

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第34卷 第9期 Vol.34 No.9 **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 9 期 2014 年 5 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 基于土壤食物网的生态系统复杂性-稳定性关系研究进展 陈云峰,唐 政,李 慧,等 (2173)
- 滇西北高原入湖河口退化湿地生态修复效益分析..... 符文超,田 昆,肖德荣,等 (2187)
- 典型峰丛洼地耕地、聚落及其与喀斯特石漠化的相互关系——案例研究 李阳兵,罗光杰,白晓永,等 (2195)
- 青藏高原东缘高寒草原有毒植物分布与高原鼠兔、高原麝鼠的相关性 ... 金 樑,孙 莉,崔慧君,等 (2208)
- 周边不同生境条件对茶园蜘蛛群落及叶蝉种群时空结构的影响..... 黎健龙,唐劲驰,黎秀娣,等 (2216)

个体与基础生态

- 三峡库区马尾松林土壤-凋落物层酶活性对凋落物分解的影响 葛晓改,肖文发,曾立雄,等 (2228)
- 芦苇、香蒲和蘆草 3 种挺水植物的养分吸收动力学 张熙灵,王立新,刘华民,等 (2238)
- 沙化程度和林龄对湿地松叶片及林下土壤 C、N、P 化学计量特征影响 ... 胡启武,聂兰琴,郑艳明,等 (2246)
- 内蒙古典型草原小叶锦鸡儿灌丛化对水分再分配和利用的影响 彭海英,李小雁,童绍玉 (2256)
- 遮阴对米槠和杉木原位排放甲烷的影响..... 陈细香,杨燕华,江 军,等 (2266)
- 桔小实蝇和番石榴实蝇对 6 种寄主果实的产卵选择适应性..... 刘 慧,侯柏华,张 灿,等 (2274)
- 鼠尾草属东亚分支的传粉模式..... 黄艳波,魏宇昆,葛斌杰,等 (2282)

种群、群落和生态系统

- 养分资源脉冲供给对几种微藻种间竞争的影响 李 伟 (2290)
- 不同植被恢复类型的土壤肥力质量评价..... 李静鹏,徐明锋,苏志尧,等 (2297)
- 黄土丘陵区植物功能性状的尺度变化与依赖 丁 曼,温仲明,郑 颖 (2308)
- 湘潭锰矿栎树叶片和土壤 N、P 化学计量特征 徐露燕,田大伦,王光军,等 (2316)
- 黄土高原春小麦农田蒸散及其影响因素..... 阳伏林,张 强,王文玉,等 (2323)
- 尾矿区不同植被恢复模式下高效固氮菌的筛选及 Biolog 鉴定..... 李 雯,阎爱华,黄秋娟,等 (2329)
- 四川理县杂谷脑干旱河谷岷江柏造林恢复效果评价..... 李东胜,罗 达,史作民,等 (2338)

景观、区域和全球生态

- 闽南-台湾浅滩渔场二长棘鲷群体景观多样性 蔡建堤,苏国强,马 超,等 (2347)
- 面向土系调查制图的小尺度区域景观分类——以宁镇丘陵区中一小区域为例..... 卢浩东,潘剑君,付传城,等 (2356)

气候变化对华北冬小麦生育期和灌溉需水量的影响..... 胡 玮,严昌荣,李迎春,等 (2367)

资源与产业生态

基于 LMDI 分解的厦门市碳排放强度影响因素分析 刘 源,李向阳,林剑艺,等 (2378)

可持续生计目标下的生态旅游发展模式——以河北白洋淀湿地自然保护区王家寨社区为例.....

..... 王 瑾,张玉钧,石 玲 (2388)

荔枝树干液流速率与气象因子的关系 凡 超,邱燕萍,李志强,等 (2401)

肿腿蜂类寄生蜂室内控害效能评价——以松脊吉丁肿腿蜂为例 展茂魁,杨忠岐,王小艺,等 (2411)

城乡与社会生态

内蒙古草原人类福祉与生态系统服务及其动态变化——以锡林郭勒草原为例.....

..... 代光烁,娜日苏,董孝斌,等 (2422)

基于农业面源污染分区的三峡库区生态农业园建设研究 刘 涓,谢 谦,倪九派,等 (2431)

“交通廊道蔓延”视角下山地城市典型样带空间格局梯度分析 吕志强,代富强,周启刚 (2442)

学术信息与动态

美国地理学家协会 2014 年会述评 孙然好,肖荣波 (2450)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 280 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 30 * 2014-05



封面图说: 峰丛洼地石漠化——峰丛主要分布在云贵高原的边缘部分及桂西、桂西北地区,相对高度一般为 200—300m,高的可达 600m 以上。在峰丛之间,岩溶洼地、漏斗、落水洞很发育,常形成峰丛洼地或峰丛漏斗的组合形态。峰丛洼地中的土地相当贫瘠,由于当地人们依靠这些土地种植庄稼为生,石漠化的发展趋势已经越来越明显。尤其在土地承载力低、人口压力大的区域石漠化相当严重,研究峰丛洼地耕地资源分布、土地利用强度和石漠化发育状况之间的机理,有助于从本质上认识石漠化的发生,对石漠化治理实施科学指导。

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/stxb201306091496

李东胜, 罗达, 史作民, 唐敬超, 刘世荣, 刘千里, 何建社, 杨昌旭. 四川理县杂谷脑干旱河谷岷江柏造林恢复效果评价. 生态学报, 2014, 34(9): 2338-2346.

Li D S, Luo D, Shi Z M, Tang J C, Liu S R, Liu Q L, He J S, Yang C X. Assessing effects of *Cupressus chengiana* plantations in the dry valley of Zagunao River, Li county of Sichuan Province. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(9): 2338-2346.

四川理县杂谷脑干旱河谷岷江柏造林恢复效果评价

李东胜^{1,2}, 罗 达¹, 史作民^{1,*}, 唐敬超¹, 刘世荣¹, 刘千里³, 何建社³, 杨昌旭⁴

(1. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 国家林业局森林生态环境重点实验室, 北京 100091;

2. 河北省林业调查规划设计院, 石家庄 050051; 3. 四川省阿坝州科学技术研究院林科所, 汶川 623000;

4. 四川省阿坝州理县林业局, 理县 623100)

摘要:在岷江干旱河谷杂古脑河流域, 选择岷江柏(*Cupressus chengiana*) 5 个不同年份的造林地, 调查了岷江柏的生长情况、植物群落特征与土壤理化性质, 总体评价干旱河谷乡土树种的造林成效及造林后的生态效果。结果表明: 不同年份造林地岷江柏幼树生长状况良好, 2003 年造林地生长最好, 基径、树高和冠径分别达到 4.39cm、4.17m 和 1.01m, 当年生长量超过 43cm; 2001 年和 2005 年造林地次之, 基径为 4.19cm 和 4.52cm, 冠径为 0.55m 和 0.61m, 当年生长量 37cm 左右, 树高为 2.50 和 2.17m; 2007 年和 2009 年造林地由于幼树生长时间较短, 其基径、树高和冠径都较小, 但当年生长量也都超过 20cm。不同年份造林地的植被覆盖度变化相对复杂, 除 2001 年造林地外, 灌木层盖度随造林时间的增加而逐渐降低; 草本层盖度变化较小, 2005 造林地最高, 其他年份造林地没有显著差异。同时, 不同年份造林地的群落结构都比较单一, 随造林时间的增长, 群落物种数量反而降低。在 5 个不同年份造林地, 土壤 pH、有机质和养分含量差异相对较小, 土壤含水量尽管存在较大差异, 但没有明显的变化趋势。综合分析认为, 在杂谷脑干旱河谷中山区岷江柏作为造林树种具有一定的生长优势, 但造林地的植被和土壤并没有得到改善, 需要更加长期的观测评估。

关键词: 干旱河谷; 岷江柏; 人工造林; 生态恢复; 评价

Assessing effects of *Cupressus chengiana* plantations in the dry valley of Zagunao River, Li county of Sichuan Province

LI Dongsheng^{1,2}, LUO Da¹, SHI Zuomin^{1,*}, TANG Jingchao¹, LIU Shirong¹, LIU Qianli³, HE Jianshe³, YANG Changxu⁴

1 Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry Key Laboratory on Forest Ecology and Environmental Sciences of State Forestry Administration, Beijing 100091, China

2 Forestry Inventory Planning and Design Institute of Hebei Province, Shijiazhuang 050051, China

3 Aba Autonomous Prefecture Science and Technology Institute, Wenchuan 623000, China

4 Lixian forestry bureau of Sichuan Province, Lixian 623100, China

Abstract: In the arid valley of the Zagunao River, five plantation plots of *Cupressus chengiana* with different years were chosen, and the growth of *C. chengiana* young trees (including tree height, basal diameter, crown diameter, and growth of height), plant community characteristics (vegetation coverage and species composition) and soil properties (soil pH, water content, soil nutrient content) were examined to assess the ecological effects of plantation using native tree species. The growth of all young trees with different planting years was well, young trees planted in 2003 were the best, the basal

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划课题(2012BAD22B0102); 中国科学院碳专项课题(XDA05060100)

收稿日期: 2013-06-09; **修订日期:** 2013-12-02

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: shizm@caf.ac.cn

diameter, tree height and crown diameter respectively was 4.39cm, 4.17m and 1.01m, the increment of height was more than 43cm; young trees planted in 2001 and 2005 were relatively good, the base diameters were 4.19cm and 4.52cm, tree heights were 2.50m and 2.17m, the crown diameters were 0.55m and 0.61m, the increments of height approximately 37cm. Due to the shorter growth time of young trees planted in 2007 and 2009, their base diameters, tree heights and crown diameters were smaller, but their increments of height were more than 20cm. The changes of vegetation coverage in the plantations with different years were relatively complex, except the plantation of 2001, the shrub layer coverage decreased gradually with increase of plantation time, while the changes of herb layer coverage were small, the herb layer coverage of plantation of 2005 was the highest, and there were no significant differences among other plantations. Community structure of the plantations was simple, and plant species numbers reduced with the plantation time except the plantation of 2001. In addition, the changes of soil pH, organic matter and nutrient contents were also small among different plantations. Although the differences of soil water content among them were significant, there was no obvious trend. The results indicates that *C. chengiana* is a suitable tree species for plantation in the Zagunao river basin of arid valley of the upper Minjiang River, but the ecological effects of vegetation restoration and soil improvement are not fully reflected. Long-term observations need to be conducted for rational assessment of their ecological effects.

Key Words: dry valley; *Cupressus chengiana*; plantation; ecological restoration; assessment

岷江干旱河谷是我国第二大天然林区西南林区中一类较特殊的山地生态系统。由于地质环境脆弱与地貌的不稳定性,在自然气候和人为作用共同驱动下,该区植被严重退化,环境日益恶化,山地灾害频繁。一直以来,恢复重建植被、提高植被覆盖率、防治水土流失等是干旱河谷地区生态建设的主要任务。目前,关于干旱河谷的生态恢复与重建,已在造林技术选择、目的树种筛选、整地方式、经营管理措施等方面作了大量工作^[1-4]。然而,由于当地的气候干燥、降水少而不均匀,蒸发量极大,土壤瘠薄等特点,尽管一些工作已经取得了可借鉴的经验和显著地成果,但是在人工促进恢复过程中仍存在着诸多的问题和难点。目的树种选择不当,或者整地方式不合适,一些整地造林措施不仅没达到岷江上游干旱河谷植被恢复的预期效果,甚至有加剧生态系统退化的趋势^[5]。因此,在不同研究区域和尺度,需要对人工造林生态恢复的效果进行更广泛的研究,为干旱河谷的生态恢复提供理论依据。

岷江柏(*Cupressus chengiana*)是柏木科(*Cupressaceae*)柏木属(*Cupressus*)长寿慢生乔木,主要分布于四川西北部岷江上游的茂县、理县、汶川,大渡河上游的马尔康、金川、小金、丹巴及白龙江上游的南坪、舟曲等县的干旱河谷地带^[6]。岷江柏的自然分布地段大都接近谷底,交通方便,离居民点近,长期受人为活动破坏,现存天然林较少^[7-8]。由于岷江柏具有耐

寒、耐旱、根深等生物学特性,能适应干旱贫瘠的环境,因而具有良好的水土保持和水源涵养功能,一直是川西高山峡谷地区干旱河谷段水土保持和荒山造林的重要树种之一。相对于刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、榆树(*Ulmus pumila*)、辐射松(*Pinus radiata*)等树种,岷江柏不但具有较高的抗旱性^[9],而且其人工林具有更高的生产力^[10]。

四川理县杂古脑河流域为半干旱偏湿亚类型干旱河谷,土壤水分是该区域生态生态系统的主要限制因子,不但限制土壤养分的积累和转化,而且影响群落物种数量和结构空间格局。因此,对于该区域的生态恢复措施评估,不仅人工造林生长状况是基本的评价指标,地表植被以及土壤水分、养分等条件的变化也必须同时考虑在内。本文通过对该区不同年份岷江柏造林地的调查研究,试图回答3个问题:(1)与干旱河谷其他区域相比,不同年龄阶段的岷江柏造林生长情况如何?(2)地表植被在不同年份造林地是否发生变化,植被覆盖率是否得到有效提高?(3)人工造林是否对土壤水分和养分起到一定的改善作用?

1 研究区域概况

研究地点位于四川省阿坝藏族羌族自治州理县熊耳山林区,属于岷江上游干旱河谷区半干旱偏湿亚类。地理位置为 30°54'43"—31°12'12"E、102°32'

46"—103°30'30"N。当地冬季内陆气候盛行,干燥多风,降水稀少,雨季常受西藏高压和太平洋高压影响,间歇性干旱频繁,尤以伏旱持续时间最长;最高极温 37℃左右,最低极温-19℃左右,年平均气温约 12℃;年平均降雨量 584mm,年平均蒸发量 1399 mm,蒸发量约为降雨量的 2.4 倍。该区域植被具有干旱河谷的特性,以灌丛为优势群落,具有多刺、多毛、小叶、质厚、低矮或匍匐生长等适应旱生的形态特征,主要优势种为光果蕨(*Caryopteris tangutica*)、川甘亚菊(*Ajania potaninii*)、小叶杭子梢(*Campylotropis wilsonii*)、小 马 鞍 羊 蹄 甲(*Bauhinia faberi* var. *microphylla*)、白 刺 花(*Sorophora davidi*)、刺 旋 花(*Convolvulus tragacanthoides*)、四川黄栌(*Cotinus coggygia*)等。

2 研究方法

2.1 样地选择与调查测定

选择熊耳山阳坡造林区域为具体研究地点,海拔梯度范围为 2200—2500m。该区从 2001 年逐年分块造林,造林前未应用任何整地措施。不同阶段造林方法相同,造林树种为岷江柏,苗木年龄均为 2a,均来源于相同管理条件的苗木基地。造林方式为平行于等高线造林,株行距为 1.5m×1.5m。

2012 年 11 月进行野外调查,首先分阶段选取造林地,2a 为 1 个阶段,共选取 5 个不同年份的造林地为研究对象,基本概况见表 1。在不同年份造林地,根据面积大小、地形、植被等因素,在不同坡位具有代表性的区域设置 3—5 个样地,样地大小为 20m×20m,用于岷江柏生长情况、植物群落特征与土壤理化性质等的调查取样。

表 1 熊耳山不同岷江柏造林地概况

Table 1 General information of *Cupressus chengiana* planting areas in the Xionger Mountain

造林年份 Forestation year	岷江柏树龄/a Age	海拔/m Altitude	坡向 Aspect	坡度/(°) Slope
2001	13	2435	N170°	28
2003	11	2249	N170°	17
2005	9	2260	N180°	34
2007	7	2425	N210°	30
2009	5	2364	N150°	27

在不同年份造林地测量幼树的树高、基径、冠径、当年生长量等。在标准地内沿对角线设置调查样方,草本样方面积 1m×1m,灌木样方面积 3m×3m,调查样方内物种的株(丛)数、盖度、高度等,每个年份造林地灌木样方和草本样方分别至少调查 15 个。物种重要值=(相对密度+相对频度+相对盖度)×100/3。

在标准地内沿坡位进行土壤取样,每个年份造林地至少 9 次重复。土层深度为 0—20cm,每次分别取 3 个铝盒和土壤袋。土壤自然含水量采用重量含水量法进行测定;土壤 pH 采用电位法测定;土壤有机质含量采用重铬酸钾容量法测定;土壤全氮含量采用凯氏定氮法测定;土壤全磷含量采用钼锑抗比色法测定;土壤全钾含量采用原子吸收分光光度计法测定。

2.2 数据处理

采用单因子方差分析(one-way ANOVA)和最小差异显著法(LSD)进行比较分析。统计分析采用 SPSS16.0 软件完成,作图采用 ORIGIN8.6 软件完成。

3 结果与分析

3.1 不同年份造林地岷江柏生长特征

如图 1 所示,除 2001 年造林地外,随造林时间的增加,岷江柏幼树基径、树高、冠径和当年生长量都表现为增加的趋势。2003 年造林地的岷江柏生长状况最好,基径、树高和冠径分别达到 4.39cm、4.17m 和 1.01m,当年生长量超过 43cm,保持高速生长;2001 年和 2005 年造林地的岷江柏生长特征差异性较小,基径分别为 4.19cm 和 4.52cm,冠径为 0.55m 和 0.61m,年平均生长量都达到 37cm,已经进入高速生长时期,不同的是,2005 年造林地的岷江柏树高显著高于 2001 年(分别为 2.5m 和 2.17m);对于 2007 年和 2009 年造林地的岷江柏幼树,尽管其基径、树高和冠径都较小,然而其平均高生长量也都超过 20cm,生长状况良好。

3.2 不同年份造林地植被盖度及物种组成

从图 2 可以看出,不同年份造林地的植被盖度变化相对复杂。在岷江柏造林初期,群落内灌木层盖度最高(74.53%);尽管 2009 年造林地和 2007 年造林地的差异不明显,但是随造林时间的增加,灌木层覆盖度呈现为逐渐降低的趋势,2003 年造林地下

降到 32.11%; 而 2001 年造林地的灌木层盖度与 2005 年造林地相比差异较小, 相对于 2003 年造林地却显著增加。对于草本层盖度, 总体上表现为先增加后降低的趋势, 其中 2005 造林地最高 (44.57%),

显著高于其他年份造林地, 而短期造林 (2009 年和 2007) 和长期造林后 (2003 年和 2001 年) 的群落草本层盖度变化不显著。

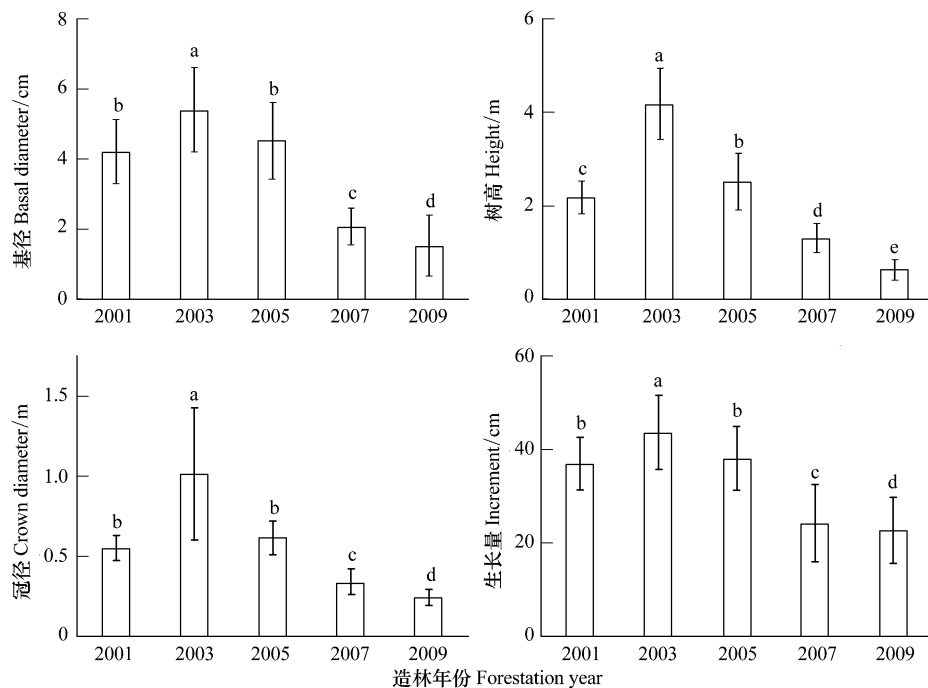


图 1 不同年份造林地的岷江柏幼树生长特征

Fig.1 Growth characteristics of *Cupressus chengiana* saplings in planting areas of different years

不同字母表示在 0.05 水平上差异显著

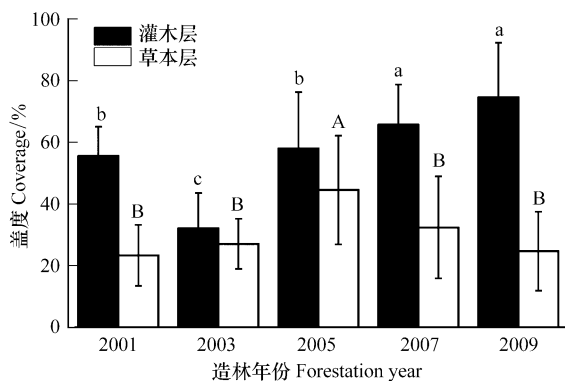


图 2 不同年份岷江柏造林地的植被盖度

Fig.2 Vegetation coverage in planting areas of *C. chengiana* with different years

不同小写 (大写) 字母表示灌木层 (草本层) 盖度在 0.05 水平上差异显著

从表 2 可知, 不同年份造林地的植物物种组成比较简单, 群落优势种单一。相对而言, 除 2001 年造林地外, 随造林时间的增长, 群落物种数量呈现降低的趋势。对于 2009 年造林地, 物种数量最多, 共

调查有 34 种物种, 灌木层中铁杆蒿 (*Artemisia sacrorum*)、光果荬和黄花亚菊 (*Ajania nubigena*) 占有优势, 而草本层中披针苔草 (*Carex lanceolat*) 占主要地位, 糙野青茅 (*Deyeuxia scabrescens*)、川甘火绒草 (*Leontopodium chuii*) 和川滇柴胡 (*Bupleurum candollei*) 等为主要伴生种; 2007 年造林地的物种数量为 33 种, 灌木层中的川甘亚菊、铁杆蒿和草本层中的糙野青茅占有绝对优势, 牛至 (*Origanum vulgare*)、白刺花、柴胡、细柄草 (*Capillipedium parviflorum*) 等为伴生种; 2005 年造林地由于草本层物种的减少, 导致物种总体数量降低, 为 27 种, 灌木层中金花蚤草 (*Pulicaria chrysanth*)、小马鞍羊蹄甲、铁杆蒿、川甘亚菊和白刺花等分布比较均匀, 草本层中糙野青茅仍然占有绝对优势地位; 2003 年造林地的物种数量最少, 仅仅存在 9 种灌木植物和 14 种草本植物, 其中铁杆蒿和细柄草分别为灌木层和草本层的优势物种, 川甘亚菊、白刺花、黑穗画眉草 (*Eragrostis nigra*) 等为主要伴生种; 2001 年造林地

中,披针苔草重新成为草本层的最主要物种,但灌木层中川甘亚菊和铁杆蒿仍为优势种,白刺花、牛至等为主要伴生种。

表 2 不同年份岷江柏造林地主要植物物种及其重要值

Table 2 Species and their importance values in *C. chengiana* planting areas with different years

物种组成 Composition of species		重要值 Importance value				
结构层次 Layer	物种 Species	2001	2003	2005	2007	2009
灌木层 Shrub layer	川甘亚菊 <i>Ajania potaninii</i>	20.34	21.60	13.99	27.72	8.56
	铁杆蒿 <i>Artemisia sacrorum</i>	18.29	29.58	13.53	24.56	25.42
	牛至 <i>Origanum vulgare</i>	15.71	5.23		14.17	4.18
	白刺花 <i>Sophora viciifolia</i>	13.70	15.11	12.04	9.82	5.61
	光果莠 <i>Caryopteris tangutica</i>	9.17	4.63	6.78	10.24	23.58
	刺旋花 <i>Convolvulus tragacanthoides</i>	8.02		3.55		4.06
	峨眉蔷薇 <i>Rose omeiensis</i>	5.16	8.27		2.63	1.78
	金花蚤草 <i>Pulicaria chrysantha</i>	3.50	8.13	17.79		3.70
	黄花亚菊 <i>Ajania nubigena</i>	2.93	5.55	4.32	3.53	21.54
	小叶杭子梢 <i>Campylotropis wilsonii</i>	1.78		2.83	4.68	
	匍匐栒子 <i>Cotoneaster adpressus</i>	0.56			0.84	
	扁刺蔷薇 <i>Rosa sweginzowii</i>	0.45		0.75	0.56	0.55
	中亚紫菀木 <i>Asterothamnus centrali-asiaticus</i>	0.38		4.56		
	齿叶扁核木 <i>Prinsepia uniflora</i>		1.90			
	小马鞍羊蹄甲 <i>Bauhinia faberi</i> var. <i>microphylla</i>			13.57		
	小角柱花 <i>Ceratostigma willmottianum</i>			5.66		
	三颗针 <i>Berberis julianae</i>			0.64	0.89	1.03
	黄花蔷薇 <i>Rosa setipoda</i>				0.36	
草本层 Herb layer	披针苔草 <i>Carex lanceolata</i>	34.45			4.93	23.52
	糙野青茅 <i>Deyeuxia scabrescens</i>	15.76		59.41	32.36	13.54
	川西獐牙菜 <i>Swertia mussotii</i>	8.15			1.75	1.40
	朝天委陵菜 <i>Potentilla supina</i>	6.94	2.35	2.18	4.21	5.02
	柴首 <i>Bupleurum chaishouii</i>	4.61	1.05	5.62		6.15
	川甘火绒草 <i>Leontopodium chunii</i>	4.60	3.83	5.99	8.82	12.31
	川滇柴胡 <i>Bupleurum candollei</i>	4.16	4.37	6.32	10.64	11.35
	黑穗画眉草 <i>Eragrostis nigra</i>	3.95	12.45		3.04	4.54
	蒲公英 <i>Herba Taraxaci</i>	3.12	2.03		1.00	1.13
	圆茎翅茎草 <i>Pterygiella cylindrica</i>	2.71	5.32		3.58	4.46
	甘川紫菀 <i>Aster smithianus</i>	2.37	0.67	1.83	2.10	0.76
	苜蓿 <i>Medicago sativa</i>	2.19				4.17
	细柄草 <i>Capillipedium parviflorum</i>	2.17	45.82		14.37	0.24
	聚头蓟 <i>Cirsium souliei</i>	1.54			1.35	2.98
	甘青铁线莲 <i>Clematis tangutica</i>	0.93	0.82			
	大花列当 <i>Orobancha megalantha</i>	0.75				
	中华山紫茉莉 <i>Oxybaphus himalaicus</i> var. <i>chinensis</i>	0.67	4.95		1.56	
	地构叶 <i>Speranskia tuberculata</i>	0.58	9.29		2.16	
	高山金挖耳 <i>Carpesium lipskyi</i>	0.36				
	黄毛棘豆 <i>Oxytropis ochrantha</i>		4.81			0.88
	甘青老鹳草 <i>Geranium pylzowianum</i>		2.24			
	高山韭 <i>Allium sikkimense</i>			10.42	1.80	
	大羊茅 <i>Festuca gigantea</i>			2.26		
	茜草 <i>Rubia cordifolia</i>			0.58	0.59	
	短梗天门冬 <i>Asparagus lycopodineus</i>			0.40	1.42	0.51
	苦荬菜 <i>Ixeris chinensis</i>			0.31	0.91	0.76
	黄花蒿 <i>Artemisia annua</i>			0.30	0.56	
	直立黄芪 <i>Astragalus adsurgens</i>			0.28	0.78	0.58
	中华榲桲 <i>Drynaria sinica</i>			4.09		
	一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>				2.07	0.14
	香青 <i>Anaphalis sinica</i>					3.71
	密穗马先蒿 <i>Pedicularis densispica</i>					1.03
	甘青青兰 <i>Dracocephalum tanguticum</i>					0.57
	马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>					0.24

3.3 不同年份造林地土壤特性

如图 4 所示,土壤的 pH 变化差异较小,都属于微碱性土壤,只有 2005 年造林地的土壤 pH 显著小于其他时间造林地;而土壤自然含水量的变化相对于土壤 pH 较为复杂(图 4),2007 年造林地最高,2003 年造林地最低,而造林时间最长(2001 年造林)和最短地段(2009 年造林)的土壤含水量反而处于中间位置。

在 5 个不同时间造林地,土壤有机质和养分含量的变化差异相对较小。土壤有机质含量和土壤全氮含量没有显著变化(图 5);土壤全磷含量随造林时间的增加而增加,2001 年和 2003 年造林地的土壤全磷含量显著高于 2009 年造林地(图 5);而土壤全钾含量在 2009 年造林地最高,在 2003 年和 2005 年造林地最低,2001 年和 2007 年造林地的土壤全钾含量相近(图 5)。

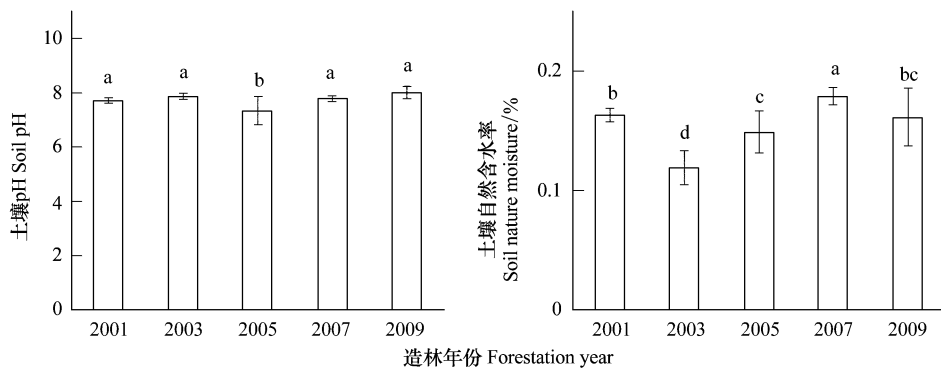


图 4 不同年份岷江柏造林地的土壤水分和 pH

Fig.4 Soil water content and pH in *C. chengiana* planting areas with different years

不同字母表示在 0.05 水平上差异显著

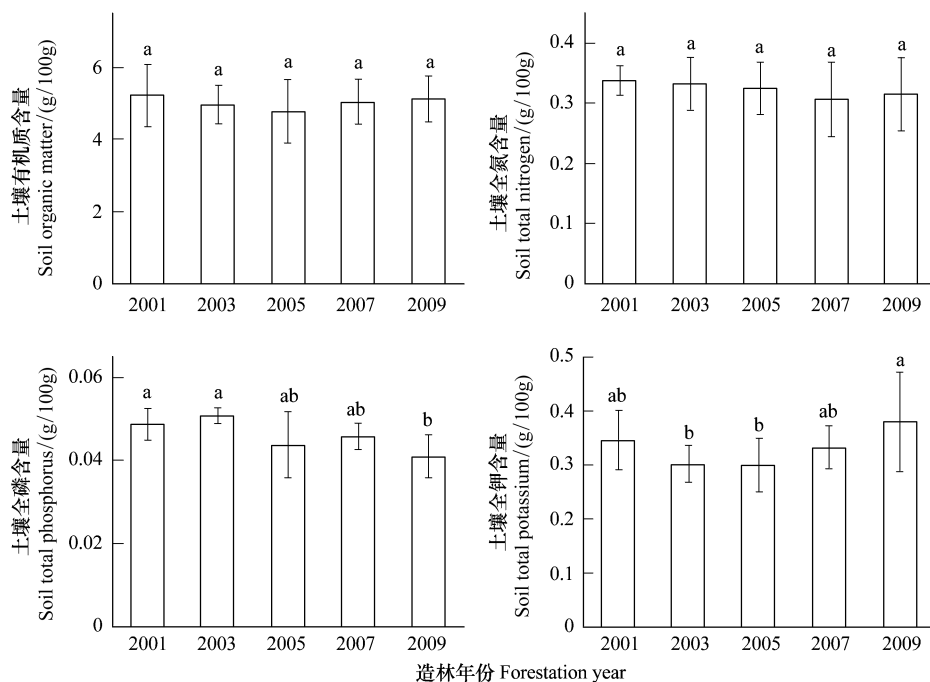


图 5 不同年份岷江柏造林地的土壤养分含量

Fig.5 Soil nutrient contents in *C. chengiana* planting areas with different years

不同字母表示在 0.05 水平上差异显著

4 讨论

4.1 岷江柏生长状况评价

作为岷江上游干旱河谷区的乡土树种,岷江柏的适生范围主要在 1800—2500m 左右^[6]。海拔是限制植物分布和生长的主要因素之一。海拔的变化导致植物生境中水热条件的变化,而水分的限制作用是制约岷江干旱河谷区植被恢复与重建的关键^[11-13]。对四川省理县薛城镇的人工造林研究发现,位于海拔 1600m 的 5 年生岷江柏幼树,其基径和树高为 1.20cm 和 0.69m,位于海拔 1750m 的 6 年生岷江柏幼树,其基径和树高为 1.58cm 和 0.92m^[9];在岷江干旱河谷的茂县区域,在海拔 1800m 左右,造林 7a 的幼树基径、树高、冠径和当年生长量分别为 2.67cm、0.97m、0.56m、11cm,造林 13a 的幼树基径、树高、冠径和当年生长量分别为 4.65cm、1.27m、0.70m、8cm^[5]。而在本研究中,位于海拔 2400m 左右的 7 年生幼树(2007 年造林)的基径、树高和当年生长量为 2.068cm、1.31m、24.07cm,其基径和树高不仅显著高于海拔 1600m 且地理位置相近的 5 年、6 年生岷江柏幼树,其树高和当年生长量也显著高于茂县区域树龄更长的岷江柏幼树。同时,尽管本研究中 13 年生岷江柏幼树(2001 年造林)的生长状况要明显低于 11 年生岷江柏幼树(2003 年造林),但是其树高和当年生长量仍然明显高于茂县区域造林 13 年的岷江柏幼树。当然,茂县区域岷江柏的冠径却要高于本研究的岷江柏,这可能是因为该区域内岷江柏存在向“小老头树”发展的趋势,无论高生长还是直径生长都表现出下降趋势,而且也出现提前结实现象^[5]。可见本研究区域内的岷江柏生长发育状况良好,2200—2400m 的海拔梯度更适合于岷江柏人工造林。

另外,本研究中,虽然 2003 年造林地岷江柏幼树的生长年限短于 2001 年造林地,但是其生长状况要显著优于后者。考虑到苗木的规格和初植年龄相同,而且气候条件在 2001 年和 2003 年间变化较小,因此幼树生长状况差异的原因可能仍然是海拔的差异造成的。2001 年造林地和 2003 年造林地相比,环境条件中最大的差异仍然是海拔,2001 年造林地处于研究地点的海拔最上限,而 2003 年造林地处于最下限,二者海拔高差约为 200m(表 1)。

4.2 岷江柏造林对地表植被的影响

在退化生态系统的自然恢复过程中,无论灌木层、草本层,还是乔木层,植物物种数量的发展都有一个先发展后消退的变化过程^[14]。然而,在研究中,除 2001 年造林地之外,随造林时间的增加灌木层盖度降低,而草本层盖度尽管在造林前期出现短暂的增加,但在后期变化较小,同时物种组成随造林时间的增加也趋于简单。这种结果与前人研究不同,可能是由于人工造林措施及岷江柏苗木的生长发育造成的。在群落中,乔木层结构制约着林下植被可利用的光、水和土壤养分等资源^[15-16]。具体来讲,乔木的盖度、冠幅、乔木密度、胸径、树高等直接影响林下光、热、水等资源,从而影响地表植被的生长与分布。岷江柏作为干旱河谷区的适生树种在人工造林后,随着其快速的生长发育,逐渐成为群落中的优势层次。而这导致了原生地表植被所需的资源逐渐减少,不利于一些竞争能力较弱的物种生存发展,致使植物物种数量减少,群落灌木层和草本层结构趋于简单化。以川甘火绒草为例,在 2009 年造林地其重要值为 12.31,是群落的主要伴生种,而在 2007 年、2005 年和 2003 年造林地,重要值分别为 8.82、5.99、3.83,在群落中的优势度逐渐降低(表 2)。这表明,岷江柏造林并没有促进理县杂谷脑干旱河谷地表植被的发育,相反受造林的影响地表植被受到一定的抑制。然而,生态系统中的植被恢复主要体现在结构层次增多、分化明显,生物量积累增加,群落结构更复杂、更完善等方面^[17],因此在干旱河谷的灌草群落,人工造林是否可以通过增加群落结构中的乔木层,从而达到促进生态系统中植被的健康发展仍有待深入研究。

4.3 岷江柏造林对土壤的影响

本研究发现,岷江柏人工造林不但没有发挥改善土壤水分的效果,反而一定程度上起到相反的作用(图 4)。相关研究也证实了这个结果,人工造林在干旱河谷内不能起到改善土壤水分的作用,相反却加剧了土壤的干化^[5]。在干旱河谷特殊的气候条件下,由于造林一定程度上破坏了原有灌、草、地衣苔藓等植被,使其在短时间内难以恢复,同时造林初期岷江柏的冠幅较小,这可能造成群落内温度和光照强度均高于造林初期或者未造林的灌草群落,加之干旱河谷本身蒸发强烈(蒸发量约为降雨量的 2.4

倍)和树木蒸腾作用强烈,最终形成群落内强烈的蒸散作用,这一系列因素的共同作用造成了本研究结果。但是,并不能因为人工造林造成土壤干化而否定生态恢复的结果,人工造林对土壤水分的影响作用并不是一成不变的,受到林地密度、郁闭度和降水量等多种因素的制约^[18]。

人工造林对于土壤有机质及其养分条件具有一定的影响作用,然而这种影响因研究尺度或对象的不同而存在较大差异^[19]。本研究发现,在岷江干旱河谷的杂古脑河流域,岷江柏人工造林对于土壤养分的改善并没有完全体现,虽然土壤全磷含量随林龄的增加表现出较小的增加趋势,但是土壤有机质含量、全氮含量和全钾含量的变化趋势都不明显(图 5)。众所周知,岷江柏为常绿乔木树种,枝叶寿命较长。短期的岷江柏人工造林地,尽管群落结构增加,然而相对于造林前的地表植被,其单位时间内凋落物较少,这导致土壤中有有机质的积累较少,营养元素在植物—土壤中的循环较慢。另外,在本研究中,受人工造林的影响,短期内地表植被覆盖度降低,物种数量减少(图 2 和表 2)。在这两方面的共同影响下,岷江柏造林短期内没有达到明显改善土壤养分的效果。这种结果证实,土壤的改善与林下植被和植被凋落物存在密切的关系,土壤有机质的积累和营养元素的增加受地上凋落物的制约,而林下植物对于土壤的有机质和养分条件也具有一定的改善作用^[20-22]。

综合分析表明,在岷江上游干旱河谷杂谷脑河流域,岷江柏生长良好,适合于作为该区的造林树种。然而,岷江柏对海拔等环境条件具有一定的要求,所以在人工造林时应首先考虑适地适树原则。对于短期内的人工造林,造林地的植被盖度和物种种类没有增加,土壤的水分和养分条件也没有明显改善。但是,这并不能完全否定岷江柏人工造林对干旱河谷生态恢复的预期效果,也许受时间限制人工造林的生态恢复效果还没有充分体现,因此需要进行更加长期的观测。

References:

- [1] Zheng S W, Li Y Q, Yue Y J, Chen H, Liu X L, Mu C L. A Study of Forestation Experimentation in Arid Valley Areas of the Minjiang River. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 2007, 28(1): 56-59, 70.
- [2] Wu N, Liu Q. Restoration and Reconstruction of Degraded Mountain Ecosystem on the Upper Minjiang River. Chengdu, China: Sichuan Publishing House of Science & Technology, 2007.
- [3] Wu Z X. Study on cultivating technology of experiment forest in the arid valley of the upper Minjiang River. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 1993, 14 (2): 50-53.
- [4] Wu Z X, Liu Q L, Huang Q, Wang M, Wang J H, Duan Q, Huang X J. Experiments with the introduction and cultivation of *Pinus radiata* D. Don in the upper reaches of the Minjiang River. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 2005, 26 (3): 1-10.
- [5] Zhu L H, Bao W K, He B H. Assessment on Ecological Restoration Effect of Afforestation with *Cupressus chengiana* seedlings in the Dry Minjiang River Valley, Southwestern China. *Chin J Appl Environ Biol*, 2009, 15(6): 774-780.
- [6] Yuan Z Z, He B H. Current situation and research progress of *Cupressus chengiana*. *Mountainous area development magazine*, 2003, 6: 34-35.
- [7] Sichuan vegetation collaboration. *Vegetation in Sichuan province*. Chengdu: Sichuan people's publishing house, 1980.
- [8] Sichuan forest editorial board. *Forests in Sichuan province*. Beijing: China forestry publishing house, 1990.
- [9] Li Y Q, Cheng H, Zheng S W, Liu J, Liu X L, Mu C L. Researches on drought resistance of several arbor species in arid valleys of the Minjiang river. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 2006, 27(6): 24-29.
- [10] Yue Y J, Zheng S W, Li Y Q, Liu X L, Mu C L. A Study of the Biomass and Productivity of Young Plantations in the Arid Valleys in the Upper Reaches of the Minjiang River. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 2008, 29(2): 35-39.
- [11] Bao W K, Wang C M. Mechanism of degradation of mountain ecosystem on the Upper Minjiang River. *Journal of Mountain Science*, 2000, 18(1): 57-62.
- [12] Liu X L, Mu C L, Xiang C H, Su Y M. Natural features and approach of vegetation restoration and reconstruction in the Dry Minjiang River Valley of Western Sichuan Province. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 2001, 22(2): 10-17.
- [13] He Q H, He Y H, Bao W K. Soil moisture dynamic change in arid and half-arid mountainous region. *Journal of Mountain Science*, 2003, 21(2): 149-156.
- [14] Yu L F, Zhu S Q, Ye J Z, Wei L M, Chen Z R. Dynamics of a degraded karst forest in the process of natural restoration. *Scientia silvae sinicae*, 2002, 1(1): 1-7.
- [15] Montgomery R A, Chazdon P L. Forest structure, canopy architecture, and light transmittance in tropical wet forests. *Ecology*, 2001, 82(10): 2707-2718.
- [16] Barbier S, Gosselin F, Balandier P. Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved—a

- critical review for temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 2008, 254(1): 1-15.
- [17] Zhu W Z, Cai X H, He F, Wang J X. Response of species diversity to restoration succession: the case of the moist evergreen broad-leaved forests in the western edge of Sichuan Basin. *Biodiversity Science*, 2006, 14(1): 1-12.
- [18] Jin T T, Fu B J, Liu G H, Wang Z. Hydrologic feasibility of artificial forestation in the semi-arid Loess Plateau of China. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2011, 15(8): 2519-2530.
- [19] Yin G L, Li M, Wu Z X, Du W D, Lin H G, Huang Q, Dai Y. Seasonal Dynamic State of Soil Microbial Counts beneath *Pinus radiata* Plantation in the Dry Valley of the Minjiang River. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 2007, 25(4): 410-414.
- [20] Morrison I K, Foster N W. Fifteen-year change in forest floor organic and element content and cycling at the Turkey Lakes Watershed. *Ecosystems*, 2001, 4: 545-554.
- [21] Dornbush M E, Isenhardt T M, Raish J M. Quantifying fine root decomposition: An alternative to buried litterbags. *Ecology*, 2002, 83: 2985-2990.
- [22] Lin K M, Yu X T, Hong W, Huang B L. Effects of undergrowth plant on soil fertility in *Chinese fir* plantation. *Scientia silvae sinicae*, 2001, 37(Z1): 94-98.
- 参考文献:**
- [1] 郑绍伟, 黎燕琼, 岳永杰, 陈泓, 刘兴良, 慕长龙. 岷江上游干旱河谷造林技术试验研究. *四川林业科技*, 2007, 28(1): 56-59, 70.
- [2] 吴宁, 刘庆. 山地退化生态系统的恢复与重建. 成都: 四川科学技术出版社, 2007.
- [3] 吴宗兴. 岷江上游干旱河谷试验林经营技术研究. *四川林业科技*, 1993, 14(2): 50-53.
- [4] 吴宗兴, 刘千里, 黄泉, 汪明, 王俊华, 段琼, 黄晓江. 岷江上游干旱河谷辐射松引种造林研究. *四川林业科技*, 2005, 26(3): 1-10.
- [5] 朱林海, 包维楷, 何丙辉. 岷江干旱河谷典型地段整地造林效果评估. *应用与环境生物学报*, 2009, 15(6): 774-780.
- [6] 袁志忠, 何丙辉. 岷江柏种群现状及研究进展. *山区开发*, 2003, 6: 34-35.
- [7] 四川植被协作组. *四川植被*. 成都: 四川人民出版社, 1980.
- [8] 四川森林编辑委员会. *四川森林*. 北京: 中国林业出版社, 1990.
- [9] 黎燕琼, 陈泓, 郑绍伟, 刘军, 刘兴良, 慕长龙. 岷江干旱河谷几种乔木抗旱性研究. *四川林业科技*, 2006, 27(6): 24-29.
- [10] 岳永杰, 郑绍伟, 黎燕琼, 刘兴良, 慕长龙. 岷江上游干旱河谷区人工幼林生物量与生产力研究. *四川林业科技*, 2008, 29(2): 35-39.
- [11] 包维楷, 王春明. 岷江上游山地生态系统的退化机制. *山地学报*, 2000, 18(1): 57-62.
- [12] 刘兴良, 慕长龙, 向成华, 宿以明. 四川西部干旱河谷自然特征及植被恢复与重建途径. *四川林业科技*, 2001, 22(2): 10-17.
- [13] 何其华, 何永华, 包维楷. 干旱半干旱区山地土壤水分动态变化. *山地学报*, 2003, 21(2): 149-156.
- [14] 喻理飞, 朱守谦, 叶镜中, 魏鲁明, 陈正仁. 退化喀斯特森林自然恢复过程中群落动态研究. *林业科学*, 2002, 1(1): 1-7.
- [17] 朱万泽, 蔡小虎, 何飞, 王金锡. 四川盆地西缘湿性常绿阔叶林不同恢复阶段物种多样性响应. *生物多样性*, 2006, 14(1): 1-12.
- [19] 殷国兰, 李梅, 吴宗兴, 杜文东, 林宏贵, 黄泉, 代英. 岷江干旱河谷辐射松人工林土壤微生物数量的季节动态. *四川农业大学学报*, 2007, 25(4): 410-414.
- [22] 林开敏, 俞新妥, 洪伟, 黄宝龙. 杉木人工林林下植物对土壤肥力的影响. *林业科学*, 2001, 37(Z1): 94-98.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34 ,No.9 May ,2014(Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Research progress on ecosystem complexity-stability relationships based on soil food web CHEN Yunfeng, TANG Zheng, LI Hui, et al (2173)
- The ecological restoration effort of degraded estuarine wetland in Northwest Yunnan Plateau, China FU Wenchao, TIAN Kun, XIAO Derong, et al (2187)
- The correlations among arable land, settlement and karst rocky desertification-cases study based on typical peak-cluster depression ... LI Yangbing, LUO Guangjie, BAI Xiaoyong, et al (2195)
- Correlation between the distribution characteristics of poisonous plants and *Ochotona curzoniae*, *Myospalax baileyi* in the East of Tibetan Plateau Alpine meadow ecosystem JIN Liang, SUN Li, CUI Huijun, et al (2208)
- Effects of the surrounding habitat on the spider community and leafhopper population in tea plantations LI Jianlong, TANG Jingchi, LI Xiudi, et al (2216)

Autecology & Fundamentals

- Effect of soil-litter layer enzyme activities on litter decomposition in *Pinus massoniana* plantation in Three Gorges Reservoir Area GE Xiaogai, XIAO Wenfa, ZENG Lixiong, et al (2228)
- Kinetics of nutrient uptake by three emergent plants, *Phragmites australis*, *Typha orientalis* and *Scirpus triquetra* ZHANG Xiling, WANG Lixin, LIU Huamin, et al (2238)
- Effects of desertification intensity and stand age on leaf and soil carbon, nitrogen and phosphorus stoichiometry in *Pinus elliottii* plantation HU Qiwei, NIE Lanqin, ZHENG Yanming, et al (2246)
- Effects of shrub (*Caragana microphalla* Lam.) encroachment on water redistribution and utilization in the typical steppe of Inner Mongolia PENG Haiying, LI Xiaoyan, TONG Shaoyu (2256)
- Effects of shadowing on methane Emissions from *Castanopsis carlesii* and *Cunninghamia lanceolata* CHEN Xixiang, YANG Yanhua, JIANG Jun, et al (2266)
- Oviposition preference and offspring performance of the oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis* and guava fruit fly *B. correcta* (Diptera: Tephritidae) on six host fruits LIU Hui, HOU Bohua, ZHANG Can, et al (2274)
- Pollination Mechanisms of genus *Salvia* (Lamiaceae) in East Asia (China) HUANG Yanbo, WEI Yukun, GE Binjie, et al (2282)

Population, Community and Ecosystem

- The effect of resource pulse supply on interspecific competition of a few algal species LI Wei (2290)
- Soil fertility quality assessment under different vegetation restoration patterns LI Jingpeng, XU Mingfeng, SU Zhiyao, et al (2297)
- Scale change and dependence of plant functional traits in hilly areas of the loess region, Shaanxi Province, China DING Man, WEN Zhongming, ZHENG Ying (2308)
- N and P stoichiometry of *Koeleria paniculata* leaf and soil in Xiangtan Manganese Mine wasteland XU Luyan, TIAN Dalun, WANG Guangjun, et al (2316)
- Evapotranspiration and factors influencing evapotranspiration in the spring wheat farmland of China's Loess Plateau YANG Fulin, ZHANG Qiang, WANG Wenyu, et al (2323)
- Isolation and Biolog identification of the high-efficiency azotobacter from iron tailing under different vegetation restoration modes LI Wen, YAN Aihua, HUANG Qiuxian, et al (2329)
- Assessing effects of *Cupressus chengiana* plantations in the dry valley of Zagunao River, Li county of Sichuan Province LI Dongsheng, LUO Da, SHI Zuomin, et al (2338)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Landscape diversity of *Paerargyrops edita* Tanaka stock in Minnan-Taiwan Bank Fishing Ground CAI Jiandi, SU Guoqiang, MA Chao, et al (2347)
- Landscape classification in a small area for soil series survey and mapping: a case study in the Ningzhen hills, China LU Haodong, PAN Jianjun, FU Chuancheng, et al (2356)
- Impacts of climate change on winter wheat growing period and irrigation water requirements in the north china plain HU Wei, YAN Changrong, LI Yingchun, et al (2367)

Resource and Industrial Ecology

- Factor decomposition of carbon intensity in Xiamen City based on LMDI method LIU Yuan, LI Xiangyang, LIN Jianyi, et al (2378)
- Evaluation index system of sustainable livelihoods ecotourism strategy: a case study of wangjiazhai community in baiyangdian wetland nature reserve, Hebei WANG Jin, ZHANG Yujun, SHI Ling (2388)
- Relationships between stem sap flow rate of litchi trees and meteorological parameters FAN Chao, QIU Yanping, LI Zhiqiang, et al (2401)
- Evaluation on control efficiency of bethylid parasitoids on pest insects indoor: a case of *Sclerodermus* sp. (Hymenoptera: Bethylidae) ZHAN Maokui, YANG Zhongqi, WANG Xiaoyi, et al (2411)

Urban, Rural and Social Ecology

- The dynamic change of herdsmen well-being and ecosystem services in grassland of Inner Mongolia: take Xilinguole League as example DAI Guangshuo, NA Risu, DONG Xiaobin, et al (2422)
- The construction of the eco-agricultural yards in three gorges reservoir area based on agricultural non-point source pollution zones LIU Juan, XIE Qian, Ni Jiupai, et al (2431)
- Spatial pattern gradient analysis of a transect in a hilly urban area in China from the perspective of transportation corridor sprawl LÜ Zhiqiang, DAI Fuqiang, ZHOU Qigang (2442)

《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

本期责任副主编 于贵瑞

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 9 期 (2014 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 9 (May, 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	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元