮, 该船具体参数为: 总重 6394t, 净重 1918t, 全长 114.3m, 型深 11.4m, 主机功率 5147×2kW, 巡航速度 12kn, 制冷温度为 -32℃。取样工具为乌克兰制磷虾网, 系四片式单船中层拖网。

本次调查为渔业调查, 因此未专门设置调查站位。作业时, 按照 CCAMLR 要求, 记录起放网时间和位置、开始(结束)捕捞时间和位置、拖曳深度、拖速、起放网时的表温(SST)和海底深度等参数。共取样 20 个站点

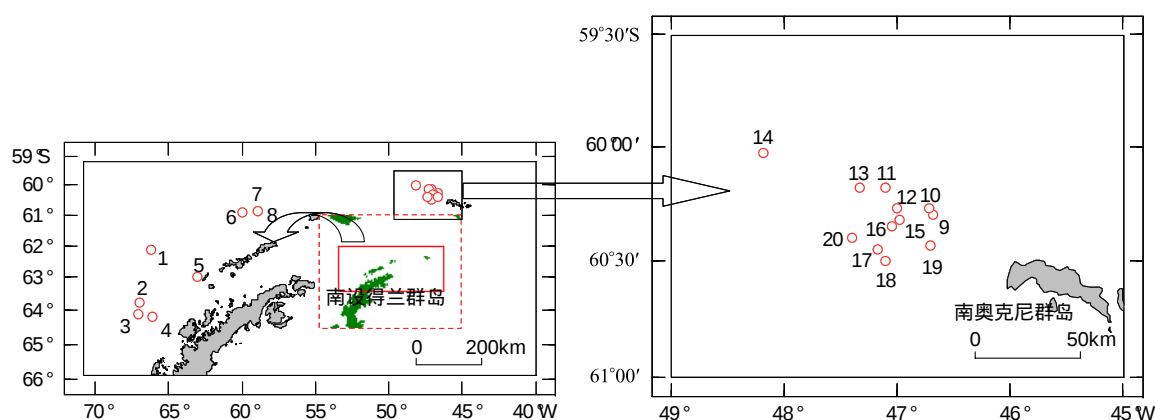


图1 站点位置(数字为站号)

Fig. 1 Station locations (the number signify station code)

南极磷虾样本,每站点随机取样 100 尾或 200 尾不等,共取样 3600 尾。

1.2 数据处理

Bhattacharya 法可以将几个混合正态体长频度分布分离开来,同时可以得到各组分的平均体长、种群规模(数量)及各组分标准差^[9-11]。利用 Bhattacharya 法,采用最大似然手段分离体长频度数据的正态分布组分,使估算结果更准确^[12-13]。

对于每一个样本,假设每个年龄组的体长频度分布呈正态分布,首先利用体长分布确定可能的年龄组。其次,对连续频度比率取自然对数($\ln[N_{i+1}/N_i]$)并对对应的体长频度组(L_i)上界做图,所形成的直线斜率应为负值。然后利用线性回归(式1)分析该直线:

$$\ln\left(\frac{N_{i+1}}{N_i}\right) = a_j + b_j \cdot L_i \quad (1)$$

式中, N_i 和 N_{i+1} 为第 j 个年龄组分的连续两个体长频次, L_i 为 N_i 的上界。第 j 个正态分布的平均值为:

$$\bar{L}_j = -\frac{a_j}{b_j} \quad (2)$$

其标准差(σ)为:

$$\sigma_j = (-\frac{\Delta L}{b_j})^{1/2} \quad (3)$$

式中, ΔL 为体长组距。

体长频度组分分离为一个迭代过程,其中每个已确定的组分将通过高斯函数(式4)从剩余组分中剔除:

$$N_{2i+1} = N_{i+1} - \left\{ \left(\frac{1}{s_j \sqrt{2\pi}} \right) \cdot e^{-\frac{(L_i - \bar{L}_j)^2}{2s_j^2}} \right\} \quad (4)$$

式中, N_{i+1} 为前一个频度组, N_{2i+1} 为新的频度组。

重复执行上述步骤,直到无正态分布可以确定为止。最后,利用最大似然法(NORMSEP)^[12, 14-15]改善 Bhattacharya 法获得的平均体长、种群规模和标准差数据。上述程序均利用 FiSAT II 软件计算^[8]。

利用双样本 Kolmogorov-Smirnov 检验(K-S 检验)分析不同月份体长分布是否存在显著性差异($P=0.05$)。

2 结果

2.1 体长分布

1 月份,南极磷虾体长范围分布在 38.2—64.0mm,平均体长为 52.4mm,其中优势体长分布在 50.0—59.0mm(74.6%)。2 月份,体长范围分布在 33.2—59.0mm,平均体长为 51.9mm,优势体长分别为 42.0—49.0mm(31.7%)和 55.0—59.0mm(40.6%)(图2)。双样本 K-S 检验分析得知,1 月份和 2 月份体长分布并

不存在显著性差异($Z=1.061, P=0.211>0.05$)。

2.2 年龄组成

从月份上来看,所调查的2个月差别较大,1月份并未发现有2⁺龄出现,主要为4⁺和5⁺龄为主,3⁺和6⁺龄相对较少;而2月份样本中主要以3⁺,4⁺和6⁺龄为主,2⁺龄仅在47°00',60°16'位置出现,5⁺龄的比例较少(图3)。1月份5⁺龄个体出现频率较高,而2月份6⁺龄个体出现频率较高,且所占比例也较大(表1,表2)。

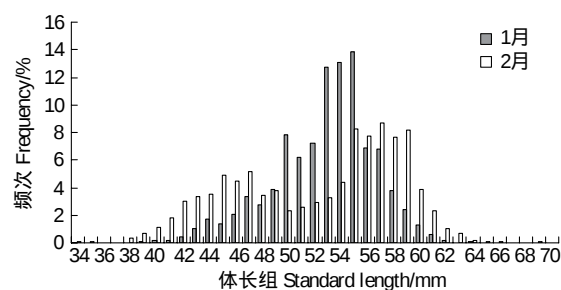


图2 各月南极磷虾体长频度分布

Fig. 2 Monthly length frequency distribution of *Euphausia superba*

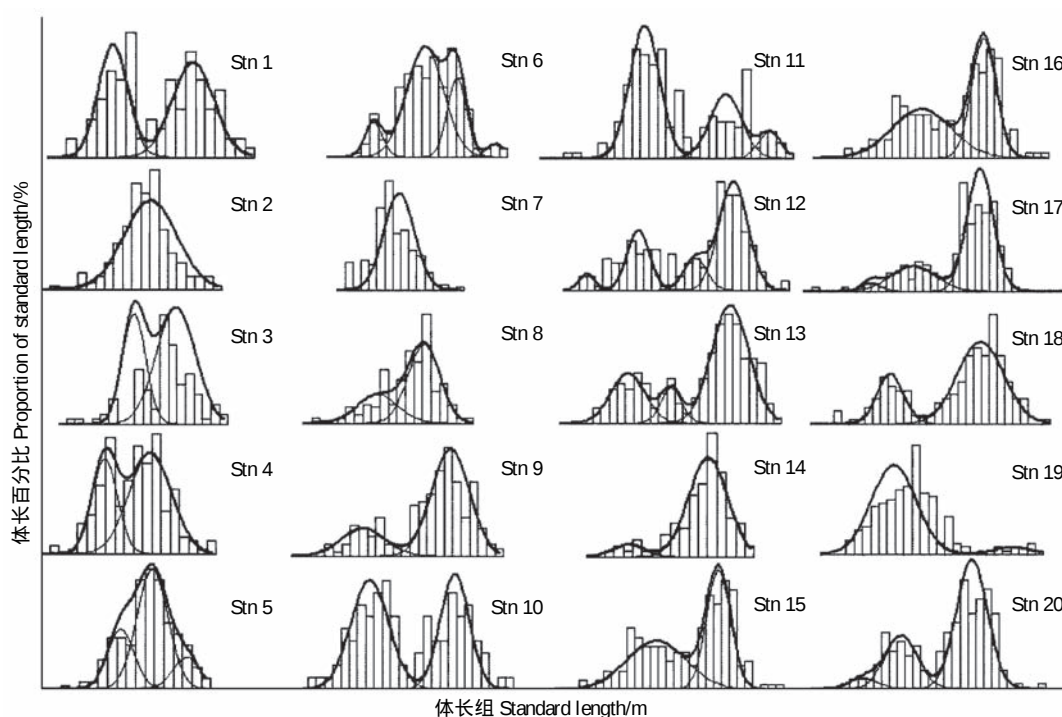


图3 利用 Bhattacharya 法获得的南极半岛北部水域南极磷虾种群 L/F 分布(字母“Stn”表示站位)

Fig. 3 L/F distribution of *Euphausia superba* population off the northern Antarctic Peninsula obtained by the Bhattacharya's method (Symbol “Stn” signify sampling location)

2.3 各年龄组在种群中的比例

由表3可知,各年龄组在种群中的比重因时而异,1月份5⁺龄在种群中所占比例最高(57.23%),显著高于其它年龄组,其次为4⁺龄(23.42%),而2月份6⁺龄(53.29%)所占比例也显著高于其它年龄组,其次为3⁺龄(25.85%)。总的来讲,各年龄组在种群中所占比例随年龄的增大而增长,即6⁺龄在种群中的比例最高(34.35%)。从各年龄组在种群中的累计比重来讲,低龄虾在整个种群中所占的比例相对较低。

3 讨论

确定南极磷虾的寿命,将有助于种群年龄组的划分:一旦弄清楚了磷虾的寿命,就会知道整个磷虾种群中应包括多少个年龄组,然后回过头来辨认体长频数分布图中出现的峰的数目。最早人们认为南极磷虾只能活2龄^[16],但一旦在实验室内对南极磷虾进行成功的培养之后,其寿命一下被延长到8龄以上^[17],其它根据野外调查资料和实验室培养所得出的南极磷虾寿命估计值介于二者之间。目前世界上还没有人确切知道南极磷虾在自然条件下到底能活几年,但人们普遍认为它们的寿命比较长。

表 1 基于 Bhattacharya 法的南极磷虾各年龄组相关参数
Table 1 The parameters of age structure for *Euphausia superba* based on Bhattacharya's method

站位 Stations	日期 Date	经度 (S) Longitude	纬度 (W) Latitude	2 ⁺			3 ⁺			4 ⁺			5 ⁺			6 ⁺			n
				L	S. D.	P	L	S. D.	P	L	S. D.	P	L	S. D.	P	L	S. D.	P	
1	1. 24	66°10'	62°09'	—	—	—	45.19	1.49	45.83	—	—	—	53.26	2.09	54.17	—	—	—	100
2	1. 24	66°59'	63°45'	—	—	—	—	—	—	—	—	—	54.57	2.93	100.00	—	—	—	200
3	1. 25	67°00'	64°07'	—	—	—	—	—	—	49.39	1.36	36.02	54.31	2.29	63.98	—	—	—	100
4	1. 25	66°03'	64°10'	—	—	—	—	—	—	49.39	1.36	36.02	54.31	2.29	63.98	—	—	—	200
5	1. 26	62°59'	62°58'	—	—	—	—	—	—	50.86	1.39	25.33	54.21	1.64	60.44	57.88	1.46	14.22	200
6	1. 27	60°57'	60°00'	—	—	—	43.96	1.00	9.43	49.89	2.12	63.21	53.56	1.10	23.58	58.08	1.03	3.77	200
7	1. 28	58°53'	60°53'	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	56.25	1.91	100.00	200
8	1. 28	58°55'	60°54'	—	—	—	—	—	—	49.21	2.40	31.86	54.66	1.88	68.14	—	—	—	200
9	1. 31	46°41'	60°18'	—	—	—	43.92	2.58	23.00	—	—	—	54.2	2.23	77.00	—	—	—	200
10	2. 01	46°43'	60°16'	—	—	—	45.00	2.30	55.32	—	—	—	55.32	1.76	44.68	—	—	—	100
11	2. 01	47°06'	60°11'	—	—	—	42.98	1.75	60.54	—	—	—	52.52	1.83	30.81	57.68	1.29	8.65	200
12	2. 02	47°00'	60°16'	38.50	0.95	4.81	44.82	1.38	24.60	51.83	1.39	13.37	—	—	—	56.53	1.77	57.22	200
13	2. 03	47°20'	60°11'	—	—	—	43.77	2.08	24.88	49.05	1.25	10.53	—	—	—	56.23	2.26	64.59	200
14	2. 05	48°11'	60°02'	—	—	—	—	—	—	49.00	1.67	8.91	—	—	—	57.57	2.09	91.09	100
15	2. 06	46°59'	60°19'	—	—	—	—	—	—	49.27	3.79	50.00	—	—	—	57.16	1.55	50.00	200
16	2. 07	47°03'	60°21'	—	—	—	—	—	—	48.61	3.97	19.19	—	—	—	58.27	2.57	80.81	200
17	2. 08	47°10'	60°27'	—	—	—	42.50	1.20	3.45	48.24	3.01	25.12	—	—	—	57.25	1.77	71.43	200
18	2. 09	47°06'	60°30'	—	—	—	45.78	1.69	25.51	—	—	—	—	—	—	57.44	2.96	74.49	200
19	2. 10	46°42'	60°26'	—	—	—	44.31	2.72	94.18	—	—	—	—	—	—	58.69	2.15	5.82	200
20	2. 11	47°24'	60°24'	—	—	—	42.17	1.70	4.93	47.05	2.05	28.57	—	—	—	56.02	1.97	66.50	200

L: 平均体长, mm; S. D.: 标准差, mm; P: 在种群中所占百分比; 2⁺—6⁺: 2 至 6 年龄组; n: 样本量; —: 无

表 2 不同海区南极磷虾的各龄平均体长

Table 2 Mean length-at-age data (TL in mm) for *Euphausia superba* in different regions

区域 Region	月份 Month	年龄组 Age group						来源 References
		0	1 ⁺	2 ⁺	3 ⁺	4 ⁺	5 ⁺	
南极半岛 Antarctic Peninsula	2—3	3.0—8.5	29.0—31.8	38.0—41.3	45.5—47.6	51.0—52.3	55.5—57.1	20
南极半岛 Antarctic Peninsula	3—4	8.0	30.0	39.4	44.5	50.0		21
南极半岛 Antarctic Peninsula	5/6	6.7	28.7	36.0	43.0	50.3	54.2	21
南极半岛 Antarctic Peninsula	10	12.7	30.5	40.0	46.0	—	—	21
维德尔海 Weddell Sea	1—3	1.0—2.0	20.8—25.2	39.2	44.5	50.1	—	21
维德尔海 Weddell Sea	10—11	26.4	39.3	44.8	—	—	—	21
印度洋 Indian Ocean	12—3	—	29.6—32.2	37.4—38.3	43.4—44.8	47.8—50.7	52.4—55.4	19
印度洋 Indian Ocean	12—2	1.2—7.3	19.0—30.8	34.2—40.9	41.2—48.8	51.0—54.9	—	27
印度洋 Indian Ocean	1—2	—	22.3—28.4	39.0—41.8	40.3—48.3	49.2—55.0	—	4
印度洋 Indian Ocean	3—4	—	25.7—30.6	32.8—40.7	40.3—48.3	49.2—55.0	—	28
印度洋 Indian Ocean	—	—	28.4	41.8	46.4	50.3	54.8	30

“—”表示无数据

表 3 南极半岛北部水域南极磷虾种群中各年龄组的比重/%

Table 3 Proportion of different age-group to the total population of *Euphausia superba* off the northern Antarctic Peninsula

月份 Month	年龄组 Age group				
	2 ⁺	3 ⁺	4 ⁺	5 ⁺	6 ⁺
1	0.00	6.31	23.42	57.23	13.03
2	0.46	25.85	15.35	5.05	53.29
合计 Total	0.24	16.66	19.15	29.60	34.35
累积 Cumulative proportion	0.24	16.91	36.05	65.65	100.00

体长频度法为估算南极磷虾年龄的传统方法,尽管体长频度法存在诸多不确定性,但该方法在磷虾年龄确定方面仍有较为广泛的应用。Ettershank 对之前有关体长频度法估算南极磷虾年龄方面的工作进行了总结,并注意到,尽管使用的方法相近,但不同的学者所得结果相差较大^[18]。由此,他认为“个体越大,年龄越大”的假设可能存在不足^[18]。Aseev 对传统的体长频度法进行了改进,首先利用频度分布混合统计方法对南极磷虾进行了成功的分析^[19]。Siegel^[20-22]则利用 Macdonald 和 Pitcher^[22]法对南极磷虾体长频度进行了分析。这些学者发现南极磷虾的寿命较之前一些学者^[23-25]得出的 2 龄要长^[26]。同时,其他研究也证实了南极磷虾有多年的寿命^[4, 27-28]。南极大陆周边水域的南极磷虾各龄体长较为相似。首先,高纬度地区(如维德尔海)南极磷虾个体要小于季节性冰区。其次,高纬度地区,南极磷虾可达 4 龄以上,而南极大西洋水域和部分印度洋水域的南极磷虾则至少生长到 5 龄以上^[21, 27]。Marr 首次注意到这其中的差异^[23],维德尔海幼虾个体与南极半岛和印度洋区较为类似。同时,印度洋区高龄组南极磷虾较少^[27-28],这其中的原因有可能是频次分布分析中的统计问题,也可能是缺少高龄组体长数据,因为高龄组在体长上的重叠程度较高,且丰度较低。同时,大磷虾在大西洋区和印度洋区生存条件不同也可能是原因之一^[29]。但 4 龄以上年龄组的平均体长变化较大^[27],而低龄组平均体长则相差不大,这也为下述结论提供了佐证,即至少在过去一些年内,5 龄组的南极磷虾被误认为是 4 龄组,尽管很可能还有更高龄组的南极磷虾存在于种群中。同时,由于体长频次分布存在过多的重叠,因此以目前的方法尚无法解决“南极磷虾是否存在 5 龄以上的个体?”这个问题,但 5 龄组个体的比例在种群中不足 1%^[4],因此种群中的更高龄组个体相对较少,或更高龄组个体对种群动力学参数估算的影响非常小。鲁北伟和王荣在这方面做了较为细致的工作,他们对频次混合分布进行了分离,结果较为明显地显示,当假定存在 5 龄组时,体长频次分布的拟合结果更为可信。这也证明了低龄组的各龄平均体长

较为稳定,而结果也较为稳健^[30]。王荣等也认为,相对较长的冬季和较短的夏季、较少的食物补充和较多的竞争者等这些较严酷的生存条件使得大磷虾在印度洋区较之大西洋区有着较高的自然死亡率,从而造成印度洋水域进入高龄的个体较少,种群组成上高龄组就很弱或消失^[29]。

本研究中得出南设得兰群岛和南奥克尼群岛水域南极磷虾的各龄平均体长分别为:38.5mm(2⁺龄),42.2—45.8mm(3⁺龄),4⁺龄(47.1—51.8mm),52.5—55.3mm(5⁺龄)和56.0—58.7mm(6⁺龄),这与Siegel^[21]在维德尔海调查所得结果较为一致(表2)。通过比较可知,南极印度洋水域南极磷虾各龄体长分布与大西洋水域有一定的差异,王荣等分析得到普里兹湾以北海域南极磷虾的各龄体长分布情况^[4],该研究各龄体长分布范围较本研究大,尤其是其3⁺龄体长分布范围达到了8mm(表2),不排除这其中还有一个年龄组未分辨出来的可能性。本研究的结果与Aseev所得结果较为一致^[19],与Siegel得到的南极半岛南极磷虾体长分布结果差异稍大^[20]。

目前生物学家们仍然使用拖网来进行磷虾取样,然后再对获取的样品进行体长频数分析。然而没有哪一种浮游生物网能够同时采到磷虾的幼体和成体,因为大的成体虾很容易避开小网眼的网,而大网眼的网又将失去小个体的虾。因此,要想对一个种群进行彻底取样,就必须使用不同的网具。而即使是使用了不同的网具,由于不同年龄虾群分布的独立性,也很难保证所获取的磷虾样品是来自同一个种群。一个大的磷虾群往往是由许多不同大小的小虾群组成,每个小虾群又往往是由某一特定大小或特定发育阶段的磷虾所组成^[31-32],只对一个大的虾群中的一个小虾群进行取样,难以反映整个虾群的种群结构情况;如果对其中的两个小虾群进行取样,那么所做出的结果既不是单个虾群的情况,也不能代表整个种群的情况。要想对一个磷虾种群进行比较切合实际的调查分析,有人估计至少需要拖10—23网才行^[33]。

本研究得出,南极磷虾在种群中所占的比例随着年龄的增加而增大,即高龄虾的比重较低龄虾高,其原因目前尚难以给出肯定的解释。但从已掌握的资料看,主要原因可能有两个:一个是低龄虾与高龄虾分布海区不同造成,高龄虾的分布偏向外海无冰区,低龄虾偏向冰区和冰缘区,本研究调查海域均在外海无冰区,从而造成样本中高龄虾的比重较大,在南极半岛地区和普里兹湾均曾发现过此类现象^[34-35];第二个可能的原因是本研究使用的商业性磷虾渔业拖网,其网孔较通常使用的科研调查用磷虾拖网大得多(20mm),不排除一部分低龄虾逃逸的可能。另外,有学者也表示,南极大西洋大陆架水域海流极为复杂,幼体通常分布在沿岸海域并伴有西向漂流,而虾卵和稚仔虾分布在外海并伴有东向漂流,成体南极磷虾主要分布在东南大西洋大陆架海域,而其高度聚集的原因尚不明确,但这也侧面证实了本研究中高龄虾比例较高的现象^[36]。

致谢:感谢大连远洋渔业有限公司“安兴海”轮船长及船员在采样过程中提供的协助。

References:

- [1] Huang H L, Chen X Z, Feng C L. Status of *Euphausia superba* resource exploration. Fishery Modernization, 2007, 34(1): 48-51.
- [2] Berman M S, McVey A L, Ettershank G. Age determination of Antarctic krill using fluorescence and image analysis of size. Polar Biology, 1989, 9(4): 267-271.
- [3] Sun S, Wang R. Aging the Antarctic krill. Antarctic Research, 1995, 7(2): 59-62.
- [4] Wang R, Lu B W, Li C L, Wang W Q, Ji P. Age-groups of Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) by distribution mixture analysis from length-frequency data. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1995, 26(6): 598-605.
- [5] Miller D G, Hampton I. Biology and ecology of the Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana): a review. BIOMASS Scientific Series, 1989, 9: 1-66.
- [6] Daly K L. Overwintering development, growth, and feeding of larval *Euphausia superba* in the Antarctic marginal ice zone. Limnology and Oceanography, 1990, 35(7): 1564-1576.
- [7] Ettershank G. A new approach to the problem of longevity in the Antarctic krill *Euphausia superba* Dana. Journal of Crustacean Biology, 1983, 4(Spec 1): 295-305.
- [8] Gayanilo F C Jr, Sparre P, Pauly D. DFAO-ICLARM stock assessment tools (FISAT) user's guide//FAO Computerized Information Series (Fisheries), No 8. Rome: FAO, 1994: 124-124.
- [9] Bhattacharya C G. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. Biometrics, 1967, 23(1): 115-135.
- [10] Pauly D, Caddy J F. A modification of Bhattacharya's method for the analysis of mixtures of normal distributions. FAO Fisheries Circular 781.

- Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations, 1985.
- [11] Sparre P, Ursin E, Venema S C. Introduction to tropical fish stock assessment. FAO Fisheries Technical Paper. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations, 1998, 306(1): 337-337.
- [12] Hasselblad V. Estimation of parameters for a mixture of normal distributions. *Technometrics*, 1966, 8(3): 431-444.
- [13] Loher T, Armstrong D A, Stevens B G. Growth of juvenile red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) in Bristol Bay (Alaska) elucidated from field sampling and analysis of trawl-survey data. *Fishery Bulletin*, 2001, 99: 572-587.
- [14] Abramson N J. Computer programmes for fish stock assessment//FAO Fisheries Technical Paper. Rome: FAO, 1971: 101-101.
- [15] Gayanilo F C Jr, Pauly D. FAO-ICLARM stock assessment tools (FISAT): reference manual//FAO Computerized Information Series (Fisheries), No 8. Rome: FAO, 1997: 262-262.
- [16] Mackintosh N A. Life Cycle of Antarctic Krill in Relation to Ice and Water Conditions. *Oceanography Discovery Reports*. Cambridge: Cambridge University Press, 1972, 36: 1-94.
- [17] Ikeda T, Dixon P, Kirkwood J M. Laboratory observations of moulting, growth and maturation in Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana). *Polar Biology*, 1985, 4(1): 1-8.
- [18] Ettershank G. Age structure and cyclical annual change in the Antarctic krill, *Euphausia superba* Dana. *Polar Biology*, 1983, 2(3): 189-193.
- [19] Aseev Y P. Size structure of krill populations and life span in the Indian Ocean Sector of the Antarctic. *Hydrobiology Journal*, 1984, 6: 89-94.
- [20] Siegel V. Structure and composition of the Antarctic krill stock in the Bransfield Strait (Antarctic Peninsula) during the Second International BIOMASS Experiment (SIBEX). *Archiv für Fischereiwiss.* Everson, 1986, 37: 51-72.
- [21] Siegel V. Age and growth of Antarctic Euphausiacea (Crustacea) under natural conditions. *Marine Biology*, 1987, 96(4): 483-495.
- [22] Macdonald P D M, Pitcher T J. Age-groups from size-frequency data: a versatile and efficient method of analyzing distribution mixtures. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1979, 36(8): 987-1001.
- [23] Marr J W S. The natural history and geography of the Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana). *Discovery Reports* 32. Cambridge: Cambridge University Press, 1962: 334-364.
- [24] Mauchline J, Fisher L R. The biology of euphausiids. *Advance in Marine Biology*, 1969, 7: 1-454.
- [25] Rudd J T. On the biology of the southern Euphausiidae. *Hvalradets Skrifter*, 1932, 2: 1-105.
- [26] Siegel V, Nicol S. Population parameters//Everson I, ed. *Krill: Biology, Ecology and Fisheries*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 2000: 103-149.
- [27] Hosie G W, Ikeda T, Stolp M. Distribution, abundance and population structure of the Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) in the Prydz Bay region, Antarctica. *Polar Biology*, 1988, 8(3): 213-224.
- [28] Pakhomov E A. Demographic studies of Antarctic krill (*Euphausia superba*) in the Cooperation and Cosmonaut Seas (Indian sector of the Southern Ocean). *Marine Ecology Progress Series*, 1995, 119: 45-61.
- [29] Wang R, Zhong X F, Sun S, Wang K, Liu M R, Li C L, Ji P. Population structure of the Antarctic krill in the Prydz Bay region, Indian Ocean sector of the Southern Ocean. *Chinese Journal of Polar Research*, 1993, 5(4): 1-11.
- [30] Lu B W, Wang R. Further study on distribution mixture analysis and its application to age-groups analysis of Antarctic krill (*Euphausia superba*). *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1996, 27(2): 179-186.
- [31] Nicol S. Population structure of daytime surface swarms of the euphausiid *Meganyctiphanes norvegica* in the Bay of Fundy. *Marine Ecology Progress Series*, 1984, 18: 241-251.
- [32] Watkins J L, Morris D J, Ricketts C, Priddle J. Differences between swarms of Antarctic krill and some implications for sampling krill populations. *Marine Biology*, 1986, 93(1): 137-146.
- [33] Nicol S. The age-old problem of krill longevity. *BioScience*, 1990, 40(11): 833-36.
- [34] Wang R, Chen S H. Population structure of Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) in the waters north and west of Antarctic Peninsula. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 1990, 8(2): 101-108.
- [35] Wang R, Zhang Y B, Zhong X F, Sun S, Liu M R. Sexual maturity stages and spawning of Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) in the Prydz Bay region. *Antarctic Research*, 1993, 5(4): 12-21
- [36] Hofmann E, Murphy E J. Advection, krill, and Antarctic marine ecosystems. *Antarctic Science*, 2004, 16(4): 487-499.

参考文献:

- [1] 黄洪亮, 陈雪忠, 冯春雷. 南极磷虾资源开发现状分析. *渔业现代化*, 2007, 1: 48-51.
- [3] 孙松, 王荣. 南极磷虾年龄鉴定研究简述. *极地研究*, 1995, 7(2): 59-62.
- [4] 王荣, 鲁北伟, 李超伦, 王文琪, 吉鹏. 南极磷虾年龄组成的体长频数分布混合分析. *海洋与湖沼*, 1995, 26(6): 598-605.
- [29] 王荣, 仲学锋, 孙松, 王克, 柳满然, 李超伦, 吉鹏. 普里兹湾邻近海域大磷虾的种群结构研究. *南极研究*, 1993, 5(4): 1-11.
- [30] 鲁北伟, 王荣. 分布混合分析的深入研究及其在南极磷虾种群结构中的应用. *海洋与湖沼*, 1996, 27(2): 179-186.
- [35] 王荣, 张云波, 仲学锋, 孙松, 柳满然. 普里兹湾邻近海域大磷虾 (*Euphausia superba* Dana) 的生殖特点研究. *南极研究*, 1993, 5(4): 12-21.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.31 ,No. 16 August ,2011 (Semimonthly)

CONTENTS

A comparative study on the diversity of rhizospheric bacteria community structure in constructed wetland and natural wetland with reed domination	WANG Zhongqiong, WANG Weidong, ZHU Guibing, et al (4489)
Light response of photosynthesis and its simulation in leaves of <i>Prunus sibirica</i> L. under different soil water conditions	LANG Ying, ZHANG Guangcan, ZHANG Zhengkun, et al (4499)
Effects of colour shading on the yield and main biochemical components of summer-autumn tea and spring tea in a hilly tea field	QIN Zhimin, FU Xiaoqing, XIAO Runlin, et al (4509)
Effects of cadmium on the contents of phytohormones, photosynthetic performance and fluorescent characteristics in tobacco leaves	WU Kun, WU Zhonghong, TAI Fujun, et al (4517)
Comparative physiological responses of cadmium stress on <i>Enteromorpha clathrata</i> and <i>Enteromorpha linza</i>	JIANG Heping, ZHENG Qingsong, ZHU Ming, et al (4525)
Effects of salt stress on glucosinolate contents in <i>Arabidopsis thaliana</i> and <i>Thellungiella halophila</i> rosette leaves	PANG Qiuying, CHEN Sixue, YU Tao, et al (4534)
Effects of long-term double-rice and green manure rotation on rice yield and soil organic matter in paddy field	GAO Jusheng, CAO Weidong, LI Dongchu, et al (4542)
Nitrogen balance in the farmland system based on water balance in Hetao irrigation district, Inner Mongolia	DU Jun, YANG Peiling, LI Yunkai, et al (4549)
Seed characteristics and seedling growth of <i>Spartina alterniflora</i> on coastal wetland of North Jiangsu	XU Weiwei, WANG Guoxiang, LIU Jin'e, et al (4560)
Assessment of non-point source pollution export from Zigui county in the Three Gorges Reservoir area using the AnnAGNPS model	TIAN Yaowu, HUANG Zhilin, XIAO Wenfa (4568)
Effects of Cadmium pollution on oxidative stress and metallothionein content in <i>Pirata subpiraticus</i> (Araneae: Lycosidae) in different habitats	ZHANG Zhengtian, PANG Zhenling, XIA Min, et al (4579)
The distribution of size-fractionated chlorophyll a in the Indian Ocean South Equatorial Current	ZHOU Yadong, WANG Chunsheng, WANG Xiaogu, et al (4586)
Change of waterbird community structure after the intertidal mudflat reclamation in the Yangtze River Mouth: a case study of NanHui Dongtan area	ZHANG Bin, YUAN Xiao, PEI Enle, et al (4599)
Application of fish assemblage integrity index (FAII) in the environment quality assessment of surf zone of Yangtze River estuary	MAO Chengze, ZHONG Junsheng, JIANG Rijin, et al (4609)
Population age structure of Antarctic krill <i>Euphausia superba</i> off the northern Antarctic Peninsula based on fishery survey	ZHU Guoping, WU Qiang, FENG Chunlei, et al (4620)
Validation and adaptability evaluation of rice growth model ORYZA2000 in double cropping rice area of Hunan Province	MO Zhihong, FENG Liping, ZOU Haiping, et al (4628)
Coupled energy and carbon balance analysis under dryland tillage systems	WANG Xiaobin, WANG Yan, DAI Kuai, et al (4638)
The nitrate-nitrogen leaching amount in paddy winter-spring fallow period	WANG Yongsheng, YANG Shiqi (4653)
The sources of organic carbon and nitrogen in sediment of Taihu Lake	NI Zhaoxui, LI Yuejin, WANG Shengrui, et al (4661)
Effect of partial solar eclipse on airborne culturable bacterial community in Urumqi	MA Jing, SUN Jian, ZHANG Tao, et al (4671)
Comparative study on density related intra- and inter-specific effects in <i>Laodelphax striatellus</i> (Fallen) and <i>Nilaparvata lugens</i> (Stål)	LÜ Jin, CAO Tingting, WANG Liping, et al (4680)
Behavior rhythm and seasonal variation of time budget of sun bear (<i>Helarctos malayanus</i>) in captivity	LAN Cunzi, LIU Zhensheng, WANG Aishan, et al (4689)
Disturbance regimes and gaps characteristics of the desert riparian forest at the middle reaches of Tarim River	HAN Lu, WANG Haizhen, CHEN Jiali, et al (4699)
Death causes and conservation strategies of the annual regenerated seedlings of rare plant, <i>Bretschneidera sinensis</i>	QIAO Qi, QIN Xinsong, XING Fuwu, et al (4709)
Effects of municipal compost extracted complex microbial communities on physio-ecological characteristics of turfgrass under drought stress	DUO Lian, WANG Jingjing, ZHAO Shulan (4717)
Spatiotemporal relationship of leaf area index simulated by CLM3.0-DGVM and climatic factors	SHAO Pu, ZENG Xiaodong (4725)
Analysis of circular economy of Liaoning Province based on eco-efficiency	HAN Ruiling, TONG Lianjun, SONG Yanan (4732)
Review and Monograph	
The fungal to bacterial ratio in soil food webs, and its measurement	CAO Zhiping, LI Depeng, HAN Xuemei (4741)
Indicators for evaluating sustainable communities: a review	ZHOU Chuanbin, DAI Xin, WANG Rusong, et al (4749)
Discussion	
Differential expression of <i>PAL</i> multigene family in allelopathic rice and its counterpart exposed to stressful conditions	FANG Changxun, WANG Qingshui, YU Yan, et al (4760)
Scientific Note	
Ecology study on the benthic animals of QinZhou Bay	WANG Di, CHEN Pimao, MA Yuan (4768)
Change characteristics of soil carbon and nitrogen contents in the Yellow River Delta soil after artificial restoration	DONG Kaikai, WANG Hui, YANG Liyuan, et al (4778)
Estimation and spatial pattern analysis of forest biomass in Fenglin Nature Reserve based on Geostatistics	LIU Xiaomei, BU Rencang, DENG Huawei, et al (4783)
Study on sap flow in forest of <i>Quercus liaotungensis</i> and <i>Populus davidiana</i> by using the TDP method	SUI Xuhong, ZHANG Jianjun, WEN Wanrong (4791)
N ₂ O Emission and its driving factors from typical marsh and shrub swamp in Xiaoxing'an Mountains, Northeast China	SHI Lanying, MU Changcheng, TIAN Xinmin, et al (4799)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 16 期 (2011 年 8 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 16 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元