

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 22 期 Vol.33 No.22 **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 22 期 2013 年 11 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 利用分布有/无数据预测物种空间分布的研究方法综述 刘芳,李晟,李迪强 (7047)
- 景观服务研究进展 刘文平,宇振荣 (7058)
- 土壤呼吸组分分离技术研究进展 陈敏鹏,夏旭,李银坤,等 (7067)

个体与基础生态

- 平茬高度对四合木生长及生理特性的影响 王震,张利文,虞毅,等 (7078)
- 不同水分梯度下珍稀植物四数木的光合特性及对变化光强的响应 邓云,陈辉,杨小飞,等 (7088)
- 水稻主茎节位分蘖及生产力补偿能力 隗溟,李冬霞 (7098)
- 基于辐热积法模拟烤烟叶面积与烟叶干物质产量 张明达,李蒙,胡雪琼,等 (7108)
- 耕作方式和秸秆还田对华北地区农田土壤水稳性团聚体分布及稳定性的影响 田慎重,王瑜,李娜,等 (7116)
- 不同光照强度下兴安落叶松对舞毒蛾幼虫生长发育及防御酶的影响 鲁艺芳,严俊鑫,李霜雯,等 (7125)
- 南方小花蝽在不同空间及笼罩条件下对西花蓟马的控制作用 莫利锋,鄧军锐,田甜 (7132)
- 浮游植物对溶解态 AI 的清除作用实验研究 王召伟,任景玲,闫丽,等 (7140)
- 卧龙巴郎山川滇高山栎群落植物叶特性海拔梯度特征 刘兴良,何飞,樊华,等 (7148)
- 春夏季闽江口和兴化湾虾类数量特征 徐兆礼,孙岳 (7157)
- 啃食性端足类强壮藻钩虾对贫筲湖三种大型海藻的摄食选择性 郑新庆,黄凌风,李元超,等 (7166)

种群、群落和生态系统

- 4 种农业措施对三化螟种群动态的控制作用 张振飞,黄炳超,肖汉祥,等 (7173)
- 黄土高原沟壑区森林带不同植物群落土壤氮素含量及其转化 邢肖毅,黄懿梅,安韶山,等 (7181)
- 基于诊断学的生态系统健康评价 蔡霞,徐颂军,陈善浩,等 (7190)
- 稻田生态系统中植硅体的产生与积累——以嘉兴稻田为例 李自民,宋照亮,姜培坤 (7197)
- 自由搜索算法的投影寻踪模型在湿地芦苇调查中的应用 李新虎,赵成义 (7204)
- 贺兰山不同海拔典型植被带土壤微生物多样性 刘秉儒,张秀珍,胡天华,等 (7211)
- 内蒙古典型草原灌丛化对生物量和生物多样性的影响 彭海英,李小雁,童绍玉 (7221)
- 黄土丘陵沟壑区 80 种植物繁殖体形态特征及其物种分布 王东丽,张小彦,焦菊英,等 (7230)
- 基于 MAXENT 模型的贺兰山岩羊生境适宜性评价 刘振生,高惠,滕丽微,等 (7243)
- 太湖湖岸带浮游植物初级生产力特征及影响因素 蔡琳琳,朱广伟,李向阳 (7250)

景观、区域和全球生态

- 艾比湖地区土壤呼吸对季节性冻土厚度变化的响应..... 秦 璐,吕光辉,何学敏,等 (7259)
- 田间条件下黑垆土基础呼吸的季节和年际变化特征..... 张彦军,郭胜利,刘庆芳,等 (7270)

资源与产业生态

- 光核桃遗传资源的经济价值评估与保护 张丽荣,孟 锐,路国彬 (7277)
- 棉花节水灌溉气象等级指标..... 肖晶晶,霍治国,姚益平,等 (7288)

研究简报

- 云南红豆杉人工林萌枝特性..... 苏 磊,苏建荣,刘万德,等 (7300)
- 赣中亚热带森林转换对土壤氮素矿化及有效性的影响..... 宋庆妮,杨清培,余定坤,等 (7309)

学术信息与动态

- 2013 年 European Geosciences Union 国际会议述评 钟莉娜,赵文武 (7319)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 276 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 30 * 2013-11



封面图说: 山坡岩羊图——岩羊属国家二级保护动物,因喜攀登岩峰而得名,又名石羊。贺兰山岩羊主要分布于海拔 1500—2300m 的山势陡峭地带,羊群多以 2—10 只小群为主。生境适宜区主要为贺兰山东坡(宁夏贺兰山国家级自然保护区)的西南部,而贺兰山西坡(内蒙古贺兰山国家级自然保护区)也有少量分布。贺兰山建立国家级自然保护区以来,随着保护区环境的不断改善,这里岩羊的数量也开始急剧增长,每平方公里的分布数量现居世界之首,岩羊的活动范围也相应扩大到低山 900 米处的河谷。贺兰山岩羊生境选择的主要影响因子为海拔、坡度及植被。

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/stxb201207231044

苏磊, 苏建荣, 刘万德, 李帅锋. 云南红豆杉人工林萌枝特性. 生态学报, 2013, 33(22): 7300-7308.

Su L., Su J. R., Liu W. D., Li S. F. Sprouts characteristic structure of *Taxus yunnanensis* plantation. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(22): 7300-7308.

云南红豆杉人工林萌枝特性

苏 磊, 苏建荣*, 刘万德, 李帅锋

(中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 昆明 650224)

摘要: 萌枝是许多木本植物维持种群稳定和延续的重要机制之一。通过对云南红豆杉人工林萌枝情况的调查, 分析了云南红豆杉萌枝特征及其对生长的影响。结果表明: (1) 云南红豆杉萌枝现象明显, 萌枝率达到 88.1%, 萌枝类型有树基萌枝和树干萌枝两种, 其中树基萌枝是最主要的类型, 有树基萌枝的个体达到了总株数的 80.0%, 树干萌枝率仅为 39.6%, 约为树基萌枝率的一半, 两种萌枝都有的比率为 31.5%; (2) 云南红豆杉的树基萌枝数量与树高呈正相关关系, 与地径呈负相关关系, 而树干萌枝数量与树高和地径都没有显著的相关关系。总萌枝数量与树高及地径的相关关系与树基萌枝的一样, 但相关性略低。 (3) 树基萌枝和树干萌枝都会影响云南红豆杉枝叶的空间分布格局, 但从植株总体上说, 它们对云南红豆杉的枝叶生长量没有显著的影响。

关键词: 云南红豆杉; 人工林; 萌枝; 树高; 地径; 枝叶空间分布格局

Sprouts characteristic structure of *Taxus yunnanensis* plantation

SU Lei, SU Jianrong*, LIU Wande, LI Shuaifeng

Research Institute of Resources Insects, Chinese Academy of Forestry, Kunming 650224, China

Abstract: Sprouting regeneration is one important mechanism of many woody plants, it plays an important role in the process of maintaining population stability and continuity. Sprouting is a part of “regeneration niche” and a highly evolutionary labile trait of many ancient plant species, it has important physiological function on the regulating of plant individual life history strategies. *Taxus yunnanensis* is one of the relic species of the Tertiary Period and also is the endangered plants. *Taxus yunnanensis* is the first-class protective plants in China, which is mainly distributed in Yunnan, Sichuan, Chongqing and Tibet.

In this paper, the sprouting phenomenon of six-year-old artificial cultivated *Taxus yunnanensis* was investigated. Its occurrence mechanism was also studied. Simultaneously, we analyzed the reasons spatial distribution of branches and leaves was affected by different sprouting types. The results showed that: (1) The sprouting phenomenon of *Taxus yunnanensis* was very obvious, sprouting rate was up to 88.1%. *Taxus yunnanensis* had two sprouting types, they were stem basal sprouts and stem epicormic sprouts. Of the two, stem basal sprouts was the more important one, it reached 80.0% of total quantity, while stem epicormic sprouts only occupied 39.6%, only about half of the rate of stem basal sprouts, 31.5% of these surveyed trees had both stem basal sprout and stem epicormic sprout. (2) Correlative analysis showed that there was a positive correlation between the quantity of stem basal sprouts and height, a negative correlation between the quantity of stem basal sprouts and collar diameter. Nevertheless, neither height nor collar diameter had significant correlation with the quantity of stem epicormic sprouts. Total sprouts number and stem basal sprouts had the same relationship with height and collar diameter, but the correlation coefficients of the former were slightly lower. (3) Both stem basal sprouts and stem

基金项目: 948 项目(2011-4-03); 云南省科技计划资助项目(2011CI072); 国家林业局行业公益研究专项资助项目(201004007); 国家科技支撑计划资助项目(2012BAD22B0103)

收稿日期: 2012-07-23; **修订日期:** 2013-06-21

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jianrongsu@vip.sina.com

epicormic sprouts changed spatial distribution pattern of branches and leaves, however, as a whole, sprouts number did not have significant influence on the output of the weight of branches and leaves, in other words, neither of these two sprouting types had too much relationship with the yield of the whole tree.

Our experiment results collectively suggest that the state of sprouting had a notable effect on the growth and developmental tendency of *Taxus yunnanensis*. However, the current study did not make it clear what is the influence factor of the sprouting situation. In order to fully function the part sprouting plays after interference of *Taxus yunnanensis*, future research need to find out every possible influencing factor. Furthermore, the study on sprout regulating should be carried out, it's a promising way to promote the production of branches and leaves.

Key Words: *Taxus yunnanensis*; plantation; sprouts; height; collar diameter; spatial distribution pattern of branches and leaves

萌枝现象普遍存在于许多古老植物的生长发育过程中,是它们在漫长的生存过程中进化出的生活史特征,萌枝在维持种群延续与稳定方面有着显著的作用,是这些植物能够经受不断的环境改变、地质变化而不至灭绝的重要原因^[1-2]。萌枝作为重要的植物功能特征^[3],是一种重要的营养繁殖方式,在植被恢复和自然更新中有着重要的意义^[4],是植物应对外界环境中各种干扰形成的有效适应策略。萌枝是持续生态位的占据者^[5],也是高度进化的不稳定特征^[6],以往对萌枝的研究集中于它们在群落演替^[7]、物种保存^[1]等方面的意义,影响萌枝能力的因素也有相关报道^[8-9]。近些年在意识到萌枝的价值之后,一些与植物生长发育直接相关的工作也逐渐得到开展。李晓靖等通过冰雪灾害后木荷的研究发现不同部位萌枝的光合生理特性存在差异^[10];萌枝能力-高度权衡假说被学者提出并得到一定的认可,该假说认为萌枝生长消耗资源会限制高度生长^[11-12],但有相反观点认为萌枝不会带来高度生长代价^[13]。时至今日,萌枝是否会直接改变植物生长量的疑问仍未得到解答,萌枝能力-高度权衡假说的争论也没有一个明朗的结果。

云南红豆杉(*Taxus yunnanensis* Cheng et L. K. Fu)是我国的国家一级保护植物,起源古老,与罗汉松科(Podocarpaceae)、粗榧科(Cephalotaxaceae)植物具有共同的祖先^[14]。作为第三纪孑遗植物,云南红豆杉具有明显的萌枝现象^[15]。濒危植物云南红豆杉富含天然抗癌药物紫杉醇(Taxol),但是云南红豆杉的资源量小、种群数量少,它的市场需求量却非常大^[15]。到目前为止,人工栽培红豆杉是获取紫杉醇最可行、最有效的手段^[16]。云南红豆杉是我国紫杉醇原料林的主要栽培树种,在滇、川、渝、藏等省(市、自治区)紫杉醇原料林基地建设中大规模种植^[15]。鉴于云南红豆杉既是重要的濒危物种,又是价值很高的经济植物,国内外学者围绕它开展了大量的研究,内容涉及云南红豆杉的种群生态学、细胞培养、组织培养、产紫杉醇内生真菌筛选、紫杉醇含量变异、苗木培育技术、原料林营建技术等诸多方面^[16-23]。在这些研究中,尚未见云南红豆杉的萌枝特性及萌枝对云南红豆杉原料林产量和植株生长发育影响的研究报道。

枝叶生物量是云南红豆杉药用人工原料林的重要经济性状。生产上,一般采收云南红豆杉枝、叶等提取紫杉醇及其前体以实现原料林的可持续利用^[15],如何使云南红豆杉人工林尽可能多的产出枝叶是一个迫切需要解决的问题。目前,云南红豆杉萌枝与植株枝叶生物量的关系并不清楚,原料林培育是否需要区分萌枝类型进行选育、能否利用萌枝特性用于枝叶采收和原料林的持续经营等生产实际问题尚未解决。为此,本文通过云南红豆杉人工林的萌枝情况、不同萌枝类型植株枝叶生物量等的调查、研究,探讨云南红豆杉人工种群萌枝性状的发生率、萌枝的类型与数量分布;萌枝类型及数量与植株株高、地径的关系;萌枝对植株枝叶生物量及其空间分布格局的影响等问题。以期为云南红豆杉药用原料林良种选育、枝叶采收和可持续经营提供科学依据和理论支持。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

研究地点设在云南省文山壮族苗族自治州马关县的金城林场。金城林场地处北纬 22°59',东经 104°26'。

该林区海拔 1600 m,为低纬度亚热带东部型山地季风气候,雨季旱季界限明显,且雨季气温较高,旱季气温较低。年均气温 16.9 ℃,平均最高月气温 21.7 ℃,平均最低月气温 9.6 ℃。年平均降雨量 1345 mm,相对湿度 84%;年日照时数为 1804 h,全年无霜期达 300 d 以上。金城林场于 2005 年开始在董亮营林区建设万亩云南红豆杉基地,现已建成 30 余 hm^2 的云南红豆杉采穗园,130 余 hm^2 的原料林基地^[24]。

1.2 实验材料与方法

1.2.1 试验林概况

2011 年 10 月初在金城林场云南红豆杉基地选取了甲、乙、丙 3 块样地。所选 3 块样地的环境条件基本一致,具体情况见表 1。样地中的云南红豆杉按台地模式种植,种植密度为 1 株/(1.5 m×1.5 m),实生苗造林,定植时间 2005 年 7 月。整地、种植和抚育、管理过程中,所有样地的营造林措施均采用同一技术标准。到 2011 年 10 月时,样地内所种植云南红豆杉的平均株高达 2.17 m,平均地径为 44.61 mm,平均冠幅为 1.2 m×1.2 m,发育良好,生长健壮,已达到可以进行商业采收的阶段。

1.2.2 萌枝类型与数量的调查

从每块样地中分别选取植株长势较接近,差异不大的 180 株云南红豆杉作为样株用于调查。选好样株后,用标签做好标记,然后逐株调查萌枝的类型和数量。萌枝的分类及判别采用 Bellingham 系统,该系统按以下标准把萌枝分为 4 种类型:(1)根萌枝,萌枝位置位于地下;(2)树基萌枝,萌枝处于地上接近地面的位置;(3)树干萌枝,萌枝位于树冠,远离地面;(4)枝萌枝,萌枝发生于非主干的枝条^[2,25]。调查时,统一将地径最粗、最高的茎干作为主干,分别用皮尺和游标卡尺测量每一植株的高度和地径。

1.2.3 枝叶空间分布量的测定

研究萌枝对云南红豆杉枝叶生长的空间分布时,在上述每块样地的 180 个样株中分别随机抽取 15 株用于生物量的测定。采收枝叶前,先按树冠深度将树冠等距离分为上层(I)、中上层(II)、中下层(III)、下层(IV)4 个层次并用油漆做上记号,然后采收各层次枝叶。采收后,迅速测定每个层次枝叶的重量。

表 1 样地概况

Table 1 Outline of simple plots

指标 Index	样地 Simple plot		
	甲	乙	丙
坡向 Slope aspect	西偏南 42°	西偏南 35°	西偏南 40°
坡度 Slope gradient/(°)	15	18	14
海拔 Altitude/m	1628	1636	1640
土壤 pH Soil pH	4.89	5.07	5.08
土壤有机质 Soil organic matter/(g/kg)	122.2	90.0	121.0

1.3 数据处理

把样地中有萌枝个体数/总个体数定义为有萌个体率;特定萌枝类型萌枝个体数/总个体数定义为特定萌枝类型的萌枝率^[26]。研究萌枝数量与地径、树高的关系时,将 3 块样地的云南红豆杉植株归并为一个样本,采用 Spearman 相关分析方法进行分析^[26-27]。分析萌枝对枝叶生物量空间分布格局的影响时采用秩和检验法进行分析比较;不同萌枝类型的萌枝数量对枝叶空间分布的影响采用 Kruskal-Wallis 检验法分析。所有数据处理和统计分析均采用 SPSS 13.0 软件完成。

2 结果与分析

2.1 云南红豆杉种群萌枝结构

云南红豆杉有萌枝的比例则高达 88.1%,萌枝现象十分普遍。在所调查的 540 株个体中,存在树基萌枝的有 432 株,达到总数的 80.0%;存在树干萌枝的植株数量为 214 株,占总数的 39.6%;两种萌枝均有的是 170 株,占全部植株的 31.5%(表 2)。所调查的云南红豆杉中,树基萌枝最多的有 8 个,树干萌枝最多的有 5 个,

总萌枝数最多的有 9 个,总萌枝数集中于 1—4 个之间。无论是各类型的萌枝还是总体萌枝基本上呈现着萌枝数越多,植株数量越少的状况(图 1)。

表 2 各种萌枝方式的植株数量与比例

Table 2 Number and rate of different sprouting types

萌枝方式 Sprouting types	数量 Number	比例 Rate/%
无萌枝 No sprout	64	11.9
树基萌枝 Stem basal sprouts	432	80.0
树干萌枝 Stem epicormic sprouts	214	39.6
树基萌枝+树干萌枝 Stem basal sprouts+stem epicormic sprouts	170	31.5

2.2 萌枝数量与树高和地径的关系

云南红豆杉的树基萌枝数量与树高之间呈正相关关系($R=0.52, P=0.00$),树干萌枝数量和树高之间不存在显著的相关关系($R=-0.04, P>0.05$);树基萌枝数量与地径呈负相关关系($R=-0.46, P=0.00$),树干萌枝数量与地径没有显著相关关系($R=-0.03, P>0.05$);总萌枝数量与树高和地径之间的关系与它们和树基萌枝数量的关系大致一样,只是相关性低一些。简而言之,云南红豆杉随着树基萌枝或总萌枝数量的增多,树干有增高而地径有减小的趋势(表 3)。

2.3 萌枝数量与枝叶产出空间分布的关系

由表 4 可见,有无树基萌枝的云南红豆杉总体枝叶着生量并无显著差异($P>0.05$),同样的情况也发生在有无树干萌枝的植株中。尽管云南红豆杉萌枝和总体枝叶生长量并无太大关系,但是萌枝对枝叶的空间分布格局有着较大的影响。树基萌枝的植株其上层生长的枝叶极显著多于无树基萌枝的植株($P<0.01$),在中上层的枝叶显著多于无树基萌枝的($P<0.05$),但是它们的中下层枝叶量却显著小于无树基萌枝的个体($P<0.05$),下层的枝叶两者之间没有显著的差异($P>0.05$)。有树干萌枝的植株上层、中上层和下层的分布的枝叶都稍微多于无树干萌枝的,但它们的差异都未达到显著水平,唯有中下层的枝叶分布量达到了显著差异,有树干萌枝的植株显著少于没有树干萌枝的($P<0.05$)。

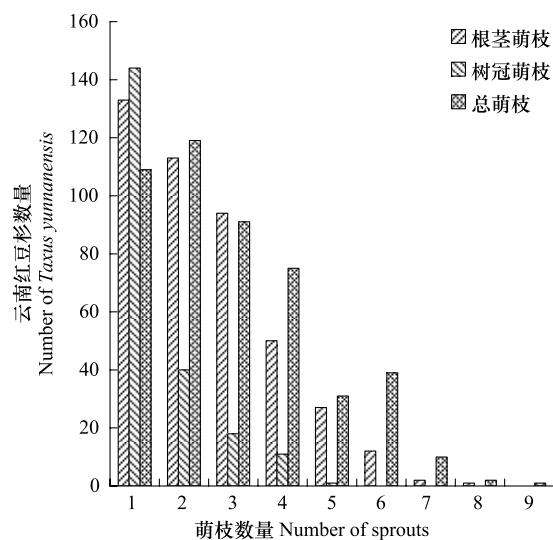


图 1 云南红豆杉的萌枝分布状况

Fig.1 Sprouting distribution status of *Taxus yunnanensis*

表 3 云南红豆杉不同萌枝类型的数量与树高及地径的关系

Table 3 Relationship between different sprouting types and height & collar diameter in *Taxus yunnanensis*

项目 Items	萌枝类型 Sprouting type	R	P
树高 Height	树基萌枝+树干萌枝 Stem basal sprouts + stem epicormic sprouts	0.37	0.00
	树基萌枝 Stem basal sprouts	0.52	0.00
	树干萌枝 Stem epicormic sprouts	-0.04	0.33
地径 Collar diameter	树基萌枝+树干萌枝 Stem basal sprouts + stem epicormic sprouts	-0.33	0.00
	树基萌枝 Stem basal sprouts	-0.46	0.00
	树干萌枝 Stem epicormic sprouts	-0.03	0.55

从图 2 可以看出,不管云南红豆杉的萌枝方式怎样,枝叶分布比例均以中下层和下层的居多。上层的枝叶分配比例都是有树基萌枝或树干萌枝时最多,无树干萌枝时次之,无树基萌枝时最少。没有树基萌枝的植株中上层枝叶也是最少的,但是它们的中下层和下层的枝叶却都是四种萌枝状况中最多的。

表 4 云南红豆杉各层次枝叶着生量与萌枝的关系

Table 4 Relationship between growth amount of branch leaves and sprouts in *Taxus yunnanensis*

萌枝类型 Sprouting type	层次 Level	枝叶分布量 The output of branches and leaves/kg		秩和检验 Rank sum test
		有此类萌枝 Plants with this sprouting type	无此类萌枝 Plants without this sprouting type	
树基萌枝 Stem basal sprouts	I	1.18±0.08	0.70±0.10	* *
	II	1.51±0.13	1.09±0.17	*
	III	1.89±0.15	2.40±0.31	*
	IV	1.81±0.26	1.95±0.21	ns
	总体	6.39±1.03	6.14±0.89	ns
树干萌枝 Stem epicormic sprouts	I	1.18±0.09	0.97±0.10	ns
	II	1.52±0.16	1.31±0.16	ns
	III	1.53±0.30	2.00±0.23	*
	IV	1.95±0.60	1.73±0.26	ns
	总体	6.28±1.24	6.01±0.96	ns

所有数值为平均值±标准误; * * $P < 0.01$, 差异极显著; * $0.01 < P < 0.05$, 差异显著; ns: $P > 0.05$, 差异不显著

从图 1 和表 2 可以看出云南红豆杉树基萌枝率很高,有 1 个、2 个和 3 个树基萌枝的植株最多,而且个体数也比较接近,故而对这 3 类萌枝的植株再单独进行比较,以探究树基萌枝数量对枝叶产出空间分布的影响,图 3 为其 Kruskal-Wallis 检验结果,可以看出,云南红豆杉的上层和中上层的枝叶量呈现着随着树基萌枝数量增加而增多的趋势,3 个树基萌枝的云南红豆杉的上层和中上层的枝叶产出显著多于 1 个和 2 个树基萌枝的植株 ($H = 5.52, n = 3, P < 0.05$),中上层的枝叶产出也显著多于 1 个和 2 个树基萌枝的 ($H = 4.60, n = 3, P < 0.05$)。中下层的枝叶是 1 个树基萌枝的植株最多,显著高于 2 个和 3 个树基萌枝的 ($H = 10.59, n = 3, P < 0.05$)。下层的枝叶分布相差不大,差异都未达到显著程度 ($H = 3.06, n = 3, P = 0.217$)。

3 结论与讨论

3.1 云南红豆杉萌枝状况剖析

红豆杉属植物已在地球上生存繁衍超过了 250 万年之久^[15],是第三纪孑遗植物。具备萌枝能力许多古老植物的普遍特征^[3],它们在漫长的生存史中经历了多次地质构造运动和剧烈的环境变化,各种严酷的干扰因素时常会在其尚未完成有性繁殖时就已经到来,植物无法通过有性繁殖产生后代来度过危机,萌枝更新是植物有性繁殖受阻时种群延续的一个有效的补充方式,许多古老植物正是得以依赖自身进化出的萌枝能力通过更新瓶颈期而始终不至于灭绝^[1]。云南红豆杉枝干受到外界环境强烈的干扰胁迫后,根部成为了最重要的营养和水分储存场所,萌枝的发生需要母株的营养供给,树基部分最接近根部,新生萌枝必然会最大程度的从此处发出,因此树基萌枝便成为云南红豆杉最主要的萌枝方式。树冠是植物生长活跃的部位,但其距离根部较远,且主干也可能由于病虫害等外界干扰运输能力大大减弱,因此树冠处发出萌枝的概率会比较低。云南红豆杉的萌枝情形正是其祖先长期生活在干扰胁迫环境下而进化出的适应能力的一个具体表达。

3.2 云南红豆杉萌枝与植株的生长发育

根据萌枝能力-高度权衡假说,萌枝的出现过程是一个消耗物质和能量的过程,萌枝生长的投入会限制植

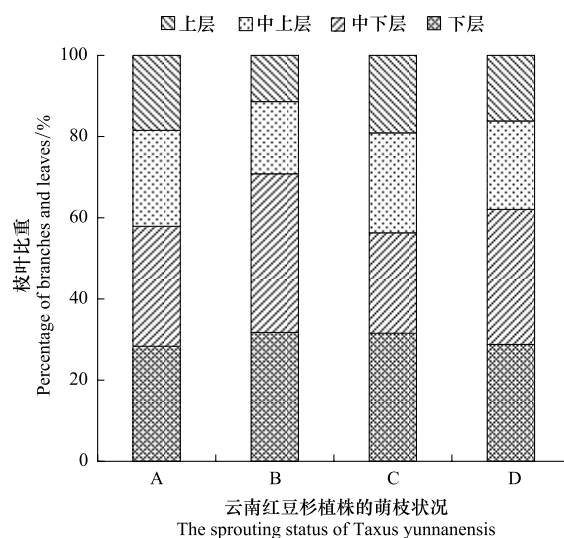


图 2 不同萌枝状况的云南红豆杉枝叶空间分配格局

Fig. 2 Branches and leaves spatial distribution pattern of *Taxus yunnanensis* with different sprouting status

A: 有树基萌枝个体; B: 无树基萌枝个体; C: 有树干萌枝个体; D: 无树干萌枝个体

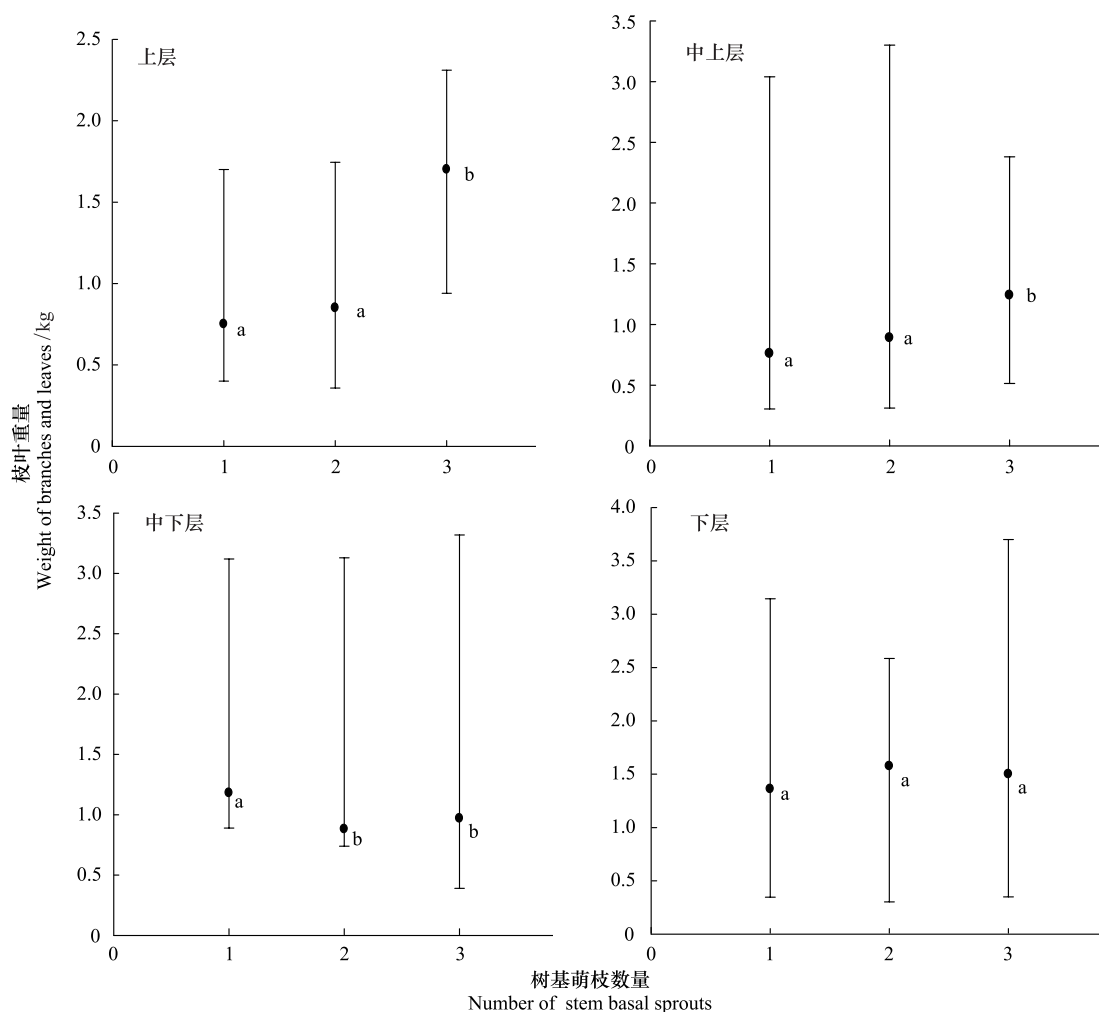


图3 不同树基萌枝程度的枝叶空间分布比较

Fig.3 Branches and leaves spatial distribution comparison of different stem basal sprouting levels

●表示中位值,同一图的相同小写字母表示无显著性差异(Kruskal-Wallis 检验, $P>0.05$),线条下限和上限分别表示第10和第90百分位

物其他方面的生长,一个最显著的例子就植物的高度生长受到制约,于是就造成了没有萌枝的植物往往高于有萌枝的植物,萌枝少的植物高于萌枝多的植物^[11]。但在本研究中却是萌枝数量多的云南红豆杉植株高于萌枝数量少的,这与赵睿等人对米心水青冈(*Fagus engleriana*)的研究结果相近^[13]。萌枝能力-高度权衡假说是建立在不同植物的比较的基础上的,且只考虑到了萌枝生长对资源的消耗,因此必然存在着一定的局限性。萌枝的发生无疑会给主干带来一定的生长代价,造成主干资源向外转移。云南红豆杉树基萌枝的枝干与主干空间重叠部分最多,与主干的资源竞争也最激烈,故而它们对主干的消耗尤为明显,这就造成了树基萌枝越多,主干越细的现象。调查时发现萌枝与主干几乎呈平行状态,各个萌枝都与主干一起竞争利用光资源,植株的萌枝越多,主干与萌枝间的竞争就愈激烈,为了占据有利的光环境,主干和萌枝都采取了尽可能增加高度的生存策略^[28]。

植物的冠层结构不是一成不变的,而是可以发生动态变化的。植株内部主干与萌枝的竞争过程也是枝叶空间格局重新调整和分配的过程。萌枝与主干的竞争使得有萌枝的云南红豆杉的部分枝叶向上转移,同时,萌枝会影响到枝叶所处的光照环境,冠层上半部分枝叶浓密时,中下层的荫蔽程度高,这一部位的枝条自然修剪的几率高,枝条寿命相对较短^[29]。中下层的枝叶在上述因素共同作用下分布有所减少。这些现象在不同的萌枝状况下会略有差异。几种萌枝状况中有树干萌枝的植株中下层枝叶产出是最少的,这是因为树干萌枝最开始从主干的上部发出,随着树体的生长,其原始发生区基本上成了植冠的中间部位,树干萌枝的生长极大

地限制了树冠中下层的养分供给,阻碍了这一区域枝叶的生长发育。没有树基萌枝这一主要萌枝方式的云南红豆杉个体枝干间竞争压力最小,主干发育最为良好,树冠也更接近锥体形,因此相对于其他植株,它们的冠幅较宽,枝叶量的空间分布也更接近上少下多的金字塔形。

萌枝影响了云南红豆杉幼树的枝叶空间分布格局,但是却没有显著改变总体的枝叶产出。究其原因,一方面是由于萌枝消耗了主干的养分资源,减少了主干着生更多枝叶的几率,但是萌枝上也有枝叶可以制造光合产物,并不是单纯的资源消耗者,萌枝上的枝叶恰恰弥补了主干所减少的枝叶;另一方面,主干高度随着萌枝数量的增多而有一定的增大,但是由于地径与树高的权衡关系,较小的地径成了限制枝叶产量增加的重要因素。本文的调查的对象是尚未受干扰或是只是受到轻微干扰的云南红豆杉幼树,而萌枝是植物适应外界干扰而进化出的营养繁殖策略,萌枝的巨大价值应该会在受到较强烈干扰的云南红豆杉群体中有更大的体现。

3.3 云南红豆杉萌枝的应用展望

许多的古老植物如水青冈属 (*Fagus*)^[13,30-33]、桦木属 (*Betula*)^[34-35]、栎属 (*Quercus*)^[36-39]、红豆杉属 (*Taxus*)^[40] 都具有较强的萌枝能力。在植株的主干遭受破坏之后,萌枝在受损的植株恢复过程中发挥着至关重要的作用,存活的萌枝有机会生出新的根系,逐渐占据一定的空间并独立成活。萌枝有着广泛的实践应用前景,有研究发现对辽东栎萌生灌丛的萌枝数量进行调控会显著影响植株的高生长和有性繁殖^[39],哀牢山中的居民在选择壳斗科植物作为薪柴时也不自觉的利用了它们所具有萌枝能力^[41]。萌枝与云南红豆杉的生理发育有着密切的联系,笔者认为若是对云南红豆杉的萌枝状况进行合理控制,例如使用机械方法让萌枝与主干产生一定的分离,使树冠扩展而获取较原来更多的光资源,可能会使植株的枝叶着生量有明显的提升;或者是设计采收方案时有意保留不同数量和类型的萌枝跟踪调查其生长发育情况以选取枝叶产出最多的萌枝形式。采收枝叶后的云南红豆杉的萌枝情况也可能发生改变,它们对以后枝叶产出的影响也需要认真研究。采收人工栽培的云南红豆杉的枝叶作为原材料是获取紫杉醇的主要来源,然而云南红豆杉的生长却是十分缓慢,紫杉醇原料来之不易,萌枝存在恢复种群稳定的潜力^[2],如何合理利用这一特性进行调控以便大量的持续收获枝叶是一个亟待开展的新课题。

References:

- [1] Zhang S, Tang Y, Wang J, Ahou L Y, Jia Y H. Propagation of *Magnolia sargentiana* Rehder & Wilson (Magnoliaceae) by sprouting and its role in biodiversity conservation. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2010, 30(4): 769-775.
- [2] Bellingham P J, Sparrow A D. Resprouting as a life history strategy in woody plant communities. *Oikos*, 2000, 89(2): 409-416.
- [3] Loehle C. Strategy space and the disturbance spectrum: a life-history model for tree species coexistence. *The American Naturalist*, 2000, 156(1): 14-33.
- [4] Chen M, Cao M, Lin X L. Research advances in regeneration of woody plants by sprouting. *Chinese Journal of Ecology*, 2007, 26(7): 1114-1118.
- [5] Bond W J, Midgley J J. Ecology of sprouting in woody plants: the persistence niche. *Trends in Ecology and Evolution*, 2001, 16(1): 45-51.
- [6] Bond W J, Midgley J J. The evolutionary ecology of sprouting in woody plants. *International Journal of Plant Sciences*, 2003, 164(3): S103-S114.
- [7] Miller P M, Kauffman J B. Seedling and sprout response to slash-and-burn agriculture in a tropical deciduous forest. *Biotropica*, 1998, 30(4): 538-546.
- [8] Espelta J M, Retana J, Habrouk A. Resprouting patterns after fire and response to stool cleaning of two coexisting Mediterranean oaks with contrasting leaf habits on two different sites. *Forest Ecology and Management*, 2003, 179(1/3): 401-414.
- [9] Hoffman W A, Bazzaz F A, Chatterton N J, Harrison P A, Jackson R B. Elevated CO₂ enhances resprouting of a tropical savanna tree. *Oecologia*, 2000, 123(3): 312-317.
- [10] Li X J, Zhou B Z, Cao Y H, Wang G, Hong Y F. Photosynthetic physiology of *Schima superba* sprouts after the ice and snow disaster in 2008. *Chinese Journal of Ecology*, 2011, 30(12): 2753-2760.
- [11] Midgley J J. Why the world's vegetation is not totally dominated by resprouting plants; because resprouters are shorter than reseeders. *Ecography*, 1996, 19(1): 92-94.
- [12] Falster D S, Westoby M. Tradeoffs between height growth rate, stem persistence and maximum height among plant species in a post-fire succession. *Oikos*, 2005, 111(1): 57-66.

- [13] Zhao R, Zhou X F, Xu N N, Zhao M S, Liu L, Chen X Y. Sprouting and height in a *Fagus engleriana* population. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(7): 3665-3669.
- [14] Su J R, Zhang Z J, Deng J, Li G S. Relationships between Geographical Distribution of *Taxus wallichiana* and Climate in China. *Forest Research*, 2005, 18(5): 510-515.
- [15] Wang W B, Wang D M. *Taxus yunnanensis*. Kunming: Yunnan University Press, 2006.
- [16] Su J R, Miao Y C, Zhang Z J. RAPD Markers Related to Taxol Content of *Taxus yunnanensis*. *Scientia Silvae Sinicae*, 2009, 45(7): 16-20.
- [17] Su J R, Zhang Z J, Deng J, Chen Z Y. Population structure and life table of the endangered population of *Taxus yunnanensis*. *Forest Research*, 2005, 18(6): 651-656.
- [18] Zhang C H, Wu J Y, He J Y. Effects of inoculum size and age on biomass growth and paclitaxel production of elicitor-treated *Taxus yunnanensis* cell cultures. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2002, 60(4): 396-402.
- [19] Wang S, Jia Y J, Wei F, Lu H Z, Wu S F. Tissue culture and plant regeneration of *Taxus Yunnanensis*. *Acta Botanica Yunnanica*, 1997, 19(4): 407-410.
- [20] Chen Y J, Zhang Z, Wang Y, Su Y, Zhang R. Screening endophytic fungus to produce taxol from *Taxus Yunnanensis*. *Biotechnology*. 2003, 13(2): 10-11.
- [21] Qing W Y, Diao Y G, Yuan Z M. Raising seedlings by cuttage of *Taxus yunnanensis*. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 2005, 26(1): 76-77.
- [22] Wang C W, Peng S L, Li M G, Li W J, Lin F L. Review of Factors Affecting the taxoids content of *Taxus* Spp. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(5): 1583-1590.
- [23] Zhou Z C, Su J R, Cheng G Y. Medicinal Plantation Cultivation Practical Technology of *Taxus*. Beijing: China Forestry Press, 2010.
- [24] Jin G M, Wang W B, Zhang J F, Yuan F. Growth rate and biomass comparison of four years *Taxus yunnanensis* propagated from seeding and cutting. *Shaanxi Forest Science and Technology*, 2009, (4): 1-5.
- [25] Su J R, Liu W D, Zhang Z J, Li S F. Sprouting characteristic in restoration ecosystems of monsoon evergreen broadleaved forest in south-central of Yunnan Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(2): 805-814.
- [26] Nanami S, Kawaguchi H, Tateno R, Li C H, Katagiri S. Sprouting traits and population structure of co-occurring *Castanopsis* species in an evergreen broad-leaved forest in southern China. *Ecological Research*, 2004, 19(3): 341-348.
- [27] Yang Y C, Mu J P, Tang C Q, Yang K. Community structure and population regeneration in remnant *Ginkgo biloba* stands. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(21): 6396-6408.
- [28] Graciaa M, Retana J. Effect of site quality and shading on sprouting patterns of holm oak coppices. *Forest Ecology and Management*, 2004, 188(1/3): 39-49.
- [29] Zhan F, Yang D M. Relationships among light conditions, crown structure and branch longevity: a case study in *Osmanthus fragrans* and *Metasequoia glyptostroboides*. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(3): 984-992.
- [30] Ohkubo T, Tanimoto T, Peters R. Response of Japanese beech (*Fagus japonica* Maxim.) sprouts to canopy gaps. *Vegetatio*, 1996, 124(1): 1-8.
- [31] He J S, Liu F, Chen W L, Chen L Z. History of disturbance and regeneration strategies of *Fagus engleriana* and *Quercus aliena* var. *acuteserrata* forests in Shennongjia, Hubei Province. *Acta Botanica Sinica*, 1999, 41(8): 887-892.
- [32] He J S, Liu F, Chen W L. Study on the sprouting process of *Fagus engleriana* in Shennongjia Mountains. *Acta Phytocologica Sinica*, 1998, 22(5): 385-391.
- [33] Yu S, Wang R, Liu M, Yang S Z, Luo Y, Chen X Y. Species composition and sprouting regeneration of *Fagus engleriana* community in Tianmushan Mountain. *Chinese Journal of Ecology*, 2009, 28(2): 182-187.
- [34] Johansson T. Sprouting ability and biomass production of downy and silver birch stumps of different diameters. *Biomass and Bioenergy*, 2008, 32(10): 944-951.
- [35] Liu Z L, Fang S Z, Liu D, Yu M K, Tang L Z. Influence of thinning time and density on sprout development, biomass production and energy stocks of sawtooth oak stumps. *Forest Ecology and Management*, 2011, 262(2): 299-306.
- [36] Fang S Z, Liu Z L, Cao Y D, Liu D, YU M K, Tang L Z. Sprout development, biomass accumulation and fuelwood characteristics from coppiced plantations of *Quercus acutissima*. *Biomass and Bioenergy*, 2011, 35(7): 3104-3114.
- [37] Pausas J G. Resprouting of *Quercus suber* in NE Spain after fire. *Journal of Vegetation Science*, 1997, 8(5): 703-706.
- [38] Gao X M, Wang W, Du X J, Ma K P. Size structure, ecological significance and population origin of *Quercus wutaishanica* forest in Beijing mountainous area. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, 25(6): 673-678.
- [39] Meng L B, Bao W K, Pang X Y, Sun F. Effects of ramets adjustment on *Quercus liaotungensis* growth and seed generation. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(10): 1771-1776.

- [40] Li X K, Xiang W S, Su Z M. Structure and dynamics of *Taxus chinensis* var. *mairei* clonal population. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(2): 177-180.
- [41] He Y T, Cao M, Tang Y, Li G C. A preliminary study on sprouting of canopy trees in middle mountain moist evergreen broad-leaved forest of Ailao mountain, Yunnan. Journal of Wuhan Botanical Research, 2000, 18(6): 523-527.

参考文献:

- [1] 张松, 唐亚, 王静, 阿侯拉叶, 贾银辉. 凹叶木兰萌枝更新及其在物种保存中的意义. 西北植物学报, 2010, 30(4): 769-775.
- [4] 陈沐, 曹敏, 林露湘. 木本植物萌生更新的研究进展. 生态学杂志, 2007, 26(7): 1114-1118.
- [10] 李晓靖, 周本智, 曹永慧, 王刚, 洪奕丰. 南方冰雪灾害后受害木荷萌枝光合生理特性. 生态学杂志, 2011, 30(12): 2753-2760.
- [13] 赵睿, 周学峰, 徐娜娜, 赵明水, 刘亮, 陈小勇. 米心水青冈种群萌条更新与高度生长. 生态学报, 2009, 29(7): 3665-3669.
- [14] 苏建荣, 张志钧, 邓疆, 李国松. 云南红豆杉的地理分布与气候关系. 林业科学研究, 2005, 18(5): 510-515.
- [15] 王卫斌, 王达明. 云南红豆杉. 昆明: 云南大学出版社, 2006.
- [16] 苏建荣, 缪迎春, 张志钧. 云南红豆杉紫杉醇含量变异及其相关的 RAPD 分子标记. 林业科学, 2009, 45(7): 16-20.
- [17] 苏建荣, 张志钧, 邓疆, 陈志勇. 云南红豆杉种群结构与生命表分析. 林业科学研究, 2005, 18(6): 651-656.
- [19] 王水, 贾勇炯, 魏峰, 卢慧宗, 伍顺风. 云南红豆杉的组织培养及植株再生. 云南植物研究, 1997, 19(4): 407-410.
- [20] 陈毅坚, 张灼, 王艳, 苏源, 张睿. 云南红豆杉 (*Taxus Yunnanensis*) 内生真菌中产紫杉醇真菌的筛选. 生物技术, 2003, 13(2): 10-11.
- [21] 卿文英, 刁阳光, 袁志明. 云南红豆杉的扦插育苗方法. 四川林业科技, 2005, 26(1): 76-77.
- [22] 王昌伟, 彭少麟, 李鸣光, 李文建, 林发亮. 红豆杉中紫杉醇及其衍生物含量影响因子研究进展. 生态学报, 2006, 26(5): 1583-1590.
- [23] 周志春, 苏建荣, 程广有. 红豆杉药用林高效栽培实用技术. 北京: 中国林业出版社, 2010.
- [24] 金桂梅, 王卫斌, 张劲峰, 袁锋. 四年生云南红豆杉实生苗与扦插苗生长量和生物量比较研究. 陕西林业科技, 2009, (4): 1-5.
- [25] 苏建荣, 刘万德, 张志钧, 李帅锋. 云南中南部季风常绿阔叶林恢复生态系统萌生特征. 生态学报, 2012, 32(2): 805-814.
- [27] 杨永川, 穆建平, Tang C Q, 杨轲. 残存银杏群落的结构及种群更新特征. 生态学报, 2011, 31(21): 6396-6408.
- [29] 占峰, 杨冬梅. 光照条件、植株冠层结构和枝条寿命的关系——以桂花和水杉为例. 生态学报, 2012, 32(3): 984-992.
- [31] 贺金生, 刘峰, 陈伟烈, 陈灵芝. 神农架地区米心水青冈林和锐齿槲栎林群落干扰历史及更新策略. 植物学报, 1999, 41(8): 887-892.
- [32] 贺金生, 刘峰, 陈伟烈. 神农架地区米心水青冈萌枝过程的研究. 植物生态学报, 1998, 22(5): 385-391.
- [33] 于硕, 王嵘, 刘敏, 杨淑贞, 罗远, 陈小勇. 天目山米心水青冈群落物种组成特点与萌条更新. 生态学杂志, 2009, 28(2): 182-187.
- [38] 高贤明, 王巍, 杜晓军, 马克平. 北京山区辽东栎林的径级结构、种群起源及生态学意义. 植物生态学报, 2001, 25(6): 673-678.
- [39] 孟令彬, 包维楷, 庞学勇, 孙凡. 萌蘖调控对辽东栎留存萌生株生长与结实的影响. 应用生态学报, 2006, 17(10): 1771-1776.
- [40] 李先琨, 向悟生, 苏宗明. 南方红豆杉无性系种群结构和动态研究. 应用生态学报, 2004, 15(2): 177-180.
- [41] 何永涛, 曹敏, 唐勇, 李贵才. 云南省哀牢山中山湿性常绿阔叶林萌生现象的初步研究. 武汉植物学研究, 2000, 18(6): 523-527.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.22 Nov., 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- The review of methods for mapping species spatial distribution using presence/absence data LIU Fang, LI Sheng, LI Diqiang (7047)
- A research review of landscape service LIU Wenping, YU Zhenrong (7058)
- Progress on techniques for partitioning soil respiration components and their application in cropland ecosystem CHEN Minpeng, XIA Xu, LI Yinkun, MEI Xurong (7067)

Autecology & Fundamentals

- Effect of different stubble height treatments on the annual growth index and physiological characteristics of *Tetraena mongolica* in two growing seasons WANG Zhen, ZHANG Liwen, YU Yi, et al (7078)
- Photosynthetic characteristics of an endangered species *Tetrameles nudiflora* under different light and water conditions DENG Yun, CHEN Hui, YANG Xiaofei, et al (7088)
- The compensation capacity of tillering and production of main stem nodes in rice WEI Ming, LI Dongxia (7098)
- Simulation of leaf area and dry matter production of tobacco leaves based on product of thermal effectiveness and photosynthetically active radiation ZHANG Mingda, LI Meng, HU Xueqiong, et al (7108)
- Effects of different tillage and straw systems on soil water-stable aggregate distribution and stability in the North China Plain TIAN Shenzhong, WANG Yu, LI Na, et al (7116)
- Effects of the *Larix gmelinii* grown under different light intensities on the development and defensive enzyme activities of *Lymantria dispar* larvae LU Yifang, YAN Junxin, LI Shuangwen, et al (7125)
- Biological control efficiency of *Orius similis* Zheng (Hemiptera: Anthocoridae) on *Frankliniella occidentalis* (Pergande) under different spatial and caged conditions MO Lifeng, ZHI Junrui, TIAN Tian (7132)
- Preliminary study on scavenging mechanism of dissolved aluminum by phytoplankton WANG Zhaowei, REN Jingling, YAN Li, et al (7140)
- Leaf-form characteristics of plants in *Quercus aquifolioides* community along an elevational gradient on the Balang Mountain in Wolong Nature Reserve, Sichuan, China LIU Xingliang, HE Fei, FAN Hua, et al (7148)
- Comparison of shrimp density between the Minjiang estuary and Xinhua bay during spring and summer XU Zhaoli, SUN Yue (7157)
- The feeding selectivity of an herbivorous amphipod *Ampithoe valida* on three dominant macroalgal species of Yundang Lagoon ZHENG Xinqing, HUANG Lingfeng, LI Yuanchao, et al (7166)

Population, Community and Ecosystem

- Effects of four different agricultural prevention and control measures on rice yellow stem borer *Tryporyza incertulas* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) ZHANG Zhenfei, HUANG Bingchao, XIAO Hanxiang, et al (7173)
- Soil nitrogen concentrations and transformations under different vegetation types in forested zones of the Loess Gully Region XING Xiaoyi, HUANG Yimei, AN Shaoshan, et al (7181)
- Ecosystem health assessment based on diagnosis CAI Xia, XU Songjun, CHEN Shanhao, et al (7190)
- The production and accumulation of phytoliths in rice ecosystems: a case study to Jiaxing Paddy Field LI Zimin, SONG Zhaoliang, JIANG Peikun (7197)
- Application of a free search-based projection pursuit model in investigating reed in wetlands LI Xinhua, ZHAO Chengyi (7204)

- Soil microbial diversity under typical vegetation zones along an elevation gradient in Helan Mountains
..... LIU Bingru, ZHANG Xiuzhen, HU Tianhua, et al (7211)
- Effects of shrub encroachment on biomass and biodiversity in the typical steppe of Inner Mongolia
..... PENG Haiying, LI Xiaoyan, TONG Shaoyu (7221)
- Research on diaspore morphology and species distribution of 80 plants in the hill-gully Loess Plateau
..... WANG Dongli, ZHANG Xiaoyan, JIAO Juying, et al (7230)
- Habitat suitability assessment of blue sheep in Helan Mountain based on MAXENT modeling
..... LIU Zhensheng, GAO Hui, TENG Liwei, et al (7243)
- Characteristic of phytoplankton primary productivity and influencing factors in littoral zone of Lake Taihu
..... CAI Linlin, ZHU Guangwei, LI Xiangyang (7250)
- Landscape, Regional and Global Ecology**
- Responses of soil respiration to changes in depth of seasonal frozen soil in Ebinur Lake area, arid area of Northwest China
..... QIN Lu, LV Guanghui, HE Xuemin, et al (7259)
- Seasonal and annual variation characteristic in basal soil respiration of black loam under the condition of farmland field
..... ZHANG Yanjun, GUO Shengli, LIU Qingfang, et al (7270)
- Resource and Industrial Ecology**
- Economic evaluation and protection of *Amygdalus mira* genetic resource ZHANG Lirong, MENG Rui, LU Guobin (7277)
- Meteorological grading indexes of water-saving irrigation for cotton XIAO Jingjing, HUO Zhiguo, YAO Yiping, et al (7288)
- Research Notes**
- Sprouts characteristic structure of *Taxus yunnanensis* plantation SU Lei, SU Jianrong, LIU Wande, et al (7300)
- The effects of forest conversion on soil N mineralization and its availability in central jiangxi subtropical region
..... SONG Qingni, YANG Qingpei, YU Dingkun, et al (7309)

《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 杨志峰

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 22 期 (2013 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 22 (November, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发刊

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元