

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

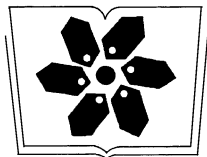
Acta Ecologica Sinica



第34卷 第2期 Vol.34 No.2 **2014**

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 34 卷 第 2 期 2014 年 1 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 连续免耕对不同质地稻田土壤理化性质的影响 龚冬琴, 吕 军 (239)
- 下辽河平原景观格局脆弱性及空间关联格局 孙才志, 闫晓露, 钟敬秋 (247)
- 完全水淹环境中光照和溶氧对喜旱莲子草表型可塑性的影响 许建平, 张小萍, 曾 波, 等 (258)
- 赤潮过程中“藻-菌”关系研究进展 周 进, 陈国福, 朱小山, 等 (269)
- 盐湖微微型浮游植物多样性研究进展 王家利, 王 芳 (282)
- 臭氧胁迫对植物主要生理功能的影响 列淦文, 叶龙华, 薛 立 (294)
- 啮齿动物分子系统地理学研究进展 刘 铸, 徐艳春, 戎 可, 等 (307)
- 生态系统服务制图研究进展 张立伟, 傅伯杰 (316)

个体与基础生态

- NaCl 胁迫下沙枣幼苗生长和阳离子吸收、运输与分配特性 刘正祥, 张华新, 杨秀艳, 等 (326)
- 不同生境吉首蒲儿根叶片形态和叶绿素荧光特征的比较 向 芬, 周 强, 田向荣, 等 (337)
- 小麦 LAI-2000 观测值对辐亮度变化的响应 王 龔, 田庆久, 孙绍杰, 等 (345)
- K^+ 、 Cr^{6+} 对网纹藤壶幼虫发育和存活的影响 胡煜峰, 严 涛, 曹文浩, 等 (353)
- 马铃薯甲虫成虫田间扩散规律 李 超, 彭 赫, 程登发, 等 (359)

种群、群落和生态系统

- 莱州湾及黄河口水域鱼类群落结构的季节变化 孙鹏飞, 单秀娟, 吴 强, 等 (367)
- 黄海中南部不同断面鱼类群落结构及其多样性 单秀娟, 陈云龙, 戴芳群, 等 (377)
- 苏南地区湖泊群的富营养化状态比较及指标阈值判定分析 陈小华, 李小平, 王菲菲, 等 (390)
- 盐城淤泥质潮滩湿地潮沟发育及其对米草扩张的影响 侯明行, 刘红玉, 张华兵 (400)
- 江苏省农作物最大光能利用率时空特征及影响因子 康婷婷, 高 苹, 居为民, 等 (410)
- 1961—2010 年潜在干旱对我国夏玉米产量影响的模拟分析 曹 阳, 杨 婕, 熊 伟, 等 (421)
- 黑龙江省 20 世纪森林变化及对氧气释放量的影响 张丽娟, 姜春艳, 马 骏, 等 (430)
- 松嫩草原不同演替阶段大型土壤动物功能类群特征 李晓强, 殷秀琴, 孙立娜 (442)
- 小兴安岭 6 种森林类型土壤微生物量的季节变化特征 刘 纯, 刘延坤, 金光泽 (451)

景观、区域和全球生态

- 黄淮海地区干旱变化特征及其对气候变化的响应 徐建文, 居 辉, 刘 勤, 等 (460)

我国西南地区风速变化及其影响因素 张志斌,杨 莹,张小平,等 (471)

青海湖流域矮嵩草草甸土壤有机碳密度分布特征 曹生奎,陈克龙,曹广超,等 (482)

基于生命周期评价的上海市水稻生产的碳足迹 曹黎明,李茂柏,王新其,等 (491)

研究简报

荒漠草原区柠条固沙人工林地表草本植被季节变化特征 刘任涛,柴永青,徐 坤,等 (500)

跨地带土壤置换实验研究 靳英华,许嘉巍,秦丽杰 (509)

SWAT 模型对景观格局变化的敏感性分析——以丹江口库区老灌河流域为例
..... 魏 冲,宋 轩,陈 杰 (517)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 288 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 29 * 2014-01



封面图说：高原盐湖——中国是世界上盐湖分布比较稠密的国家,主要分布在高寒的青藏高原以及干旱半干旱地区的新疆、内蒙古一带。尽管盐湖生态环境极端恶劣,但它们依然是陆地特别是高原生态系统中十分重要的组成部分。微微型浮游植物通常是指粒径在 0.2—3 μm 之间的光合自养型浮游生物。微微型浮游植物不仅是海洋生态系统中生物量 and 生产力的最重要贡献者,也是盐湖生态系统最重要的组成部分。研究显示,水体矿化度是影响微微型浮游植物平面分布及群落结构组成的重要因子,光照、营养成分和温度等也会影响盐湖水体中微微型浮游植物平面分布及群落结构组成(详见 P282)。

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

DOI: 10.5846/stxb201209191320
靳英华, 许嘉巍, 秦丽杰. 跨地带土壤置换实验研究. 生态学报, 2014, 34(2): 509-516.
Jin Y H, Xu J W, Qin L J. The experimental study on trans-regional soil replacement. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(2): 509-516.

跨地带土壤置换实验研究

靳英华, 许嘉巍*, 秦丽杰
(东北师范大学地理科学学院, 长春 130024)

摘要:以温带针阔混交林暗棕壤地带内的白浆土、草甸土、泥炭土为原料,以长白山自然保护区内的寒温带山地棕色针叶林土为置换对象,完成了仿自然原型的土壤合成,进行了跨地带的土壤置换与植被生长实验研究。结果表明:①山地棕色针叶林土的腐殖质层厚度、酸度和速效氮含量为植被生长的限制性因子;②合成土壤理化指标必须以原生土壤限制因子拐点(值)指标为确定依据,作为合成土壤的关键性指标;③在长白山采用泥炭土与草甸土各占 1/4,白浆土占 1/2 进行混合,土层厚度 40cm,并使用石灰进行调酸达到中性后,植被恢复效果最好、造价最低。

关键词:山地棕色森林土;地带;土壤置换

The experimental study on trans-regional soil replacement

JIN Yinghua, XU Jiawei*, QIN Lijie
School of Geographical Science, Northeast Normal University, Changchun 130024, China

Abstract: When people did ecological restoration, it was very difficult to achieve the trans-regional soil replacement. Basalt platform is distributed around the Changbai Mountain Nature Reserve. The intrazonality soil (i.e. baijiang soil, peat soil and meadow soil) in the temperate humid climate zone is developed widely on basalt platform, however, the zonality soil such as dark brown earth is rare. The mountain brown coniferous forest soil, baijiang soil, peat soil and meadow soil are not in the same physical geographic zone, and there are significant differences in their physical and chemical properties, thus, it is not easy to complete soil replacement directly. In this zone, we could use the synthesis soil which is artificially synthesized with baijiang soil, peat soil and meadow soil to instead of the mountain brown coniferous forest soil. In this study, the baijiang soil, peat soil and meadow soil in the dark brown soil zone in the temperate broadleaved-coniferous mixed forest were used as raw materials, and the mountain brown coniferous forest soil in cold temperate zone in Changbai Mountain Nature Reserve was used as replacement object. Firstly, we completed soil synthesis taking the imitates the natural prototype principle, and then, conducted the experimental research on trans-regional soil replacement and plant growth. The results showed that the differences of soils were significant in the distribution of the content of every soil grain size group (%), humus layer thickness (10—20 cm), pH (5.9—7.5), and the available nitrogen (N) content (57.8—100.7 g/kg) in the mountain brown coniferous forest soil zone. The limited factors of plant growth were humus layer thickness, pH, and available N content of mountain brown coniferous forest soil. Plant growth condition was better as the humus layer thickness was 40cm, pH was 7.0 and available N content was 80 mg/kg which were the inflection point value of the mountain brown coniferous forest soil limited factors. Therefore, the inflection point value of the mountain brown coniferous forest soil limited factor was a key to synthesis soil, and it was the basis for physical and chemical indicators of synthesis soil. There were more gravel but less silt and clay on surface soil of the mountain brown coniferous forest soil, the soil texture is gravelly

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41171072);中国地震局资助项目(201208005)
收稿日期:2012-09-19; **修订日期:**2013-06-21
* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xujw634@nenu.edu.cn

sandy loam. Soil texture of meadow soil was sandy loam soil. There were less gravel but more silt and clay on surface soil of soil texture of baijiang soil, and peat soil was loam. The mountain brown coniferous forest soil and the peat soil were more abundant in organic matter content, however, the baijiang soil and the meadow soil were low. The pH of the mountain brown coniferous forest soil was higher than that of baijiang soil, peat soil and meadow soil. Total N was more abundant in the mountain brown coniferous forest soil than that of other types of soils, but the available N was lower in surface soil of the mountain brown coniferous forest soil. The total and available potassium was the most abundant nutrient in the mountain brown coniferous forest soil. There was no significant different in the total and available phosphorus for the four types of soils. In Changbai Mountain, the mixed soil was made of a quarter of peat soil, a quarter of meadow soil and a half of baijiang soil and the its soil layer thickness was kept about 40 cm, then the pH of the mixed soil was adjusted to neutral by lime. It was the most reasonable solution for replacing the mountain brown coniferous forest soil since the vegetation restoration effect was best and the cost was the lowest to produce the mixed soil.

Key Words: the mountain brown coniferous forest soil; zone; soil replacement

长白山位于吉林省东南部地区,基带为温带针阔混交林暗棕壤地带,其垂直带上发育了山地棕色针叶林土地带、亚高山岳桦林森林草甸土地带和高山苔原地带^[1]。森林生态系统完整,动植物资源十分丰富,建有长白山自然保护区^[2]。

20 世纪 90 年代,在长白山自然保护区内修建了许多商业性建筑,破坏了保护区内原始植被及动植物的生存环境,严重影响了保护区内自然景观的原始性,对保护区的环境造成了污染^[3-6]。鉴于此,保护区拆除了商业性建筑物,以恢复原生植被。

建筑物拆除后形成的建筑废弃地内原生土壤已遭到破坏,要进行植被恢复,首先必须解决所需的土壤问题^[7]。被破坏的山地棕色针叶林土通常发育在寒温带。由于自然保护区内禁止采土,客土来源只能来自区外的温带区域,属于不同自然带的不同类型土壤间置换。不同自然带间土壤形成机理、理化性质、肥力差异大,在生态恢复中,跨地带的土壤置换难度很大,本实验试图突破这一难点。

在长白山保护区周边为玄武岩台地,台地上发育了温带湿润区常见的隐域性白浆土、泥炭土和草甸土,而地带性的暗棕壤很少见^[8-10]。由于白浆土、草甸土、泥炭土与山地棕色针叶林土属不同自然地带,理化性质差异较大^[11-14],无法直接进行土壤置换。只能以白浆土、草甸土、泥炭土为原料,通过人工合成,替代山地棕色针叶林土,实现跨地带的土壤置换。

本研究旨在:(1)通过原生土壤限制因子栽培实验,确定山地棕色针叶林土土壤性质中限制植被生

长与发育的关键因子,作为人工合成土壤的关键性指标;(2)选取泥炭土、白浆土和草甸土的表层土,进行不同比例的混合,测定其理化性质,选定接近山地棕色针叶林土理化性质的配比方案;(3)按照已确定的人工合成土壤的关键性指标,对不同配比方案下的合成土壤进行人工调节,并进行栽培可行性检验实验,最终以植被恢复效果最好、造价最低,确定合理的山地棕色针叶林土置换方案。

1 材料与研究方法

1.1 研究区域概况

长白山位于东经 127°40′—128°16′,北纬 41°35′—42°25′之间,属于温带大陆性季风气候,具有明显的垂直气候带。因受特殊地理环境影响,形成独特的气候特点,具有春季干燥多风,夏季温暖多雨,秋季凉爽多雾,冬季寒冷漫长的特点。海拔从低到高垂直分布着 4 种类型的自然带:海拔 700—1100m 为针阔混交林带(暗棕壤),1100—1800m 为山地针叶林带(山地棕色针叶林土)、1800—2000m 为亚高山岳桦林带(山地森林草甸土)、2000m 以上为高山苔原带(山地苔原土)。

1.2 土壤样品的采集与测定

在长白山自然保护区内北坡海拔 1650—1800m 的云冷杉林下取 18 个样品;在区外的 650m 河谷湿地中取泥炭土、680m 河谷草甸中取草甸土和 700m 台地次生疏林地中取白浆土各 6 个样品。

利用激光粒度分析仪 S3500(美国)测定土壤的机械组成,酸度计测定 pH 值,重铬酸钾法测定有机

质,使用全自动化学分析仪测定全 N、全 P、速效 N、速效 P,使用火焰光度计测定全 K、速效 K。

1.3 盆栽实验

选择茎高 5cm 左右的鱼鳞云(*Picea jezoensis*)幼苗进行盆栽实验,在保证水分充足的条件下,生长 60d,在第 20、40、60 天测定茎高和叶片数。

1.3.1 原生土壤限制因子实验

(1)土壤厚度限制性实验

在花盆中分别装入 20、30、35、40、45cm 厚度的质地、酸度、养分相同(接近平均值)的山地棕色针叶林土,每个处理 6 盆。

(2)土壤酸度限制性实验

在花盆中装入厚度的、质地相同,酸度为 6.0、6.5、7.0、7.5 的土壤,每个处理 6 盆。

(3)土壤速效氮限制性实验

在花盆中装入厚度、酸度、质地相同的低速效氮含量(60mg/kg)的山地棕色针叶林土,施入氮肥,设置 5 个水平的速效氮含量处理,速效氮含量分别为 60、70、80、90、100mg/kg,每个处理 6 盆。

(4)土壤质地限制性实验

在花盆中装入厚度、酸度、速效氮含量相同,粘

粒含量(<0.002mm 的粒径)分别为 8%、10%、12%、14%、16%的山地棕色针叶林土,每个处理 6 盆。

1.3.2 合成土壤的植物生长实验

选取泥炭土、白浆土和草甸土的表层土,进行不同比例的混合,测定其理化性质,选定接近山地棕色针叶林土理化性质的 3 种配比方案合成的土壤。合成土壤酸性比棕色针叶林土强,使用石灰对合成土壤进行人工调节到 pH 值 7.0。研究 3 种合成土壤对鱼鳞云杉生长的影响。

1.4 统计分析

采用 SPSS13.0 软件进行单因素方差分析(one way ANOVA),采用 LSD 法对数据进行差异显著性检验($P=0.05$)。图表中数据为平均数±标准误。

2 结果与分析

2.1 原生土壤与原料土壤的理化性质对比分析

山地棕色针叶林土样本间理化性质有较大差异,主要表现在粒径分布、腐殖质层厚度(10—20cm)、酸度(5.9—7.5)和速效氮含量(57.8—100.7g/kg)上;泥炭土、草甸土和白浆土同类土壤各样品间差异较小(表 1,表 2)。

表 1 原生土壤和原料土壤的机械组成各等级粒径土粒的含量

Table 1 The mechanical composition of protogenesis soil and raw material soil the distribution of the content of every soil grain size group							
土壤类型 Soil type		粒径分布/% The distribution of the content of every soil grain size group					土壤质地 Soil texture
		>2.0 mm	0.2—2.0 mm	0.02—0.2 mm	0.002—0.02 mm	<0.002 mm	
棕色针叶林土 coniferous forest soil	平均值	13.8±1.3	24.1±1.9	25.6±1.1	24.9±1.7	12.5±0.9	砾质砂壤土
	范围	8.3—16.6	20.2—27.9	24.3—27.1	22.5—26.9	8.3—16.2	
白浆土 Baijiang soil	平均值	5.3±1.2	18.4±1.5	26.4±1.4	30.5±1.6	19.5±0.7	壤土
	范围	4.2—6.7	16.5—20.4	25.1—28.3	28.6—32.1	17.6—20.8	
草甸土 Meadow soil	平均值	12.7±1.5	30.4±2.6	26.3±1.6	22.2±1.1	8.5±0.3	砂壤土
	范围	10.5—13.9	28.4—33.1	24.1—28.4	21.2—23.4	7.4—9.1	
泥炭土 Peat soil	平均值	5.4±0.6	13.3±1.8	21.1±1.3	38.4±1.8	21.9±1.2	壤土
	范围	4.9—5.9	12.6—16.2	20.3—23.1	37.5—39.1	19.8—23.2	

保护区外的 3 种土壤与山地棕色针叶林土的理化性质差异较大,表现为山地棕色针叶林土表层土壤砾石较多,粉砂和粘粒的含量略少,质地为砾质砂壤土。区外的草甸土和山地棕色针叶林土表层土壤机械组成相似,为砂壤土。白浆土和泥炭土砾石较少,粉砂和粘粒的含量高,为壤土(表 1)。山地棕色针叶林土表层土壤和泥炭土有机质含量丰富,白浆土和草甸土有机质含量低。山地棕色针叶林土表层土壤酸性弱于区外的 3 种土壤。山地棕色针叶林土

表层土壤的全氮含量较其它 3 种土壤为高,但速效氮含量低;全钾和速效钾含量高于其它 3 种土壤;全磷和速效磷含量大致相当(表 2)。

2.2 原生土壤限制因子对植物生长的影响分析

在山地棕色针叶林土的不同生境里,植被生长和发育有明显不同^[15-19],对其下土壤分析表明,土壤的腐殖质层厚度、酸度、质地和速效氮含量差异明显。为此初步认定以上 4 个因子是山地棕色针叶林土土壤性质中限制植被生长与发育的关键因子。

表 2 原生土壤和原料土壤对比

Table 2 Comparison of protogenesis soil and raw material soil										
土壤类型 Soil type		有机质/% Organic matter	腐殖质层厚度 Humus layer thickness	pH	全量养分/(g/kg) Total nutrients			速效养分/(mg/kg) Available nutrients		
					全氮 N	全钾 K	全磷 P	速效氮 N	速效钾 K	速效磷 P
棕色针叶林土 Brown coniferous forest soil	平均值	26.8±0.7	15.3±0.9	6.9±0.8	4.9±0.4	40.9±0.8	1.3±0.1	78.7±5.3	176.5±3.5	16.8±0.5
	范围	25.2—27.6	10.2—20.3	5.9—7.5	4.4—5.3	38.9—41.7	1.2—1.4	57.8—100.7	173.6—180.5	15.7—17.2
白浆土 Baijiang soil	平均值	8.4±0.3	25.6±1.2	5.9±0.3	3.8±0.2	21.6±1.5	1.1±0.1	135.4±3.7	121.3±4.2	11.3±0.3
	范围	8—8.7	23.1—26.9	5.6—6.4	3.5—4.7	19.7—23.2	1—1.2	127.6—140.7	116.3—125.1	10.4—11.8
草甸土 Meadow soil	平均值	4.8±0.2	34.8±1.6	5.2±0.2	2.3±0.2	20.1±1.3	1.8±0.2	99.6±4.1	228±6.7	19.5±1.4
	范围	4.4—5.1	32.9—35.8	5.1—5.4	2.1—2.4	18.4—22.3	1.6—1.9	94.3—103.6	220—235.7	18.2—21.6
泥炭土 Peat soil	平均值	48.2±0.7	53.6±1.8	6.1±0.2	2.7±0.3	13.3±0.3	1.7±0.2	88±2.3	21.6±0.7	17.1±0.4
	范围	46.4—51.1	50.3—56.3	5.9—6.2	2.2—3.4	11.5—14.8	1.4—1.9	84.3—92.3	18.3—23.1	16—18.5

2.2.1 土壤厚度对生长的影响

原生土壤表层的厚度一般不超过 20cm,在植被恢复中,较薄的土壤不利于植物扎根,厚度过大,又使造价升高。

利用不同厚度的棕色针叶林土进行盆栽实验结

果表明:土壤厚度对植物生长的影响差异显著($P<0.05$)(表 3),随着土层厚度的增加,植物的长势也表现的越好;当土层厚度 ≥ 40 cm 时,鱼鳞云杉的生长效果呈现出最佳的状况;土层厚度低于 40cm 时,鱼鳞云杉长势不好。

表 3 棕色针叶林土不同土层厚度下鱼鳞云杉的生长状况

Table 3 Growth of <i>Picea jezoensis</i> for different soil thickness on the mountain brown coniferous forest soil						
生长时间/d Growth time	生长指标 Growth index	土层厚度 Soil thickness/cm				
		20	30	35	40	45
20	茎高 Height of stem/cm	8.2 ± 0.12a	11.5 ± 0.13b	12.4 ± 0.12b	14.6 ± 0.13c	14.9 ± 0.13c
	叶片数 Number of leaf	10 ± 0a	14 ± 0.19b	15 ± 0.18bc	15 ± 1.7bc	16 ± 0.16c
40	茎高 Height of stem/cm	14.1 ± 0.23a	18.3 ± 0.26b	21.7 ± 0.29c	23.4 ± 0.27cd	26.5 ± 0.24d
	叶片数 Number of leaf	14 ± 0.12a	19 ± 0.21b	21 ± 0.24b	28 ± 0.34c	31 ± 0.32c
60	茎高 Height of stem/cm	17.3 ± 0.19a	28.5 ± 0.35b	26.4 ± 0.23b	30.7 ± 0.36c	32.3 ± 0.31c
	叶片数 Number of leaf	23 ± 0.33a	28 ± 0.37b	31 ± 0.31b	38 ± 0.36c	42 ± 0.32c

不同小写字母表示不同土层厚度处理间差异显著($P<0.05$)

2.2.2 土壤酸度对生长的影响

原生土壤表层的 pH 值变化较大,从弱酸性、中性到弱碱性。土壤 pH 值对植物生长的影响差异显

著($P<0.05$)(表 4)。鱼鳞云杉幼苗在 pH 值 7.0 时生长最好,pH 值 6.5 生长较好,pH 值 6.0 和 7.5 时生长不好。

表 4 不同 pH 值下棕色针叶林土上鱼鳞云杉的生长状况

Table 4 Growth of <i>Picea jezoensis</i> for different pH on the mountain brown coniferous forest soil					
生长时间/d	生长指标	pH			
Growth time	Growth index	6.0	6.5	7.0	7.5
20	茎高 Height of stem/cm	8.3 ± 0.12a	12.2 ± 0.15c	14.4 ± 0.13c	10.6 ± 0.12b
	叶片数 Number of leaf	12 ± 0.1a	15 ± 0.14b	16 ± 0.13b	15 ± 0.13b
40	茎高 Height of stem/cm	17.6 ± 0.17a	23.3 ± 0.21c	24.2 ± 0.2c	19.7 ± 0.18b
	叶片数 Number of leaf	22 ± 0.18a	27 ± 0.22b	28 ± 0.24b	23 ± 0.19a
60	茎高 Height of stem/cm	23.4 ± 0.32a	29.6 ± 0.34b	30.3 ± 0.29b	24.7 ± 0.24a
	叶片数 Number of leaf	29 ± 0.23a	36 ± 0.24b	38 ± 0.21b	28 ± 0.23a

不同小写字母表示不同土层厚度处理间差异显著($P<0.05$)

2.2.3 土壤速效氮对生长的影响

原生土壤的速效氮含量对鱼鳞云杉幼苗的生长

影响差异显著($P<0.05$)(表 5)。速效氮含量低于 80mg/kg,鱼鳞云杉生长缓慢,高于 80mg/kg 鱼鳞云

杉生长较快,但是随着速效氮含量的增加并没表现出较大的生长差异。

表 5 不同速效氮含量下棕色针叶林土上鱼鳞云杉的生长状况

Table 5 Growth of <i>Picea jezoensis</i> for different available nitrogen on the mountain brown coniferous forest soil						
生长时间/d Growth time	生长指标 Growth index	速效氮 Available N/(mg/kg)				
		60	70	80	90	100
20	茎高 Height of stem/cm	7.4 ± 0.08a	11.8 ± 0.13b	14.6 ± 0.17c	15.1 ± 0.16c	15.9 ± 0.17c
	叶片数 Number of leaf	12 ± 0.13a	14 ± 0.11b	16 ± 0.14c	16 ± 0.14c	17 ± 0.13c
40	茎高 Height of stem/cm	15.8 ± 0.18a	22.6 ± 0.14b	24.9 ± 0.15c	25 ± 0.14c	25.3 ± 0.16c
	叶片数 Number of leaf	21 ± 0.21a	25 ± 0.19b	28 ± 0.23c	28 ± 0.22c	30 ± 0.26c
60	茎高 Height of stem/cm	22.6 ± 0.31a	28.4 ± 0.29b	30.2 ± 0.35c	30.8 ± 0.33c	31.2 ± 0.36c
	叶片数 Number of leaf	28 ± 0.27a	32 ± 0.31b	38 ± 0.28c	40 ± 0.25c	42 ± 0.24c

不同小写字母表示不同土层厚度处理间差异显著($P<0.05$)

2.2.4 土壤质地对生长的影响

原生土壤的粘粒含量对鱼鳞云杉幼苗的生长影响差异不显著($P>0.05$) (表 6),粘粒较多时鱼鳞云杉长势略好,但和粘粒少时比较鱼鳞云杉生长差异不显著。

表 6 不同质地下棕色针叶林土上鱼鳞云杉的生长状况

Table 6 Growth of <i>Picea jezoensis</i> for different distribution of the content of soil grain size group on the mountain brown coniferous forest soil						
生长时间/d Growth time	生长指标 Growth index	<0.002mm 粒径 Grain size				
		60	70	80	90	100
20	茎高 Height of stem/cm	13.7 ± 0.12	13.9 ± 0.11	14.3 ± 0.12	14.5 ± 0.14	14.7 ± 0.14
	叶片数 Number of leaf	15 ± 0.17	15 ± 0.12	16 ± 0.14	16 ± 0.13	16 ± 0.13
40	茎高 Height of stem/cm	23.6 ± 0.21	23.8 ± 0.24	24.4 ± 0.19	24.8 ± 0.15	25.1 ± 0.17
	叶片数 Number of leaf	27 ± 0.23	27 ± 0.23	28 ± 0.26	29 ± 0.24	30 ± 0.26
60	茎高 Height of stem/cm	29.1 ± 0.21	29.3 ± 0.25	30.2 ± 0.24	30.4 ± 0.24	31 ± 0.23
	叶片数 Number of leaf	38 ± 0.33	38 ± 0.31	38 ± 0.32	40 ± 0.35	41 ± 0.34

不同小写字母表示不同土层厚度处理间差异显著($P<0.05$)

2.2.5 土壤限制因子拐点(值)

通过原生土壤限制因子栽培实验表明,土壤的厚度、酸度和养分对鱼鳞云杉幼苗生长影响最大,为主要的限制因子;而土壤质地对鱼鳞云杉幼苗生长影响不大,为一般性限制性因子。原生土壤限制因

子拐点(值)土壤厚度为 40cm、酸度为 7.0、速效氮含量为 80 mg/kg(图 1—图 4),合成土壤理化指标必须以原生土壤限制因子拐点(值)指标为确定依据,作为合成土壤的关键性指标。

2.3 合成土壤对植物生长的影响分析

2.3.1 合成土壤的初步方案

通过多次实验,运用泥炭土、白浆土和草甸土 3

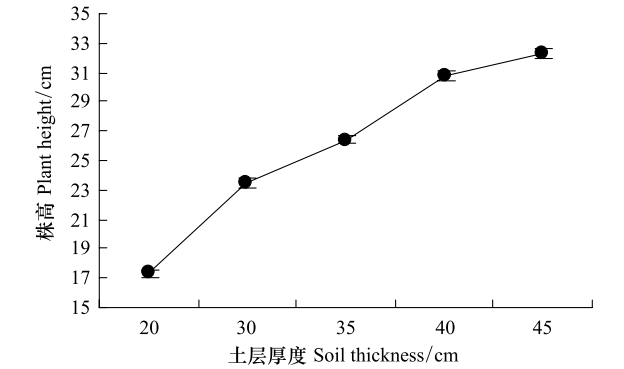


图 1 不同土层厚度下株高的变化

Fig.1 Plant height of different soil thickness

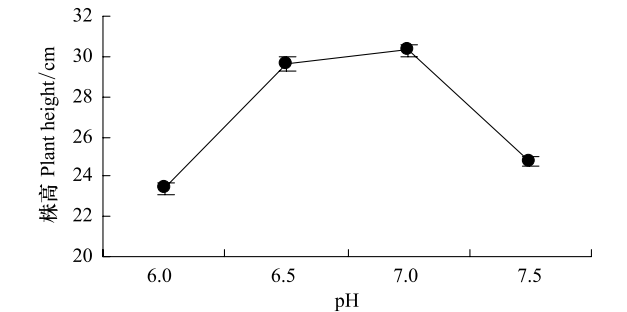


图 2 不同酸度下株高的变化

Fig.2 Plant height of different PH

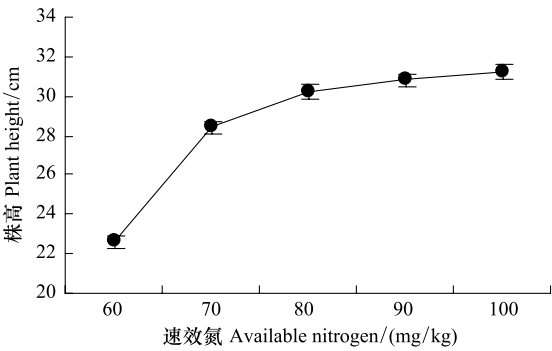


图3 不同速效氮含量下株高的变化

Fig.3 Plant height of different available nitrogen

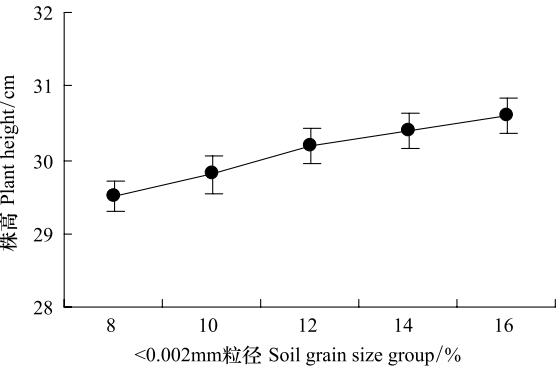


图4 不同质地下株高的变化

Fig.4 Plant height of different distribution of the content of soil grain size group

种土壤进行不同比例混合,测定其理化性质,筛选出了3种配比方案,方案一:泥炭土、白浆土和草甸土各占1/3进行混合;方案二:泥炭土与草甸土各占1/4,白浆土占1/2进行混合;方案三:泥炭土与白浆土各占1/4,草甸土占1/2进行混合,其合成土壤的理化性质较接近原生土壤。

3种配比方案的合成土壤在粒径分布上,>2mm的砾石都小于棕色针叶林土,砂砾的含量方案一和方案二低于棕色针叶林土,方案三的砂砾含量与棕色针叶林土相当,粉砂和粘粒的含量都高于棕色针叶林土。3种配比方案的合成土壤pH值都高于棕色针叶林土。方案一和方案三的有机质含量高于棕色针叶林土,方案二的有机质含量低于棕色针叶林土。3种配比方案的速效氮含量都高于棕色针叶林土,但是速效钾的含量都低于棕色针叶林土,速效磷的含量相当(表7)。

对照合成土壤的关键性指标,3种方案的土壤机械组成优于棕色针叶林土,细粒物质较多;速效氮含量高,这对于用于植被恢复的土壤是有利的,在使用时不需要对此进行人工调节。合成的土壤酸性比棕色针叶林土强,酸度必须进行调节,使用石灰对合成土壤进行人工酸度调节到pH值7.0。

表7 3个方案人工合成土壤的理化性质

Table 7 Physical and chemical properties of synthetic soil for three schemes

合成土壤方案 Schemes of synthetic soil	物理性质 Physical property/%					化学性质 Chemical property/%					
	各粒径土粒含量/mm					质地 Soil texture	pH	土壤养分 Soil nutrients/(mg/kg)			
	The content of soil grain size group							有机质 Organic matter	速效 N Available N	速效 P Available P	速效 K Available K
	>2.0	2.0—0.2	0.2—0.02	0.02—0.002	<0.002						
方案一 First	8.19	20.71	24.60	30.37	16.14	砂壤土	5.9	275	106.87	15.4	124.33
方案二 Second	7.44	20.15	25.05	30.41	16.98	壤土	5.7	233.63	113.05	14.1	123.63
方案三 Third	9.53	23.14	25.02	27.32	13.97	砂壤土	5.5	271.3	105.2	14.6	150.8

2.3.2 3种配比方案的合成土壤对植物生长的影响

使用pH值7.0、土层厚度40cm的3种配比方案的合成土壤进行鱼鳞云杉幼苗生长效果的盆栽试验,对照pH值7.0、土层厚度40cm和速效氮为80mg/kg的原生土壤鱼鳞云杉幼苗生长状况,方案一和方案二合成土壤上鱼鳞云杉生长的状况更接近原生土壤上鱼鳞云杉幼苗生长的状况,方案三的合成土壤上鱼鳞云杉生长的状况较差。

方案一和方案二合成的土壤都适于山地针叶林带植被恢复所需土壤,而区外白浆土最多,取土方

便,因此方案二泥炭土与草甸土各占1/4,白浆土占1/2进行混合比方案一即泥炭土、白浆土和草甸土各占1/3进行混合造价低,方案更加可行。

3 结论与讨论

3.1 结论

(1)以温带针阔混交林暗棕壤地带内的土壤为原料,以长白山自然保护区内的寒温带山地棕色针叶林土为置换对象,可完成仿自然原型的土壤合成,实现跨地带的土壤置换。

表 8 3 种合成土壤和棕色针叶林土上鱼鳞云杉的生长状况

Table 8 Growth of <i>Picea jezoensis</i> for three synthetic soil and Brown coniferous forest soil					
生长时间/d Growth time	生长指标 Growth index	棕色针叶林土 Brown coniferous forest soil	方案一 First schemes	方案二 Second schemes	方案三 Third schemes
20	茎高 Height of stem/cm	14.6 ± 0.17b	13.9 ± 0.15b	13.2 ± 0.14b	12 ± 0.11a
	叶片数 Number of leaf	16 ± 0.14b	15 ± 0.13b	14 ± 0.13a	13 ± 0.1a
40	茎高 Height of stem/cm	24.9 ± 0.15c	23.2 ± 0.13b	22.7 ± 0.12b	21.2 ± 0.12a
	叶片数 Number of leaf	28 ± 0.23c	26 ± 0.19b	25 ± 0.16b	23 ± 0.13a
60	茎高 Height of stem/cm	30.2 ± 0.35c	29.6 ± 0.32bc	28.2 ± 0.29b	26.8 ± 0.24a
	叶片数 Number of leaf	38 ± 0.28c	36 ± 0.23b	34 ± 0.21ab	33 ± 0.19a

不同小写字母表示不同土层厚度处理间差异显著 ($P<0.05$)

(2) 山地棕色针叶林土的腐殖质层厚度、酸度和速效氮含量为植被生长的限制性因子。合成土壤只有在满足限制因子阈值条件下,土壤厚度为 40cm、酸度为 7.0、速效氮含量为 80 mg/kg,才满足植物生长需要。

(3) 在长白山采用泥炭土与草甸土各占 1/4,白浆土占 1/2 进行混合,土层厚度 40cm,并使用石灰进行调酸达到中性后,植被恢复效果最好、造价最低,是对山地棕色针叶林土进行置换的合理方案。

3.2 讨论

(1) 除限制因子指标外,原料土壤的速效钾与原生土壤的速效钾差异较大。棕色针叶林土地区的基岩为碱性粗面岩^[14],风化过程中释放出较多的钾离子^[14],径流和土壤水中携带了大量钾离子,足以补充合成土壤中速效钾的不足,因此,速效钾可不作为土壤合成的关键性指标。

(2) 土壤对植被生长发育的影响不仅包括群落的建群种、优势种,也包括其他物种。鉴于建群种和优势种的意义更为突出,本实验仅对此进行了研究。

(3) 在植被恢复过程中,通过建立本地的土壤种子库,最终实现植被的自然恢复,因此在裸地上通过撒播群落建群种的种子,观测幼苗的生长是进行仿自然演替的关键一步。论文只进行了很短期(60d)的盆栽试验,重点检验鱼鳞云杉幼苗能否在合成土壤上正常生长,但对于森林土壤来说,这还远远不够,还需通过中试进一步检验效果。

References:

[1] Li C H. Characteristics of soil and forest resources on the Changbai Mountain. Natural resources, 1982, 4(1): 85-94.

[2] Chen X, Wang S X, Wang Z G. Biodiversity protection and sustainable development of Changbai Mountain protection and development zone. Changchun: Jilin Press, 2010: 4-7.

[3] Wang H L. An analysis of eco-environment protection of the Changbai Mountain nature reserve during tourism development. Jilin Geology, 2008, 27(2): 121-124.

[4] Xu H. Study on the regional economic effect of tourism industry [D]. Changchun: Jilin University, 2010: 97-113.

[5] Wang J C, Wei F Y. Analysis and control of Changbai Mountain tourist area life cycle. Journal of Jilin Normal University (Natural Science Edition), 2012, 2: 85-88.

[6] Chang Y, Bu R C, Hu Y M, Xu C G, Wang Q L. Dynamics of forest landscape boundary at Changbai Mountain. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(1): 15-20.

[7] Liu Z W, Gao W J, Pan K W, Zhang L P, Du H X, Gao X B. Influences of soil mixing of different forests on the biochemical characteristics and litter decomposition on upperreach of Minjiang River. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(10): 4149-4156.

[8] Ma R Z. Geograpic distribution of soils in China. Acta Pedologica Sinica, 1957, 5(1): 1-18.

[9] Gu S X. Studies of soil under the coniferous forests of Changbai Mountain. Journal of Jilin Forestry Institute, 1986, 2(2): 45-50.

[10] Forestry and soil Institute of Chinese Academy of Sciences. Soils in Northeastern Part of China. Beijing: Science Press, 1980: 60.

[11] Liu C. Accumulation of soil organic matter and influential factors on the north slope of Changbai Mountain[D]. Haerbin: Northeast Forestry University, 2004:16-24.

[12] Cheng B R, Xu G S, Ding G F. The main soil types and their basic characteristics on the north slope of the Changbai Mountain Nature Reserve. Forest Ecosystem Research, 1981, 2: 196-206.

[13] Fu D Y, Zhu Y M, Huang X C. Chemical environment Background values of the forest ecosystem on the Changbai Mountain. Forest Ecosystem Research, 1984, 4: 25-86.

[14] Yao M, Liu C X. Inspection report of vegetation composition and soil distribution on the northern slope of Changbai Mountain. Jilin Agricultural Sciences, 1984, 4: 40-47.

[15] Yu D Y, Hao Z Q, Ji L Z, Li Y, Xiong Z P, Ye J. Dissimilarity

of plant communities with changes in altitudes on the northern slope of Changbai Mountain. Chinese Journal of Ecology, 2003, 22(5): 1-5.

[16] Wang Z, Xu Z B. Main forest types and their community structure characteristics on the north slope of Changbai Mountain. Forest Ecosystem Research, 1980, 1: 25-42.

[17] Zou C J, Wang Q L, Han S J. Study on competition relationship between constructive species in dark conifer forest of Changbai Mountain. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2001, 7(2): 101-105.

[18] Xu W D, He X Y, Chen W, Liu C F. Characteristics and succession rules of vegetation types in Changbai Mountain. Chinese Journal of Ecology, 2004, 23(5): 162-174.

[19] 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, 2004, 12 (1): 164-173.

参考文献:

[1] 李昌华. 长白山的土壤和森林资源特点. 资源科学, 1982, 4 (1):85-94.

[2] 陈霞, 王绍先, 王振国. 长白山保护开发区生物多样性保护与可持续发展. 长春: 吉林出版集团, 2010:4-7.

[3] 王慧玲. 浅析长白山自然保护区旅游发展中的生态环境保护问题.吉林地质, 2008, 27(2): 121-124.

[4] 徐哈. 旅游业发展的区域经济效应研究[D]. 长春: 吉林大学, 2010,97-113.

[5] 王金超, 魏风云. 长白山旅游地生命周期的分析与调控. 吉林师范大学学报(自然科学版), 2012, 2: 85-88.

[6] 常禹, 布仁仓, 胡远满, 徐崇刚, 王庆礼.长白山森林景观边界动态变化研究. 应用生态学报, 2004, 15(1): 15-20.

[7] 刘增文, 高文俊, 潘开文, 张丽萍, 杜红霞, 高祥斌.岷江上游不同树种林地客土混合对土壤生物化学性质和枯落叶分解的影响. 生态学报, 2007, 27(10): 4149-4156.

[8] 马溶之.中国土壤的地理分布规律.土壤学报, 1957, 5(1): 1-18.

[9] 贾守信. 长白山针叶林下土壤的研究. 吉林林学院学报, 1986, 2(2): 45-50.

[10] 中国科学院林业土壤研究所. 中国东北土壤. 北京: 科学出版社, 1980:60.

[11] 刘畅. 长白山北坡森林土壤有机质的累积过程及其影响因子[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2004.

[12] 程伯容, 许广山, 丁桂芳. 长白山北坡自然保护区主要土壤类型及其基本特征. 森林生态系统研究, 1981, 2: 196-206.

[13] 富德义, 朱颜明, 黄锡畴. 长白山森林生态系统的化学环境背景值研究. 森林生态系统研究, 1984, 4: 25-86.

[14] 姚铭, 刘成祥. 长白山北坡植被组成及土壤分布考察报告. 吉林农业科学, 1984, 4: 40-47.

[15] 于德永, 郝占庆, 姬兰柱, 李扬, 熊在平, 叶吉. 长白山北坡植物群落相异性及其海拔梯度变化. 生态学杂志, 2003, 22 (5): 1-5.

[16] 王战, 徐振邦. 长白山北坡主要森林类型及其群落结构特点. 森林生态系统研究, 1980, 1: 25-42.

[17] 邹春静, 王庆礼, 韩士杰. 长白山暗针叶林建群种竞争关系的研究. 应用与环境生物学报, 2001, 7(2): 101-105.

[18] 徐文铎, 何兴元, 陈玮, 刘常富. 长白山植被类型特征与演替规律的研究. 生态学杂志, 2004, 23(5): 162-174.

[19] 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, 2004, 12 (1): 164-173.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34 ,No.2 Jan. ,2014 (Semimonthly)
CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

Effects of soil texture on variations of paddy soil physical and chemical properties under continuous no tillage GONG Dongqin, LÜ Jun (239)

Evaluation of the landscape patterns vulnerability and analysis of spatial correlation patterns in the lower reaches of Liaohe River Plain SUN Caizhi, YAN Xiaolu, ZHONG Jingqiu (247)

Effects of light and dissolved oxygen on the phenotypic plasticity of *Alternanthera philoxeroides* in submergence conditions XU Jianping, ZHANG Xiaoping, ZENG Bo, et al (258)

A review of the relationship between algae and bacteria in harmful algal blooms ZHOU Jin, CHEN Guofu, ZHU Xiaoshan, et al (269)

Biodiversity and research progress on picophytoplankton in saline lakes WANG Jiali, WANG Fang (282)

Effects of ozone stress on major plant physiological functions LIE Ganwen, YE Longhua, XUE Li (294)

The current progress in rodents molecular phylogeography LIU Zhu, XU Yanchun, RONG Ke, et al (307)

The progress in ecosystem services mapping: a review ZHANG Liwei, FU Bojie (316)

Autecology & Fundamentals

Growth, and cationic absorption, transportation and allocation of *Elaeagnus angustifolia* seedlings under NaCl stress LIU Zhengxiang, ZHANG Huaxin, YANG Xiuyan, et al (326)

Leaf morphology and PS II chlorophyll fluorescence parameters in leaves of *Sinosenecio jishouensis* in Different Habitats XIANG Fen, ZHOU Qiang, TIAN Xiangrong, et al (337)

Response of change of wheat LAI measured with LAI-2000 to the radiance WANG Yan, TIAN Qingjiu, SUN Shaojie, et al (345)

Effects of K⁺ and Cr⁶⁺ on larval development and survival rate of the acorn barnacle *Balanus reticulatus* HU Yufeng, YAN Tao, CAO Wenhao, et al (353)

Diffusion of colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, adults in field LI Chao, PENG He, CHENG Dengfa, et al (359)

Population, Community and Ecosystem

Seasonal variations in fish community structure in the Laizhou Bay and the Yellow River Estuary SUN Pengfei, SHAN Xiujuan, WU Qiang, et al (367)

Variations in fish community structure and diversity in the sections of the central and southern Yellow Sea SHAN Xiujuan, CHEN Yunlong, DAI Fangqun, et al (377)

Research on the difference in eutrophication state and indicator threshold value determination among lakes in the Southern Jiangsu Province, China CHEN Xiaohua, LI Xiaoping, WANG Feifei, et al (390)

Effect of tidal creek system on the expansion of the invasive *Spartina* in the coastal wetland of Yancheng HOU Minghang, LIU Hongyu, ZHANG Huabing (400)

The spatial and temporal variations of maximum light use efficiency and possible driving factors of Croplands in Jiangsu Province KANG Tingting, GAO Ping, JU Weimin, et al (410)

Simulation of summer maize yield influenced by potential drought in China during 1961—2010 CAO Yang, YANG Jie, XIONG Wei, et al (421)

Forest change and its impact on the quantity of oxygen release in Heilongjiang Province during the Past Century ZHANG Lijuan, JIANG Chunyan, MA Jun, et al (430)

Soil macro-faunal guild characteristics at different successional stages in the Songnen grassland of China	LI Xiaoqiang, YIN Xiuqin, SUN Lina (442)
Seasonal dynamics of soil microbial biomass in six forest types in Xiaoxing'an Mountains, China	LIU Chun, LIU Yankun, JIN Guangze (451)
Landscape, Regional and Global Ecology	
Variation of drought and regional response to climate change in Huang-Huai-Hai Plain	XU Jianwen, JU Hui, LIU Qin, et al (460)
Wind speed changes and its influencing factors in Southwestern China	ZHANG Zhibin, YANG Ying, ZHANG Xiaoping, et al (471)
Characteristics of soil carbon density distribution of the <i>Kobresia humilis</i> meadow in the Qinghai Lake basin	CAO Shengkui, CHEN Kelong, CAO Guangchao, et al (482)
Life cycle assessment of carbon footprint for rice production in Shanghai	CAO Liming, LI Maobai, WANG Xinqi, et al (491)
Research Notes	
Seasonal changes of ground vegetation characteristics under artificial <i>Caragana intermedia</i> plantations with age in desert steppe	LIU Rentao, CHAI Yongqing, XU Kun, et al (500)
The experimental study on trans-regional soil replacement	JIN Yinghua, XU Jiawei, QIN Lijie (509)
Sensitivity analysis of swat model on changes of landscape pattern: a case study from Lao Guanhe Watershed in Danjiangkou Reservoir Area	WEI Chong, SONG Xuan, CHEN Jie (517)

《生态学报》2014 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,280 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 34 卷 第 2 期 (2014 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 2 (January, 2014)

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

主 编 王如松

主 管 中国科学技术协会

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

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂

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

订 购 全国各地邮局

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

广告经营 京海工商广字第 8013 号

许 可 证

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

Editor-in-chief WANG Rusong

Supervised by China Association for Science and Technology

Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel: (010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China

Foreign China International Book Trading
Corporation
Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China

