

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

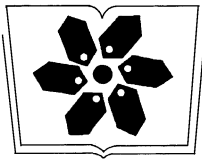
## Acta Ecologica Sinica



第33卷 第7期 Vol.33 No.7 **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 7 期

2013 年 4 月 (半月刊)

## 目 次

### 前沿理论与学科综述

- 线虫转型发育和寄主识别的化学通讯研究进展..... 张 宾,胡春祥,石 进,等 (2003)
- 生物物种资源监测原则与指标及抽样设计方法..... 徐海根,丁 晖,吴 军,等 (2013)

### 个体与基础生态

- 呼伦贝尔草原人为火空间分布格局..... 张正祥,张洪岩,李冬雪,等 (2023)
- 青藏高原草地地下生物量与环境因子的关系..... 杨秀静,黄 玫,王军邦,等 (2032)
- 1961—2010 年桂林气温和地温的变化特征 ..... 陈 超,周广胜 (2043)
- 黄泥河自然保护区狗冬季卧息地选择..... 朱洪强,葛志勇,刘 庚,等 (2054)
- 青藏高原草地植物叶解剖特征..... 李全发,王宝娟,安丽华,等 (2062)
- 青藏高原高寒草甸夏季植被特征及对模拟增温的短期响应..... 徐满厚,薛 娴 (2071)
- 高温影响番茄小孢子发育的细胞学研究..... 彭 真,程 琳,何艳军,等 (2084)
- 黄土丘陵半干旱区柠条林株高生长过程新模型..... 赵 龙,王振凤,郭忠升,等 (2093)
- 柝属 7 种植物种子的发芽抑制物质研究..... 李庆梅,刘 艳,刘广全,等 (2104)
- 水分胁迫和杀真菌剂对黄顶菊生长和抗旱性的影响..... 陈冬青,皇甫超河,刘红梅,等 (2113)
- 铜尾矿废弃地与相邻生境土壤种子库特征的比较..... 沈章军,欧祖兰,田胜尼,等 (2121)
- 云雾山典型草原火烧不同恢复年限土壤化学性质变化..... 李 媛,程积民,魏 琳,等 (2131)
- 根系分区交替灌溉条件下水肥供应对番茄果实硝酸盐含量的影响..... 周振江,牛晓丽,李 瑞,等 (2139)
- 喀斯特山区土地利用对土壤团聚体有机碳和活性有机碳特征的影响..... 李 娟,廖洪凯,龙 健,等 (2147)
- 自生固氮菌活化土壤无机磷研究..... 张 亮,杨宇虹,李 倩,等 (2157)
- 德国鳶尾对 Cd 胁迫的生理生态响应及积累特性 ..... 张呈祥,陈为峰 (2165)
- 施污土壤重金属有效态分布及生物有效性..... 铁 梅,宋琳琳,惠秀娟,等 (2173)
- 基于叶面积指数改进的直角双曲线模型在玉米农田生态系统中的应用..... 孙敬松,周广胜 (2182)
- 中稻田三种飞虱的捕食性天敌优势种及农药对天敌的影响..... 林 源,周夏芝,毕守东,等 (2189)

### 种群、群落和生态系统

- 珠江口超微型浮游植物时空分布及其与环境因子的关系..... 张 霞,黄小平,施 震,等 (2200)
- 输水前后塔里木河下游物种多样性与水因子的关系..... 陈永金,刘加珍,陈亚宁,等 (2212)
- 南海西北部陆架区鱼类的种类组成与群落格局..... 王雪辉,林昭进,杜飞雁,等 (2225)
- 滇西北高原碧塔湖滨沼泽植物群落分布与演替 ..... 韩大勇,杨永兴,杨 杨 (2236)
- 石羊河下游白刺灌丛演替过程中群落结构及数量特征..... 靳虎甲,马全林,何明珠,等 (2248)

### 资源与产业生态

- 土壤深松和补灌对小麦干物质生产及水分利用率的影响..... 郑成岩,于振文,张永丽,等 (2260)

豆科绿肥及施氮量对旱地麦田土壤主要肥力性状的影响..... 张达斌,姚鹏伟,李 婧,等 (2272)

沟壑全覆盖种植方式对旱地玉米生长及水分利用效率的影响..... 李 荣,侯贤清,贾志宽,等 (2282)

城乡与社会生态

北京北护城河河岸带的温湿度调节效应 ..... 吴芳芳,张 娜,陈晓燕 (2292)

西安太阳总辐射时空变化特征及对城市发展的响应..... 张宏利,张纳伟锐,刘敏茹,等 (2304)

研究简报

安徽琅琊山大型真菌区系多样性..... 柴新义,许雪峰,汪美英,等 (2314)

中国生态学会 2013 年学术年会征稿通知 ..... (2320)

第七届现代生态学讲座、第四届国际青年生态学者论坛通知 ..... ( I )

中、美生态学会联合招聘国际期刊主编 ..... ( i )

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 318 \* zh \* P \* ¥90.00 \* 1510 \* 32 \* 2013-04



封面图说: 金灿灿的小麦熟了——小麦是世界上最早栽培的农作物之一,是一种在世界各地广泛种植的禾本科植物,起源于中东地区。全世界大概有 43 个国家,近 35%—40% 的人口以小麦为主要粮食。小麦是禾谷类作物中抗寒能力较强的越冬作物,具有一定的耐旱和耐盐碱能力。中国的小麦分布于全国各地,主要集中于东北平原、华北平原和长江中下游一带。小麦秋季播种、冬季生长、春季开花、夏季结实。子粒含有丰富的淀粉、较多的蛋白质、少量的脂肪,还有多种矿物质元素和维生素 B,是一种营养丰富、经济价值较高的粮食。

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/stxb201201020007

徐海根, 丁晖, 吴军, 曹铭昌, 崔鹏, 陈炼, 雷军成, 乐志芳, 吴翼. 生物物种资源监测原则与指标及抽样设计方法. 生态学报, 2013, 33(7): 2013-2022.

Xu H G, Ding H, Wu J, Cao M C, Cui P, Chen L, Lei J C, Le Z F, Wu Y. Principles, indicators and sampling methods for species monitoring. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(7): 2013-2022.

# 生物物种资源监测原则与指标及抽样设计方法

徐海根\*, 丁晖, 吴军, 曹铭昌, 崔鹏, 陈炼, 雷军成, 乐志芳, 吴翼

(环境保护部南京环境科学研究所国家环境保护生物安全重点实验室, 南京 210042)

**摘要:**生物物种资源监测是了解生物物种资源现状、开展生物物种资源保护与管理的基础工作和重要手段。阐述了生物物种资源监测的科学性原则、可操作性原则和持续性原则。提出了监测计划的制定程序; 监测计划应充分考虑所具有的人力、资金和后勤保障等条件, 并进行定期评估。分析了指示物种在物种资源监测中的作用与不足; 认为应选择具有不同生态需求和生活史的生物类群作为监测对象。讨论了监测指标的选取方法; 监测指标应可测量、有科学基础、易被公众接受、低成本和高效益; 监测方法应具有科学性, 能检测到相应的变化, 应采用高效率、低成本的标准化监测方法。分析了现有监测计划在抽样设计方面存在的问题, 探讨了空间变异性对监测数据误差的影响及其处理方式, 讨论了样本量确定和监测样地的大小、形状及位置设计。监测样地要有较好的代表性, 能在有限的监测面积中较好地反映监测区域内群落种类组成与数量特征。最后, 讨论了生物物种资源监测的尺度和标准化问题。

**关键词:**生物多样性; 监测指标; 抽样技术; 空间变异性; 可检测率

## Principles, indicators and sampling methods for species monitoring

XU Haigen\*, DING Hui, WU Jun, CAO Mingchang, CUI Peng, CHEN Lian, LEI Juncheng, LE Zhifang, WU Yi  
Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection, State Environmental Key Laboratory on Biosafety, Nanjing 210042, China

**Abstract:** Species monitoring is fundamental to species conservation. The Chinese Government promulgated the Strategy and Action Plan for Biodiversity Conservation in China (2011—2030) in September 2010. One of the short-term targets of the strategy and action plan is to establish a preliminary monitoring system for China's biodiversity by 2015. In the same year, the Convention on Biological Diversity adopted what is known as the 2020 targets or the Aichi Targets. It is necessary to enhance biodiversity monitoring to implement the strategy and action plan and to achieve the 2020 targets. Europe and North America have a long history of species monitoring. However, China has very limited skills in this area, with outdated techniques and often inadequate facilities. In this paper, we analyzed methods used to develop monitoring plans, select monitoring indicators, and design sampling, based on experience related to species monitoring in Europe and North America, so as to provide guidance for the design of species monitoring networks in China. Species monitoring usually involves four steps, such as developing monitoring plans, implementing field monitoring, analyzing and reporting monitoring data, and evaluating the monitoring plans. The development of monitoring plans should address four questions: (1) why monitor? (2) where should monitoring be done? (3) what should be monitored? and (4) how should monitoring be conducted? Objectives of species monitoring should be explicit, measureable, and practical. The following taxa should be considered in selecting indicator species: (1) threatened species; (2) species with social or economic value; (3) species important to the maintenance of ecosystem structure and processes; (4) species sensitive to management intervention; and

基金项目: 科技支撑计划项目(2008BAC39B01, 2008BAC39B06); 环保公益性行业科研专项(200909070)

收稿日期: 2012-01-02; 修订日期: 2012-09-25

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xhg@nies.org

(5) species sensitive to ecosystem or habitat change. Taxa with different ecological requirements and different life histories should be selected as indicator species. Monitoring indicators should be measurable, science-based, understandable by the public, with low monitoring cost and high benefits. Typical indicators include species richness, abundance, survival rate, community composition, habitat health, and human intervention. Monitoring methods should also be science-based and can detect relevant changes. Standardized monitoring methods with high efficiency and low cost should be employed. Random sampling should be used in species monitoring. Sampling units should be selected randomly from the target population, where appropriate, stratified sampling should be employed, so as to reflect the features of target regions and to reduce bias or errors as far as possible. Monitoring plans should address spatial variation and detectability. The main means to avoid errors are to estimate and correct detectability. The calculation of sample size should ensure that actual changes can be detected effectively under a given confidence level. Sampling sites should be representative, and should reflect, with limited monitoring areas, the species composition and quantitative features of communities in the monitoring region. The scope, shape and locations of sample sites should also be considered in the sampling design. Monitoring plans should fully address conditions such as human resources available, funding and support facilities, and should be regularly assessed. Results of and problems in species monitoring should be reported regularly to relevant government bodies, so as to link species monitoring closely with conservation policies and actions. All steps in species monitoring should address the issue of standardization. The key elements to enhancing data standardization are to: (1) select and establish sampling sites strictly according to relevant requirements; (2) use well qualified monitoring staff skillfully for operating monitoring protocols and collect data in line with the protocols; and (3) establish and implement data appraisal procedures, so as to completely and carefully evaluate monitoring data.

**Key Words:** biodiversity, monitoring indicators, sampling techniques, spatial variation, detectability

生物物种资源监测是指在一定时期和区域内对物种分布、丰度或生存状况的重复测量,以查明与预期目标的一致或背离程度。生物物种资源监测能从分布、丰度、存活或健康等方面对监测对象的状况提供定量数据,阐明种群的变化趋势,揭示自然或人为引起的变化所产生的效应,协助保护和管理决策的制定与评估。因此,生物物种资源监测是客观了解生物物种资源现状、科学开展生物物种资源保护与管理的基础工作和重要手段。

在全世界范围内,欧洲和北美洲国家较早认识到了开展生物物种资源监测的重要性。英国从 1962 年开始,先后组织实施了 90 余项生物物种资源监测计划。其鸟类的监测计划,采取分层随机抽样策略,在全国设有 2800 个 1 km×1 km 的样方,采用样线法和样点法,2300 名志愿者参与各类样方监测工作。美国早在 1900 年就开展了圣诞节鸟类监测,至今已有 100 多年的历史<sup>[1]</sup>,该监测计划拥有 2124 条以上监测样线和 2126 个物种,监测区域横贯整个西半球<sup>[2-3]</sup>。在每一个调查区域内,组织至少 10 个志愿者分成若干小组,沿着预设的路线进行鸟类数量调查。鸟类物种多样性和多度是鸟类监测中最基础和最重要的两个监测指标。此外,针对气候变化的影响,通常要监测鸟类生长、繁殖和迁徙等方面的指标<sup>[4-5]</sup>。

瑞士从 1996 年开始着手建立全国性的监测计划——瑞士生物多样性监测计划(BDM)。该计划的目的是监测整个瑞士所有层次的生物多样性变化。BDM 选择了 34 个指标,其中 12 个状态指标、15 个压力指标、7 个响应指标(<http://www.biodiversitymonitoring.ch/en/home.html>)。大部分监测指标来自政府部门的统计数据,但 Z7-景观水平上的物种多样性和 Z9-生境水平的物种多样性要通过野外监测获得。BDM 采用系统抽样方法设计监测样地。监测的网格数目对观测成本有直接的影响,每个指标所选择的网格密度综合考虑精度和成本因素。BDM 规定的精度是 90%,根据双侧 T 检验计算,Z7 指标约需 500 网格,而 Z9 指标约需 1600 个网络。Z7 指标的实际监测网络是系统分布的 520 个 1 km<sup>2</sup> 的正方形单元;在网格单元内,沿对角线方向设置 2.5 km 长的样线,在春季和夏末分别观测 1 次,记录样线两侧一定距离内的物种种数(维管束植物、蝴蝶、鸟类

等),以计算景观水平的生物多样性。Z9 指标的实际监测网络是 1600 个平均分布的 10 m<sup>2</sup> 观测点。调查样点内所有的维管束植物、鸟类、软体动物等。BDM 项目从 2001 年开始实施,每年随机抽取样地总数的 1/5 进行观测。Z3-瑞士国家和区域层次的物种多样性和 Z4-瑞士国内面临全球灭绝的物种数量的指标值可从 Z7、Z9 的观测数值计算。

我国是世界上生物物种资源最丰富的国家之一<sup>[6]</sup>。但由于种种原因,我国的生物物种资源正在不断减少和消亡<sup>[7]</sup>。针对生物物种资源丧失和流失的突出问题,2004 年国务院办公厅发出了《关于加强生物物种资源保护和管理的通知》(国办发[2004]25 号)。该《通知》要求建立生物物种资源监测预警体系,及时掌握重要生物物种资源的动态变化,为科学决策提供依据。2010 年 9 月,经国务院批准,环境保护部发布了《中国生物多样性保护战略与行动计划》(2011—2030 年)。该战略和行动计划确定了“到 2015 年初步建立生物多样性监测、评估与预警体系”的近期目标,规划了“开展生物多样性调查、评估与监测”的优先领域和行动。2010 年 10 月,《生物多样性公约》缔约方大会第十次会议通过了意义重大的全球 2020 年生物多样性目标(即“爱知目标”)<sup>[8-9]</sup>。实现 2020 年全球生物多样性目标需要大力加强监测工作。

我国生物物种资源调查已有较长的历史,也有一些比较成功的监测项目,但在国家层次尚缺乏统一规划,没有形成系统的网络,存在一些亟待解决的问题。一些监测项目缺少科学的监测目标,对管理决策的作用有限;一些监测项目缺乏统计学基础,没有科学的抽样设计方案,样地通常选在最容易检测目标总体的地方,而没有随机和系统地抽样,导致对监测数据无法有效地进行评估。本文讨论生物物种资源监测的原则、监测对象与指标、抽样设计等问题。

## 1 监测的原则

生物物种资源监测是一项十分复杂的系统工程,应科学设计,提高监测工作的可操作性和可持续性。

### 1.1 科学性原则

在开展监测前,必须明确 4 个与生物物种资源监测相关的技术问题:即(1)为什么要监测?(2)在哪里监测?(3)监测什么?(4)如何监测?<sup>[1]</sup>。因此,选择监测样地,明确监测目标、监测指标和监测方法,并对此进行相应的验证,是获取区域内生物物种资源有效监测数据的关键环节<sup>[10]</sup>。事实上,关于生物物种资源的监测,不论是长期监测还是短期监测,都要制订涵义清晰、内容明确、简便实用、数据可获得性强的监测指标。首先,生物物种资源的监测指标应具有科学性,并能及时反映生物物种及其种群的动态变化。其次,监测方法也应具有科学性,应运用现代生物物种监测的仪器设备,采用统一、标准化的监测方法,能检测到生物物种及其种群相应的变化规律<sup>[11]</sup>,以确保监测数据的可比性和长期性。第三,监测样地要有典型性和代表性,能真实反映区域生物多样性水平;此外,还应充分考虑监测样地空间变异性和可探测率的变化,尽量降低抽样误差和探测误差,应能在有限的监测面积中较好地反映出监测区域内群落种类组成与数量特征。

### 1.2 可操作性原则

在制订监测计划时,应充分考虑所拥有的人力、资金和后勤保障等条件,使监测计划切实可行。首先,监测计划要满足生物多样性保护和管理的需要,并能对生物多样性保护和管理起到指导和预警的作用。其次,监测指标必需具有可操作性,并能够量化测度<sup>[11]</sup>,而且数据的采集成本要相对低廉、可行<sup>[11-12]</sup>。在现实科研实践中,筛选高效率、低成本的监测方法是提高生物多样性监测有效性的重要因素之一<sup>[11]</sup>。样地的选择要避开危险地段。应定期对监测计划和监测结果进行评估,向相关部门报告监测结果及在监测工作中发现的问题,使监测工作与保护政策和行动紧密联系起来<sup>[11-12]</sup>;同时还应对监测技术和方法进行评估,必要时可完善相关监测方法。

### 1.3 持续性原则

生物物种及其种群容易受区域气候、植被、水文及其人为活动的影响。物种及其种群的区域差异、生境变化对物种的影响以及物种对环境变化的响应等,这些问题必需用长期连续数据才能得到科学的答案,因此生物物种资源的长期监测显得十分重要。同时,生物物种资源监测是实施生物多样性保护的基础,是一项长期

而艰巨的任务,必需制订一个长期监测计划,并作为一项长期投资来综合考虑。监测工作一旦启动,应长期坚持,并保证数据完整、准确。为保持监测计划的持续性,尽量在现有监测工作基础上开展监测,并利用现有监测力量<sup>[12]</sup>。与当地社区保持良好的关系,满足当地社区的需要,尽量利用志愿者和现有专家网络来采集数据<sup>[12]</sup>。

## 2 监测计划的制订

生物物种资源监测一般包括制订监测计划、开展野外监测、分析和报告监测结果、评估监测计划等阶段。监测计划的制订包括以下环节:(1)确定监测目标,监测目标必须是明确的、可测量的、能完成的、有现实意义并有明确的时空范围;(2)评估现有数据和资源,监测工作应尽量建立在现有工作基础之上,充分利用和整合现有监测资源;(3)确定目标区域和目标总体;(4)评估现有监测资源并制定预算;(5)确定监测内容和指标,主要包括所监测物种的种类、群落组成、分布、多度、重要值、受威胁程度等;(6)确定合适的监测时间和频次,应针对动物的活动规律确定监测时间,避免超过客观需要的频繁监测;(7)设计抽样方案;(8)建立稳健的统计方法;(9)制定野外操作规范;(10)设计数据管理系统;(11)制定质量控制程序;(12)实施监测计划;(13)分析和报告监测数据;(14)评估监测计划。

## 3 监测对象与指标的确定

### 3.1 监测对象的选择

监测对象的选择取决于保护目标和监测目标。针对多物种或区域保护项目,在选择监测对象时,应重点考虑以下物种:(1)受威胁物种;(2)具有社会或经济价值的物种;(3)对生态系统结构和过程的维持有重要作用的物种;(4)受管理影响强烈的物种;(5)对生态系统或生境变化反映敏感的物种。

由于监测和管理所有物种是非常困难的,Pearson<sup>[13]</sup>等建议采用简捷的方法来监测个别物种,即对指示物种进行监测。指示物种是一组生物类群或功能群,它们的多样性反映了一个生境或一组生境中其他生物类群的多样性<sup>[14]</sup>。指示物种具有如下特点:(1)分类上比较熟悉和稳定;(2)生物学和生活史比较清楚;(3)种群容易调查和控制;(4)出现于更大范围和更多样的生境;(5)对生境变化比较敏感;(6)指示物种中观察到的变化格局在其他相关和不相关的类群中也能观察到<sup>[13,15]</sup>。

在遴选指示物种时,一般考虑在生态系统中占有重要地位的物种或类群,也有的把濒危物种或公众关注度较大的物种作为指示物种。但对指示物种的作用存在较大的争议。这一方面是由于对指示物种所代表的含义不明确,另一方面是由于在局部尺度上,各生物类群之间的相关性非常弱。大多研究表明,试图用一个或有限的几个指示物种来预测其他生物类群的变化,往往会造成误解。一些学者认为,蝴蝶多样性能代表植物多样性,因为幼虫与寄主植物的关系通常是非常特殊的。但研究表明,蝴蝶群落数据并不是植物多样性或群落组成的很好指标<sup>[16]</sup>。观察的尺度对指示物种也是重要的。大型脊椎动物可能是同样需要大规模、连续生境的其他物种的指示物种,但它们不可能是昆虫的指示物种,昆虫可在破碎化较严重的生境中生存<sup>[17]</sup>。对指示物种的争议,可能是由于所讨论的类群不同,分析的尺度不同,检验指示物种的方法不同<sup>[18]</sup>。从理论和经验角度分析,不能以所谓的指示物种的监测数据来代替其他物种的种群动态<sup>[19]</sup>。各种生物由于生物学、生态学上有很大差异,有必要选择代表不同生态特性的一系列物种作为监测对象。对于多物种或区域保护项目,监测物种多样性变化,需要选择不同类群的物种,物种应有不同的生态需求和生活史<sup>[20]</sup>。因此,应从具有不同生态需求和生活史的类群中选择监测对象<sup>[13]</sup>。

### 3.2 监测指标

生物物种资源监测指标是指一些简化的生物或者环境特征参数,说明生物物种资源的现状和变化趋势,以及人类活动对生物物种资源的影响,以促进科技界、政府和公众间的相互沟通,提高生物物种资源管理水平<sup>[21]</sup>。监测指标可以是直接的指标,如物种种群的绝对数量。但有时直接指标很难获取,在实际监测工作中不得不选用间接指标,以反映物种种群的相对数量或变化趋势。例如动物的痕迹与排泄物的数量是较为常用的间接指标。对大尺度监测来说,随着时间的推移或空间的扩展,指标与其代表的参数之间的关系必须是可

预测的。例如,一个好的指标是随着物种数量的上升,指标值也随之升高。

根据所代表的内容及其特征,生物多样性指标可以划分为生物、环境、压力和管理四种类型<sup>[22]</sup>。选择监测指标时,设计者需要考虑四个方面的内容:监测目标、所提出的干预或管理行为的类型、不同类型信息和数据收集的可行性和成本及把指标整合到分析和决策中的能力。

有效的监测指标应该满足以下标准:可测量的,可揭示有意义的变化趋势,可直接指出目标区域生物物种资源状况或某管理行为对生物物种资源的影响,有科学基础,定义清晰且易被不同人群所理解接受,是可靠稳定的(如可以进行长期监测),低成本-高效益的,与国家尺度的监测指标以及其他保护区的指标保持一致等。另外还有其他选择标准<sup>[23]</sup>。指标很难同时满足上述所有的标准,其中最重要的是指标必需有实践和现实意义,应该在国家和地方水平上都有效。选择指标后还需要通过野外试验检验其是否能清楚地反应出相应的变化。

#### 不同类群生物的监测指标

##### (1) 植物

乔木:种类、胸径、高度、枝下高、冠幅、分支、物候期(芽开放期、展叶期、开花始期、开花盛期、果实成熟期)、生活型。灌木:种类、多度、平均高度、盖度、物候期(同乔木)、生活型。草本:种类、多度(丛)、平均高度、盖度、物候期(萌动期、开花期、果实成熟期)、生活型。

##### (2) 鱼类

种类组成、鱼类群落结构(数量、体长、体重)、鱼类资源密度、鱼类资源量、环境指标(地理信息,水文、气象及生态数据)。

##### (3) 两栖爬行动物

物种数量、种群密度、种群数量。

##### (4) 鸟类

种类、数量、行为状态、性比、成幼比、出现(或离开)时间等。

##### (5) 哺乳动物

种类、数量、行为类型、性比、成幼比。

##### (6) 生境

土地利用结构及变化、植被类型、群落名称、面积。

##### (7) 所在行政区域的社会经济状况及威胁因素

面积、人口、乡村人口、人均 GDP、三次产业占 GDP 比重、人均耕地面积;水质(COD<sub>Cr</sub>、BOD<sub>5</sub>、非离子氨、石油类和挥发酚的浓度,赤潮面积和次数);外来入侵物种:重要种类、分布、发生面积、造成的损失。

## 4 抽样设计

生物物种资源监测应采用随机抽样设计的思想。如果不采用随机抽样设计,就无法确定监测数据的有效性,就无法把结论从抽样区推断到目标区域,也没有根据对总体的参数进行可信度评估<sup>[24]</sup>。一些监测计划的目标不明确,仅仅是收集更多的信息而已,监测是在不具代表性的地点开展的。例如,北美繁殖鸟调查,它沿路边进行,对整个区域不可能有代表性,因为有些物种不会在这些区域活动。如果仅沿着道路和小径进行抽样,则仅可以得到沿着道路和小径区域的结论,不能把结果推断到远离道路和小径的区域。如果仅在所谓的“最佳位置”进行抽样,那么只能得出关于这些“最佳位置”变化的推论。很多调查刚开始时没有什么问题,但随着时间的推移,缺陷逐渐显现出来。很多有缺陷的方法一直在使用,惟一目的是不中断长期和有价值的时间序列数据<sup>[1]</sup>。现在面临的挑战是扩大现有物种及其生境监测的尺度、范围和一致性。特别是,要大力提高所监测类群、生境和地理的覆盖范围。这就需要科学设计抽样方法。另外,需要建立新的系统,来监测生境和种群动态的细微及定量变化,更加清晰地描述退化的情景、生境和种群生存力的变化,以及生态系统服务功能的变化<sup>[25]</sup>。

4.1 抽样计划的制定

对每一个具体的监测计划,必须选择一个抽样设计以满足相应的监测目标。抽样设计在于确定样本在空间和时间上的分布,如果抽样设计没有很好规划,可能会大大削弱监测数据的统计推断能力。抽样地点的设计,应允许对更大范围的区域作出推断。作为一个基本原则,应该从目标总体中随机选择抽样单元,有必要的情况下,还需要采用分层抽样的方式,以便反映目标区域的特征,尽量减小空间误差或者调查误差。

4.2 抽样方法的选择

表 1 列出了多种抽样方法的优点和不足,可结合实际情况,选择相关抽样方法或采用多种抽样方法。在多种情况下,抽样总体是由几个不同的成分或者层构成的。可根据不同层的特性将目标总体分层,然后分别对各个层进行估测。分层抽样有两个优点:第一,调查人员可对比较熟悉的层进行调查;第二,所获得的数据较简单随机抽样精确,能提高估计的精度<sup>[27]</sup>。许多针对动物痕迹的调查都采用分层抽样方法<sup>[28-29]</sup>。

表 1 各种抽样方法的优点和不足<sup>[26]</sup>  
Table 1 Advantages and disadvantages of different sampling methods

| 抽样方法<br>Sampling methods             | 优点<br>Advantages                                                            | 不足<br>Disadvantages                                                            |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 简单随机抽样<br>Simplified random sampling | 需要事先知道总体的一些信息;<br>很容易分析数据和计算误差;<br>与其他随机抽样相比,选择单元比较容易、速度快                   | 采集样本的数据比较耗时;<br>与系统抽样相比,相同样本量的误差往往较大;<br>在不均匀的生境中,与分层抽样相比精度较低;<br>抽样单元间的旅行时间较长 |
| 系统抽样<br>Systematic sampling          | 如果某些指标有一定的变化规律,如随纬度或湿度的变化,与随机抽样相比,可以减少误差;<br>确定样地比较容易和有效;<br>可有效地分析分布、计算多度; | 如果抽样的间隔与周期性变化同步,可能会导致较大误差;<br>严格地讲无法进行统计检验,虽然在实际工作中如果样本量大于 30,结论不会受到影响         |
| 分层抽样<br>Stratified sampling          | 确保所有生境类型能被调查到;<br>可测量每层的特征并比较各层之间特征参数的大小;<br>如果每层分得均匀的话,可提高每层和总体的估计精度;      | 如果在监测开始前没有分层,准备工作要耗费不少时间;<br>当时最恰当的分层,在开展重复调查时分层情况可能会有变化,这样会改变监测的效率            |
| 多阶段抽样<br>Multi-stage sampling        | 可降低抽样的时间,从而提高效率;<br>与整群抽样相比,可提高精度;<br>对小尺度上异质的样点是有用的                        | 如果基本抽样单元与次级单元有高度的关联性,则误差较大                                                     |

4.3 空间变异性和可检测率

很多监测计划面临着两个重要的变异来源:空间变异性和可检测率<sup>[30-31]</sup>。生物物种资源在不同地点往往有较大的变异。调查人员可能无法在整个目标区域实施监测,只能从目标区域选取抽样区域,对这些抽样区域开展监测活动,并从这些抽样区域获得的结果来推断整个目标区域<sup>[30]</sup>。抽样区域的代表性程度将影响推断结论的可靠性<sup>[1,32-33]</sup>。监测计划应考虑这种空间变异性。对于区域或全球生物物种资源监测,这一点显得更加重要<sup>[31]</sup>。采用适当的空间抽样方法,可降低因空间变异性带来的估计误差。

可检测率指的是如果一个物种出现在抽样区域,其被检测到的概率。监测计划一般假设每个分布于现场的物种具有相同的被记录的概率,即在空间和时间上每个物种的可检测率没有差异。然而,对于大部分物种来说,可检测率是不同的<sup>[34-35]</sup>。瑞士的案例发现,物种检测率平均为 85%,即在现场的 15% 物种在调查时被忽略了<sup>[36]</sup>。Boulinier 等<sup>[34]</sup>对北美繁殖鸟类调查的分析表明,物种可检测率在美国各州有较大差异,有经验观察者的可检测率较高。可检测率的不同是由观测者、生境和天气状况等的不同造成的。如果没有考虑到可检测率,那么监测数据往往会有偏差<sup>[33]</sup>。在生境随空间和时间变化的景观中,长期监测计划应关注生境对可检测率可能产生的影响<sup>[35]</sup>。监测计划必须确保不同物种和不同时间的可检测率的一致,这样才能保证所获得的有关多样性变化的监测数据是源于真实的多样性随时间的变化结果,而不是因为可检测率差异引起的“假变化”。比如,在不同的季节进行调查时,动物的可检测率会因为栖息环境的不同而异,会导致动物数量

的变化。规范化抽样方法和监测努力,能减少这种不均匀性,但不会消除这种不均匀性。如果不了解可检测率的一些性质,就不能对监测系统作出稳健的推断。避免该误差的主要方式是对可检测率进行估测,并对结果加以纠正。如采用众多志愿者的英国繁殖鸟调查,通过样线调查法,借助距离抽样法,纠正可探测率误差<sup>[37]</sup>。具体方法是在样线调查中采用3种距离间隔计算可检测率。美国水鸟繁殖种群和栖息地调查,则采用分层抽样法,分别借助飞机和陆地抽查,即相同调查人员进行的两次调查,校正可检测率。这样做的前提是从空中和地面所获得的动物其可检测率是相同的<sup>[1]</sup>。可采用两个观测者同时进行同一项调查,校正检测误差<sup>[38]</sup>。在北美繁殖鸟类调查中估计物种丰富度时,Boulinier 等<sup>[34]</sup>提出了处理可检测率的八种模型。Buckland 等<sup>[39]</sup>提出了在样线法中考虑可检测率的种群数量估计模型。

#### 4.4 样本量和抽样单元的大小、形状及位置

在取样和数据收集过程中,由于有空间变异性和可检测率这两个主要的误差来源,如何使得抽样总体代表整个区域,是监测的关键。所以每个监测计划,应该选择最符合监测目标的抽样设计,样本应该为目标总体提供无偏估计。所有类型的监测,样本量一定要在所要求的置信水平上能足够探测到实际变化。单个物种监测的抽样设计也必须考虑一个物种的生活史和生境等具体情况,所得数据才能最优化且可以对所得结果进行适当的解释。这些具体包括动物活动范围、领域、季节利用格局和自然种群波动。动物活动范围和领域行为会影响样本量和抽样框内样地间的距离,以及对生境利用格局的解释。季节利用格局可以确定最优抽样时间,以进行物种调查,解释每年由于新生幼仔出现而产生的季节波动,以及解释所观测到的物种或生境利用方面的变化。对多物种的监测,抽样设计应该在抽样季节内多次取样,所得数据就不会由于物种季节性的不同而发生偏差;在取样时间方面,所有样地需同时或者随机进行,这样某个生境或地区就不会过早或过晚取样。

样本量受以下因素的影响:(1)监测目标;(2)数据的变异程度;(3)检测变化或趋势的精度;(4)能检测到变化趋势所需要的年数;(5)每个点每年需要调查的次数;(6)投入的资金和人力。样本量的计算首先需要明确能检测到的最低变化率和能检测到变化的最低时间。这些阈值是监测计划要实现的目标。提高功效的简单做法是增加样本量,但这样会增加时间、成本。应在样本量与监测数据的质量之间寻求平衡<sup>[40]</sup>。最优的抽样设计是在一定的管理目标、预算条件下,使统计效率最大,或使所花费的成本最小。最小样方数的确定可通过绘制方差与样方数的曲线来完成,曲线摆动趋于平缓时的样方数就是最小样方数<sup>[41]</sup>。

在抽样过程中,需要考虑另外一个因素是抽样单元的大小、形状和位置。有关不同抽样单元大小的优缺点已经引起了很多的争论<sup>[42-43]</sup>。在自然植物群落中,群落特征随调查样方面积增加而增加,但到一定程度后就不再增加,这时的样方面积即为最小样方面积<sup>[44]</sup>。确定最小样方面积的方法有种-面积曲线法、巢式样方法<sup>[41]</sup>。在调查区域采用系统抽样或者随机抽样的样方通常为圆形<sup>[43]</sup>。这个方法有效地综合了样方和样线调查法的优势。但迄今还没有任何一种方法是十全十美的。总的来讲,确定抽样单元大小和形状的原则是确保精度最高,效率最好。大量的小样方调查显然较少量的大样方的精度要高<sup>[45]</sup>。换句话说,为达到相同的统计学精度,从总的调查面积上看,选择小样方较选择大样方的调查面积少。而且,小样方也更有效率<sup>[42]</sup>。另外,可以采用不同大小和形状的样方组合来检验所采用的设计是否是满足监测目标的最佳设计。

固定样地既有优势又有不足之处。固定样地可以降低时间上的变异性,提高监测的统计能力。固定样地的优势取决于两次连续监测的相关程度,生命周期长的植物和领域广阔的哺乳动物,采用固定样地有较多优势。固定样地的不足是:首先标记和定位固定样地是非常困难、耗时的;重复调查同一地点可能会改变或破坏所调查的生境,并导致样本的代表性下降;如果固定样地的数量比较少,则样本可能不具代表性;生命周期短或移动的物种如1年生植物、小型哺乳动物和昆虫,采用固定样地则没有太多优势。固定样地也可能由于不可预见的事件如洪水而找不到,人类侵占如森林砍伐也会造成固定样地丢失。

#### 5 讨论

调查是在一定时间内采用标准化的程序,开展定性或定量观测的一种活动,但不设任何预先假设;监视是一种扩展的调查计划,其目的是提供时间序列数据,查明状况或指标的时间变化或分布范围,但不设任何假

设;监测是一种周期性的(定期或不定期)监视活动,以查明与预期目标的一致或背离程度<sup>[46]</sup>。成功的监测应该能在一定的时间范围内和空间尺度上,探测到与决策目标相关的变化,能及早发现问题以便做出补救。监测作为一个早期预警系统,可以完善今后的研究工作和保护措施,还可以评价保护政策的效率。

本文讨论了生物物种资源监测的原则、计划制定、监测对象和指标的确定、抽样方法与样地设置等问题。在具体监测工作中,还应考虑监测的尺度、手段和数据标准化等问题。空间尺度大体可划分为个体空间、局域斑快、区域尺度和生物地理学尺度等。物种多样性沿地理梯度的变化规律一直是生物多样性研究的重要内容,近半个世纪以来,国内外很多学者对物种丰富度的纬度格局进行了诸多的研究,结果不一,形成了物种多样性众多解说<sup>[47]</sup>。不同研究案例中取样尺度的差异可能是造成上述争议的原因之一。因此,物种资源监测应考虑取样尺度问题。

随着科学技术的发展,监测手段在不断提升。新的仪器和设备应用于物种资源监测,可提高监测的自动化程度、精度和工作效率。例如,利用掌上电脑(PDA)开发监测专用软件,进行调查数据的采集和处理,改变了传统的手工记录调查数据的方法,实现了无纸化和一体化作业流程,使外业调查数据的采集更加准确、方便、快捷。

数据标准化贯穿于监测的各个环节。提高数据标准化程度的关键:一是严格按照相关要求对样地的选址、设置和采样,并做好样地资料的档案管理和样地的维护工作;二是观测人员熟练掌握野外监测规范和相关知识,严格按照监测规范要求完成监测工作,按要求填写监测数据;三是制定和落实数据审核程序,从数据的正确性、一致性和完整性对监测数据进行全面、细致的审核,发现可疑、缺漏数据,及时进行必要的补测和重测;四是把监测数据和文档进行备份(光盘、硬盘),保证监测数据长期的安全。对观测人员进行培训是提高数据标准化程度的方法之一。所有培训应根据个人的需求来开展,并以工作人员的现有经验为基础。利用志愿者参与监测,一方面可以减少人力资源、资金等方面的困难,另一方面也可以满足志愿者探索自然的愿望。由志愿者采集的数据,其质量更多地取决于调查设计、分析方法和信息沟通手段,而不是志愿者的参与<sup>[48]</sup>。

## References:

- [1] Yoccoz N G, Nichols J D, Boulenger T. Monitoring of biological diversity in space and time. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 2001, 16(8): 446-453.
- [2] Dunn E H, Francis C M, Blancher P J, Drennan S R, Howe M A, Lepage D, Robbins C S, Rosenberg K V, Sauer J R, Smith K G. Enhancing the scientific value of the Christmas Bird Count. *The Auk*, 2005, 122(1): 338-346.
- [3] LeBaron G S. The 109th Christmas Bird Count. *American Birds*, 2009, 63: 2-7.
- [4] Walther G, Post E, Convey P, Menzel A, Parmesan C, Beebee T J C, Fromentin J M, Guldberg O H, Bairlein F Z. Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 2002, 426(6879): 389-395.
- [5] Gregory R D, Willis S G, Jiguet F, Voříšek P, Klvaňová A, van Strien A, Huntley B, Collingham Y C, Couvet D, Green R E, Bennett P M. An indicator of the impact of climatic change on European bird populations. *PLoS ONE*, 2009, 4(3): e4678-e4678.
- [6] Xu H G, Wu Jun, Liu Y, Ding H, Zhang M, Wu Y, Xi Q, Wang L. Biodiversity congruence and conservation strategies: A national test. *BioScience*, 2008, 58(7): 632-639.
- [7] Xu H G, Ding H, Wu J, Zhang M. 2010 biodiversity target: indicators and progress. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2010, 26(4): 289-293.
- [8] Department of International Cooperation, Ministry of Environmental Protection of China. Protecting the Life System on which Humans Depend: Review and Perspectives of the Convention on Biological Diversity. Beijing: Science Press, 2011.
- [9] Xu H G, Ding H, Wu J, Cao M C, Chen L, Le Z F, Cui P. Interpretation of the 2020 global biodiversity targets and its assessment indicators. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2012, 28(1): 1-9.
- [10] Donald P F, Sanderson F J, Burfield I J, Bierman S M, Gregory R D, Waliczky Z. International conservation policy delivers benefits for birds in Europe. *Science*, 2007, 317(5839): 810-813.
- [11] Gregory R D, Noble D, Field R, Marchant J, Raven M, Gibbons D W. Using birds as indicators of biodiversity. *Ornis Hungarica*, 2003, 12-13: 11-24.
- [12] Bennun L, Matiku P, Mulwa R, Buckley P. Monitoring important bird areas in Africa: towards a sustainable and scaleable system. *Biodiversity*

- and Conservation, 2005, 14(11): 2575-2590.
- [13] Pearson D L. Selecting indicator taxa for the quantitative assessment of biodiversity. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences, 1994, 345(1311): 75-79.
- [14] McGeoch M A. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. Biological Reviews, 1998, 73(2): 181-201.
- [15] Noss R F. Assessing and monitoring forest biodiversity: a suggested framework and indicators. Forest Ecology and Management, 1999, 115(2/3): 135-146.
- [16] Kremen C. Assessing the indicator properties of species assemblages for natural areas monitoring. Ecological Applications, 1992, 2(2): 203-217.
- [17] Simberloff D. Flagships, umbrellas, and keystone: is single-species management passe in the landscape era? Biological Conservation, 1998, 83(3): 247-257.
- [18] Lawler J J, White D, Sifneos J C. Rare species and the use of indicator groups for conservation planning. Conservation Biology, 2003, 17(3): 875-882.
- [19] Landres P B, Verner J, Thomas J W. Ecological uses of vertebrate indicator species: a critique. Conservation Biology, 1988, 2(4): 316-328.
- [20] Lawton J H, Bignell D E, Bolton B, Bloemers G F, Eggleton P, Hammond P M, Hodda M, Holt R D, Larsen T B, Mawdsley N A, Stork N E, Srivastava D S, Watt A D. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. Nature, 1998, 391(6662): 72-76.
- [21] Danielsen F, Balet D S, Poulsen M K, Enghoff M, Nozawa C M, Jensen A E. A simple system for monitoring biodiversity in protected areas of a developing country. Biodiversity and Conservation, 2000, 9(12): 1671-1705.
- [22] Smyth A K, James C D. Characteristics of Australia's rangelands and key design issues for monitoring biodiversity. Austral Ecology, 2004, 29(1): 3-15.
- [23] Chen S B, Jiang G M, Gao J X, Li Y G, Su D. Review of indicators system developing for biodiversity monitoring. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(10): 5123-5132.
- [24] Henry P, Lengyel S, Nowicki P, Julliard R, Clobert J, Čelik T, Gruber B, Schmeller D S, Babij V, Henle K. Integrating ongoing biodiversity monitoring: potential benefits and methods. Biodiversity Conservation, 2008, 17(14): 3357-3382.
- [25] Balmford A, Green R E, Jenkins M. Measuring the changing state of nature. TRENDS in Ecology and Evolution, 2003, 18(7): 326-330.
- [26] Tucker G, Bubbs P, de Heer M, Miles L, Lawrence A, van Rijsoort J, Bajracharya S B, Nepal R C, Sherchan R, Chapagain N. Guidelines for Biodiversity Assessment and Monitoring for Protected Areas. Kathmandu: KMTNC, 2005.
- [27] Green R E, Balmford A, Crane P R, Mace G M, Reynolds J D, Turner R K. A framework for improved monitoring of biodiversity: responses to the world summit on sustainable development. Conservation Biology, 2005, 19(1): 56-65.
- [28] Caughley G J. Density and dispersion of two species of kangaroo in relation to habitat. Australian Journal of Zoology, 1964, 12(2): 238-249.
- [29] Floyd R B. Density of *Wallabia bicolor* (Desmarest) (Marsupialia: Macropodidae) in eucalypt plantations of different ages. Australian Wildlife Research, 1980, 7(3): 333-337.
- [30] Pollock K H, Nichols J D, Simons T R, Farnsworth G L, Bailey L L, Sauer J R. Large scale wildlife monitoring studies; statistical methods for design and analysis. Environmentrics, 2002, 13(2): 105-119.
- [31] Buckland S T, Magurran A E, Green R E, Fewster R M. Monitoring change in biodiversity through composite indices. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 2005, 360(1454): 243-254.
- [32] Stork N E, Samways M J, Eeley H A C. Inventorying and monitoring biodiversity. Tree, 1996, 11(1): 39-40.
- [33] Martin J, Kitchens W M, Hines J E. Importance of well-designed monitoring programs for the conservation of endangered species: case study of the snail kite. Conservation Biology, 2007, 21(2): 472-481.
- [34] Boulinier T, Nichols J D, Sauer J R, Hines J E, Pollock K H. Estimating species richness: the importance of heterogeneity in species detectability. Ecology, 1998, 79(3): 1018-1028.
- [35] Gonzalo-Turpin H, Sirami C, Brotons L, Gonzalo L, Martin J L. Teasing out biological effects and sampling artifacts when using occupancy rate in monitoring programs. Journal of Field Ornithology, 2008, 79(2): 159-169.
- [36] Kéry M, Schmid H. Monitoring programs need to take into account imperfect species detectability. Basic and Applied Ecology, 2004, 5(1): 65-73.
- [37] Buckland S T, Anderson D R, Burnham K P, Laake J L, Borchers D L, Thomas L. Introduction to Distance Sampling. NY: Oxford University Press, 2001.
- [38] Nichols J D, Hines J E, Sauer J R, Fallon F W, Fallon J E, and Heglund P J. A double-observer approach for estimating detection probability and abundance from point counts. The Auk, 2000, 117(2): 393-408.
- [39] Buckland S T, Anderson D R, Burnham K P, Laake J L. Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. London: Chapman

and Hall, 1993.

- [40] Legg C J, Nagy L. Why most conservation monitoring is, but need not be, a waste of time. *Journal of Environmental Management*, 2006, 78(2): 194-199.
- [41] Dong M. *Standard Methods on Observation and Analysis for China's Ecosystem Research Network: Investigation, Observation and Analysis of Terrestrial Biomes*. Beijing: China Standard Press, 1996.
- [42] Johnson K A. *Methods for the Census of Wallaby and Possum in Tasmania*. Tasmania: National Parks and Wildlife Service, 1977.
- [43] Southwell C. Techniques for monitoring the abundance of kangaroo and wallaby populations // Grigg G, Jarman P, Hume I, eds. *Kangaroos, Wallabies and Rat Kangaroos*. Sydney: Surrey Beatty and Sons, 1989: 659-693.
- [44] Chen Z Z, Wang S P. *Observation Methodology on Grassland Ecosystems*. Beijing: China Environmental Science Press, 2004.
- [45] Neff D J. The pellet-group count technique for big game trend, census, and distribution: a review. *The Journal of Wildlife Management*, 1968, 32(3): 597-614.
- [46] McGeoch M A. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews*, 1998, 73(2): 181-201.
- [47] Chen S D, Xu H G, Cao M C, Zhang D Q, Wu W W. Advances in the study of species richness pattern. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2011, 27(3): 1-9.
- [48] Battersby J E, Greenwood J J D. Monitoring terrestrial mammals in the UK: past, present and future, using lessons from the bird world. *Mammal Review*, 2004, 34(1/2): 3-29.

#### 参考文献:

- [7] 徐海根, 丁晖, 吴军, 张明. 2010 年生物多样性目标: 指标与进展. *生态与农村环境学报*, 2010, 26(4): 289-293.
- [8] 环境保护部国际合作司. 保护人类赖以生存的生命系统: 《生物多样性公约》回顾与展望. 北京: 科学出版社, 2011: 152-154.
- [9] 徐海根, 丁晖, 吴军, 曹铭昌, 陈炼, 乐志芳, 崔鹏. 2020 年全球生物多样性目标解读及其评估指标探讨. *生态与农村环境学报*, 2012, 28(1): 1-9.
- [23] 陈圣宾, 蒋高明, 高吉喜, 李永庚, 苏德. 生物多样性监测指标体系构建研究进展. *生态学报*, 2008, 28: 5123-5132.
- [41] 董鸣主编. *中国生态系统研究网络观测与分析标准方法: 陆地生物群落调查观测与分析*. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [44] 陈佐忠, 汪诗平. *草地生态系统观测方法*. 北京: 中国环境科学出版社, 2004.
- [47] 陈胜东, 徐海根, 曹铭昌, 张党权, 吴伟伟. 物种丰富度格局研究进展. *生态与农村环境学报*, 2011, 27(3): 1-9.

# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 7 April, 2013 (Semimonthly)

## CONTENTS

### Frontiers and Comprehensive Review

- Research progress on chemical communication of development and host-finding of nematodes ..... ZHANG Bin, HU Chunxiang, SHI Jin, et al (2003)
- Principles, indicators and sampling methods for species monitoring ..... XU Haigen, DING Hui, WU Jun, et al (2013)

### Autecology & Fundamentals

- Spatial distribution pattern of human-caused fires in Hulunbeir grassland ..... ZHANG Zhengxiang, ZHANG Hongyan, LI Dongxue, et al (2023)
- Belowground biomass in Tibetan grasslands and its environmental control factors ..... YANG Xiuqing, HUANG Mei, WANG Junbang, et al (2032)
- Analysis on variation characteristics of air temperature and ground temperature in Guilin from 1961 to 2010 ..... CHEN Chao, ZHOU Guangsheng (2043)
- Winter bed-site selection by roe deer (*Capreolus capreolus*) in Huangnihe Nature Reserve ..... ZHU Hongqiang, GE Zhiyong, LIU Geng, et al (2054)
- Leaf anatomical characteristics of the plants of grasslands in the Tibetan Plateau ..... LI Quanfa, WANG Baojuan, AN Lihua, et al (2062)
- A research on summer vegetation characteristics & short-time responses to experimental warming of alpine meadow in the Qinghai-Tibetan Plateau ..... XU Manhou, XUE Xian (2071)
- Cytological study on microsporogenesis of *Solanum lycopersicum* var. Micro-Tom under high temperature stress ..... PENG Zhen, CHENG Lin, HE Yanjun, et al (2084)
- A new plant height growth process model of *Caragana* forest in semi-arid loess hilly region ..... ZHAO Long, WANG Zhenfeng, GUO Zhongsheng, et al (2093)
- Germination inhibitory substances extracted from the seed of seven species of *Quercus* ..... LI Qingmei, LIU Yan, LIU Guangquan, et al (2104)
- Effects of water stress and fungicide on the growth and drought resistance of *Flaveria bidentis* ..... CHEN Dongqing, HUANGFU Chaohe, LIU Hongmei, et al (2113)
- Characters of soil seed bank in copper tailings and its adjacent habitat ... SHEN Zhangjun, OU Zulan, TIAN Shengni, et al (2121)
- Changes of soil chemical properties after different burning years in typical steppe of Yunwun Mountains ..... LI Yuan, CHENG Jimin, WEI Lin, et al (2131)
- Effects of water and fertilizers on nitrate content in tomato fruits under alternate partial root-zone irrigation ..... ZHOU Zhenjiang, NIU Xiaoli, LI Rui, et al (2139)
- Effect of land use on the characteristics of organic carbon and labile organic carbon in soil aggregates in Karst mountain areas ..... LI Juan, LIAO Hongkai, LONG Jian, et al (2147)
- Mobilization of inorganic phosphorus from soils by five azotobacters ..... ZHANG Liang, YANG Yuhong, LI Qian, et al (2157)
- Physiological-ecological responses of *Iris germanica* L. to Cd stress and its accumulation of Cd ..... ZHANG Chengxiang, CHEN Weifeng (2165)
- The available forms and bioavailability of heavy metals in soil amended with sewage sludge ..... TIE Mei, SONG Linlin, HUI Xiujuan, et al (2173)
- LAI-based photosynthetic light response model and its application in a rainfed maize ecosystem ..... SUN Jingsong, ZHOU Guangsheng (2182)
- The dominant species of predatory natural enemies of three kinds of planthoppers and impact of pesticides on natural enemies in paddy field ..... LIN Yuan, ZHOU Xiazhi, BI Shoudong, et al (2189)

### Population, Community and Ecosystem

- Spatial and temporal variation of picophytoplankton in the Pearl River Estuary ..... ZHANG Xia, HUANG Xiaoping, SHI Zhen, et al (2200)

|                                                                                                                                                                                  |                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Analysis of the relationship between species diversity and hydrologic factors during an interval of intermittent water delivery at the Lower Reaches of Tarim River, China ..... | CHEN Yongjin, LIU Jiazhen, CHEN Yaning, et al (2212)   |
| Fish species composition and community pattern in the continental shelf of northwestern South China Sea .....                                                                    | WANG Xuehui, LIN Zhaojin, DU Feiyan, et al (2225)      |
| Distribution and succession of plant communities in Lake Bita coastal swamp on the plateau region, northwestern Yunnan .....                                                     | HAN Dayong, YANG Yongxing, YANG Yang (2236)            |
| Analysis on community structure and quantitative characteristics of <i>Nitraria tangutorum</i> nebkhas at different succession stage in lower reaches of Shiyang River .....     | JIN Hujia, MA Quanlin, HE Mingzhu, et al (2248)        |
| <b>Resource and Industrial Ecology</b>                                                                                                                                           |                                                        |
| Effects of subsoiling and supplemental irrigation on dry matter production and water use efficiency in wheat .....                                                               | ZHENG Chengyan, YU Zhenwen, ZHANG Yongli, et al (2260) |
| Effects of two years' incorporation of leguminous green manure on soil properties of a wheat field in dryland conditions .....                                                   | ZHANG Dabin, YAO Pengwei, LI Jing, et al (2272)        |
| Effects of planting with ridge and furrow mulching on maize growth, yield and water use efficiency in dryland farming .....                                                      | LI Rong, HOU Xianqing, JIA Zhikuan, et al (2282)       |
| <b>Urban, Rural and Social Ecology</b>                                                                                                                                           |                                                        |
| Effects of riparian buffers of North Mort of Beijing on air temperature and relative humidity .....                                                                              | WU Fangfang, ZHANG Na, CHEN Xiaoyan (2292)             |
| Characteristics of spatial and temporal variations of global solar radiation in Xi'an and relevant response in urban development .....                                           | ZHANG Hongli, ZHANG Naweirui, LIU Minru, et al (2304)  |
| <b>Research Notes</b>                                                                                                                                                            |                                                        |
| A analysis of macrofungal flora diversity in Langyashan Nature Reserve, Anhui Province, China .....                                                                              | CHAI Xinyi, XU Xuefeng, WANG Meiyong, et al (2314)     |

# 《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,探索自然奥秘,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 陈利顶

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 7 期 (2013 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 7 (April, 2013)

|               |                                                                                                                    |                 |                                                                                                                                                                                 |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 编 辑           | 《生态学报》编辑部<br>地址:北京海淀区双清路 18 号<br>邮政编码:100085<br>电话:(010)62941099<br>www.ecologica.cn<br>shengtaixuebao@rcees.ac.cn | Edited by       | Editorial board of<br>ACTA ECOLOGICA SINICA<br>Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China<br>Tel:(010)62941099<br>www.ecologica.cn<br>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<br>中国科学院生态环境研究中心<br>地址:北京海淀区双清路 18 号<br>邮政编码:100085                                                        | Sponsored by    | Ecological Society of China<br>Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS<br>Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China                                 |
| 出 版           | 科 学 出 版 社<br>地址:北京东黄城根北街 16 号<br>邮政编码:100717                                                                       | Published by    | Science Press<br>Add:16 Donghuangchenggen North Street,<br>Beijing 100717, China                                                                                                |
| 印 刷           | 北京北林印刷厂                                                                                                            | Printed by      | Beijing Bei Lin Printing House,<br>Beijing 100083, China                                                                                                                        |
| 发 行           | 科 学 出 版 社<br>地址:东黄城根北街 16 号<br>邮政编码:100717<br>电话:(010)64034563<br>E-mail:journal@cspg.net                          | Distributed by  | Science Press<br>Add:16 Donghuangchenggen North<br>Street, Beijing 100717, China<br>Tel:(010)64034563<br>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<br>地址:北京 399 信箱<br>邮政编码:100044                                                                         | Foreign         | China International Book Trading<br>Corporation<br>Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China                                                                                      |
| 广告经营<br>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 90.00 元