

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 20 期 Vol.33 No.20 **2013**

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 33 卷 第 20 期 2013 年 10 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 中小尺度下西北太平洋柔鱼资源丰度的空间变异..... 杨铭霞,陈新军,冯永玖,等 (6427)
- 水分和温度对若尔盖湿地和草甸土壤碳矿化的影响..... 王 丹,吕瑜良,徐 丽,等 (6436)
- 荒漠啮齿动物群落对开垦干扰的响应及其种群生态对策..... 袁 帅,付和平,武晓东,等 (6444)
- 转 Bt 基因棉花对烟粉虱天敌昆虫龟纹瓢虫的影响 周福才,顾爱祥,杨益众,等 (6455)
- 微地形改造的生态环境效应研究进展..... 卫 伟,余 韵,贾福岩,等 (6462)

个体与基础生态

- 丹顶鹤春迁期觅食栖息地多尺度选择——以双台河口保护区为例..... 吴庆明,邹红菲,金洪阳,等 (6470)
- 新疆石河子南山地区表土花粉研究..... 张 卉,张 芸,杨振京,等 (6478)
- 鄱阳湖湿地两种优势植物叶片 C、N、P 动态特征 郑艳明,尧 波,吴 琴,等 (6488)
- 基于高分辨率遥感影像的森林地上生物量估算..... 黄金龙,居为民,郑 光,等 (6497)
- 异质性光照下匍匐茎草本狗牙根克隆整合的耗益..... 陶应时,洪胜春,廖咏梅,等 (6509)
- 湘潭锰矿废弃地栎树人工林微量元素生物循环..... 罗赵慧,田大伦,田红灯,等 (6517)
- 接种彩色豆马勃对模拟酸沉降下马尾松幼苗生物量的影响 陈 展,王 琳,尚 鹤 (6526)
- 生物炭对不同土壤化学性质、小麦和糜子产量的影响 陈心想,何绪生,耿增超,等 (6534)
- 延河流域植物功能性状变异来源分析 张 莉,温仲明,苗连朋 (6543)
- 榆紫叶甲赤眼蜂基础生物学特性及其实验种群生命表..... 王秀梅,臧连生,林宝庆,等 (6553)
- 几种生态因子对拟目乌贼胚胎发育的影响 彭瑞冰,蒋霞敏,于曙光,等 (6560)

种群、群落和生态系统

- 海南铜鼓岭灌木林稀疏规律..... 周 威,龙 成,杨小波,等 (6569)
- 青海三江源区果洛藏族自治州草地退化成因分析..... 赵志平,吴晓蕾,李 果,等 (6577)
- 模拟氮沉降对华西雨屏区苦竹林凋落物基质质量的影响..... 肖银龙,涂利华,胡庭兴,等 (6587)
- 基于光合色素的钦州湾平水期浮游植物群落结构研究 蓝文陆,黎明民,李天深 (6595)
- 基于功能性状的常绿阔叶植物防火性能评价..... 李修鹏,杨晓东,余树全,等 (6604)
- 北京西山地区大山雀与其它鸟类种群间联结分析..... 董大颖,范宗骥,李扎西姐,等 (6614)
- 被动式电子标签用于花鼠种群动态研究的可行性 杨 慧,马建章,戎 可 (6634)

景观、区域和全球生态

- 华北冬小麦降水亏缺变化特征及气候影响因素分析..... 刘 勤,梅旭荣,严昌荣,等 (6643)
- 基于 FAHP-TOPSIS 法的我国省域低碳发展水平评价 胡林林,贾俊松,毛端谦,等 (6652)
- 河漫滩湿地生态阈值——以二卡自然保护区为例..... 胡春明,刘 平,张利田,等 (6662)
- 应用 Le Bissonnais 法研究黄土丘陵区植被类型对土壤团聚体稳定性的影响 刘 雷,安韶山,黄华伟 (6670)
- 不同人为干扰下纳帕海湖滨湿地植被及土壤退化特征..... 唐明艳,杨永兴 (6681)

资源与产业生态

近 10 年北京极端高温天气条件下的地表温度变化及其对城市化的响应 李晓萌,孙永华,孟 丹,等 (6694)

三峡库区小江库湾鱼类食物网的稳定 C、N 同位素分析 李 斌,徐丹丹,王志坚,等 (6704)

研究简报

北京奥林匹克森林公园绿地碳交换动态及其环境控制因子..... 陈文婧,李春义,何桂梅,等 (6712)

植被恢复对洪雅县近 15 年景观格局的影响 王 鹏,李贤伟,赵安玖,等 (6721)

高盐下条斑紫菜光合特性和 S-腺苷甲硫氨酸合成酶基因表达的变化 ... 周向红,易乐飞,徐军田,等 (6730)

学术信息与动态

生态系统服务研究进展——2013 年第 11 届国际生态学大会 (INTECOL Congress) 会议述评 房学宁,赵文武 (6736)

生态系统服务评估——2013 年第 6 届生态系统服务伙伴国际学术年会述评 巩 杰,岳天祥 (6741)

回顾过去,引领未来——2013 年第 5 届国际生态恢复学会大会 (SER 2013) 简介..... 彭少麟,陈宝明,周 婷 (6744)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 320 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 33 * 2013-10



封面图说: 荒漠旱獭——旱獭属啮齿目、松鼠科、旱獭属,是松鼠科中体型最大的一种。旱獭多栖息于平原、山地和荒漠草原地带,集群穴居,挖掘能力甚强,洞道深而复杂,多挖在岩石坡和沟谷灌丛下,从洞中推出的大量沙石堆在洞口附近,形成旱獭丘。荒漠啮齿动物是荒漠生态系统的重要成分,农业开垦对功能相对脆弱的荒漠生态系统的干扰极大,往往导致栖息地破碎化,对动植物种产生强烈影响,啮齿动物受到开垦干扰后对环境的响应及其群落的生态对策,是荒漠生态系统生物多样性及其功能维持稳定的重要基础。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@ 163.com

DOI: 10.5846/stxb201302050243

杨铭霞, 陈新军, 冯永玖, 官文江. 中小尺度下西北太平洋柔鱼资源丰度的空间变异. 生态学报, 2013, 33(20): 6427-6435.

Yang M X, Chen X J, Feng Y J, Guan W J. Spatial variability of small and medium scales' resource abundance of *Ommastrephes bartramii* in Northwest Pacific. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(20): 6427-6435.

中小尺度下西北太平洋柔鱼资源丰度的空间变异

杨铭霞¹, 陈新军^{1,2,3,*}, 冯永玖^{1,2,3}, 官文江^{1,2,3}

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306; 2. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306;

3. 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)

摘要: 西北太平洋柔鱼是我国最重要的远洋捕捞对象之一, 掌握其资源分布在空间上的分布特征将可为资源的可持续开发和利用提供基础。采用 2011 年 8—10 月我国在北太平洋 150°—160°E、38°—48°N 海域的柔鱼生产统计数据, 以单船日产量 (CPUE) 为资源丰度指标, 分经纬度 10'×10'、20'×20'、30'×30'、40'×40'、50'×50'、60'×60' 和 70'×70' 等 7 个尺度, 利用地统计学方法对柔鱼资源丰度的空间分布特征进行了分析, 探讨柔鱼资源丰度的空间变异特性。结果显示, 8—10 月柔鱼资源丰度均以指数模型拟合产生的空间自相关异质性程度最好; 小尺度下 (10'×10'、20'×20'、30'×30') 柔鱼资源丰度空间结构表现出中等水平及其以上的空间自相关变异程度, 中尺度下 (40'×40'、50'×50'、60'×60' 和 70'×70') 则相对较低, 基本上为弱空间自相关变异程度; 柔鱼资源丰度空间结构显示有各向异性, 8 月和 9 月的方向角分别为西北-东南走向和东北-西南走向, 10 月受柔鱼性成熟开始南向洄游以及海洋环境的影响, 其方向角变化较大。研究认为, CPUE 空间变异的研究应以小尺度为适宜, 其中 30'×30' 最为稳定。

关键词: 西北太平洋; 柔鱼; 资源丰度; 尺度; 地统计学

Spatial variability of small and medium scales' resource abundance of *Ommastrephes bartramii* in Northwest Pacific

YANG Mingxia¹, CHEN Xinjun^{1,2,3,*}, FENG Yongjiu^{1,2,3}, GUAN Wenjiang^{1,2,3}

1 College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

2 National Distant-water Fisheries Engineering Research Center, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

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

Abstract: *Ommastrephes bartramii* is one of the most important fishing targets in the Chinese distant-water fishery. Understanding the spatial distribution characteristics of marine resource will provide a basis for sustainable exploiting and utilizing of resources. In this paper, the production data of *Ommastrephes bartramii* in the waters of 150°—160°E and 38°—48°N in the North Pacific from August to October in 2011 was used and the capture by one fishing vessel per day (CPUE) is considered as the abundance index. the geostatistics methods were used to analyze the spatial distribution characteristics of CPUE and to explore the spatial variability of abundance index of *Ommastrephes bartramii* under the seven spatial scales, i. e. latitudes and longitudes for 10'×10', 20'×20', 30'×30', 40'×40', 50'×50', 60'×60' and 70'×70. The results show that the best spatial autocorrelation degree of heterogeneity on CPUE is described by the exponential model during August to October. Under the small spatial scales (10'×10', 20'×20' and 30'×30' latitudes and longitudes), the spatial

基金项目: 国家自然科学基金项目 (NSFC41276156); 国家 863 计划项目 (2012AA092303); 国家科技支撑计划项目 (2013BAD13B01); 国家发改委产业化专项项目 (2159999); 上海市科技创新行动计划资助 (12231203900)

收稿日期: 2013-02-05; **修订日期:** 2013-07-08

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

autocorrelation heterogeneity shows the middle level and above, while under the medium scales ($40' \times 40'$, $50' \times 50'$, $60' \times 60'$ and $70' \times 70'$ latitudes and longitudes), the spatial autocorrelation heterogeneity shows the low level. The spatial structure of *O. bartramii* shows anisotropic, the monthly angle directions during August to September are northwest-southeast and northeast-southwest respectively, while it has great change of angle direction in October which may be affected by the marine environment and the beginning of southwards-migration of *Ommastrephes bartramii* owing to maturation. It is concluded that the suitable scales for studying the spatial heterogeneity of CPUE are small scales and $30' \times 30'$ shows the most stable one.

Key Words: north-west Pacific Ocean; *Ommastrephes bartramii*; resource abundance; scale; geostatistics

柔鱼 (*Ommastrephes bartramii*) 是西北太平洋海域重要经济头足类种类之一, 目前主要由中国 (包括台湾省)、日本等国家和地区所开发利用。传统鱿钓作业渔场主要分布在 150°E — 160°E 、 38°N — 48°N 海域, 渔汛时间为 6—12 月, 盛渔期为 8—10 月^[1]。柔鱼渔场形成受到西北太平洋黑潮和亲潮的影响, 因此其资源丰度的时空分布应受到一年四季周期性变化的海洋环境的影响。海洋动物分布在某种特定的空间或时间上, 它们具有高度的空间和时间异质性^[2]。生物的资源丰度变化及其空间异质性是景观生态学研究的核心问题^[3-4], 通常以地统计学中变异函数为手段, 研究那些在空间分布上既具有结构性又有随机性, 或有空间相关和依赖性的自然现象^[5-7], 这一方法已在海洋渔业领域得到了较为广泛的应用^[8-14], 但是多数海洋生物资源丰度的研究中, 其空间分辨率多以经纬度 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 或 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 为基础的生产统计数据进行分析。由于不同种类其栖息环境不一样, 影响资源分布的海洋环境因子也有显著差异, 比如在西北太平洋海域, 由于黑潮和亲潮 2 支海流的激烈交汇, 使得表层水温等温线高度密集且弯曲; 而在 170°E 以东海域的北太平洋, 由于只有受到黑潮续流的北太平洋海流影响, 其表层水温等温线基本上与纬度平行^[1], 因此, 在传统鱿钓作业渔场 (150°E — 160°E 、 38°N — 48°N) 中, 用于柔鱼资源丰度研究的最适空间分辨率是多少, 目前未见有研究的报道。为此, 本文应用地统计学方法对中小尺度下西北太平洋柔鱼资源丰度空间变异情况进行分析, 探讨获得最佳的空间尺度, 同时结合柔鱼洄游分布以及海流对柔鱼资源丰度分布的影响, 进一步阐明其机理, 为西北太平洋柔鱼资源的生产统计和科学管理提供参考。

1 材料和方法

1.1 研究数据

本研究采用 2011 年 8—10 月我国鱿钓船在西北太平洋海域生产的统计数据, 包括作业时间、经度、纬度、单船产量等。单位捕捞努力量渔获量 (CPUE) 为一艘船一天的产量, 并作为资源丰度的指标。以传统鱿钓作业渔场 (150°E — 160°E 、 38°N — 48°N 海域) 作为研究对象, 对各月 CPUE 数据进行 7 个空间尺度的划分, 分别为经纬度 $10' \times 10'$ 、 $20' \times 20'$ 、 $30' \times 30'$ 、 $40' \times 40'$ 、 $50' \times 50'$ 、 $60' \times 60'$ 、 $70' \times 70'$ 。将经纬度 $10' \times 10'$ 、 $20' \times 20'$ 、 $30' \times 30'$ 定义为小尺度, 将 $40' \times 40'$ 、 $50' \times 50'$ 、 $60' \times 60'$ 、 $70' \times 70'$ 定义为中尺度。

1.2 研究方法

1.2.1 K-S 检验法

校验数据的正态分布性是使用地统计学和 Kriging 方法进行空间分析的前提^[1]。为此, 本文采用 K-S (Kolmogorov-Smirnov) 检验法, 并运用 SPSS17.0 统计软件对各月各尺度 CPUE 单一样本进行正态分布检验。对某些尺度下 CPUE 不符合正态分布的数据, 对其进行 Box-Cox 转换, 以便达到地统计学分析的要求。单样本 K-S 检验方法如下:

假设 H_0 为样本所来自的总体分布服从正态分布, H_1 所来自的总体分布不服从正态分布。 $F_0(x)$ 表示理论分布的分布函数, $F_n(x)$ 表示一组随机样本的累计频率函数。设 D 为 $F_0(x)$ 与 $F_n(x)$ 差距的最大值, 定义:

$$D = \max |F_n(x) - F_0(x)|$$

标准显著性水平 α 设置为 0.05,若显著性概率 $P(\text{Sig. (2-tailed)}) > 0.05$,表明接受假设 H_0 ,样本服从正态分布,反之则不服从。

1.2.1 地统计方法

借助 ArcGis9.0 地统计模块中 Kriging 方法对数据进行分析。Kriging 插值是目前地统计学中应用最为广泛的内插方法,该方法能最大限度地利用各种信息对区域化变量做出线性无偏最优估计^[2]。其基本原理和计算方法见文献^[2-5]。通过地统计方法对西北太平洋柔鱼 CPUE 数据进行分析,建立变异函数理论模型(主要为球状模型、指数模型和高斯模型),并通过地统计学中用来描述研究对象空间分布结构的主要参数块金值、基台值、偏基台值、变程和结构比等参数来分析柔鱼资源丰度的空间变异规律。Kriging 算法可表示为:

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i)$$

式中, Z_0 为采样区域内任意一点的特征值估值结果; λ_i 为通过半方差函数分析得到的样本点 x_i 特征值的权重。

主要参数表达的意义为:1)块金值,用 C_0 表达,表示随机变异引起的空间异质性程度;2)偏基台值,用 C 表达,表示变量由自身结构性引起的空间异质性程度;3)基台值,用 C_0+C 表达,表示区域化变量的最大变异,是半变异函数达到的极限值,即表示总空间异质性程度;4)变程,用 A 表达,反映了变量空间自相关范围的大小,它与观测尺度以及在取样尺度上影响柔鱼资源丰度的各种生态过程相互作用有关^[15];5)变异值,用 $C/(C_0+C)$ 来表达,反映的是自相关部分的空间异质性占总空间异质性的程度,一般认为,其值若 $<25\%$ 时,表示变量的空间自相关较弱;其值 $>25\%$ 且 $<75\%$ 时,表示变量的空间自相关性处于中等;其值 $>75\%$ 时,则表示变量有很强的空间自相关性^[2]。

2 结果

2.1 CPUE 数据描述性统计与正态分布检验

数据统计显示,总体平均 CPUE 为 2t/d 左右,最高 CPUE 为 5t/d。在 7 个不同的尺度下分别统计 CPUE 最小值、最大值和均值,发现它们都有所差异,其中每一尺度的最小值基本呈现出随空间尺度变大而逐渐递增的趋势(表 1)。

K-S 检验表明(表 1),除 8 月在 $10' \times 10'$ 、 $40' \times 40'$ 和 $50' \times 50'$ 这 3 个尺度下不符合检验条件外,其他数据均达到了地统计分析的要求。因此,对 8 月这 3 个尺度的 CPUE 数据进行对数、平方根、反正弦平方根、倒数及 Box-Cox 等方法的转换(表 2),结果发现平方根、反正弦平方根和 Box-Cox 转换后均达到了地统计分析的要求。为了与 ArcGIS9.3 的地统计模块匹配,拟采用 Box-Cox 转换方法获得的数据(表 2)。计算得知,以上 3 个尺度下 Box-Cox 转换的 λ 值分别为 0.687,0.612 和 0.541。

2.2 CPUE 时空变异特征

(1) 变异程度比较

由图 1 可知,8—10 月各月 CPUE 空间变异程度均存在较大的差异。在各向同性条件下(图 1),在球状模型、指数模型和高斯模型 3 种理论模型中,总体上看以指数模型下的 CPUE 空间自相关异质性程度较强,球状模型次之,高斯模型最弱。8 月 CPUE 的空间自相关性在小尺度情况下,其变异值基本稳定;在中尺度情况下,其变异值随尺度的增加而减少,在尺度 $60' \times 60'$ 时,其变异值几乎下降到 0,CPUE 的空间自相关较弱;但是,尺度 $70' \times 70'$ 时出现一个异常的变异值,为各尺度变异值的最高,达到中等及其以上的空间自相关程度。分析发现,指数模型的空间自相关程度为最高,其变异值在不同尺度下都是最高。9 月和 10 月 3 个模型 CPUE 空间自相关程度均为中等(变异值为 $25\%—75\%$ 间)的出现在尺度 $30' \times 30'$ 时,而在小尺度的其它尺度下,3 个模型的变异值变化不一,均表现为弱空间自相关和中等空间自相关。9 月和 10 月在空间尺度 $50' \times 50'$ 、 $60' \times 60'$ 、 $70' \times 70'$ 情况下,其变异值均在 10%以下,表现为弱的弱空间自相关程度。

表 1 不同空间尺度下的统计量及 K-S 检验值

Table 1 The statistics data under different spatial scale and the K-S test value

空间尺度(经纬度) Spatial Scale(latitude and longitude)	月份 Month	样本数量 Number of sampling	最小值 Min	最大值 Max	均值 Mean	标准差 Std.	P
10'×10'	8	295	0.05	4.87	1.959	1.092	0.034
	9	201	0.05	5.00	2.431	1.134	0.256
	10	266	0.02	5.00	1.597	0.969	0.179
20'×20'	8	140	0.05	4.80	2.109	1.189	0.063
	9	86	0.16	5.00	2.596	1.073	0.825
	10	109	0.02	4.59	1.561	0.802	0.411
30'×30'	8	118	0.05	4.80	2.093	1.161	0.216
	9	78	0.16	5.00	2.616	1.060	0.432
	10	94	0.02	4.59	1.585	0.897	0.151
40'×40'	8	97	0.05	4.90	2.169	1.233	0.027
	9	59	0.16	5.00	2.637	0.981	0.850
	10	74	0.09	4.59	1.574	0.789	0.377
50'×50'	8	69	0.06	4.92	2.281	1.157	0.041
	9	49	0.16	4.94	2.437	1.070	0.759
	10	53	0.12	3.35	1.564	0.674	0.476
60'×60'	8	55	0.11	4.90	2.397	1.172	0.275
	9	35	1.25	4.94	2.621	0.925	0.982
	10	44	0.20	3.35	1.588	0.670	0.854
70'×70'	8	46	0.94	4.59	2.489	0.976	0.290
	9	32	0.88	5.00	2.705	0.927	0.894
	10	36	0.20	3.35	1.683	0.710	0.832

表 2 数据转换后的 K-S 检验值

Table 2 K-S test value after data conversion

空间尺度(经纬度) Spatial Scale(latitude and longitude)	月份 Month	样品 Sample	渐近显著性 P				Box-Cox
			对数 log	平方根 S. R.	反正弦平方根 Arcsine S.R.	倒数 Reciprocal	
10'×10'	8	295	0.001	0.485	0.490	0.000	0.613
40'×40'	8	97	0.011	0.450	0.433	0.000	0.354
50'×50'	8	69	0.222	0.312	0.301	0.000	0.383

在各向异性条件下(图 1),8—10 月 3 种模型的总体空间自相关程度变化趋势与各向同性基本一致。8 月小尺度下 3 种模型 CPUE 空间自相关程度均在中等及其以上,其中指数模型在尺度 20'×20'下出现了强的空间自相关性,而在中尺度下,3 个模型在 40'×40'和 70'×70'尺度下,CPUE 空间自相关程度均在中等及其以上,而其它 2 个尺度 CPUE 基本上表现为弱空间自相关程度。9 月小尺度下,高斯模型的 CPUE 变异值基本上在 25%左右,表现为弱的空间自相关性,球状模型和指数模型的 CPUE 变异值均超过 25%,表温为中等的空间自相关性;而在中尺度下,高斯模型和球状模型的 CPUE 变异值均在 25%以下,表现为弱的空间自相关性,指数模型除了 70'×70'尺度外,其变异值都在 25%—50%间,表现为中等的空间自相关性。10 月在 3 个模型的拟合下,其 CPUE 空间自相关的变异情况趋势与各向同性时大致相同(图 1)。

(2)理论模型比较

根据建模误差最小原则分别选择了各月每一尺度的最优半变异函数模型。从 8—10 月最优模型在各个尺度下所占的比重来看(图 2),球状模型占总数的 29.4%,指数模型占 47.1%,高斯模型占 23.5%。球状模型

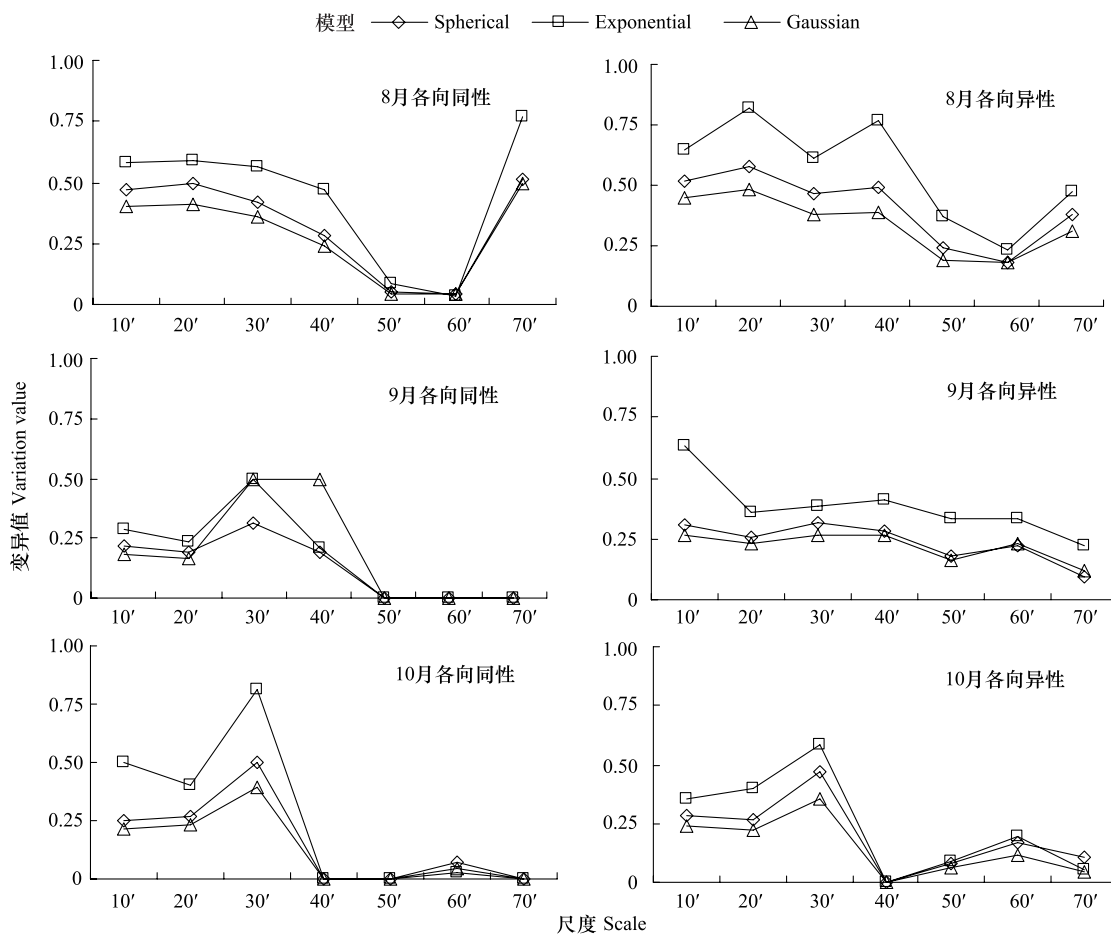


图 1 各个尺度下各向同、异性比较

Fig.1 Comparison of isotropic and anisotropic in various scales

比较适合中尺度下的柔鱼 CPUE 研究,指数模型则在小尺度的 CPUE 研究中为最适,其中尺度 $30' \times 30'$ 时为最优,比重达到 100%。而高斯模型对各个尺度则无明显偏好性,在 $20' \times 20'$ 、 $40' \times 40'$ 、 $60' \times 60'$ 、 $70' \times 70'$ 尺度均有一定的比重。

从表 3 可知,小尺度下,8—10 月的理论模型以指数模型为主,高斯模型次之,球状模型最少。中尺度下,以球状模型居多,指数模型较少,说明尺度变大后柔鱼资源丰度的空间分布也随之改变。总体上来看(表 3),10 月的块金值为最小,9 月为最大,这说明 10 月份由随机变异引起的 CPUE 空间异质性程度较小。变程值基本上随着尺度的变大而变大,在各个月份中,10 月的变程在各个尺度下均要小于其他 2 个月。

(3) 方向角

从图 3 可知,柔鱼 CPUE 在空间上具有各向异性。在不同的尺度下,8 月的方向角基本稳定在 280° — 320° 之间,为西北—东南走向;9 月在 $10' \times 10'$ 尺度时方向角为 280° 左右,为西北—东南走向,其它尺度时均为东北—西南走向;10 月在 $10' \times 10'$ 和 $30' \times 30'$ 尺度时方向角分别为 282° 和 312° ,为西北—东南走向,其他尺度时为东北—南西走向。在 $10' \times 10'$ 尺度下,其各月方向角走势基本不变;而其它尺度下,各月方向角均发生了

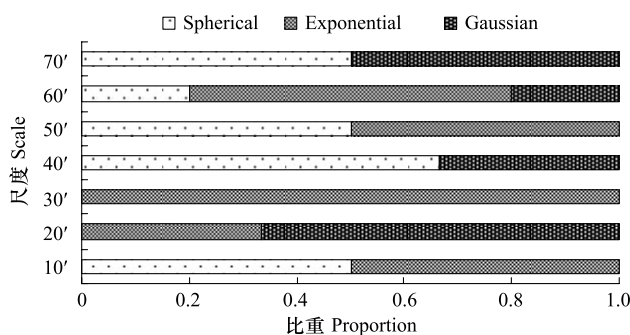


图 2 最适模型在各个尺度下所占的比重

Fig.2 Proportion of theoretical models in various scales

变化。

表 3 半方差函数理论模型及相关参数

Table 3 The semivariance theory model and related parameters

尺度 Scale	月份 Month	理论模型 Model	块金值 C_0	基台值 C_0+C	块金值/基台值 C_0/C_0+C	变程 A	残差 RSS	分布格局 Distribution pattern
10'×10'	8	Exponential	0.354	1.001	0.353	1.984	1.152	聚集分布
	9	Spherical	0.842	1.218	0.691	1.984	1.096	聚集分布
	10	Exponential	0.648	1.009	0.642	1.984	1.001	聚集分布
20'×20'	8	Gaussian	0.631	1.215	0.519	3.969	1.144	聚集分布
	9	Gaussian	0.823	1.074	0.766	3.969	1.127	离散分布
	10	Gaussian	0.517	0.666	0.775	3.969	0.971	离散分布
30'×30'	8	Exponential	0.476	1.234	0.385	4.962	1.140	聚集分布
	9	Exponential	0.689	1.116	0.617	4.962	1.141	聚集分布
	10	Exponential	0.365	0.883	0.414	2.884	0.944	聚集分布
40'×40'	8	Spherical	0.667	1.305	0.511	6.947	1.082	聚集分布
	9	Spherical	0.636	0.891	0.713	6.947	1.187	聚集分布
	10	Spherical	0.594	0.594	1.000	6.656	1.006	离散分布
50'×50'	8	Spherical	0.818	1.081	0.757	8.932	1.085	离散分布
	9	Spherical	0.846	1.028	0.823	7.939	1.108	离散分布
	10	Exponential	0.347	0.382	0.907	6.947	1.007	离散分布
60'×60'	8	Exponential	0.899	1.177	0.764	9.924	1.141	离散分布
	9	Spherical	0.602	0.770	0.781	9.823	1.224	离散分布
	10	Gaussian	0.346	0.392	0.880	9.823	1.036	离散分布
70'×70'	8	Gaussian	0.421	0.613	0.687	8.932	1.181	聚集分布
	9	Spherical	0.649	0.719	0.903	9.300	1.181	离散分布
	10	Spherical	0.388	0.435	0.891	6.411	1.104	离散分布

3 讨论与分析

3.1 适宜空间尺度的探讨

西北太平洋柔鱼生产统计数据具有多维性、动态性、多尺度等特点,同时具有强烈的时空相关性特点^[16]。许多生态系统的空间异质性格局会随空间尺度大小的变化而变化^[17-20],生态系统特性在不同尺度域上有着不同的变化速率,这种多尺度格局反映了生态系统的等级特征^[18],因此利用地统计学来研究西北太平洋柔鱼资源丰度及其时空分布格局,采用适宜的空间尺度是极为重要的。从本文研究结果来看,8—10月在中尺度的50'×50'、60'×60'、70'×70'下,柔鱼CPUE均表现为弱的空间自相关异质性,其变异值基本上在25%以下,这说明在低分辨率情况下不能很好地表达柔鱼群体本身固有的空间相关性,基本上表现为离散分布(表3)。在小尺度情况下,以经纬度30'×30'的尺度空间自相关性为最强且稳定,其值均在25%以上,均为聚集分布;尺度10'×10'的空间自相关性为次之,均为聚集分布;尺度20'×20'的空间自相关性则相对不稳定些,9月和10月柔鱼资源丰度的分布格局表现为离散分布(表3)。中小尺度下空间自相关性强弱显示,小尺度下空

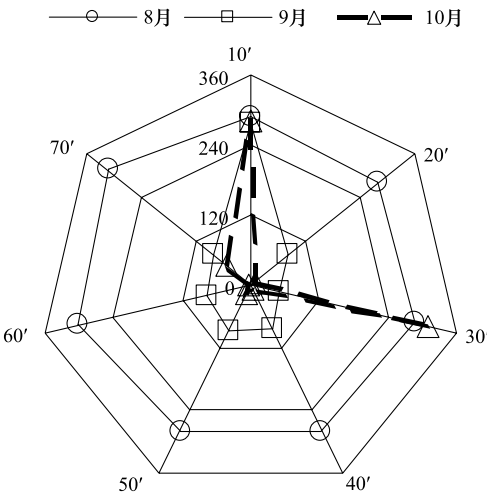


图 3 各个尺度下方向角变化趋势

Fig.3 Direction angle trends in various scales

雷达图中各个方向分别代表各个尺度,中心代表0°,向外辐射至360°

间自相关性普遍较强,更为适合,而中尺度次之。其中,尺度 30'×30'在本研究中显示最为适宜。比杨晓明等^[21]的西印度洋黄鳍金枪鱼 1°×1°以及李灵智等^[22]的大西洋金枪鱼 5°×5°研究尺度小很多。由于不同尺度空间所表达的信息和含义及其特征均会有所差异,因此在今后研究中需要结合海洋环境条件及其所表达的渔业信息特征,对海洋实体或现象重点进行分析^[23]。

3.2 时间和空间异质性特征分析

近年来,空间信息技术在海洋渔业领域的不断应用和深化^[16]。对柔鱼 CPUE 数据可以按年、月、旬、周、日等多种时间分辨率进行数据平均或差异计算,本文按月进行了计算,张寒野^[13]、杨晓明^[21]等也采用月作为时间分辨率并取得较好研究结果。Tian 等^[24]研究认为,采用时间分辨率为双周的渔获统计数据和海洋遥感数据,比较适合栖息地指数模型的建立。

研究已表明,地球上的动物等都能够很好地适应环境的异质性,异质性的环境条件有利于大多数生物的生存^[25]。从本研究结果来看,柔鱼 CPUE 空间分布有着明显的空间格局,中小尺度下指数模型拟合的空间自相关性基本为强,也存在少量的中等空间自相关。这或许与柔鱼是一种对环境极为敏感的种类且进行大规模的南北洄游有关,柔鱼广泛分布在整个北太平洋海域,不同种群的洄游路线、洄游时期也不同^[26],本研究样本主要集中在黑潮向北或东北移动的暖水分支海域及周围,因此其空间分布格局与黑潮的势力及其与亲潮形成的交汇区密切相关。本研究认为,小尺度下,其变程值 A 都不大,均在 5 以下,其分布格局大部分表现为聚集分布(表 3),而中尺度下变程值 A 都比较大,其值在 6—10 之间,分布格局大多表现为离散分布(表 3),随机程度较高。这说明西北太平洋柔鱼资源在小范围内的空间分布较为密集,大范围内可能有多个群体组成,而群体之间存在着差异,这一结果与西北太平洋复杂的海洋环境条件是一致的^[26]。

3.3 海洋环境变化对柔鱼时空异质性的影响

西北太平洋柔鱼渔场的形成不仅与温度、盐度等密切相关,而且还与海流、锋面、叶绿素浓度、涡旋等有密切的关系,这些因子共同构成了柔鱼的生存环境,因此我们在柔鱼资源丰度空间分布的分析与研究时应予以充分考虑。研究资料表明^[26-27],柔鱼渔场是由黑潮和亲潮交汇形成的,柔鱼通常在夏季随着黑潮北上,进行索饵洄游,因此黑潮北上的势力强弱和走向将影响到柔鱼的洄游分布和渔场形成^[28-33]。黑潮大弯曲年份往往会带来较好的柔鱼产量^[34]。数据表明,2011 年为黑潮非大弯曲年份,5 月下旬至 10 月初黑潮总体上为平直,仅小部分时间产生小弯曲,而亲潮势力从 7 月开始一直都处于较低水平。8 月和 9 月柔鱼资源分布在空间上的方向角均比较平稳,分别为西北—东南走向和东北—西南走向,这与 8 月和 9 月黑潮势力稍强于亲潮但总体上较为平缓的海流条件非常吻合。而 10 月柔鱼资源分布的方向角在各个尺度下偏差较大,有多个方向的走向,这可能是由于 10 月初黑潮产生小弯曲、亲潮与黑潮交汇激烈,以及柔鱼因性成熟初步开始南下洄游等因素的影响结果。柔鱼的生长和栖息活动离不开海洋环境,其群体在海洋中的分布表现为异质性的分布格局,同样,海洋因子也有其空间特征,也有特定的分布格局,两种异质性格局相互反映了异质性分布特点,并且起着相互制约的作用。

本文分析了在各个尺度下柔鱼资源丰度分布产生的效应,对西北太平洋柔鱼资源分布的空间格局有了更深入的了解,并对其空间格局的异质性特征和产生的原因做了初步的阐述。另外,水温垂直结构、海面高度等影响因子与西北太平洋柔鱼资源丰度的空间分布特征也有着一定的联系^[1]。

References:

- [1] Chen X J, Tian S Q, Chen Y, Cao J, Ma J, Li S L, Liu B L. Fisheries Biology of *Ommastrephes bartramii* in North Pacific. Beijing: Science Press, 2011.
- [2] Wang Z Q. Geo-Statistics and Its Application in Ecology. Beijing: Science Press, 1999.
- [3] Turner M G. Landscape ecology: the effect of pattern on process. Annual Review of Ecology and Systematics, 1989, 20: 171-197.
- [4] Pickett S T A, Cadenasso M L. Landscape ecology: Spatial heterogeneity in ecological systems. Science, 1995, 269(5222): 331-334.
- [5] Liu D, Jiang Y, Liang W J. Spatial heterogeneity of exchangeable calcium content in cultivated soils of Shenyang suburbs. Ecology Magazine,

- 2003, 22(4): 6-9.
- [6] Isaaks E H, Srivastava R M. An Introduction to Applied Geostatistics. New York: Oxford University Press, 1989.
- [7] Webster R. Quantitative spatial analysis of soil in the field. *Advances in Soil Sciences*, 1985, 3: 1-70.
- [8] Rivoirard J, Simmonds J, Foote K G, Fernandes P, Bez N. *Geostatistics for Estimating Fish Abundance*. New York: Wiley Blackwell, 2000.
- [9] Petitgas P. Geostatistics in fisheries survey design and stock assessment: models, variances and applications. *Fish and Fisheries*, 2001, 2(3): 231-249.
- [10] Nishida T, Chen D G. Incorporating spatial autocorrelation into the general linear model with an application to the yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) longline CPUE data. *Fisheries Research*, 2004, 70(2/3): 265-274.
- [11] Su F Z, Zhou C H, Zhang T Y, Du Y Y, Yao C Q. Spatial heterogeneity of pelagic fishery resources in the East China Sea. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(11): 1971-1975.
- [12] Su F Z, Zhou C H, Shi W Z, Du Y. Spatial heterogeneity of demersal fish in East China Sea. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(4): 683-686.
- [13] Zhang H Y, Hu F. Spatial heterogeneity of *Todarodes pacificus* in East China Sea in winter. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(11): 1299-1302.
- [14] Zhang H Y, Cheng J H. Geostatistical analysis on spatial patterns of small yellow croaker (*Larimichthys polyactis*) in the East China Sea. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2005, 12(4): 419-423.
- [15] Wang H B, Yang Q, Liu Z J, Yang C H. Determining optimal density of grid soil-sampling points using computer simulation. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2006, 22(8): 145-148.
- [16] Ji M, Jing F X, Li Y L, Zhang L P. Multi-scale generalization and expression of ocean fishery thematic attribute data. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2004, (6): 28-31.
- [17] Turner M G, O'Neil R V, Gardner R H, Milne B T. Effects of changing spatial scale on the analysis of landscape pattern. *Landscape Ecology*, 1989, 3(3/4): 153-162.
- [18] O'Neil R V, Gardner R H, Milne B T. Heterogeneity and spatial hierarchies // Kolasa J, Pickett S T A, eds. *Ecological Heterogeneity*. New York: Springer-Verlag, 1991: 85-96.
- [19] Qi Y, Wu J G. Effects of changing spatial resolution on the results of landscape pattern analysis using spatial autocorrelation indices. *Landscape Ecology*, 1995, 11(1): 39-50.
- [20] O'Neil R V, Hunsaker C T, Timmins S P, Jackson B L, Jones K B, Riitters K H, Wickham J D. Scale problems in reporting landscape pattern at the regional scale. *Landscape Ecology*, 1996, 11(3): 169-180.
- [21] Yang X M, Dai X J, Zhu G P. Geostatistical analysis of spatial heterogeneity of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) purse seine catch in the western Indian Ocean. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(15): 4682-4690.
- [22] Li L Z, Wang L, Liu J, Liu Q, Huang H L. Geostatistical analysis of tuna (*Thunnus obesus*) longline fishing grounds in the Atlantic Ocean. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2013, 20(1): 198-204.
- [23] Xiang Q H. Study on Distant Water Fishery Production Networks from Different Spatial Scales [D]. Shanghai: East China Normal University, 2011.
- [24] Tian S Q, Chen X J, Chen Y, Xu L X, Dai X J. Evaluating habitat suitability indices derived from CPUE and fishing effort data for *Ommastrephes bartramii* in the Northwestern Pacific Ocean. *Fishery Research*, 2009, 95(2/3): 181-188.
- [25] Chen Y F, Dong M. Spatial heterogeneity in ecological systems. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(2): 346-352.
- [26] Chen X J, Xu L X. Analysis of relationship between fishing ground of *Ommastrephes bartramii* and surface water temperature and its vertical distribution from 150°E to 165°E in the northwestern Pacific. *Transaction of Oceanology and Limnology*, 2004, (2): 42-43.
- [27] Wang Y G, Chen X J. *The Resource and Biology of Economic Oceanic Squid in the World*. Beijing: Ocean Press, 1999.
- [28] Dong Z Z. *The World Oceans Economic Cephalopod Biology*. Ji'nan: Shandong Science and Technology Press, 1991.
- [29] Chen X J, Liu B L. Analysis on catch of *Ommastrephes bartrami* in squid jigging fishery and the relationship between fishing ground and SST in the north Pacific Ocean in 2004. *Journal of Zhanjiang Ocean University*, 2005, 12(6): 43-44.
- [30] Chen X J. An approach to the relationship between the squid fishing ground and water temperature in the northwestern Pacific. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 1995, 4(3): 181-185.
- [31] Chen X J. An analysis on marine environment factors of fishing ground of *Ommastrephes bartrami* in northwestern Pacific. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 1997, 6(4): 263-267.
- [32] Chen X J. The preliminary study on fishing ground of large-sized *Ommastrephes bartrami* in North Pacific waters between 160°E and 170°E. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 1999, 8(3): 197-201.
- [33] Chen X J, Tian S Q. Analysis and discussion on fishing ground of *Ommastrephes bartrami* in northwestern Pacific. *Fisheries Modernization*, 2001, 3

(3): 3-6.

- [34] Shen H M. Summary of sea conditions in the squid fishing ground from June to December of 1999 in the North Pacific. *Distant-Water Fisheries*, 2000, (3): 15-18.

参考文献:

- [1] 陈新军, 田思泉, 陈勇, 曹杰, 马金, 李思亮, 刘必林. 北太平洋柔鱼渔业生物学. 北京: 科学出版社, 2011.
- [2] 王政权. 地统计学及在生态学中的应用. 北京: 科学出版社, 1999.
- [5] 刘丹, 姜勇, 梁文举. 沈阳市郊耕地土壤交换性 Ca 含量的空间异质性特征. *生态学杂志*, 2003, 22(4): 6-9.
- [13] 张寒野, 胡芬. 冬季东海太平洋褶柔鱼的空间异质性特征. *生态学杂志*, 2005, 24(11): 1299-1302.
- [16] 季民, 靳奉祥, 李云岭, 张连蓬. 海洋渔业专题属性数据多尺度综合与表达. *测绘通报*, 2004, (6): 28-31.
- [21] 杨晓明, 戴小杰, 朱国平. 基于地统计分析西印度洋黄鳍金枪鱼围网渔获量的空间异质性. *生态学报*, 2012, 32(15): 4682-4690.
- [22] 李灵智, 王磊, 刘健, 刘勤, 黄洪亮. 大西洋金枪鱼延绳钓渔场的地统计分析. *中国水产科学*, 2013, 20(1): 198-204.
- [23] 向清华. 不同空间尺度下的远洋渔业生产网络研究 [D]. 上海: 华东师范大学, 2011.
- [25] 陈玉福, 董鸣. 生态学系统的空间异质性. *生态学报*, 2003, 23(2): 346-352.
- [26] 陈新军, 许柳雄. 北太平洋 (150°—165°E) 海域柔鱼渔场与表温及水温垂直结构的关系. *海洋湖沼通报*, 2004, (2): 42-43.
- [27] 王尧耕, 陈新军. 世界大洋性经济柔鱼资源及其渔业. 北京: 海洋出版社, 2005.
- [28] 董正之. 世界大洋经济头足类生物学. 济南: 山东科学技术出版社, 1991.
- [29] 陈新军, 刘必林. 2004 年北太平洋柔鱼产量分析及作业渔场与表温的关系. *湛江海洋大学学报*, 2005, 12(6): 43-44.
- [30] 陈新军. 西北太平洋柔鱼渔场与水温因子的关系. *上海水产大学学报*, 1995, 4(3): 181-185.
- [31] 陈新军. 关于西北太平洋的柔鱼渔场形成的海洋环境因子的分析. *上海水产大学学报*, 1997, 6(4): 263-267.
- [32] 陈新军. 北太平洋 (160°E—170°E) 大型柔鱼渔场的初步研究. *上海水产大学学报*, 1999, 8(3): 197-201.
- [33] 陈新军, 田思泉. 西北太平洋海域柔鱼渔场分析探讨. *渔业现代化*, 2001, 3(3): 3-6.
- [34] 沈惠明. 1999 年 6—12 月北太平洋鱿钓渔场海况总结. *远洋渔业*, 2000, (3): 15-18.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.20 Oct., 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Spatial variability of small and medium scales' resource abundance of *Ommastrephes bartramii* in Northwest Pacific YANG Mingxia, CHEN Xinjun, FENG Yongjiu, et al (6427)
- The effect of moisture and temperature on soil C mineralization in wetland and steppe of the Zoige region, China WANG Dan, LV Yuliang, XU Li, et al (6436)
- Response and population bionomic strategies of desert rodent communities towards disturbance of cultivation YUAN Shuai, FU Heping, WU Xiaodong, et al (6444)
- Effects of Bt-cotton on *Propylea japonica*, an Enemy Insect of *Bemisia tabaci* (Gennadius) ZHOU Fucui, GU Aixiang, YANG Yizhong, et al (6455)
- Research progress in the ecological effects of micro-landform modification WEI Wei, YU Yun, JIA Fuyan, et al (6462)

Autecology & Fundamentals

- A multi-scale feeding habitat selection of Red-crowned crane during spring migration at the Shuangtaihekou Nature Reserve, Liaoning Province, China WU Qingming, ZOU Hongfei, JIN Hongyang, et al (6470)
- Surface pollen research of Nanshan region, Shihezi City in Xinjiang ZHANG Hui, ZHANG Yun, YANG Zhenjing, et al (6478)
- Dynamics of leaf carbon, nitrogen and phosphorus of two dominant species in a Poyang Lake wetland ZHENG Yanming, YAO Bo, WU Qin, et al (6488)
- Estimation of forest aboveground biomass using high spatial resolution remote sensing imagery HUANG Jinlong, JU Weimin, ZHENG Guang, et al (6497)
- Cost-benefits of the clonal integration of *Cynodon dactylon*, a stolon herbaceous plant, under heterogeneous lighting condition TAO Yingshi, HONG Shengchun, LIAO Yongmei, et al (6509)
- Biological cycling of *Koeleria paniculata* plantation microelements in Xiangtan Manganese Mine wasteland LUO Zhaohui, TIAN Dalun, TIAN Hongdeng, et al (6517)
- Effects of ectomycorrhizal fungi (*tinctorius* (Pers.) Coker & Couch) on the biomass of masson pine (*Pinus massoniana*) seedlings under simulated acid rain CHEN Zhan, WANG Lin, SHANG He (6526)
- Effects of biochar on selected soil chemical properties and on wheat and millet yield CHEN Xinxiang, HE Xusheng, GENG Zengchao, et al (6534)
- Source of variation of plant functional traits in the Yanhe river watershed: the influence of environment and phylogenetic background ZHANG Li, WEN Zhongming, MIAO Lianpeng (6543)
- The general biology and experimental population life table about *Asynacta ambrostomae* WANG Xiumei, ZANG Liansheng, LIN Baoqing, et al (6553)
- Effect of several ecological factors on embryonic development of *Sepia lycidas* PENG Ruibing, JIANG Xiamin, YU Shuguang, et al (6560)

Population, Community and Ecosystem

- The thinning regular of the the shrubbery at Tongguling National Nature Reserve on Hainan Island, China ZHOU Wei, LONG Cheng, YANG Xiaobo, et al (6569)
- The cause of grassland degradation in Golog Tibetan Autonomous Prefecture in the Three Rivers Headwaters Region of Qinghai Province ZHAO Zhiping, WU Xiaopu, LI Guo, et al (6577)
- Effects of simulated nitrogen deposition on substrate quality of litterfall in a *Pleioblastus amarus* plantation in Rainy Area of West China XIAO Yinlong, TU Lihua, HU Tingxing, et al (6587)
- Phytoplankton community structure based on pigment composition in Qinzhou bay during average water period LAN Wenlu, LI Mingmin, LI Tianshen (6595)
- Functional trait-based evaluation of plant fireproofing capability for subtropical evergreen broad-leaved woody plants LI Xiupeng, YANG Xiaodong, YU Shuquan, et al (6604)
- Interspecific associations between *Parus major* and other bird communities in Beijing Xishan region DONG Daying, FAN Zhongji, LI Zhaxijie, et al (6614)

- Feasibility analysis of passive integrated transponders in population ecology studies of Siberian chipmunk
 YANG Hui, MA Jianzhang, RONG Ke (6634)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Dynamic variation of water deficit of winter wheat and its possible climatic factors in Northern China
 LIU Qin, MEI Xurong, YAN Changrong, et al (6643)
- Study on the levels' evaluation of provincial low-carbon development in China based on the FAHP-TOPSIS method
 HU Linlin, JIA Junsong, MAO Duanqian, et al (6652)
- An investigation of the safety threshold of a floodplain wetland: a case study of the Er-Ka Nature Reserve, China
 HU Chunming, LIU Ping, ZHANG Litian, et al (6662)
- Application of le bissonnais method to study soil aggregate stability under different vegetaion on the loess plateau
 LIU Lei, AN Shaoshan, Huang Huawei (6670)
- Analysis of vegetation and soil degradation characteristics under different human disturbance in lakeside wetland, Napahai
 TANG Mingyan, YANG Yongxing (6681)

Resource and Industrial Ecology

- Changes of land surface temperature and its response to urbanization under the extreme high-temperature background in recent
 ten years of Beijing LI Xiaomeng, SUN Yonghua, MENG Dan, et al (6694)
- Stable isotope (^{13}C and ^{15}N) analysis of fish food web of the Xiaojiang Bay in Three Gorges Reservoir
 LI Bin, XU Dandan, WANG Zhijian, et al (6704)

Research Notes

- Dynamics of CO_2 exchange and its environmental controls in an urban green-land ecosystem in Beijing Olympic Forest Park
 CHEN Wenjing, LI Chunyi, HE Guimei, et al (6712)
- Effects of vegetation restoration on landscape pattern of Hongya Country in recent 15 years
 WANG Peng, LI Xianwei, ZHAO Anjiu, et al (6721)
- Photosynthetic characteristics and SAMS gene expression in the red alga *Porphyra yezoensis* Ueda under high salinity
 ZHOU Xianghong, YI Lefei, XU Juntian, et al (6730)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 宋金明

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 33 卷 第 20 期 (2013 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 20 (October, 2013)

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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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@cspg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.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

国内外公开发刊

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元