

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

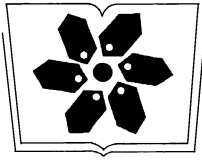
Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 24 期 Vol.32 No.24 **2012**

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 32 卷 第 24 期

2012 年 12 月 (半月刊)

目 次

从文献计量角度分析中国生物多样性研究现状.....	刘爱原,郭玉清,李世颖,等 (7635)
CO ₂ 浓度升高和模拟氮沉降对青川箭竹叶营养质量的影响.....	周先容,汪建华,张 红,等 (7644)
陕西中部黄土高原地区空气花粉组成及其与气候因子的关系——以洛川县下黑木沟村为例.....	吕素青,李月从,许清海,等 (7654)
长三角地区 1995—2007 年生态资产时空变化.....	徐昔保,陈 爽,杨桂山 (7667)
基于智能体模型的青岛市林地生态格局评价与优化.....	傅 强,毛 锋,王天青,等 (7676)
青藏高原高寒草地生态系统服务功能的互作机制.....	刘兴元,龙瑞军,尚占环 (7688)
北京城市绿地的蒸腾降温功能及其经济价值评估.....	张 彪,高吉喜,谢高地,等 (7698)
武汉市造纸行业资源代谢分析.....	施晓清,李笑诺,赵吝加,等 (7706)
丽江市家庭能耗碳排放特征及影响因素.....	王丹寅,唐明方,任 引,等 (7716)
基于分布式水文模型和福利成本法的生态补偿空间选择研究.....	宋晓谕,刘玉卿,邓晓红,等 (7722)
设施塑料大棚风洞试验及风压分布规律.....	杨再强,张 波,薛晓萍,等 (7730)
湖南珍稀濒危植物——珙桐种群数量动态.....	刘海洋,金晓玲,沈守云,等 (7738)
云南岩陀及其近缘种质资源群体表型多样性.....	李萍萍,孟衡玲,陈军文,等 (7747)
沙埋和种子大小对柠条锦鸡儿种子萌发、出苗和幼苗生长的影响.....	杨慧玲,梁振雷,朱选伟,等 (7757)
栗山天牛天敌花绒寄甲在栎林中的种群保持机制.....	杨忠岐,唐艳龙,姜 静,等 (7764)
基于相邻木排列关系的混交度研究.....	娄明华,汤孟平,仇建习,等 (7774)
三种回归分析方法在 Hyperion 影像 LAI 反演中的比较.....	孙 华,鞠洪波,张怀清,等 (7781)
红松和蒙古栎种子萌发及幼苗生长对升温与降水综合作用的响应.....	赵 娟,宋 媛,孙 涛,等 (7791)
新疆杨边材贮存水分对单株液流通量的影响.....	党宏忠,李 卫,张友焱,等 (7801)
火干扰对小兴安岭毛赤杨沼泽温室气体排放动态影响及其影响因素.....	顾 韩,牟长城,张博文 (7808)
不同潮汐和盐度下红树植物幼苗秋茄的化学计量特征.....	刘滨尔,廖宝文,方展强 (7818)
腾格里沙漠东南缘沙质草地灌丛化对地表径流及氮流失的影响.....	李小军,高永平 (7828)
西双版纳人工雨林群落结构及其林下降雨侵蚀力特征.....	邓 云,唐炎林,曹 敏,等 (7836)
西南高山地区净生态系统生产力时空动态.....	庞 瑞,顾峰雪,张远东,等 (7844)
南北样带温带区栎属树种种子化学组成与气候因子的关系.....	李东胜,史作民,刘世荣,等 (7857)
模拟酸雨对龙眼叶片 PS II 反应中心和自由基代谢的影响.....	李永裕,潘腾飞,余 东,等 (7866)
沈阳市城郊表层土壤有机污染评价.....	崔 健,都基众,马宏伟,等 (7874)
降雨对旱作春玉米农田土壤呼吸动态的影响.....	高 翔,郝卫平,顾峰雪,等 (7883)
冬季作物种植对双季稻根系酶活性及形态指标的影响.....	于天一,逢焕成,任天志,等 (7894)
施氮量对小麦/玉米带田土壤水分及硝态氮的影响.....	杨蕊菊,柴守玺,马忠明 (7905)
微山湖鸟类多样性特征及其影响因素.....	杨月伟,李久恩 (7913)
新疆北部棉区作物景观多样性对棉铃虫种群的影响.....	吕昭智,潘卫林,张 鑫,等 (7925)
杭州西湖北里湖沉积物氮磷内源静态释放的季节变化及通量估算.....	刘静静,董春颖,宋英琦,等 (7932)
基于实码遗传算法的湖泊水质模型参数优化.....	郭 静,陈求稳,张晓晴,等 (7940)
气候环境因子和捕捞压力对南海北部带鱼渔获量变动的影响.....	王跃中,孙典荣,陈作志,等 (7948)
象山港南沙岛不同养殖类型沉积物酸可挥发性硫化物的时空分布.....	颜婷茹,焦海峰,毛玉泽,等 (7958)
专论与综述	
提高植物抗寒性的机理研究进展.....	徐呈祥 (7966)
植被对多年冻土的影响研究进展.....	常晓丽,金会军,王永平,等 (7981)
凋落物分解主场效应及其土壤生物驱动.....	查同刚,张志强,孙 阁,等 (7991)
街尘与城市降雨径流污染的关系综述.....	赵洪涛,李叙勇,尹澄清 (8001)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 374 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 40 * 2012-12	

封面图说: 永兴岛海滩植被——永兴岛是中国西沙群岛的主岛,也是西沙群岛及南海诸岛中最大的岛屿。国务院 2012 年 6 月批准设立的地级三沙市,管辖西沙群岛、中沙群岛、南沙群岛的岛礁及其海域,三沙市人民政府就驻西沙永兴岛。永兴岛岛上自然植被密布,野生植物有 148 种,占西沙野生植物总数的 89%,主要树种有草海桐(羊角树)、麻枫桐、野枇杷、海棠树和椰树等。其中草海桐也称为羊角树,是多年生常绿亚灌木植物,它们总是喜欢倚在珊瑚礁岸或是与其他滨海植物聚生于海岸沙滩,为典型的滨海植物。

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

DOI: 10.5846/stxb201204060479

赵娟, 宋媛, 孙涛, 毛子军, 刘传照, 刘林馨, 刘瑞鹏, 侯玲玲, 李兴欢. 红松和蒙古栎种子萌发及幼苗生长对升温与降水综合作用的响应. 生态学报, 2012, 32(24): 7791-7800.

Zhao J, Song Y, Sun T, Mao Z J, Liu C Z, Liu L X, Liu R P, Hou L L, Li X H. Response of seed germination and seedling growth of *Pinus koraiensis* and *Quercus mongolica* to comprehensive action of warming and precipitation. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(24): 7791-7800.

红松和蒙古栎种子萌发及幼苗生长对升温与降水综合作用的响应

赵娟¹, 宋媛¹, 孙涛¹, 毛子军^{1,*}, 刘传照², 刘林馨¹, 刘瑞鹏¹,
侯玲玲¹, 李兴欢¹

(1. 东北林业大学森林植物生态学教育部重点实验室, 哈尔滨 150040;

2. 东北林业大学凉水国家级自然保护区, 伊春 153000)

摘要: 研究气候变暖导致的温度升高和降水格局的变化对典型植被类型建群种植物种子萌发和幼苗存活的影响, 对于预测森林群落的发展趋势、种质资源保育及森林抚育更新具有重要意义。以寒温带针阔混交林的建群种和优势种红松 *Pinus koraiensis*、蒙古栎 *Quercus mongolica* 种子和幼苗为研究对象, 采用空间替代法模拟温度升高和降水变化, 观察其种子萌发和幼苗生长情况。结果表明: 与种源地相比, 蒙古栎种子在温度升高与降水增加 (年均温 +4.9 °C, +330 mm) 或降水减少 (年均温 +2.8 °C, -249 mm) 的条件下萌发率分别下降了 13% 和 18%, 但差异不显著。红松种子在温度升高与降水增加的情况下萌发率比种源地提高了 2.29 倍, 而降水减少时则下降了 64%, 不同的地点对红松的萌发率差异极显著; 不同的温度、降水组合对红松和蒙古栎幼苗的生长均产生不同影响, 在温度升高与降水增加与降水减少的情况下, 1 年生蒙古栎幼苗的株高、基径和主根长度均有明显下降, 与种源地差异显著, 而对红松幼苗生长的影响差异不显著; 温度升高和降水增加或降水减少的交互作用使蒙古栎幼苗和红松幼苗总生物量下降, 尤其是在温度升高与降水增加条件下两种幼苗的生物量最小, 分别比种源地下降了 62% 和 20%。但统计分析表明, 红松幼苗生物量在 3 个样地间没有显著差异。温度升高和降水变化均降低了两种幼苗的根冠比, 而比叶面积没有显著差异。

关键词: 气候变化; 温度增加; 降水格局; 生物量; 根冠比; 比叶面积

Response of seed germination and seedling growth of *Pinus koraiensis* and *Quercus mongolica* to comprehensive action of warming and precipitation

ZHAO Juan¹, SONG Yuan¹, SUN Tao¹, MAO Zijun^{1,*}, LIU Chuanzhao², LIU Linxin¹, LIU Ruipeng¹, HOU Lingling¹, LI Xinghuan¹

¹ Key Laboratory of Forest Plant Ecology, Ministry of Education, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

² Liangshui National Nature Reserve, Northeast Forestry University, Yichun 153000, China

Abstract: Increased human activities have had a significant impact on the global climate. Global warming has become an indisputable fact, but the precipitation patterns will change greatly in the future. Therefore, it has been more and more important to explore the effects of climate change on germination and seedling survival of two plants to predict the trend of the development of forest community and germplasm resources conservation as well as tend and regeneration of forest. The seed is the basis of natural regeneration of forest vegetation, and seed germination plays a key role in populations continue,

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (31070350); “973” 国家重点基础研究项目发展计划项目 (2010CB951301)

收稿日期: 2012-04-06; **修订日期:** 2012-08-22

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zijunm@yahoo.com.cn

population dynamics and community structure. In addition, seed germination and seedling early settle play the most sensitive role in the environmental change of the early stages of plant growth and development. *Pinus koraiensis* is the main constructive species in mixed conifer and broadleaved forest and has important ecological significance and economic value. *Quercus mongolica* is a major component tree species of the northeast natural secondary forest. We regarded the *Pinus koraiensis* and *Quercus mongolica* which were constructive species and dominant species of cool temperate zone theropencedrymion as object of this study. Space substitution method was used to simulate temperature rise and precipitation change to observe the seed germination and seedling growth under field conditions. The results showed that the germination rate of *Quercus mongolica* seeds decreased 13% and 18% respectively compared with provenance under elevated temperatures and precipitation increase (average annual temperature of +4.9 °C, +330 mm) or decreased precipitation (+2.8 °C, -249 mm) conditions, but the difference was not significant. The germination rate of *Pinus koraiensis* seeds increased 2.29 times compared with provenance in the case of elevated temperatures and precipitation, but decreased 64% under reduced precipitation condition, different locations have significant differences to germination rate of *Pinus koraiensis* seeds. It has been shown to have different effects on growth of *Pinus koraiensis* and *Quercus mongolica* seedling in different temperature and precipitation, and the plant height and basal diameter and main root length of annual *Quercus mongolica* seedling were significantly decreased in the case of temperature and precipitation increases and precipitation reduces, but the difference was not significant for *Pinus koraiensis* seedling. The interaction of temperature rise and precipitation increase or decrease make total biomass of *Quercus mongolica* and *Pinus koraiensis* seedling decrease, especially the biomass is minimum under conditions of temperature increase and precipitation increase, dropped 62% and 20% than provenance respectively. However, statistical analysis showed that biomass of *Pinus koraiensis* seedling had no significant differences in the three plots. Temperature rise and precipitation change decreased root to shoot ratio of the two seedlings, while no significant differences in specific leaf area. Therefore, this study showed that seed germination and seedling biomass of *Quercus mongolica* will decline when the temperature increased 3—5 °C and precipitation decreased by about 30 percent or increased two folds, however, temperature increased 3—5 °C and precipitation increased 1 times conducive to break dormancy and germination of *Pinus koraiensis*.

Key Words: climate change; temperature increase; precipitation pattern; biomass; root-shoot ratio; specific leaf area

近 20 年,全球气候变化已经对整个生物圈产生了广泛的影响^[1]。政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)第四次评估报告指出,预计到 21 世纪末全球平均温度将升高 1.1—6.4 °C,高纬地区增温明显大于低纬地区^[2]。全球变暖对包括种子萌发在内的植物的一般行为和生态进程有非常重要的影响^[3]。据分析,未来我国东北地区气候变化趋势降雨量有可能增加,但增加的降雨量可能不能弥补由蒸散作用损失的水分,未来东北地区将更加干暖^[4-5]。程肖侠和延晓冬^[6]对东北森林在气候变化背景下的模拟研究表明:气候变暖与降水的共同作用将使针叶林在地带性森林中占很小的比重。阔叶树种蒙古栎由于其更大的生态耐性和更宽的生态幅度将可能成为最主要的树种^[7]。

红松是我国温带地区地带性植被针阔混交林的主要建群种,具有重要的生态意义和经济价值^[8]。红松种子的休眠期长,必须经过低温才能解除休眠^[9-10]。种子是森林植被天然更新的基础,种子萌发在种群持续、种群动态和群落结构中起着关键作用^[11],而种子萌发和幼苗早期定居在植物生长发育的早期阶段对环境变化最为敏感^[12]。前期研究了红松对水分胁迫的生理响应^[13]及温度升高对蒙古栎幼苗生物量的影响^[14],程徐冰等^[15]研究了降水减少对蒙古栎叶片的生理影响,Dai^[16]等利用盆栽试验研究了水分胁迫对蒙古栎和红松幼苗的影响。迄今国内外有关红松和蒙古栎种子更新对温度和降水变化综合作用的响应研究很少,尤其是野外自然条件下种子萌发、幼苗早期生长和定居对气候变化的响应研究还未见报道^[17-18]。

本研究利用阔叶红松林天然分布区内的地理空间所形成的自然温度梯度和降水格局的不同,模拟温度升

高与降水变化(减少和增加)的不同组合,把凉水自然保护区的红松和蒙古栎种子分别播种于小北湖自然保护区和白石砬子自然保护区,并与室内控制实验进行对比。旨在探讨未来我国东北地区温度和降水变化条件下,红松和蒙古栎种子休眠、萌发特性及生理生态适应特征,为准确预测气候变化情境下阔叶红松林的发展趋势及红松、蒙古栎造林提供科学参考。

1 研究方法

1.1 种子采集及处理

种子于2010年9月6日采集于黑龙江省凉水国家级自然保护区(47°12'N, 128°50'E)的蒙古栎林和红松林。选择饱满、成熟、无虫害的种子,进行初始值的测定(表1)。实验所用种子用50—55℃的温水浸种15 min,从中挑出漂浮的不成熟种子和虫蛀种子,之后用0.5%的高锰酸钾消毒30 min,清水冲洗晾干。放入4℃冰箱保存备用。

表1 红松和蒙古栎种子的初始性状

Table 1 Initial state of *Pinus koraiensis* and *Quercus mongolica* seed

植物种 Species	千粒重 1000-grain weight/g	壳仁比 Ratio of seed capsule and nutlet	生活力 Viability of seeds/%
红松 <i>Pinus koraiensis</i>	554.43±14.28	1.627±0.032	68
蒙古栎 <i>Quercus mongolica</i>	3180.57±58.31	0.1509±0.007	72

数据为平均值(±标准偏差)

1.2 种子萌发实验设计

实验样地分别设在红松分布区的3个不同的纬度和经度地点,即凉水国家级自然保护区、牡丹江小北湖自然保护区和辽宁宽甸白石砬子国家级自然保护区。各红松分布区的基本情况见表2和图1。小北湖的年均温平均比凉水高2.8℃,年降水量则低249 mm,即减少了47%;白石砬子的年均温比凉水高4.9℃,而降水增加了约1倍。

2010年10月7日—10月19日期间,在上述3个地点选择大小基本一致的林窗(30 m×30 m左右),林窗周围的群落高度均约20 m左右。在每个林窗内分别设置3个1 m×2 m的大样方,将小北湖和白石砬子样方内10 cm深表土清除,用挖自凉水阔叶红松林内的表层土取代,以尽量减少由不同地点土壤引起的误差。在取土、做床和播种的过程中认真清除了土壤中的残余种子。将每个大样方平均分成2个1 m×1 m的小样方,蒙古栎小样方内平均划分成2个长方形小格(供2 a观察),分别均匀播种蒙古栎100粒,即6个重复,在红松小样方内再平均划分4个正方形小方格(供4 a观察),分别均匀播种红松100粒,即12个重复。蒙古栎和红松种子均来自凉水种源。模拟自然状况播种,所用的表层土壤经过代森锌和五氯硝基苯消毒,以预防病菌和害虫侵染种子,影响种子萌发。最后在覆土的播种床表面撒满收集于凉水自然保护区的凋落物,以降低土壤温度,并限制杂草的入侵和隔离土壤来保持土壤水分,这对种子萌发和幼苗生长有很重要的作用^[19]。为防止老鼠、鸟类等动物取食红松和蒙古栎种子,用1 m×2 m×0.3 m的铁丝网罩住样方,牢固埋入地下约0.15 m。

表2 不同实验样地基本情况

Table 2 General situation of different forest site

地点 Site	经度 E Longitude	纬度 N Latitude	坡向 Aspect	海拔 Altitude/m	年均温 Mean annual temperature/℃	年均降雨量 Mean annual precipitation/mm
凉水 Liangshui	128°52'95.8"	47°10'20.8"	西北坡 Northwest	358	-0.30	676.0
小北湖 Xiaobeihu	128°36'09"	44°10'43"	西坡 West	754	2.50	513.9
白石砬子 Baishilazi	124°47'04"	40°56'23.1"	东南坡 Southeast	689	4.60	1349

温度与降水的依据近10—30年3个地点气象站测得数据的平均值,温度是各样地所在海拔的气温,即用气象站温度减去气象站所在地与各样地所处海拔高差所产生的温差

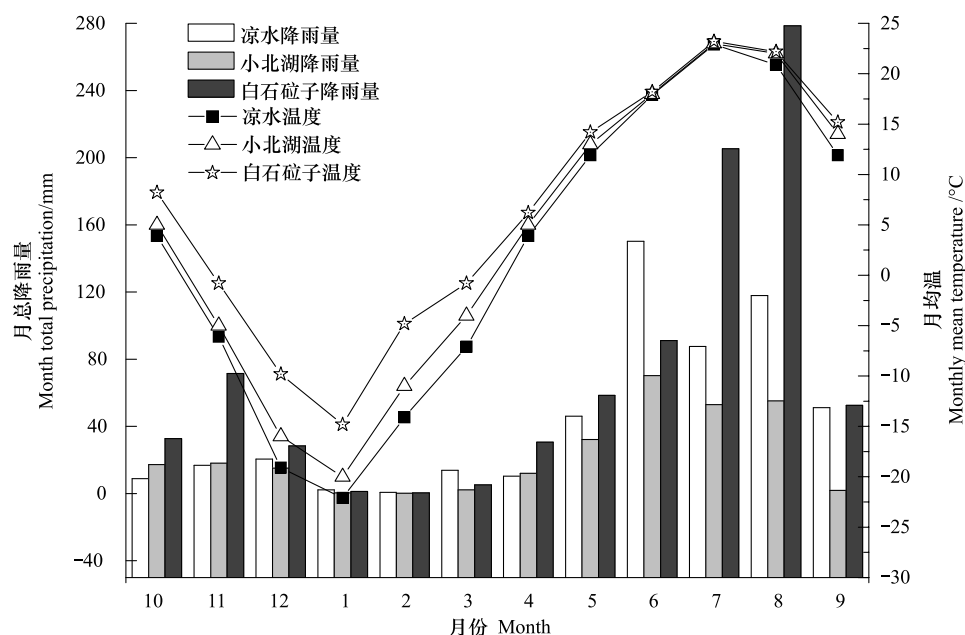


图1 实验期间凉水与小北湖和白石砬子地区的每月平均温度和降雨量对比(2010年10月至2011年9月)

Fig. 1 The comparison of monthly mean temperature and precipitation in Liangshui with Small North Lake and Baishilazi during the experiment (2010-10—2011-9)

1.3 种子萌发率及幼苗收获期各指标的测定

2011年5月末至6月初第1次调查红松和蒙古栎的种子萌发率,只见极少株幼苗刚刚破土。因此我们在2011年的7月初进行第2次萌发率统计,此时种子萌发期已经结束。统计时同时记录存活幼苗和死亡幼苗数。在各样方内未发现蒙古栎的死亡幼苗,而红松幼苗的死亡率也不到1%(记入萌发率中)。2011年9月下旬第3次调查,并分别将每个样方内的其中一个小格中的全部红松幼苗和蒙古栎幼苗连根挖出立即带回实验室进行各项指标的测定。从每个样方内的幼苗中分别选取10株健康的红松和蒙古栎幼苗。由于红松种子的深休眠特性,第1年的萌发率很低,以致有的样方内幼苗数量不足10株,此种情况下,挖出所有现存幼苗分别测定幼苗的株高、基径、主根长、叶面积,之后将幼苗分根、茎、叶3部分,在80℃烘箱中烘48h至恒重。计算其总生物量、根冠比、比叶面积:

$$\text{总生物量(g)} = \text{植株地上部分总干重} + \text{地下部分总干重}$$

$$\text{根冠比(g/g)} = \text{根干重} / \text{茎叶干重}$$

$$\text{比叶面积(cm}^2\text{/g)} = \text{叶面积} / \text{叶干重}$$

1.4 数据分析

用SPSS17.0和Microsoft Excel 2003完成所有数据分析,并用绘图软件origin8.0进行绘图。

2 研究结果

2.1 红松、蒙古栎种子的萌发对不同温度与降水组合条件的响应

研究表明,2树种种子萌发率对温度升高与降水变化的反应不同。总体上,红松种子萌发率明显低于蒙古栎(图2)。与种源地相比,蒙古栎种子在温度升高与降水增加(白石砬子样地)或降水减少(小北湖样地)的条件下萌发率分别下降了13%和18%,但差异不显著。红松种子在温度升高与降水增加的情况下萌发率比种源地提高了2.29倍,而降水减少的情况下则下降了64%。不同的地点对红松种子的萌发率差异极显著($P < 0.01$),低纬度的白石砬子萌发率最高,约为35%左右。

2.2 红松、蒙古栎幼苗的生长对不同温度与降水组合条件的响应

不同的温度、降水组合对红松和蒙古栎幼苗的生长均产生不同影响。在温度升高与降水增加和降水减少

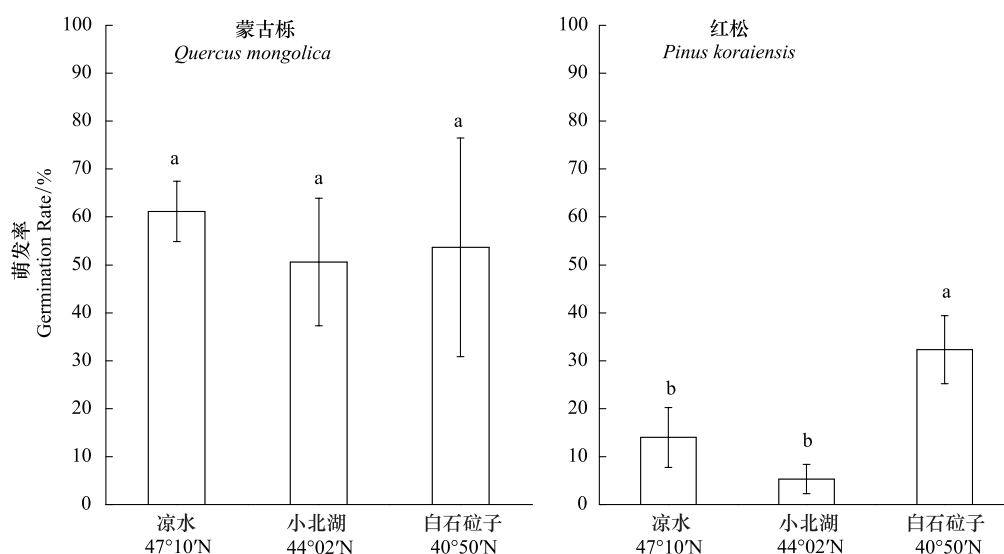


图2 不同温度、降水条件下蒙古栎、红松种子的萌发率

Fig. 2 The germination rate of *Quercus mongolica* and *Pinus koraiensis* in different latitude gradient and precipitation conditions

LS: 种源地; XBH: 温度升高, 降水减少; BSL: 温度升高, 降水增加

的情况下, 1年生蒙古栎幼苗的株高、基径和主根长度均有明显下降, 与种源地差异显著(图3), 而在温度升高情况下, 2种降水条件对蒙古栎幼苗生长的影响差异不显著。降水减少时幼苗株高生长显著高于降水增加情况下的幼苗($P < 0.05$), 基径则是降水减少时显著低于降水增加时的幼苗($P < 0.05$)。在温度升高与降水增加情况下, 1年生红松幼苗的株高、基径和主根长度与种源区幼苗均无显著差异。但在降水减少的情况下, 株高生长比种源地的幼苗显著增加($P < 0.05$), 但基径却明显减少($P < 0.05$)。

2.3 红松、蒙古栎幼苗总生物量及其分配对不同温度与降水组合条件的响应

实验结果表明, 温度升高和降水增加和减少的交互作用对蒙古栎幼苗的生长均有一定程度的不利影响(图4)。使幼苗总生物量和根冠比有所下降, 虽然使比叶面积有增大的趋势, 但是没有达到显著的差异。生物量的差别尤为明显, 在温度升高和降水减少的小北湖样地, 幼苗总生物量比种源地显著下降了26% ($P < 0.05$), 而在温度升高和降水增加的白石砬子样地幼苗的生物量仅为种源地的三分之一。温度升高和降水变化条件下, 红松幼苗总生物量略有下降, 尤其在升温 and 降水增加的情况下, 生物量最小。但统计分析表明, 生物量在3个样地间没有显著差异。根冠比在3个样地差异显著, 温度升高和降水变化均降低了幼苗的根冠比, 但升温 and 降水增加的影响最大(图4)。

3 讨论

3.1 红松与蒙古栎种子萌发对温度、降水变化的响应

在不同温度与降水的综合作用条件下, 蒙古栎种子的萌发率均远远高于红松种子的萌发率, 这与不同树种种子特性直接相关, 壳斗科中很多植物没有休眠期, 种子在成熟掉落不久即可萌发, 特别是栎属的一些种^[20], 蒙古栎种子在成熟掉落当年即可发芽^[21-22], 在实验中还发现, 在自然条件下, 蒙古栎当年未萌发的种子很快就自然腐烂了, 而不能保持长期休眠状态, 这可能与种子本身的结构及所含物质的组成成分有关。红松种子属于深休眠类型, 在自然环境中, 通常经过2个冬季休眠的种子萌发率较高^[23], 这主要与种皮构造^[24-26]、内含物组成^[27]及生理后熟^[28]有关。所以, 红松播种后第1年的萌发率很低, 只在5%—22%之间, 取出未萌发的种子进行测定, 发现其生活力达90%以上, 说明其仍处于休眠状态。红松种子在成熟后第2年春天的低萌发率与未萌发种子高生活力的不相关性证明了种子的深休眠特性。

在温度升高2.8℃, 年降水减少47%(小北湖)的条件下蒙古栎和红松种子萌发率与种源地相比均有所下降。室内实验表明, 蒙古栎和红松种子在土壤湿度适宜的条件下, 种子萌发的适宜温度是25—30℃, 小北

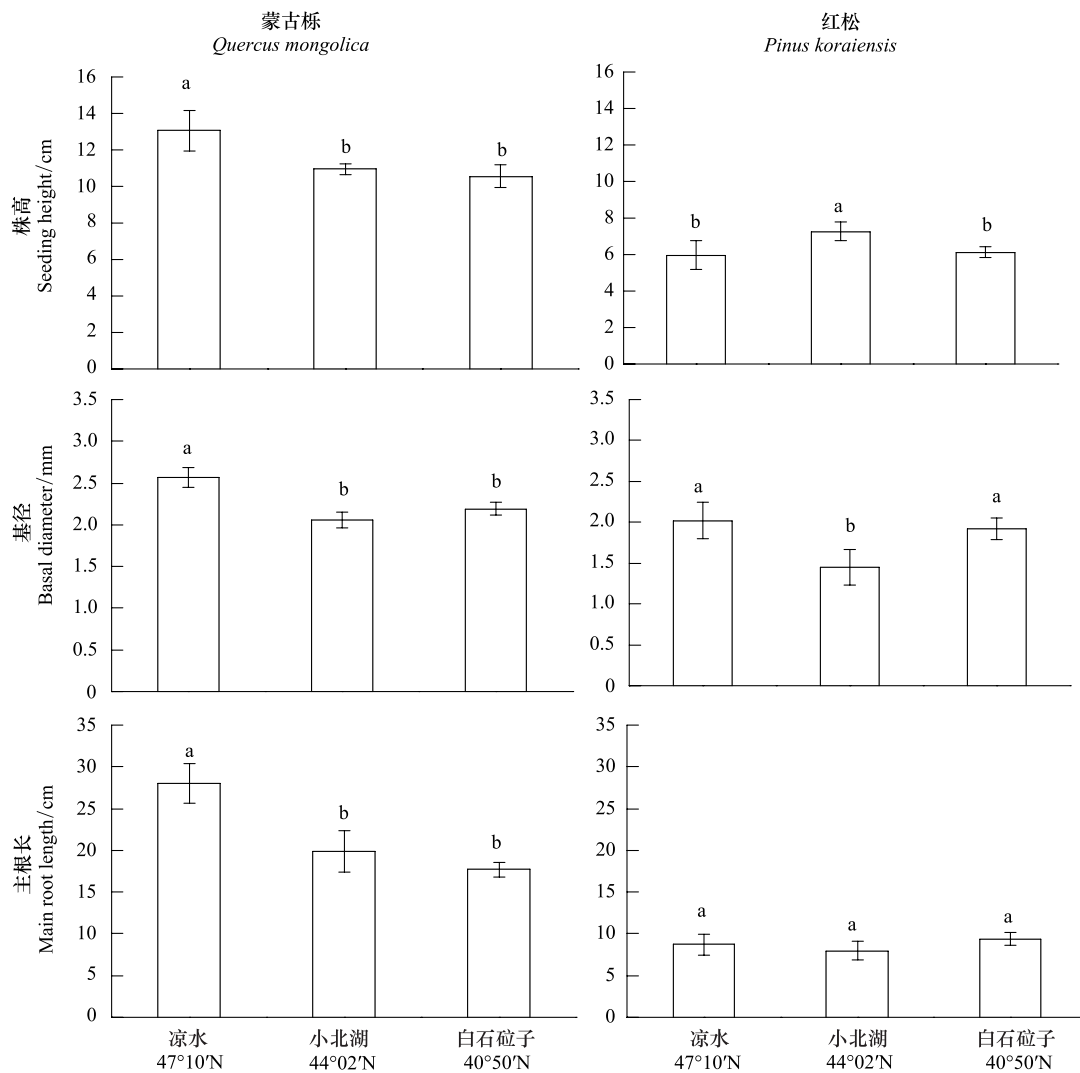


图3 不同温度、降水条件下蒙古栎、红松种子的形态指标

Fig. 3 The morphological indicator of *Quercus mongolica* and *Pinus koraiensis* in different latitudes and precipitation conditions

湖的温度条件应该能够促进 2 树种种子的萌发。所以水分条件可能是引起小北湖实验地 2 树种种子萌发率低的主要原因。水分是种子萌发、幼苗生长发育和存活等最为关键的因子^[29]。种子萌发是从干燥种子吸水开始的,干燥种子含有储藏物质,在吸水之后细胞内的能量代谢活动重新恢复,如与限制或修复细胞损伤的相关酶和蛋白质的生物合成^[30]。冬季积雪及春季降雨对种子萌发具有关键作用,小北湖 12 月—翌年 6 月份总降水量仅为 132.4 mm,而凉水为 244.1 mm,并且在实地取样时测得小北湖的土壤体积含水量(13.9%)远低于凉水的土壤体积含水量(22.9%),并且土壤板结,水分的缺乏可能限制了种子内部的生理活动,从而不能解除休眠及时萌发。

在温度升高 4.9℃,年降水增加约 1 倍(白石砬子)的条件下,蒙古栎与红松种子的萌发对温度升高和降水变化的响应不同。蒙古栎种子萌发率稍低于种源地,但统计分析差异不显著,而红松种子在白石砬子的萌发率却明显高于种源地和小北湖,分别为后 2 者的 2.29 倍和 6.04 倍。差异极显著。这可能主要与红松种子的种皮结构与深休眠特性有关。白石砬子 12 月—翌年 6 月份总降水量为 215.4 mm,是小北湖的 1.63 倍。在温度适宜的情况下,降水量的增加使白石砬子的空气湿度与土壤湿度均很高,这有利于红松种皮的发胀及抑制萌发的内含物浓度下降,有利于其打破休眠与子叶突破种皮。而蒙古栎种子由于淀粉含量很高而在这种潮湿的环境中生活力易于下降,甚至变质、腐烂。

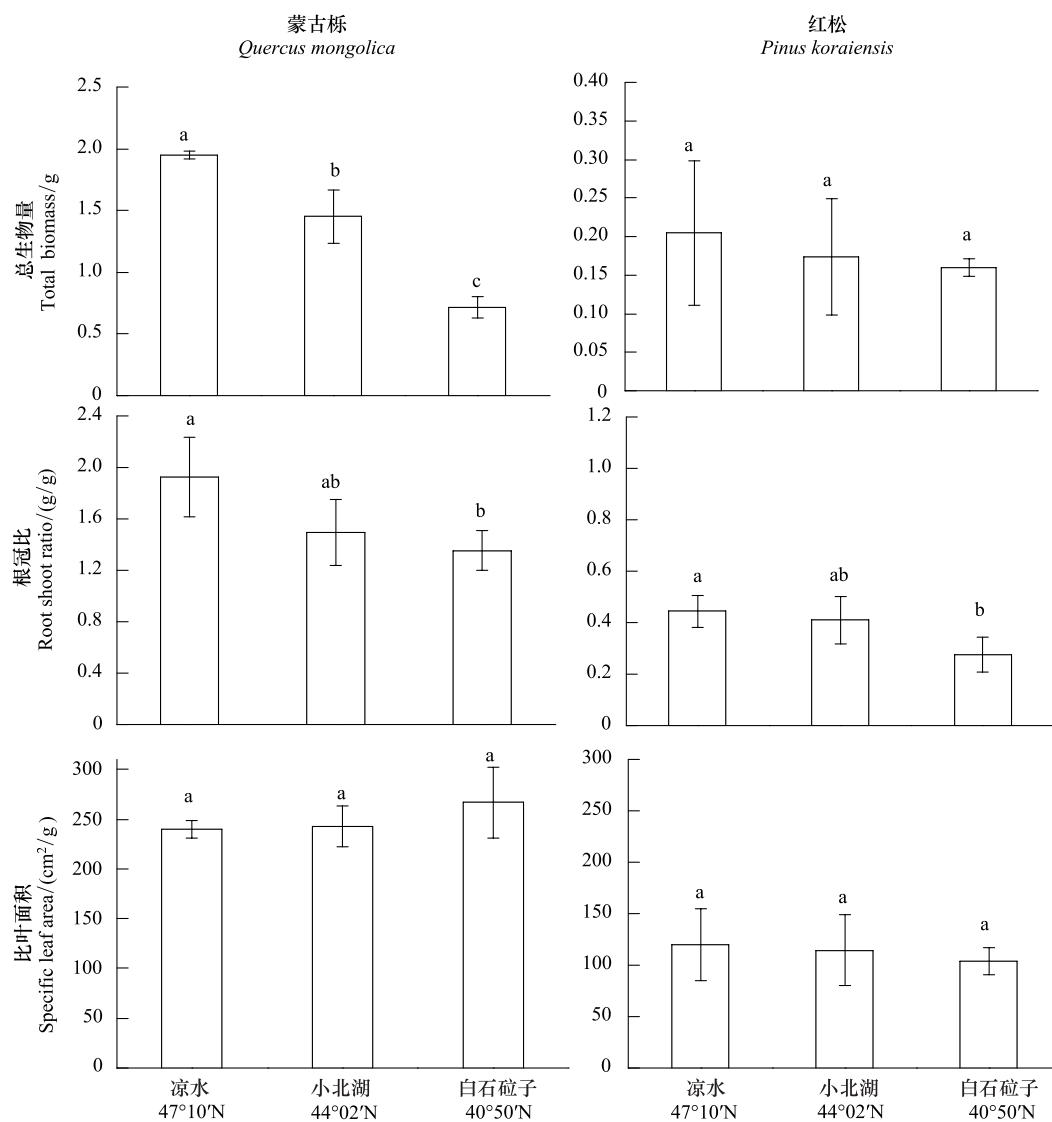


图4 不同纬度梯度下蒙古栎、红松幼苗的生物量指标

Fig. 4 Biomass indicators of *Quercus mongolica* and *Pinus koraiensis* in different latitude gradient and precipitation conditions

3.2 温度、降水变化对幼苗总生物量以及生物量分配的影响

不同生境中生物量分配的变异反映了植物对环境的适应,可以为植物个体和种群对气候变化的长期适应及其机制提供参考^[31]。生物量分配的可塑性贯穿于植物的整个生活史,决定植物对异质性资源的获取能力,具有重要的生态意义^[32-33]。实验结果表明:温度升高与降水增加或减少的情况下,红松幼苗的总生物量略有下降,但统计分析差异不显著,这可能与红松幼苗生长缓慢的特性有关,而且当年生幼苗针叶面积相对很小,光合能力有限,生物量投资主要来源于种子胚乳,生物量相对很小(0.16—0.2 g),受环境影响的程度也相对较小。白石砬子幼苗根冠比相对较小,反映出土壤水分状况良好。郭立冬等^[34]对籽蒿的研究也表明,土壤水分状况与幼苗根冠比显著相关,而温度的变化与根冠比无相关性。生物量分配格局的这种变化,既是植物应对异质性生境的一种重要途径,又反应了环境中可利用资源的变化^[35]。

温度升高与降水增加或减少均对蒙古栎幼苗生长产生一定影响,幼苗总生物量与种源地幼苗相比差异显著,小北湖和白石砬子幼苗总生物量分别比种源地下降了26%和63%。前期的控制实验表明,单独的温度升高2℃和4℃对蒙古栎幼苗的生长有促进作用^[14],本研究中小北湖的气温比种源地高2.8℃,理论上其幼苗生物量应该大于原产地,但是实际情况并非如此,这主要可能与降水有关,在幼苗生长期(6月份—9月份)凉

水的总降雨量(407 mm)远大于小北湖的总降雨量(180 mm),降雨量的多少也可能会对幼苗总生物量的积累产生一定影响,蒙古栎作为荫生能力很强的阳生树种,虽然具有很强的耐高温、耐干旱特性^[36],但适宜的水分更利于其幼苗生长。而且室内控制实验结果与其相吻合:温度升高 2℃,降水增加 30% 时,叶片的光合能力比对照提高了 9%。Dai 等^[16]的研究结果也表明,干旱条件下蒙古栎和红松幼苗的光合能力下降。本实验表明,在温度升高 4.9℃,年降水增加约 1 倍(白石砬子)对蒙古栎幼苗生长产生的影响更为严重,生物量仅为种源地的三分之一。分析其原因,白石砬子的温度和水分条件均对蒙古栎幼苗生长造成了胁迫,因为控制实验表明,温度升高 6℃严重抑制了蒙古栎幼苗的光合作用,最大净光合速率比对照下降了 63%,所以推测温度升高 4℃以上即对蒙古栎幼苗产生胁迫。另外,蒙古栎是耐旱树种,适宜的降水会促进幼苗生长,但降水量过大对其也是一种胁迫。所以,未来温度升高 5—6℃,降水增加或减少 30% 情景下,会对蒙古栎和红松幼苗的生长产生不利影响。而人工造林时也要同时考虑种子或幼苗的种源地与当地的环境条件(如温度和降水的综合作用),以判断种子的成功萌发以及在当地环境条件下稳定生存的能力^[37]。

综上,野外实验表明,温度升高 3—5℃、降水减少约 30% 和增加 1 倍的条件下均可导致蒙古栎种子的萌发率和幼苗生物量的下降。而温度升高 3—5℃,降水增加 1 倍有利于红松种子打破休眠和萌发。

本研究的野外实验主要考虑了温度和降水变化 2 个主要因子对红松和蒙古栎种子萌发和幼苗生长的影响,而自然界中环境因子的影响很复杂,可能还受到其他因子的影响,如在种子成熟时母体植物所经历的环境条件、光照条件等因素均可能对种子萌发产生影响。为了更加全面、客观和准确地认识未来气候变化对 2 种幼苗的影响,正在进行单因子和双因子的温度和降水室内控制实验,反映植物光合作用能力的实验结果与野外实验结果基本吻合。以确认红松和蒙古栎对于气候变化的适应性和阈值。本研究所得结果反映了幼苗在形态建成和生长最脆弱和关键时期的适应情况。后续三年的研究结果将会反映幼苗生长对温度和降水变化更长时期的适应性。

References:

- [1] Walther G, Post E, Convey P, Menzel A, Parmesan C, Beebee T, Fromentin J, Hoegh-Guldberg O, Bairlein F. Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 2002, 416(6879): 389-395.
- [2] Xu M, Luo Y, Xu Y, Guo P W, Xu J W. Changes in surface air temperature and precipitation over China under the stabilization scenario of greenhouse gas. *Advances in Climate Change Research*, 2009, 5(2): 79-84.
- [3] Smith R I L. Vascular plants as bioindicators of regional warming in Antarctica. *Oecologia*, 1994, 99(3/4): 322-328.
- [4] Wu J D, Wang S L, Zhang J M. A numerical simulation of the impacts of climate change on water and thermal resources in Northeast China. *Resources Science*, 2000, 22(6): 36-42.
- [5] Ju H, Xiong W, Xu Y L, Lin E D. Climate change and its impacts in Northeast China. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2007, 23(4): 345-349.
- [6] Cheng X X, Yan X D. Effects of climate change on typical forest in the northeast of China. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(2): 534-543.
- [7] Gao Z T, Wu X C. Research geography distribution law of *Quercus mongolica*. *Protection Forest Science and Technology*, 2005, (2): 83-84.
- [8] You J L. A Systematic Comparative Study on *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc. and the Rare and Endangered Plant *P. Prokoraiensis* [D]. Jilin: Northeast Normal University, 2004.
- [9] Barton L V. Hastening the germination of some coniferous seeds. *American Journal of Botany*, 1930, 17(1): 88-115.
- [10] Tozawa M. Methods of hastening germination of tree seeds // *Bulletin of the Forest Experiment Station*. Forest Experiment Station, 1926, 5: 1-25.
- [11] Bischoff A, Vonlanthen B, Steinger T, Müller-Schärer H. Seed provenance matters-effects on germination of four plant species used for ecological restoration. *Basic and Applied Ecology*, 2006, 7(4): 347-359.
- [12] Weltzin J F, McPherson G R. Implications of precipitation redistribution for shifts in temperate savanna ecotones. *Ecology*, 2000, 81(7): 1902-1913.
- [13] Xia Y Y, Mao Z J, Ma L X, Chen J. Effects of water conditions on proline and Chllorophy Contents in *Pinus koraiensis* and *Pinus sibirica*. *Bulletin of Botanical Research*, 2008, 28(3): 330-335.
- [14] Ma L X, Zhao M, Mao Z J, Liu L X, Zhao X Z. Effects of elevated temperature and [CO₂] under different nitrogen regimes on biomass and its allocation in *Quercus mongolica* seedlings. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2010, 34(3): 279-288.

- [15] Cheng X B, Wu J, Han S J, Zhou S M, Wang X X, Wang C G, Sui X, Yan C F. Effects of decreased rainfall on *Quercus mongolica* leaf eco-physiological characteristics. Chinese Journal of Ecology, 2011, 30(9): 1908-1914.
- [16] Dai L M, Li Q R, Wang M, Ji L Z. Responses of the seedlings of five dominant tree species in Changbai Mountain to soil water stress. Journal of Forestry Research, 2003, 14(3): 191-196.
- [17] He W L, Li X F, An H J. Update study of Broad-leaved Korean pine forest. Inner Mongolia Science Technology & Economy, 2004, (23): 31-32.
- [18] Yin H J. Effects of Experimental Warming on Growth of Several Species Seedlings Under two Contrasting Light Conditions in Subalpine Coniferous Forest of Western Sichuan, China [D]. Sichuan: Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, 2007.
- [19] Gao Z H, Zhang W L, Zhang Q F. General situation and prospect for the research on ecological functions of forest litter. Journal of Northeast Forestry University, 2004, 32(6): 79-83.
- [20] Hiroki S, Matsubara T. Ecological studies on the plants of Fagaceae, 3: Comparative studies on the seed and seedling stages. Japanese Journal of Ecology, 1982, 32(2): 227-240.
- [21] Steele M A, Smallwood P D, Spunar A, Nelsen E. The proximate basis of the oak dispersal syndrome: detection of seed dormancy by rodents. American Zoologist, 2001, 41(4): 852-864.
- [22] Liu T, Zhou Z Q. Seed rain and soil seed bank of *Quercus mongolica* populations. Journal of Northeast Forestry University, 2007, 35(5): 22-23.
- [23] Lu C H. Hoarding behavior of Eurasian nutcracker (*Nucifraga caryocatact*) and its role in seed dispersal of Korean pine (*Pinus koraiensis*). Acta Zoologica Sinica, 2002, 48(3): 317-321.
- [24] Wang W Z, Chen J, Liu E J. Study on relations between seed coat and dormancy of *Pinus koraiensis* seeds. Journal of Northeast Forestry University, 1986, 14(2): 83-86.
- [25] Peng Y F. The general situation and trend of researches on seed physiology of forest trees in the world. World Forestry Research, 1998, (2): 8-12.
- [26] Mao Z J, Yuan X Y, Zu Y G, Zhao G Y. Study on the seed morphological characteristics and the seed coat microstructure of *Pinus Sibirica* and *P. Koraiensis*. Scientia Silvae Sinicae, 2003, 39(4): 155-160.
- [27] Su W H, Jin B Y, Zhang G F. Study on germination characteristics of *Lithocarpus dealbatus* seed. Yunnan Forestry Science and Technology, 2001, (2): 21-23.
- [28] Zhang L C, Guo W M, Chen Y S. Studies on the relationship between peroxidase activity and germination of *Pinus koraiensis* seeds and on metabolic inhibitors in the seeds. Acta Botanica Sinica, 1983, 25(1): 53-61.
- [29] Liu F Y, Zhang Z X, Wang X Q, Zhang X, Li K, Sun Y Y. Effects of water supply on seed germination and early seedling growth of *Quercus franchetii*. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2011, 19(2): 105-112.
- [30] Nonogakia H, Bassel G W, Bewley J D. Germination-still a mystery. Plant Science, 2010, 179(6): 574-581.
- [31] Ma W L, Shi P L, Li W H, He Y T, Zhang X Z, Shen Z X. Alpine meadow plant traits and biomass allocation of elevation gradient variation. Scientia Sinica Vitae, 2010, 40(6): 533-543.
- [32] Poorter H, Remkes C, Lambers H. Carbon and nitrogen economy of twenty-four wild species differing in relative growth rate. Plant Physiology, 1990, 94(2): 621-627.
- [33] Hutchings M J, de Kroon H. Foraging in plants: the role of morphological plasticity in resource acquisition. Advances in Ecological Research, 1994, 25: 159-238.
- [34] Guo L D, He X D. Phenotypic plasticity of *Artemisia sphaerocephala* under different air temperature and soil moisture. Journal of Desert Research, 2011, 31(4): 987-991.
- [35] Hilbert D W, Canadell J. Biomass Partitioning and Resource Allocation of Plants from Mediterranean-type Ecosystems: Possible Responses to Elevated Atmospheric CO₂. New York: Springer-Verlag, 1995: 76-101.
- [36] Cheng X B, Wu J, Han S J, Zhou S M, Wang X X, Wang C G, Sui X, Yan C F. Effects of decreased rainfall on *Quercus mongolica* leaf eco-physiological characteristics. Chinese Journal of Ecology, 2011, 30(9): 1908-1914.
- [37] Way D A, Oren R. Different responses to changes in growth temperature between trees from different functional groups and biomes: a review and synthesis of data. Tree Physiology, 2010, 30(6): 669-668.

参考文献:

- [2] 徐敏, 罗勇, 徐影, 郭品文, 徐经纬. 温室气体稳定浓度情景下中国地区温度和降水变化. 气候变化研究进展, 2009, 5(2): 79-84.
- [4] 吴金栋, 王石立, 张建敏. 未来气候变化对中国东北地区水热条件影响的数值模拟研究. 资源科学, 2000, 22(6): 36-42.
- [5] 居辉, 熊伟, 许吟隆, 林而达. 气候变化对中国东北地区生态与环境的影响. 中国农学通报, 2007, 23(4): 345-349.

- [6] 程肖侠, 延晓冬. 气候变化对中国东北主要森林类型的影响. 生态学报, 2008, 28(2): 534-543.
- [7] 高志涛, 吴晓春. 蒙古栎地理分布规律的探讨. 防护林科技, 2005, (2): 83-84.
- [8] 由继红. 红松与濒危植物前红松的比较研究 [D]. 吉林: 东北师范大学, 2004.
- [13] 夏莹莹, 毛子军, 马立祥, 陈婕. 水分条件对红松和西伯利亚红松针叶脯氨酸与叶绿素含量的影响. 植物研究, 2008, 28(3): 330-335.
- [14] 马立祥, 赵蕊, 毛子军, 刘林馨, 赵溪竹. 不同氮素水平下增温及[CO₂]升高综合作用对蒙古栎幼苗生物量及其分配的影响. 植物生态学报, 2010, 34(3): 279-288.
- [15] 程徐冰, 吴军, 韩士杰, 周玉梅, 王秀秀, 王存国, 隋心, 闫彩凤. 减少降水对长白山蒙古栎叶片生理生态特性的影响. 生态学杂志, 2011, 30(9): 1908-1914.
- [17] 何文利, 李小凡, 安慧君. 阔叶红松林更新研究. 内蒙古科技与经济, 2004, (23): 31-32.
- [18] 尹华军. 增温对川西亚高山针叶林不同光环境下几种幼苗生长的影响 [D]. 四川: 中国科学院成都生物研究所, 2007.
- [19] 高志红, 张万里, 张庆费. 森林凋落物生态功能研究概况及展望. 东北林业大学学报, 2004, 32(6): 79-83.
- [22] 刘彤, 周志强. 蒙古栎种群种子雨与地表种子库. 东北林业大学学报, 2007, 35(5): 22-23.
- [23] 鲁长虎. 星鸦的贮食行为及其对红松种子的传播作用. 动物学报, 2002, 48(3): 317-321.
- [24] 王文章, 陈杰, 刘恩举. 红松种子休眠与种皮的关系. 东北林业大学学报, 1986, 14(2): 83-86.
- [25] 彭幼芬. 世界林木种子生理研究的概况和趋势. 世界林业研究, 1998, (2): 8-12.
- [26] 毛子军, 袁晓颖, 祖元刚, 赵光仪. 西伯利亚红松与红松种子形态、种皮显微构造的比较研究. 林业科学, 2003, 39(4): 155-160.
- [27] 苏文华, 金白杨, 张光飞. 滇石栎种子萌发特性的研究. 云南林业科技, 2001, (2): 21-23.
- [28] 张良诚, 郭维明, 陈永盛. 红松种子中过氧化物酶活性与萌发的关系以及种子中的代谢抑制物. 植物学报, 1983, 25(1): 53-61.
- [29] 刘方炎, 张志翔, 王小庆, 张鑫, 李昆, 孙永玉. 水分条件对锥连栎种子萌发及幼苗早期生长的影响. 热带亚热带植物学报, 2011, 19(2): 105-112.
- [31] 马维玲, 石培礼, 李文华, 何永涛, 张宪洲, 沈振西. 青藏高原高寒草甸植株性状和生物量分配的海拔梯度变异. 中国科学: 生命科学, 2010, 40(6): 533-543.
- [34] 郭立冬, 何兴东. 不同气温与土壤湿度条件下籽蒿幼苗的表型可塑性. 中国沙漠, 2011, 31(4): 987-991.
- [36] 程徐冰, 吴军, 韩士杰, 周玉梅, 王秀秀, 王存国, 隋心, 闫彩凤. 减少降水对长白山蒙古栎叶片生理生态特性的影响. 生态学杂志, 2011, 30(9): 1908-1914.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 24 December, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

A bibliometric study of biodiversity research in China	LIU Aiyuan, GUO Yuqing, LI Shiying, et al (7635)
Effects of elevated CO ₂ and nitrogen deposition on leaf nutrient quality of <i>Fargesia rufa</i> Yi	 ZHOU Xianrong, WANG Jianhua, ZHANG Hong, et al (7644)
Airborne pollen assemblages and their relationships with climate factors in the central Shaanxi Province of the Loess Plateau: a case in Xiaheimugou, Luochuan County	LÜ Suqing, LI Yuecong, XU Qinghai, et al (7654)
Spatial and temporal change in ecological assets in the Yangtze River Delta of China 1995—2007	 XU Xibao, CHEN Shuang, YANG Guishan (7667)
Evaluation and optimization of woodland ecological patterns for Qingdao based on the agent-based model	 FU Qiang, MAO Feng, WANG Tianqing, et al (7676)
Interactive mechanism of service function of alpine rangeland ecosystems in Qinghai-Tibetan Plateau	 LIU Xingyuan, LONG Ruijun, SHANG Zhanhuan (7688)
Preliminary evaluation of air temperature reduction of urban green spaces in Beijing	 ZHANG Biao, GAO Jixi, XIE Gaodi, et al (7698)
Resources metabolism analysis for the pulp and paper industry in Wuhan, China	 SHI Xiaoqing, LI Xiaonuo, ZHAO Linjia, et al (7706)
The characteristics and influential factors of direct carbon emissions from residential energy consumption: a case study of Lijiang City, China	WANG Danyin, TANG Mingfang, REN Yin, et al (7716)
Spatial targeting of payments for ecosystem services Based on SWAT Model and cost-benefit analysis	 SONG Xiaoyu, LIU Yuqing, DENG Xiaohong, et al (7722)
The wind tunnel test of plastic greenhouse and its surface wind pressure patterns	 YANG Zaiqiang, ZHANG Bo, XUE Xiaoping, et al (7730)
Population quantitative characteristics and dynamics of rare and endangered plant <i>Davidia involucrata</i> in Hunan Province	 LIU Haiyang, JIN Xiaoling, SHEN Shouyun, et al (7738)
Phenotypic diversity in populations of germplasm resources of <i>Rodgersia sambucifolia</i> and related species	 LI Pingping, MENG Hengling, CHEN Junwen, et al (7747)
Effects of sand burial and seed size on seed germination, seedling emergence and growth of <i>Caragana korshinskii</i> Kom. (Fabaceae) ...	 YANG Huiling, LIANG Zhenlei, ZHU Xuanwei, et al (7757)
Population-keeping mechanism of the parasitoid <i>Dastarcus helophoroides</i> (Coleoptera: Bothrideridae) of <i>Massicus raddei</i> (Coleoptera: Cerambycidae) in oak forest	YANG Zhongqi, TANG Yanlong, JIANG Jing, et al (7764)
Study of mingling based on neighborhood spatial permutation	LOU Minghua, TANG Mengping, QIU Jianxi, et al (7774)
Comparison of three regression analysis methods for application to LAI inversion using Hyperion data	 SUN Hua, JU Hongbo, ZHANG Huaiqing, et al (7781)
Response of seed germination and seedling growth of <i>Pinus koraiensis</i> and <i>Quercus mongolica</i> to comprehensive action of warming and precipitation	ZHAO Juan, SONG Yuan, SUN Tao, et al (7791)
Impacts of water stored in sapwood <i>Populus bolleana</i> on its sap flux	DANG Hongzhong, LI Wei, ZHANG Youyan, et al (7801)
Dynamics of greenhouse gases emission and its impact factors by fire disturbance from <i>Alnus sibirica</i> forested wetland in Xiaoxing'an Mountains, Northeast China	GU Han, MU Changcheng, ZHANG Bowen (7808)
Different tide status and salinity alter stoichiometry characteristics of mangrove <i>Kandelia candel</i> seedlings	 LIU Biner, LIAO Baowen, FANG Zhanqiang (7818)
Effects of shrub encroachment in desert grassland on runoff and the induced nitrogen loss in southeast fringe of Tengger Desert	 LI Xiaojun, GAO Yongping (7828)
Community structure and throughfall erosivity characters of artificial rainforest in Xishuangbanna	 DENG Yun, [TANG Yanlin], CAO Min, et al (7836)
Temporal-spatial variations of net ecosystem productivity in alpine area of southwestern China	 PANG Rui, GU Fengxue, ZHANG Yuandong, et al (7844)

Relationships between chemical compositions of <i>Quercus</i> species seeds and climatic factors in temperate zone of NSTEC	LI Dongsheng, SHI Zuomin, LIU Shirong, et al (7857)
Effects of simulated acid rain stress on the PS II reaction center and free radical metabolism in leaves of longan	LI Yongyu, PAN Tengfei, YU Dong, et al (7866)
Assessment of organic pollution for surface soil in Shenyang suburbs	CUI Jian, DU Jizhong, MA Hongwei, et al (7874)
The impact of rainfall on soil respiration in a rain-fed maize cropland	GAO Xiang, HAO Weiping, GU Fengxue, et al (7883)
Effects of winter crops on enzyme activity and morphological characteristics of root in subsequent rice crops	YU Tianyi, PANG Huancheng, REN Tianzhi, et al (7894)
Dynamic changes of soil moisture and nitrate nitrogen in wheat and maize intercropping field under different nitrogen supply	YANG Ruiju, CHAI Shouxi, MA Zhongming (7905)
Characteristics of the bird diversity and the impact factors in Weishan Lake	YANG Yuewei, LI Jiuen (7913)
The effect of cropping landscapes on the population dynamics of the cotton bollworm <i>Helicoverpa armigera</i> (Lepidoptera, Noctuidae) in the northern Xinjiang	LU Zhaozhi, PAN Weilin, ZHANG Xin, et al (7925)
The seasonal variations of nitrogen and phosphorus release and its fluxes from the sediments of the Beili Lake in the Hangzhou West Lake	LIU Jingjing, DONG Chunying, SONG Yingqi, et al (7932)
Optimization of lake model salmo based on real-coded genetic algorithm	GUO Jing, CHEN Qiuwen, ZHANG Xiaoqing, et al (7940)
The influence of climatic environmental factors and fishing pressure on changes of hairtail catches in the northern South China Sea	WANG Yuezhong, SUN Dianrong, CHEN Zuozhi, et al (7948)
Seasonal and spatial distribution of acid volatile sulfide in sediment under different mariculture types in Nansha Bay, China	YAN Tingru, JIAO Haifeng, MAO Yuze, et al (7958)
Review and Monograph	
Research progress on the mechanism of improving plant cold hardiness	XU Chengxiang (7966)
Influences of vegetation on permafrost: a review	CHANG Xiaoli, JIN Huijun, WANG Yongping, et al (7981)
Home-field advantage of litter decomposition and its soil biological driving mechanism: a review	ZHA Tonggang, ZHANG Zhiqiang, SUN Ge, et al (7991)
Research progress on the relationship of pollutants between road-deposited sediments and its washoff	ZHAO Hongtao, LI Xuyong, YIN Chengqing (8001)

《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 24 期 (2012 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 24 (December, 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: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 70.00 元