

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 19 期 Vol.32 No.19 **2012**

中国生态学会
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 32 卷 第 19 期

2012 年 10 月 (半月刊)

目 次

中国野生东北虎数量监测方法有效性评估	张常智, 张明海, 姜广顺 (5943)
城市居民食物氮消费变化及其环境负荷——以厦门市为例	于 洋, 崔胜辉, 赵胜男, 等 (5953)
珠江口水域夏季小型底栖生物群落结构	袁俏君, 苗素英, 李恒翔, 等 (5962)
2010 年夏季雷州半岛海岸带浮游植物群落结构特征及其与主要环境因子的关系	龚玉艳, 张才学, 孙省利, 等 (5972)
阿根廷滑柔鱼两个群体间耳石和角质颞的形态差异	方 舟, 陈新军, 陆化杰, 等 (5986)
黄河三角洲滨海草甸与土壤因子的关系	谭向峰, 杜 宁, 葛秀丽, 等 (5998)
盘锦湿地净初级生产力时空分布特征	王莉雯, 卫亚星 (6006)
菜豆根瘤菌对土壤钾的活化作用	张 亮, 黄建国, 韩玉竹, 等 (6016)
花生植株和土壤水浸液自毒作用研究及土壤中自毒物质检测	黄玉茜, 韩立思, 杨劲峰, 等 (6023)
遮荫对金莲花光合特性和叶片解剖特征的影响	吕晋慧, 王 玄, 冯雁梦, 等 (6033)
火干扰对小兴安岭草丛、灌丛沼泽温室气体短期排放的影响	顾 韩, 牟长城, 张博文, 等 (6044)
古尔班通古特沙漠南部植物多样性及群落分类	张 荣, 刘 彤 (6056)
黄土高原樟子松和落叶松与其他树种枯落叶混合分解对土壤的影响	李 茜, 刘增文, 米彩红 (6067)
长期集约种植对雷竹林土壤氨氧化古菌群落的影响	秦 华, 刘卜榕, 徐秋芳, 等 (6076)
H ₂ O ₂ 参与 AM 真菌与烟草共生过程	刘洪庆, 车永梅, 赵方贵, 等 (6085)
北京山区防护林优势树种分布与环境的的关系	邵方丽, 余新晓, 郑江坤, 等 (6092)
旱直播条件下强弱化感潜力水稻根际微生物的群落结构	熊 君, 林辉锋, 李振方, 等 (6100)
不同森林类型根系分布与土壤性质的关系	黄 林, 王 峰, 周立江, 等 (6110)
臭氧胁迫下硅对大豆抗氧化系统、生物量及产量的影响	战丽杰, 郭立月, 宁堂原, 等 (6120)
垃圾填埋场渗滤液灌溉对土壤理化特征和草本花卉生长的影响	王树芹, 赖 娟, 赵秀兰 (6128)
稻麦轮作系统冬小麦农田耕作措施对氧化亚氮排放的影响	郑建初, 张岳芳, 陈留根, 等 (6138)
不同施氮措施对旱作玉米地土壤酶活性及 CO ₂ 排放量的影响	张俊丽, 高明博, 温晚霞, 等 (6147)
北方农牧交错区农业生态系统生产力对气候波动的响应——以准格尔旗为例	孙特生, 李 波, 张新时 (6155)
辽宁省能源消费和碳排放与经济增长的关系	康文星, 姚利辉, 何介南, 等 (6168)
基于 FARSITE 模型的丰林自然保护区潜在林火行为空间分布特征	吴志伟, 贺红士, 梁 宇, 等 (6176)
不同后作生境对玉米地天敌的冬季保育作用	田耀加, 梁广文, 曾 玲, 等 (6187)
云南紫胶虫种群数量对地表蚂蚁多样性的影响	卢志兴, 陈又清, 李 巧, 等 (6195)
阿波罗绢蝶种群数量和垂直分布变化及其对气候变暖的响应	于 非, 王 吟, 王绍坤, 等 (6203)
专论与综述	
海水养殖生态系统健康综合评价: 方法与模式	蒲新明, 傅明珠, 王宗灵, 等 (6210)
海草场生态系统及其修复研究进展	潘金华, 江 鑫, 赛 珊, 等 (6223)
水华蓝藻对鱼类的营养毒理学效应	董桂芳, 解绶启, 朱晓鸣, 等 (6233)
环境胁迫对海草非结构性碳水化合物储存和转移的影响	江志坚, 黄小平, 张景平 (6242)
生态免疫学研究进展	徐德立, 王德华 (6251)
研究简报	
喀斯特峰丛洼地不同森林表层土壤有机质的空间变异及成因	宋 敏, 彭晚霞, 邹冬生, 等 (6259)
准噶尔盆地东南缘梭梭种子雨特征	吕朝燕, 张希明, 刘国军, 等 (6270)



封面图说: 岸边的小白鹭——鹭科白鹭属共有 13 种, 其中有大白鹭、中白鹭、白鹭 (小白鹭)、黄嘴白鹭等, 体羽皆是全白, 世通称白鹭。夏季的白鹭成鸟繁殖时枕部着生两条狭长而软的矛状羽, 状若双辫, 肩和胸着生蓑羽, 冬季时蓑羽常全部脱落, 白鹭虹膜黄色, 嘴黑色, 脚部黑色, 趾呈黄绿色。小白鹭常常栖息于稻田、沼泽、池塘水边, 以及海岸浅滩的红树林里。白天觅食, 好食小鱼、蛙、虾及昆虫等。繁殖期 3—7 月。繁殖时成群, 常和其他鹭类在一起, 雌雄均参加营巢, 次年常到旧巢处重新修葺使用。

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

DOI: 10.5846/stxb201108231229

邵方丽, 余新晓, 郑江坤, 王贺年. 北京山区防护林优势树种分布与环境的关系. 生态学报, 2012, 32(19): 6092-6099.

Shao F L, Yu X X, Zheng J K, Wang H N. Relationships between dominant arbor species distribution and environmental factors of shelter forests in the Beijing mountain area. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(19): 6092-6099.

北京山区防护林优势树种分布与环境的关系

邵方丽, 余新晓*, 郑江坤, 王贺年

(北京林业大学水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 在北京山区, 以该区防护林主要树种为依据, 选择在典型天然林中设置 26 块具有代表性的样地, 并计测样地中乔木树种的重要值以及包括海拔、坡度、土壤含水量、土壤养分等 14 个环境因子, 采用除趋势典范对应分析 (DCCA) 方法对样地乔木和环境因子进行分析, 以揭示该区防护林优势树种与环境因子间的关系。根据样地树种组成及树种重要值首先将 26 块样地划分为以油松 (*Pinus tabulaeformis*)、侧柏 (*Platycladus orientalis*)、栎类 (*Quercus* spp.)、杨桦 (*Populus davidiana*-*Betula platyphylla*) 及落叶松 (*Larix principis-rupprechtii*) 为优势种的 5 个典型群落类型, 然后应用 DCCA 方法进行分析, 结果表明, 在各个环境因子中, 海拔作为大多数环境因子的综合反映, 是影响植被群落分布最重要的环境因子, 第一排序轴主要反映海拔、水分、土壤有机质等的变化, 第二排序轴主要反映坡度、坡向的变化, 各植被群落类型沿着第一排序轴呈有规律的分布; 将环境因子对物种分布格局的影响进行定量分离, 结果显示, 14 个环境因子解释了 43.19% 的物种分布格局, 其中地形因子解释部分为 20.36%, 土壤因子解释部分为 11.9%, 土壤和地形的交互作用解释部分为 10.93%。

关键词: 北京山区; DCCA; 群落; 分布; 环境因子

Relationships between dominant arbor species distribution and environmental factors of shelter forests in the Beijing mountain area

SHAO Fangli, YU Xinxiao*, ZHENG Jiangkun, WANG Henian

Ministry of Education Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

Abstract: Shelter forests of the Beijing mountain area are a major ecological barrier of Beijing. Forest cover protection and construction, and health and stability of forest ecosystems are critically important to the ecological security of Beijing. This study aims to provide a scientific basis for the restoration of degraded vegetation, protection of natural vegetation, and construction and management of shelter forests. Based on the dominant species of the shelter forest in the Beijing mountain area, 26 representative natural forest plots were established across 13 natural reserves or forest management areas in 7 counties of the Beijing mountain area. To reveal the distribution pattern of arbor species in the area and explore how environmental factors influence the distribution pattern, Detrended Canonical Correspondence Analysis (DCCA) was used to analyze the relationships between the distribution of dominant arbors and 14 environmental factors. Environmental factors tested included soil infiltration rates (IR), pH value (pH), alkali-hydrolyzable nitrogen (AN), available phosphorus (AP), available potassium (AK), organic matter (OM), total nitrogen (TN), total phosphorus (TP), total potassium (TK), elevation (ELE), slope (SLO), aspect (ASP), thickness of soil (TOS), and soil water content (SWC). Twenty six sample plots were divided into 5 communities: *Pinus tabulaeformis* (I), *Platycladus orientalis* (II), *Quercus* (III), *Populus-Betula* (IV) and *Larix principis-rupprechtii* (V) according to the dominant arbor species in the area and their

基金项目: 林业公益性行业科研专项 (201104005); 国家“十二五”科技支撑项目 (2011BAD38B05)

收稿日期: 2011-08-23; 修订日期: 2012-02-28

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yuxinxiao111@126.com

importance values. Analysis of environmental factors revealed that elevation was significantly positively correlated with OM (0.6), AN (0.683), SWC (0.598) ($P < 0.001$), TN (0.556) ($P < 0.01$), TOS (0.477) and AK (0.419) ($P < 0.05$), and negatively correlated with TK (-0.423) ($P < 0.05$). Results of DCCA ordination showed that elevation was dominant among the 14 environmental factors that affected community distribution. The first DCCA axis accounted for the largest fraction of the variation and showed gradients of elevation, soil water content and organic matter. Along the first axis, community distribution ranged from broad-leaved forest to coniferous forest. The second DCCA axis showed variation due to slope and aspect. On the whole, the five types of communities coincided with the distribution of DCCA ordination diagram demonstrating the importance of environmental gradients in shaping community distribution. From the left of the first DCCA axis community types were IV, V, I, II, whereas community type III was widely distributed along the elevation gradient. The DCCA ordination of main arbor species with importance values ≥ 15 displayed two distribution patterns. First, an arbor species was dominant or subdominant in a community and rarely emerged in other communities, the arbor species similarly distributed in the community. Second, an arbor species was dominant or subdominant in many communities, the arbor species distributed among these communities. Furthermore, the influence of environmental factors was quantitatively assessed. Fourteen environmental factors were divided into topographic and soil factors, and the effects of environmental factors on community distribution were quantified. The results indicated that together, the tested factors could explain 43.19% of the distribution. Within that, topographic factors accounted for 20.36% of the variation, soil factors for 11.9%, and topographic-soil-factor interaction for 10.39%. Other, undetermined, factors accounted for an additional 56.81% of the variation.

Key Words: Beijing mountain area; DCCA; community; distribution; environmental factors

植物群落的物种组成、分布与环境因子的关系研究,可以揭示植物群落的分布规律和环境梯度,是植物生态学研究的重要内容^[1]。在生态学研究,作为直接梯度分析的 CCA 和 DCCA 因其能同时结合多个环境因子、包含大量的信息、结果准确等优点得到广泛应用^[2-3]。DCCA 结合植被和环境数据,在消除“弓形效应”后计算排序值,并将植被和环境数据表示在一个图上,可以直观地看出它们之间的关系,更有利于排序轴生态意义的解释,成为现代植被梯度分析与环境解释的趋势性方法^[4-5]。本文以北京山区防护林优势树种为研究对象,在野外实地调查和室内测定分析相结合的基础上,对北京山区防护林优势群落类型进行分类,并应用 DCCA 方法对该区防护林优势群落分布与环境因子的关系进行分析,以揭示优势群落的分布及影响群落分布的主要环境因子,并通过环境解释过程客观且定量地把植物群落分布格局与环境因子联系起来^[6-9],揭示植物群落分布格局与环境因子的数量关系,更好地结合生境特点,为该区退化植被的生态恢复、自然植被的有效保护及防护林的建设和管理提供科学依据。

1 研究区概况

北京山区位于北京市北部和西部(39°12'—41°05'N, 115°25'—117°30'E)。由两大山系组成,西部属太行山脉,北部属燕山山脉。地势呈西北高,东南低,形成由中山、低山、丘陵过渡到冲洪积台地,冲积扇地及冲积平原的组合地貌。山区面积 1.04 万 km²,占北京市总面积的 62%,在全市 18 个区县中,房山、门头沟、昌平、延庆、怀柔、密云、平谷 7 个山区区县的山区面积都在本辖区总面积的一半以上。北京山区属暖温带半湿润季风大陆性气候,气候垂直地带性明显,年均降水量 470—660 mm,年均气温 10—12℃。山地土壤带属于暖温带半湿润地区的褐土地带,土壤垂直地带性明显,山区地带性植被类型为暖温带落叶阔叶林,垂直分异明显。

2 研究方法

2.1 样地分布

以北京山区防护林的主要组成树种为依据,选择在北京山区 7 个区县的 13 个自然保护区或林场的典型天然林分中,布设 26 块面积大小为 50 m×50 m 的标准样地。样地分别位于西山林场(海淀),八达岭林场(延

庆)、松山自然保护区(延庆),十三陵林场(昌平),水源保护林试验工作站(密云)、雾灵山林场(密云)、锥峰山林场(密云)、半城子水库流域(密云)、潮关西沟流域(密云)、喇叭沟门自然保护区(怀柔),丫髻山林场(平谷)、四座楼林场(平谷)和百花山自然保护区(门头沟),样地布设点见图1。样地树种基本包括了北京山区防护林优势树种,油松(*Pinus tabulaeformis*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、落叶松(*Larix principis-rupprechtii*)、桦树(*Betula* spp.)、栎类(*Quercus* spp.)、杨树(*Populus* spp.)等。

2.2 数据采集

对样地中胸径 ≥ 5 cm的乔木进行调查,记录其种名、胸径、树高、冠幅、个体数等;灌草调查为每一种的种名、高度及盖度;环境因子调查:用GPS记录样地的海拔;手持罗盘记录样地的坡向及坡度;采用双环入渗法测定样地土壤入渗速率;挖取土壤剖面测定土壤厚度,采集0—40cm的土壤混合样品,测定该混合样品的含水量、pH值、有机质、全氮等。

2.3 数据处理

2.3.1 重要值

重要值作为物种在群落中的优势度指标,表达不同物种在群落中的功能地位,以及反映其在群落中的分布格局状况。其计算公式为:

$$\text{重要值} = (\text{相对频度} + \text{相对多度} + \text{相对显著度}) / 3 \quad (1)$$

$$\text{相对频度} = (\text{某种的频度} / \text{所有种的频度总和}) \times 100 \quad (2)$$

$$\text{相对多度} = (\text{某种的个体数之和} / \text{所有种的个体数总和}) \times 100 \quad (3)$$

$$\text{相对显著度} = (\text{某种个体的胸高断面积之和} / \text{所有种个体的胸高断面积总和}) \times 100 \quad (4)$$

乔木层是森林生态系统的主要组成部分,其组成决定了林下灌木和草本的组成和结构^[10]。本文选用乔木重要值为植被数据。

2.3.2 环境数据

由于样地均位于北京山区,气候条件差异较小,且样地林分均为天然未受干扰的林分,因此在环境影响因子选择中未考虑气候因子且不涉及干扰因素,选择与植被分布、生长直接相关的地形和土壤因子。具体包括有海拔(ELE)、坡度(SLO)、坡向(ASP)、土壤厚度(TOS)、土壤含水量(SWC)、土壤入渗速率(IR)、pH值、碱解氮(AN)、速效磷(AP)、速效钾(AK)、全氮(TN)、全磷(TP)、全钾(TK)、有机质(OM),共计14个指标。

为建立环境数据矩阵,坡向数据以等级制表示:将坡向按照45°的夹角,以正北方向为0°,顺时针方向旋转分为8个坡向等级,1表示北坡(0—22.5°,337.5—360°),2表示东北坡(22.5—67.5°),3表示西北坡(292.5—337.5°),4表示东坡(67.5—112.5°),5表示西坡(247.5—292.5°),6表示东南坡(112.5—157.5°),7表示西南坡(202.5—247.5°),8表示南坡(157.5—202.5°),数字越大,表示坡向越向阳^[11-12]。

本文应用Canoco for Windows(Version 4.5)软件,以乔木重要值和环境因子建立物种-环境矩阵,采用DCCA方法分析植被和环境的关系。

3 结果与分析

3.1 群落类型划分

在所调查的26个样地中,重要值 ≥ 1 的乔木树种共计40种(表1),分属于18科,26属;根据样地中乔木

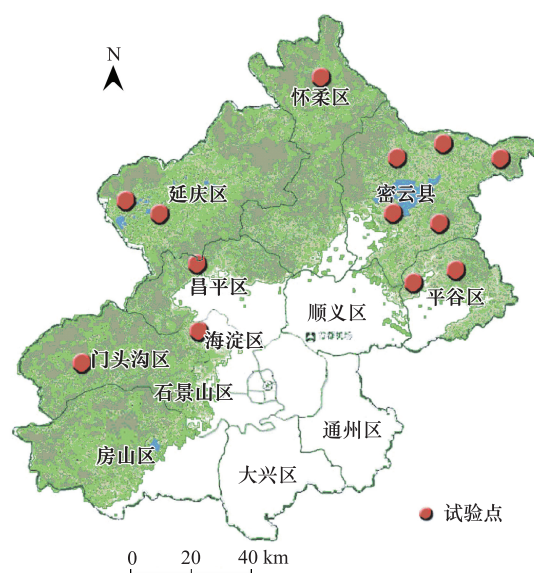


图1 研究区样地分布

Fig. 1 Sample plots distribution in study area

树种的组成及其重要值的大小,将 26 块样地划分为 5 个群落类型。

表 1 研究区防护林主要乔木树种
Table 1 Dominant arbor species of shelter forest in study area

物种 Species	物种 Species	物种 Species
侧柏 <i>Platycladus orientalis</i>	麻栎 <i>Quercus acutissima</i>	白皮松 <i>Pinus bungeana</i>
刺槐 <i>Robinia pseudoacacia</i>	蒙古栎 <i>Quercus mongolica</i>	白杆 <i>Picea meyeri</i>
糠椴 <i>Tilia mandschurica</i>	栓皮栎 <i>Quercus variabilis</i>	落叶松 <i>Larix principis-rupprechtii</i>
紫椴 <i>Tilia amurensis</i>	臭椿 <i>Ailanthus altissima</i>	华山松 <i>Pinus armandii</i>
核桃楸 <i>Juglans mandshurica</i>	五角枫 <i>Acer truncatum</i>	油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>
白桦 <i>Betula platyphylla</i>	火炬树 <i>Rhus typhina</i>	栎树 <i>Koeleruteria paniculata</i>
鹅耳枥 <i>Carpinus turczaninowii</i>	白梨 <i>Pyrus bretschneideri</i>	黄花柳 <i>Salix caprea</i>
黑桦 <i>Betula dahurica</i>	杜梨 <i>Pyrus betulaeifolia</i>	青杨 <i>Populus cathayana</i>
红桦 <i>Betula albo-sinensis</i>	花楸 <i>Sorbus pohuashanensis</i>	山杨 <i>Populus davidiana</i>
油桦 <i>Betula ovalifolia</i>	山杏 <i>Prunus armeniaca</i>	榆树 <i>Ulmus pumila</i>
蒙椴 <i>Tilia mongolica</i>	构树 <i>Broussonetia papyrifera</i>	小叶朴 <i>Celtis bungeana</i>
槲栎 <i>Quercus aliena</i>	桑 <i>Morus alba</i>	白腊 <i>Fraxinus chinensis</i>
槲树 <i>Quercus dentata</i>	黑枣 <i>Dateplum Persimmon</i>	
辽东栎 <i>Quercus liaotungensis</i>	柿 <i>Diospyros kaki</i>	

群落类型 I 以油松为优势种,混交有白皮松、栓皮栎等,包含样地 1、12、14、16、22、24、26;群落 II 以侧柏为优势种,混交有油松、山杏等,包含样地 7、13、21;群落类型 III 以栎类为主的混交林群落,主要为栎类树种间以及栎类和其它阔叶或针叶树种的混交,包含样地 8、15、17、18、19、20、23、25,其中 23 主要为辽东栎,8、17、18 主要为槲栎,15、19、20、25 主要为栓皮栎;群落类型 IV 是以杨、桦为优势种,混交有蒙古栎、糠椴等的阔叶混交林,包含样地 2、5、6、10、11;群落类型 V 是以落叶松为优势种,混交有桦树、蒙古栎等的针阔混交林,包含样地 3、4、9。

3.2 环境因子间的相关性

环境因子主要分为土壤因子和地形因子,土壤因子包括入渗速率、土壤厚度、含水量、pH 值、碱解氮、速效磷、速效钾、全氮、全磷、全钾、有机质,地形因子包括海拔、坡度和坡向。土壤因子之间、土壤因子与地形之间均存在显著相关(表 2),其中,海拔与土壤有机质、碱解氮,土壤含水量呈极显著正相关($P<0.001$),与全氮($P<0.01$)、土壤厚度、速效钾($P<0.05$)呈显著正相关,与全钾呈显著负相关($P<0.05$);土壤 pH 值与坡度、坡向、速效磷呈显著正相关($P<0.01$);土壤入渗速率与 pH 值、碱解氮、全氮呈显著正相关($P<0.05$);碱解氮与全氮呈极显著正相关($P<0.001$),与全磷呈显著正相关($P<0.01$);全氮与全磷呈极显著正相关($P<0.001$);速效钾与速效磷呈显著正相关($P<0.05$)。

3.3 环境因子与排序轴相关性

排序轴能够反映一定的生态梯度,通过环境因子与排序轴的相关分析,可以找出与排序轴显著相关的环境因子。对 26 块样地中,所有重要值 ≥ 1 的乔木树种进行 DCCA 排序,物种与环境因子的第一排序轴和第二排序轴的相关系数分别为 0.993 和 0.95,均达到极显著相关($P<0.001$),说明排序效果理想,群落物种分布与环境因子间有密切相关。

表 3 显示,14 个环境因子中,碱解氮、全氮、有机质、海拔、土壤含水量与第一轴达到极显著负相关($P<0.001$),土壤厚度与第一轴显著负相关($P<0.05$),土壤全钾和第一轴显著正相关($P<0.05$);第二轴仅与坡向显著负相关($P<0.01$);第三轴仅与坡度显著正相关($P<0.05$)。按相关系数的绝对值大小,第一轴与海拔的

相关性最大,相关系数达到 0.9051;与第一轴有较大相关性的还包括碱解氮(0.7348)、有机质(0.7147)、全氮(0.6444)、全钾(0.4722)。第二、三轴主要反映坡向、坡度的变化趋势,相关系数为-0.4901、0.3975,而物种与环境因子第三排序轴的相关系数相对较小(0.752),本文主要对第一、二排序轴进行分析。

表 2 研究区环境因子间的相关系数

Table 2 Correlation coefficients among environment factors in study area							
环境因子 Environment factors	IR	pH	AN	AP	AK	TN	TP
IR	1						
pH	0.469 *	1					
AN	0.451 *	0.025	1				
AP	0.263	0.489 **	0.047	1			
AK	0.335	0.245	0.223	0.396 *	1		
TN	0.415 *	0.167	0.881 ***	0.076	0.192	1	
TP	0.024	0.054	0.494 **	0.175	0.120	0.649 ***	1
TK	-0.112	0.213	-0.197	0.013	-0.011	-0.226	-0.136
OM	0.280	0.139	0.851 ***	0.098	0.201	0.948 ***	0.624 ***
ELE	0.337	-0.161	0.683 ***	0.039	0.419 *	0.556 **	0.272
SLO	0.167	0.532 **	-0.188	0.141	-0.103	-0.115	-0.317
ASP	0.330	0.529 **	0.069	0.194	0.188	0.144	0.015
TOS	0.089	-0.089	0.011	0.116	0.249	-0.145	-0.295
SWC	0.120	-0.285	0.760	-0.206	0.058	0.761 ***	0.656 ***
环境因子 Environment factors	TK	OM	ELE	SLO	ASP	TOS	SWC
IR							
pH							
AN							
AP							
AK							
TN							
TP							
TK	1						
OM	-0.282	1					
ELE	-0.423 *	0.600 ***	1				
SLO	0.257	-0.157	-0.274	1			
ASP	0.173	0.085	-0.138	0.090	1		
TOS	0.191	-0.128	0.477 *	-0.249	-0.120	1	
SWC	-0.109	0.729 ***	0.598 ***	-0.221	-0.099	-0.202	1

* : $P<0.05$, ** : $P<0.01$, *** : $P<0.001$;IR、pH、AN、AP、AK、TN、TP、TK、OM、ELE、SLO、ASP、TOS、SWC 表示土壤入渗速率、pH 值、含水量、碱解氮、速效磷、速效钾、全氮、全磷、全钾、有机质、海拔、坡度、坡向、土壤厚度和土壤含水量

表 3 环境因子与 DCCA 排序轴的相关系数

Table 3 Correlation coefficients of DCCA ordination axes with environmental factors							
排序轴 Ordination axes	环境因子 Environment factors						
	IR	pH	AN	AP	AK	TN	TP
1	-0.145	0.269	-0.735 ***	0.038	-0.229	-0.644 ***	-0.328
2	0.127	-0.269	-0.077	-0.056	-0.018	-0.187	-0.317
3	-0.032	0.185	0.023	0.156	0.061	0.046	-0.187
排序轴 Ordination axes	环境因子 Environment factors						
	TK	OM	ELE	SLO	ASP	TOS	SWC
1	0.472 *	-0.715 ***	-0.905 ***	0.315	0.311	-0.414 *	-0.624 ***
2	0.371	-0.284	-0.001	0.279	-0.490 **	-0.016	-0.005
3	0.061	0.068	0.012	0.398 *	0.052	-0.185	-0.064

* $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$

DCCA 不同排序轴反映不同的生态意义。根据环境因子和排序轴相关系数(表 3),并结合图 2 分析可知,DCCA 第一排序轴主要反映了海拔、土壤含水量、土壤厚度、有机质等的变化,沿第一排序轴从左向右,海拔降低、土壤含水量减小、土层变薄、土壤肥力降低,综合作用的结果是,沿着第一轴,样地排列呈现低海拔、干旱、薄土层、土壤肥力减小的综合梯度,对水、热、土壤关系的表达是综合作用的结果。DCCA 第二排序轴主要反映了坡度、坡向、土壤全钾、全磷、pH 值的变化,沿第二轴从下向上,样地排列呈现陡坡度、阴坡、全钾含量增大的综合梯度。总体来说,海拔、坡向、土壤含水量、有机质、氮肥及全钾含量是影响物种分布分异的最主要环境因子。

3.4 植物群落的 DCCA 排序

DCCA 排序图同时结合了植被与环境因子,能综合反映出群落分布与环境因子之间的关系,可以直观地看出各植被类型间的关系和影响群落分布格局的主要因素。图中箭头表示环境因子,箭头连线的长度代表植物群落的分布与该环境因子相关性的大小,越长表示对植被分布的影响越大;箭头连线与排序轴的斜率表示环境因子与排序轴相关性的大小。

从排序图(图 2)可以看出,各群落类型在 DCCA 排序图中能较好地地区分开来,且在图中有规律地分布。第一排序轴主要反映了海拔、土壤含水量、有机质等因子的综合对群落分布的影响。整体来看,划分的 5 种群落类型与样地在 DCCA 排序图上的分布格局吻合较好,揭示出重要的环境梯度。沿着第一排序轴从左向右,群落类型依次为Ⅳ、Ⅴ、Ⅰ、Ⅱ,群落Ⅲ分布范围较广。表明群落随海拔高度的变化呈现较有规律的分布,反映出海拔对群落分布的较大影响。对于以栎类为主的混交林群落,不同树种组成的样地,在图中能明显区分出来,如 23 主要为辽东栎,8、17、18 主要为槲树、15、19、20、25 则主要为栓皮栎。

群落Ⅰ分布于排序图偏右下,靠近环境变量的质心。海拔 200—800m,坡度 20—30°,土壤厚度 50 cm 以上,阴坡、阳坡均有分布,从阴坡到阳坡,土壤含水量减小,为土壤有机质、全氮含量相对较低,土层较厚的干旱生境,主要树种为油松、白皮松、杜梨、山杏等。

群落Ⅱ与群落Ⅰ的位置较为接近,分布在其右侧,位于排序图的右下部,海拔 150—300 m,坡度 25°左右的阳坡,土壤厚度 40 cm 左右,有机质含量较高,含水量、全氮含量与群落Ⅰ较接近,主要树种为侧柏、油松、山杏、麻栎。

群落Ⅲ在排序图的右上部,为栎类混交林。栎类林属典型落叶阔叶林,是我国暖温带地区的地带性森林植被^[12-13],其分布范围较广,海拔从 300—1200 m 均有分布,海拔从高到低依次为,辽东栎、槲树、栓皮栎,分布于 25—30°的阴坡和阳坡,林地土壤含水量在 10%—30% 之间,主要树种为栓皮栎、辽东栎、槲树、蒙古栎、麻栎、白蜡等。

群落Ⅳ分布在排序图的最左边,海拔较高,在 1200 m 以上,坡度 10—30°,土壤厚度 55 cm 左右,土壤含水量较高,在 40% 以上,土壤有机质、氮含量均较高,主要树种为黑桦、白桦、山杨、糠椴、黄花柳等阔叶树种。

群落Ⅴ分布在排序图的左下角,海拔在 1100 m 以上,坡度 15—30°的阳坡,土壤厚度在 50 cm 以上,含水量 25% 左右,土壤有机质、全氮、碱解氮含量较高,主要树种有落叶松、核桃楸、蒙古栎、桦树等。

3.5 主要树种的 DCCA 分布

对重要值 ≥ 15 的树种进行排序(图 3),结合图 2 可以看出,主要树种在 DCCA 排序图的分布有两种情况:仅是其中一个群落类型的优势种或亚优势种,而在其它群落类型中不存在或者较少,那么该物种的分布中心

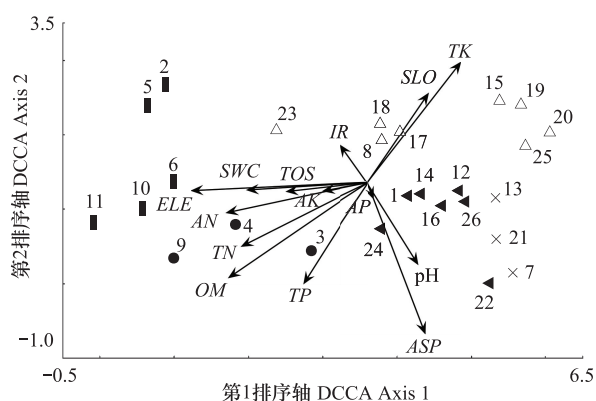


图 2 群落与环境因子的 DCCA 排序

Fig. 2 DCCA ordination of plant communities and environmental factors

与以其为优势种或亚优势种的群落分布相似,如油松和群落 I,辽东栎、槲树、栓皮栎和群落 III;同时是多个群落类型的优势种或亚优势种,则该物种位于以其为优势种或亚优势种的群落之间,如糠椴是杨桦群落和栎类群落的亚优势树种,其分布中心则位于群落 IV 和群落 III 之间。

3.6 环境变量对物种分布格局影响的定量分离

环境变量对物种分布格局影响的定量分离分以下 4 步^[14],土壤因子约束下物种的典范对应分析;地形因子约束下物种的典范对应分析;剔除地形因子后环境约束下物种的典范对应分析;剔除土壤因子后地形约束下物种的典范对应分析。其分离结果为,纯土壤因子对物种分布的解释能力为 11.90%,纯地形因子对物种分布的解释能力为 20.36%,土壤因子和地形因子交互作用对物种分布的解释能力为 10.93%,未能解释的部分为 56.81%,其土壤因子的环境解释能力与沈泽昊等^[15]对亚热带森林的研究(9.5%)接近,远低于辛晓平等^[16]关于温带草原植被的研究(70%)。

4 讨论

DCCA 排序同时结合物种和环境因子,能较好地表达群落的环境梯度,其二维排序图上的排序结果较好地揭示了该区物种分布格局与环境梯度的关系。第一排序轴主要反映了海拔、含水量、土壤厚度、有机质等的变化,其中与海拔的相关性最大,第一排序轴从左到右表达了朝向低海拔、干旱、土层薄、养分含量低的一个综合梯度,主要反映了坡位、坡度、海拔和土壤厚度的变化;第二排序轴主要反映了坡度、坡向的变化,从下到上表达朝向陡坡、阴坡的综合梯度。综合来说,海拔、坡向、土壤含水量、有机质等环境因子是影响该区植被分布的最主要环境因子。各群落类型在样地排序图上沿着第一排序轴较有规律地分布,而排序图上不同群落类型间存在交错现象,显示出植被与环境之间关系的复杂性,除了文中所涉及的环境因子外,气候因素、生物间的作用等都可能影响植被的分布。

在山区森林植被格局中,海拔变化通常被认为是控制植物群落组成和分布的最主要因素,海拔升高,导致温度、降水和地形的差异,从而影响土壤湿度和光照条件,进而影响物种分布和个体生长^[17-19]。海拔高度作为各种环境因素的综合,其变化直接导致了其它环境因子的变化,海拔高度的差异包含了许多环境因子的变异,因此,在分析物种分布与环境因子之间的关系时,如将海拔高度作为环境因子之一参与分析,可能会因海拔这一主导因子的存在,而弱化其它因子的影响程度。实际上,尽管海拔是主导的影响因子,但因森林内部环境的差异也会在一定程度上影响物种的分布,如在上述分析中,土壤有机质、全氮含量等对物种分布的影响也较明显,物种分布在较大程度上能反映出其所处环境的特点。

环境因子对物种分布格局的解释能力为 43.19%,显示出较好的排序效果,由于所选择的样地大多位于林场或自然保护区,受人为干扰较少,保持了该区植被的原始性,因而与环境有良好的对应关系。地形因子与土壤因子交互解释的部分(10.93%),显示出地形与土壤间的耦合特征,地形对土壤理化性质有一定影响。不能解释的部分为 56.81%,主要包含由生物间相互作用及随机因素引起的变化,来源于解释群落结构的环境因子不能穷尽以及生物因子作用(如种内、种间的相互作用)等,表明该区的防护林优势种群落中,物种之间的相互作用,如竞争排除引起的异域分布、互惠关系引起的种间联结对物种分布格局可能有着较大影响。

References:

- [1] Zhang J T. Quantitative Ecology. Beijing: Science Press, 2004.
- [2] Dai L M, Tang L N, Cao Y M, Wang S Z, Zhou L, Wang Q L. Quantitative classification and ordination aiming to realize ecological land classification for the Mountainous Region in eastern Liaoning Province. *Scientia Silvae Sinicae*, 2008, 44(3): 6-12.

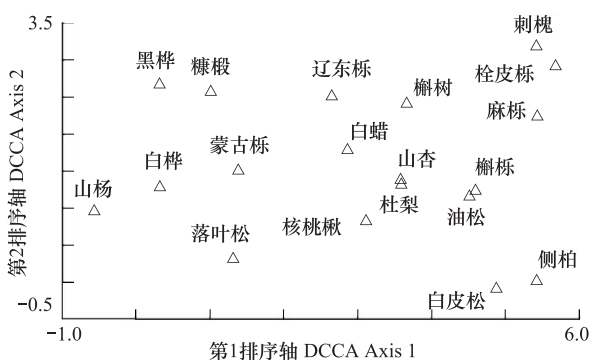


图3 主要树种的 DCCA 排序

Fig. 3 DCCA ordination of major arbor species

- [3] Liu Q F, Kang M Y, Liu Q R. Quantitative classification and environmental interpretation of forest tree species in Hungou, Zhongtiao Mountain. *Acta Phytocologica Sinica*, 2006, 30(3): 383-391.
- [4] ter Braak C J F. Canonical community ordination. Part I: Basic theory and linear methods. *Ecoscience*, 1994, 1(2): 127-140.
- [5] Qiu Y, Zhang J T. The ordination axes clustering based on detrended canonical correspondence analysis ordination and its application to the analysis of the ecological gradients of plant communities. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(2): 199-206.
- [6] Shen Z H. A Multi-scale Study on the vegetation-environment relationship of a mountain forest transect. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(4): 461-470.
- [7] Song C Y, Guo K. Relationship between plant community and soil on the inter-dune lowland in the middle of Otingdag sand land. *Acta Phytocologica Sinica*, 2007, 31(1): 40-49.
- [8] Chen B R, Li H S, Zhu Y X, Li G, Xin X P, Zhang H B, Zhou L. The spatial pattern and environmental interpretation of the plant community of Hulunber grassland. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(5): 1265-1271.
- [9] Song T Q, Peng W X, Zeng F P, Wang K L, Qin W G, Tan W N, Liu L, Du H, Lu S Y. Spatial pattern of forest communities and environmental interpretation in Mulun National Nature Reserve, karst cluster-peak depression region. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2010, 34(3): 298-308.
- [10] Zhao S Q, Fang J Y, Zong Z J, Zhu B, Shen H H. Composition, structure and species diversity of plant communities along an altitudinal gradient on the northern slope of Mt. Changbai, Northeast China. *Biodiversity Science*, 1995, 12(1): 164-173.
- [11] Zhang W Q, Li X H, Luo Q Z, Zhang W M, Zhao J, Shan Y B. Spatial distribution of vegetation in Tianmu Mountain Nature Reserve based on RS and GIS data. *Chinese Journal of Ecology*, 2003, 22(6): 21-27.
- [12] Wu Z Y. *Vegetation of China*. Beijing: Science Press, 1980.
- [13] Chen L Z, Chen Q L, Liu W H. *Forest Diversity and Its Geographical Distribution in China*. Beijing: Science Press, 1997.
- [14] Wang G H, Yang L M. Gradient analysis and environmental interpretation of woody plant communities in the middle section of the Northern slopes of Qilian Mountain, Gansu, China. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, 25(6): 733-740.
- [15] Shen Z H, Zhang X S, Jin Y X. Gradient analysis of the influence of mountain topography on vegetation pattern. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000, 24(4): 430-435.
- [16] Xin X P, Gao Q, Li Z Q, Yang Z Y. Partitioning the spatial and environmental variations of plant community structure of alkaline grassland on Songnen Plain. *Acta Botanica Sinica*, 1999, 41(7): 775-781.
- [17] Johnson M P, Mason L G, Raven P H. Ecological parameters and plant species diversity. *The American Naturalist*, 1968, 102(926): 297-306.
- [18] Wimberly M C, Spies T A. Influences of environment and disturbance on forest patterns in coastal Oregon watersheds. *Ecology*, 2001, 82(5): 1443-1459.
- [19] Zhao C M, Chen W L, Tian Z Q, Xie Z Q. Altitudinal pattern of plant species diversity in Shennongjia Mountains, central China. *Journal of Integrative Plant Biology*, 2005, 47(12): 1431-1449.

参考文献:

- [1] 张金屯. 数量生态学. 北京: 科学出版社, 2004.
- [2] 代力民, 唐立娜, 曹玉明, 王顺忠, 周莉, 王庆礼. 辽东山区生态土地分类中的植物群落数量分析. *林业科学*, 2008, 44(3): 6-12.
- [3] 刘秋锋, 康慕谊, 刘全儒. 中条山混沟地区森林乔木种的数量分类与环境解释. *植物生态学报*, 2006, 30(3): 383-391.
- [5] 邱扬, 张金屯. DCCA 排序轴分类及其在关帝山八水沟植物群落生态梯度分析中的应用. *生态学报*, 2000, 20(2): 199-206.
- [6] 沈泽昊. 山地森林样带植被-环境关系的多尺度研究. *生态学报*, 2002, 22(4): 461-470.
- [7] 宋创业, 郭柯. 浑善达克沙地中部丘间低地植物群落分布与土壤环境关系. *植物生态学报*, 2007, 31(1): 40-49.
- [8] 陈宝瑞, 李海山, 朱玉霞, 李刚, 辛晓平, 张宏斌, 周磊. 呼伦贝尔草原植物群落空间格局及其环境解释. *生态学报*, 2010, 30(5): 1265-1271.
- [9] 宋同清, 彭晚霞, 曾馥平, 王克林, 覃文更, 谭卫宁, 刘璐, 杜虎, 鹿士杨. 木论喀斯特峰丛洼地森林群落空间格局及环境解释. *植物生态学报*, 2010, 34(3): 298-308.
- [10] 赵淑清, 方精云, 宗占江, 朱彪, 沈海花. 长白山北坡植物群落组成、结构及物种多样性的垂直分布. *生物多样性*, 1995, 12(1): 164-173.
- [11] 章皖秋, 李先华, 罗庆州, 张卫民, 赵军, 单勇兵. 基于 RS、GIS 的天目山自然保护区植被空间分布规律研究. *生态学杂志*, 2003, 22(6): 21-27.
- [12] 吴征镒. *中国植被*. 北京: 科学出版社, 1980.
- [13] 陈灵芝, 陈清朗, 刘文华. *中国森林多样性及其地理分布*. 北京: 科学出版社, 1997.
- [14] 王国宏, 杨利民. 祁连山北坡中段森林植被梯度分析及环境解释. *植物生态学报*, 2001, 25(6): 733-740.
- [15] 沈泽昊, 张新时, 金义兴. 地形对亚热带山地景观尺度植被格局影响的梯度分析. *植物生态学报*, 2000, 24(4): 430-435.
- [16] 辛晓平, 高琼, 李镇清, 杨正宇. 松嫩平原碱化草地植物群落分布的空间和环境因素分析. *植物学报*, 1999, 41(7): 775-781.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 19 October, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Assessment of monitoring methods for population abundance of Amur tiger in Northeast China	5943
..... ZHANG Changzhi, ZHANG Minghai, JIANG Guangshun (5943)	
Changes of residents nitrogen consumption and its environmental loading from food in Xiamen	5953
..... YU Yang, CUI Shenghui, ZHAO Shengnan, et al (5953)	
Analysis of the meiobenthic community in the Pearl River Estuary in summer	5962
..... YUAN Qiaojun, MIAO Suying, LI Hengxiang, et al (5962)	
Community characteristics of phytoplankton in the coastal area of Leizhou Peninsula and their relationships with primary environmental factors in the summer of 2010	5972
..... GONG Yuyan, ZHANG Caixue, SUN Xingli, et al (5972)	
Morphological differences in statolith and beak between two spawning stocks for <i>Illex argentinus</i>	5986
..... FANG Zhou, CHEN Xinjun, LU Huajie, et al (5986)	
Relationships between coastal meadow distribution and soil characteristics in the Yellow River Delta	5998
..... TAN Xiangfeng, DU Ning, GE Xiuli, et al (5998)	
Variation analysis about net primary productivity of the wetland in Panjin region	6006
..... WANG Liwen, WEI Yaxing (6006)	
Mobilization of potassium from Soils by <i>rhizobium phaseoli</i>	6016
..... ZHANG Liang, HUANG Jianguo, HAN Yuzhu, et al (6016)	
Autotoxicity of aqueous extracts from plant, soil of peanut and identification of autotoxic substances in rhizospheric soil	6023
..... HUANG Yuqian, HAN Lisi, YANG Jinfeng, et al (6023)	
Effects of shading on the photosynthetic characteristics and anatomical structure of <i>Trollius chinensis</i> Bunge	6033
..... LV Jinhui, WANG Xuan, FENG Yanmeng, et al (6033)	
Short-term effects of fire disturbance on greenhouse gases emission from sedge and shrubs forested wetland in Lesser Xing'an Mountains, Northeast China	6044
..... GU Han, MU Changcheng, ZHANG Bowen, et al (6044)	
Plant species diversity and community classification in the southern Gurbantunggut Desert	6056
..... ZHANG Rong, LIU Tong (6056)	
Effects of mixing leaf litter from <i>Pinus sylvestris</i> var. <i>mongolica</i> and <i>Larix principis-rupprechtii</i> with that of other trees on soil properties in the Loess Plateau	6067
..... LI Qian, LIU Zengwen, MI Caihong (6067)	
Effects of long-term intensive management on soil ammonia oxidizing archaea community under <i>Phyllostachys praecox</i> stands	6076
..... QIN Hua, LIU Borong, XU Qiufang, et al (6076)	
Hydrogen peroxide participates symbiosis between AM fungi and tobacco plants	6085
..... LIU Hongqing, CHE Yongmei, ZHAO Fanggui, et al (6085)	
Relationships between dominant arbor species distribution and environmental factors of shelter forests in the Beijing mountain area	6092
..... SHAO Fangli, YU Xinxiao, ZHENG Jiangkun, et al (6092)	
Analysis of rhizosphere microbial community structure of weak and strong allelopathic rice varieties under dry paddy field	6100
..... XIONG Jun, LIN Huifeng, LI Zhenfang, et al (6100)	
Root distribution in the different forest types and their relationship to soil properties	6110
..... HUANG Lin, WANG Feng, ZHOU Lijiang, et al (6110)	
Effect of silicon application on antioxidant system, biomass and yield of soybean under ozone pollution	6120
..... ZHAN Lijie, GUO Liye, NING Tangyuan, et al (6120)	
Effect of landfill leachate irrigation on soil physiochemical properties and the growth of two herbaceous flowers	6128
..... WANG Shuqin, LAI Juan, ZHAO Xiulan (6128)	
Nitrous oxide emissions affected by tillage measures in winter wheat under a rice-wheat rotation system	6138
..... ZHENG Jianchu, ZHANG Yuefang, CHEN Liugen, et al (6138)	
Effects of different fertilizers on soil enzyme activities and CO ₂ emission in dry-land of maize	6147
..... ZHANG Junli, GAO Mingbo, WEN Xiaoxia, et al (6147)	
The response of agro-ecosystem productivity to climatic fluctuations in the farming-pastoral ecotone of northern China: a case study in Zhunger County	6155
..... SUN Tesheng, LI Bo, ZHANG Xinshi (6155)	
The relationship between energy consumption and carbon emission with economic growth in Liaoning Province	6168
..... KANG Wenxing, YAO Lihui, HE Jienan, et al (6168)	
Spatial distribution characteristics of potential fire behavior in Fenglin Nature Reserve based on FARSITE Model	6176
..... WU Zhiwei, HE Hongshi, LIANG Yu, et al (6176)	
Chill conservation of natural enemies in maize field with different post-crop habitats	6187
..... TIAN Yaojia, LIANG Guangwen, ZENG Ling, et al (6187)	
Effect of population of <i>Kerria yunnanensis</i> on diversity of ground-dwelling ant	6195
..... LU Zhixing, CHEN Youqing, LI Qiao, et al (6195)	
Response of <i>Parnassius apollo</i> population and vertical distribution to climate warming	6203
..... YU Fei, WANG Han, WANG Shaokun, et al (6203)	
Review and Monograph	
Integrated assessment of marine aquaculture ecosystem health: framework and method	6210
..... PU Xinming, FU Mingzhu, WANG Zongling, et al (6210)	
Seagrass meadow ecosystem and its restoration: a review	6223
..... PAN Jinhua, JIANG Xin, SAI Shan, et al (6223)	
Nutri-toxicological effects of cyanobacteria on fish	6233
..... DONG Guifang, XIE Shouqi, ZHU Xiaoming, et al (6233)	
Effect of environmental stress on non-structural carbohydrates reserves and transfer in seagrasses	6242
..... JIANG Zhijian, HUANG Xiaoping, ZHANG Jingping (6242)	
Advances in ecological immunology	6251
..... XU Deli, WANG Dehua (6251)	
Scientific Note	
The causes of spatial variability of surface soil organic matter in different forests in depressions between karst hills	6259
..... SONG Min, PENG Wanxia, ZOU Dongsheng, et al (6259)	
Characteristics of seed rain of <i>Haloxylon ammodendron</i> in southeastern edge of Junggar Basin	6270
..... LÜ Chaoyan, ZHANG Ximing, LIU Guojun, et al (6270)	

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究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;新书评介和学术、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

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 32 卷 第 19 期 (2012 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 19 (October, 2012)

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:1000717	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

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元