

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

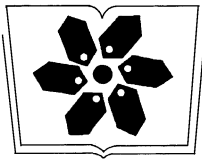
Acta Ecologica Sinica



第33卷 第7期 Vol.33 No.7 **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 7 期 2013 年 4 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 线虫转型发育和寄主识别的化学通讯研究进展..... 张 宾,胡春祥,石 进,等 (2003)
- 生物物种资源监测原则与指标及抽样设计方法..... 徐海根,丁 晖,吴 军,等 (2013)

个体与基础生态

- 呼伦贝尔草原人为火空间分布格局..... 张正祥,张洪岩,李冬雪,等 (2023)
- 青藏高原草地地下生物量与环境因子的关系..... 杨秀静,黄 玫,王军邦,等 (2032)
- 1961—2010 年桂林气温和地温的变化特征 陈 超,周广胜 (2043)
- 黄泥河自然保护区狗冬季卧息地选择..... 朱洪强,葛志勇,刘 庚,等 (2054)
- 青藏高原草地植物叶解剖特征..... 李全发,王宝娟,安丽华,等 (2062)
- 青藏高原高寒草甸夏季植被特征及对模拟增温的短期响应..... 徐满厚,薛 娴 (2071)
- 高温影响番茄小孢子发育的细胞学研究..... 彭 真,程 琳,何艳军,等 (2084)
- 黄土丘陵半干旱区柠条林株高生长过程新模型..... 赵 龙,王振凤,郭忠升,等 (2093)
- 柝属 7 种植物种子的发芽抑制物质研究..... 李庆梅,刘 艳,刘广全,等 (2104)
- 水分胁迫和杀真菌剂对黄顶菊生长和抗旱性的影响..... 陈冬青,皇甫超河,刘红梅,等 (2113)
- 铜尾矿废弃地与相邻生境土壤种子库特征的比较..... 沈章军,欧祖兰,田胜尼,等 (2121)
- 云雾山典型草原火烧不同恢复年限土壤化学性质变化..... 李 媛,程积民,魏 琳,等 (2131)
- 根系分区交替灌溉条件下水肥供应对番茄果实硝酸盐含量的影响..... 周振江,牛晓丽,李 瑞,等 (2139)
- 喀斯特山区土地利用对土壤团聚体有机碳和活性有机碳特征的影响..... 李 娟,廖洪凯,龙 健,等 (2147)
- 自生固氮菌活化土壤无机磷研究..... 张 亮,杨宇虹,李 倩,等 (2157)
- 德国鳶尾对 Cd 胁迫的生理生态响应及积累特性 张呈祥,陈为峰 (2165)
- 施污土壤重金属有效态分布及生物有效性..... 铁 梅,宋琳琳,惠秀娟,等 (2173)
- 基于叶面积指数改进的直角双曲线模型在玉米农田生态系统中的应用..... 孙敬松,周广胜 (2182)
- 中稻田三种飞虱的捕食性天敌优势种及农药对天敌的影响..... 林 源,周夏芝,毕守东,等 (2189)

种群、群落和生态系统

- 珠江口超微型浮游植物时空分布及其与环境因子的关系..... 张 霞,黄小平,施 震,等 (2200)
- 输水前后塔里木河下游物种多样性与水因子的关系..... 陈永金,刘加珍,陈亚宁,等 (2212)
- 南海西北部陆架区鱼类的种类组成与群落格局..... 王雪辉,林昭进,杜飞雁,等 (2225)
- 滇西北高原碧塔湖滨沼泽植物群落分布与演替 韩大勇,杨永兴,杨 杨 (2236)
- 石羊河下游白刺灌丛演替过程中群落结构及数量特征..... 靳虎甲,马全林,何明珠,等 (2248)

资源与产业生态

- 土壤深松和补灌对小麦干物质生产及水分利用率的影响..... 郑成岩,于振文,张永丽,等 (2260)

豆科绿肥及施氮量对旱地麦田土壤主要肥力性状的影响..... 张达斌,姚鹏伟,李 婧,等 (2272)

沟壑全覆盖种植方式对旱地玉米生长及水分利用效率的影响..... 李 荣,侯贤清,贾志宽,等 (2282)

城乡与社会生态

北京北护城河河岸带的温湿度调节效应 吴芳芳,张 娜,陈晓燕 (2292)

西安太阳总辐射时空变化特征及对城市发展的响应..... 张宏利,张纳伟锐,刘敏茹,等 (2304)

研究简报

安徽琅琊山大型真菌区系多样性..... 柴新义,许雪峰,汪美英,等 (2314)

中国生态学会 2013 年学术年会征稿通知 (2320)

第七届现代生态学讲座、第四届国际青年生态学者论坛通知 (I)

中、美生态学会联合招聘国际期刊主编 (i)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 318 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 32 * 2013-04



封面图说: 金灿灿的小麦熟了——小麦是世界上最早栽培的农作物之一,是一种在世界各地广泛种植的禾本科植物,起源于中东地区。全世界大概有 43 个国家,近 35%—40% 的人口以小麦为主要粮食。小麦是禾谷类作物中抗寒能力较强的越冬作物,具有一定的耐旱和耐盐碱能力。中国的小麦分布于全国各地,主要集中于东北平原、华北平原和长江中下游一带。小麦秋季播种、冬季生长、春季开花、夏季结实。子粒含有丰富的淀粉、较多的蛋白质、少量的脂肪,还有多种矿物质元素和维生素 B,是一种营养丰富、经济价值较高的粮食。

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/stxb201201050027

李庆梅, 刘艳, 刘广全, 刘勇, 侯龙鱼, 胡金鑫. 栎属 7 种植物种子的发芽抑制物质研究. 生态学报, 2013, 33(7): 2104-2112.

Li Q M, Liu Y, Liu G Q, Liu Y, Hou L Y, Hu J X. Germination inhibitory substances extracted from the seed of seven species of *Quercus*. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(7): 2104-2112.

栎属 7 种植物种子的发芽抑制物质研究

李庆梅¹, 刘 艳^{2,1}, 刘广全^{3,4,*}, 刘 勇², 侯龙鱼⁵, 胡金鑫⁴

(1. 林木遗传育种国家重点实验室, 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091;

2. 北京林业大学森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083; 3. 中国水利水电科学研究院, 北京 100048;

4. 西北农林科技大学, 杨凌 712100; 5. 中国科学院植物研究所植被与环境变化重点实验室, 北京 100093)

摘要: 运用系统溶剂法和生物测定法, 以栎属 7 种植物种子为材料, 研究了其种皮、胚(胚及周围部分子叶)和子叶(远离胚端 2/3 子叶) 1.0 g/mL 和 0.5 g/mL 浓度甲醇等浸提液以及各有机相对白菜种子萌发的影响。结果表明: 栓皮栎、锐齿栎、蒙古栎、沼生栎和麻栎甲醇浸提液均能显著降低白菜种子发芽率、根长和苗高, 且对发芽率的抑制作用逐渐降低; 夏栎和房山栎甲醇浸提液对白菜种子发芽率没有显著影响, 但对根长和苗高有一定的抑制作用; 种子不同部位甲醇浸提液的抑制作用表现为胚>子叶>种皮, 且甲醇高浓度浸提液的抑制作用大于低浓度的抑制作用; 甲醇相对白菜种子发芽率、苗高或根长的抑制作用最强, 其次是乙酸乙酯相, 其它溶剂相萃取液的抑制作用不明显。栎属种子甲醇浸提液及各有机相对白菜种子苗高和根长的抑制作用强于对发芽率的影响, 说明栎属种子中所含抑制物质主要是限制自身根和芽的生长, 可能是造成延迟萌发和出苗不整齐的原因。

关键词: 栎属植物种子; 内源抑制物质; 甲醇浸提液; 系统溶剂法; 白菜种子; 发芽

Germination inhibitory substances extracted from the seed of seven species of *Quercus*

LI Qingmei^{1,*}, LIU Yan^{2,1}, LIU Guangquan^{3,4,*}, LIU Yong², HOU Longyu⁵, HU Jinxin⁴

1 State Key Laboratory of Tree Genetics and Breeding, Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

2 Key Laboratory for Silviculture and Conservation, Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

3 China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100048, China

4 Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, China

5 State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China

Abstract: The delayed and irregular germination of *Quercus* seeds can negatively influence seedling quality and growth. The might be explained by several factors, including mechanical strength of the pericarp, secondary metabolites (e.g. tannins and polyphenols), plant hormones especially abscisic acid (ABA) and indoleacetic acid (IAA), and germination inhibitors. These chemicals produced in plants can prevent the seed germination of themselves or other species. The inhibitory substances in aqueous extracts of pericarp tissue which increased with acorn development have been found by Blanche. Moreover, the presence of inhibitory substances has also been confirmed in the pericarp of mature *Quercus nigra* acorns. However, the study on whether the germination inhibitors contained in different parts of oak acorns is still lacking. Acorns were divided into three parts: pericarp, cotyledon (cutting off 2/3 of the distal end of acorns) and embryo (here including embryo and 1/3 cotyledon around it). Then they were oven-dried (30°C), crushed and passed through 1-mm sieve. Subsequently, they were extracted in 80% methanol extracts and vacuum concentrated to 1 g/mL, some of which

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划(2006BAD09B06、2006BAD03A0308); 国家重点基础研究发展计划“973 计划”(2010CB951301-6); 林业公益性行业科研专项(200804022B-3); 水利部“948”项目(200207)

收稿日期: 2012-01-05; 修订日期: 2012-09-25

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: gqliu@iwhr.com

were diluted to 0.5 g/mL. In order to verify if the inhibitory substance in different parts of acorns can lead to delayed and uneven germination, germination percentage and root and shoot length of *Beassica pekinensis* seeds were investigated which cultivated in a Sanyo growth cabinet and watered by distilled water, 80% methanol extracts and the extraction phase of methanol, of petroleum ether, of aether, of ethyl acetate, and of water from the acorn embryo, cotyledon and pericarp with concentrations of 1.0g and 0.5g dry acorn weight per ml methanol (g/mL). The results showed that (1) the germination percentage, shoot and root length of *B. pekinensis* seeds watered by 1.0 g/mL methanol extracts from embryo, cotyledon and pericarp of *Q. variabilis*, *Q. aliena* var. *acuteserrata*, *Q. mongolica*, *Q. palustris* and *Q. acutissima* seeds were significantly lower than those from control, and the inhibitory effect of germination rates gradually decreased, and 0.5 g/mL methanol extracts from embryo, cotyledon of *Q. variabilis* acorns reduced the germination percentage of *B. pekinensis* seeds, while no significant difference was detected in germination percentage of *B. pekinensis* seeds between those from pericarp of all tree species acorns and the control; (2) methanol extracts from embryo, cotyledon and pericarp of *Q. robur* and *Q. × fangshanensis* remarkably reduced shoot and root length of *B. pekinensis* seeds, but little response in germination percentage; (3) the inhibitory effect of Methanol extracts from embryo, cotyledon and pericarp declined in turn, with higher concentration of methanol extract having stronger inhibitory intension for each section of seeds; (4) the inhibitory strengthen of extraction phase of methanol among 5 extraction phases, was larger than that of extraction phase of ethyl acetate, resulting in the lowest germination rate, shoot or root length of *B. pekinensis* seeds, meanwhile, negative effects was observed in other extraction phases. The fact of extracted substances having stronger inhibitory effect on the length of root and shoot than on the germination percentage of *B. pekinensis*, indicating that the inhibitors of oak seeds mainly restrict germination of root and shoot themselves, which could be the cause of the irregular germination.

Key Words: methanol extracts; systematic solvent extraction; inhibitory substance; seed; *Quercus*

栎属(*Quercus*)是我国重要的硬阔叶树种,具有耐寒、耐旱和耐瘠薄的生态特性^[1]。麻栎(*Q. acutissima* Carruth.)、锐齿栎(*Q. aliena* var. *acuteserrata* Maxim ex Wenz.)、栓皮栎(*Q. variabilis* BL.)和蒙古栎(*Q. mongolica* Fischer ex ledebour.)等,在土壤改良、植被恢复、水土保持、水源涵养等方面具有重要作用^[2]。近年来,随着经济的发展,栎属植物已成为主要的经济和能源树种,生物量和蓄积量在林木中占较大的比重^[3]。

栎类植物人工造林生产实践中通常采用播种育苗,但存在延迟萌发、出苗不整齐的现象^[4]。自然条件下,最先出苗和后出苗的相差可达数周^[5],出苗整齐性很差^[6]。近几年栎类植物经常采用容器育苗^[7],这就要求苗木快速整齐的萌发,这也是提高育苗质量的一个有效途径^[8]。因此,研究和认识造成栎类种子延迟萌发和出苗不整齐的原因并找出相应的改善途径,不仅可提高育苗的质量,改善栎林自然更新率低的现状,对育苗具有一定的指导意义。

栎类种子延迟萌发和出苗不整齐的原因主要包括:(1)形态影响即种子大小和种皮机械束缚影响^[4,9];(2)次生代谢物如单宁酸和酚类等通过抑制一些代谢途径影响种子的萌发^[10];(3)植物激素脱落酸(ABA)和植物生长调节剂(IAA)影响种子的代谢途径^[11-12]。发芽抑制物质是由植物体产生的,或是植物体中虽不存在而与发芽抑制有关的物质,这类物质可延迟或抑制同种或异种种子的发芽^[13]。Peterson^[6]发现成熟水果果皮的水提物中含有抑制物质。为了抵御昆虫取食,栎类种子能产生抑制种子萌发的次生代谢物,如多酚(polyphenols)^[10]和单宁酸(tannins)^[14]。但对将栎类种子解剖成不同部位,并采用科学有效的方法提取其抑制物质的研究较少。系统溶剂法和生物测定法是测定和分析种子中抑制物质的有效方法^[15-17],且该方法在栎类种子抑制物质研究上应用较少,本研究通过对 7 种栎属植物种子萌发抑制物质的研究,试图找出导致栎属种子延迟萌发和出苗不整齐的原因,为生产上采取措施提高种子发芽率和整齐性提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用种子来源于中国科学院北京植物园、河南省小秦岭自然保护区和陕西省秦岭东段新开岭自然保护

区,各地区所采物种和气象因子见表 1。

表 1 采种地点及相应气象因子
Table 1 Seed sites and corresponding meteorological factors

物种 Species	产地 Locality	东经 East Longitude/E	北纬 North Latitude/N	年降雨量 Precipitation/mm	年均温 Annual mean temperature/℃	无霜期 Frostless Season/d
锐齿栎、夏栎、 房山栎、麻栎	中科院北京植物园	116°20′	39°56′	507.7	13.0	189
栓皮栎	河南省小秦岭自然保护区	110°28′	34°25′	641.8	13.8	207
沼生栎、蒙古栎	陕西省新开岭自然保护区	110°48′	33°24′	803.0	14.0	216

生物活性测定所用白菜 (*Brassica pekinensis*) 种子品种为中白 81, 由北京中蔬园艺良种研究开发中心提供, 纯度 96%, 净度 98%, 发芽率 85% 以上, 含水量约 7%。采收于 2010 年 6 月, 保存在 (3±1)℃ 的冰箱中。

1.2 研究方法

1.2.1 种子预处理和基本形态指标测定

采收后的种子用自来水浸泡, 5 min 后淘汰仍漂浮在水面的种子^[18], 剩下的种子(将壳斗即果碗和种子分开)擦拭干表面水分后平铺自然阴干, 间隔 2—3 h 翻动 1 次, 2 d 后将种子置于 (3±1)℃ 贮藏柜中保存。

1.2.2 种子发芽试验

为了验证栎属植物种子延迟萌发的现象, 随机选取麻栎、夏栎和房山栎各 45 粒, 15 粒 1 组, 共 3 个重复。将种子放入铺有 3 层滤纸的培养皿中^[4,19]置于 25℃、光照 8 h 培养箱进行发芽试验。种子萌发后每 7 d 统计 1 次, 分别统计出根数和出芽数, 并计算出根率和发芽率, 计算公式如下:

出根率(%) = 出根种子数/供试种子数×100%

发芽率(%) = 发芽种子数/供试种子数×100%

1.2.3 栎属 7 种植物种子不同部位甲醇浸提液的提取及生物活性测定

将 7 种种子解剖为种皮(胚和子叶外围的部分)、种胚(胚及周围部分子叶)和子叶(远离胚端 2/3 子叶) 3 个部分, 30℃ 烘干后用粉碎机磨碎, 过 1 mm 筛。分别称取 50 g 加入足量的 80% 甲醇溶液, 于 (3±1)℃ 条件下密闭浸提, 并间隔 4 h 搅拌 1 次, 使其充分浸提^[16]。每 24 h 更换 1 次浸提液, 重复浸提 3 次。合并浸提液, 离心, 取上清液, 减压浓缩至 1 g/mL。分别取一定体积浓缩液稀释至 0.5 g/mL, 每个浓度 10 mL, 贮于 (3±1)℃ 条件下备用。

在直径 9 cm 的培养皿中铺入滤纸, 分别加入 3 mL 待测液, 待各相有机溶剂完全挥发(水相除外)后, 每皿内再加入 3 mL 蒸馏水, 并以同体积蒸馏水作为对照。白菜种子用始温 45℃ 水浸泡 10 min 后, 取 100 粒均匀摆放在培养皿中, 置于 25℃ 恒温光照培养箱内, 48 h 统计白菜种子的发芽率(胚根长度大于白菜种子直径时即为发芽), 72 h 测其苗高和根长。每个处理 3 个重复。

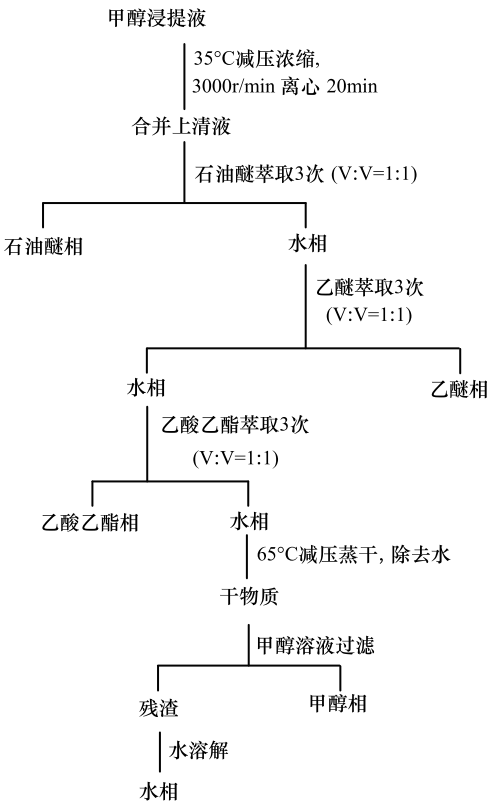


图 1 种皮、子叶和胚中抑制物质提取流程图

Fig. 1 The flow chart of inhibitor extract in pericarp, cotyledon and embryo

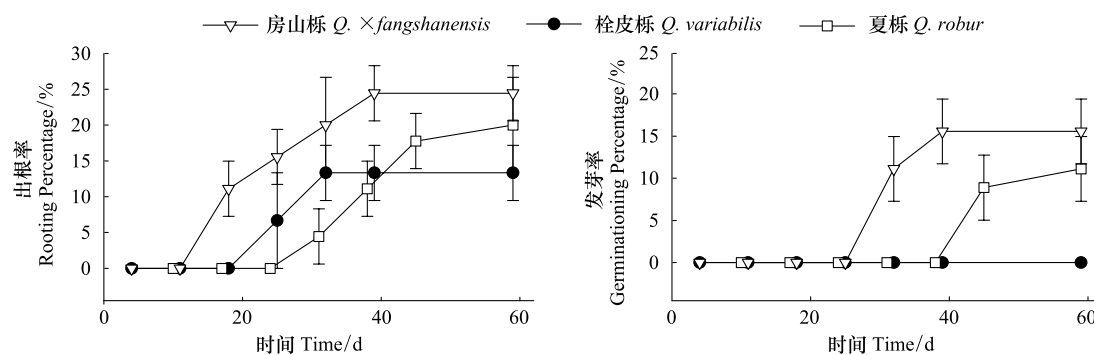


图2 麻栎、夏栎和房山栎种子萌发过程

Fig. 2 The process of germinating of *Q. acutissima*, *Q. robur* and *Q. xfangshanensis* seeds

1.2.4 栎属 7 种植物种子不同部位中抑制物质的初步分离及生物活性测定

按系统溶剂法^[15],将种皮、子叶和种胚的甲醇浸提液分离为石油醚相、乙醚相、乙酸乙酯相、甲醇相和水相(图3)。然后将各有机相溶液分别置于旋转蒸发仪 RE-52AA 上进行浓缩蒸发,最后将各有机相定容至 1 g/mL,置于(3±1)℃冰箱中保存备用。各分离相生物活性测定方法同 1.2.3。

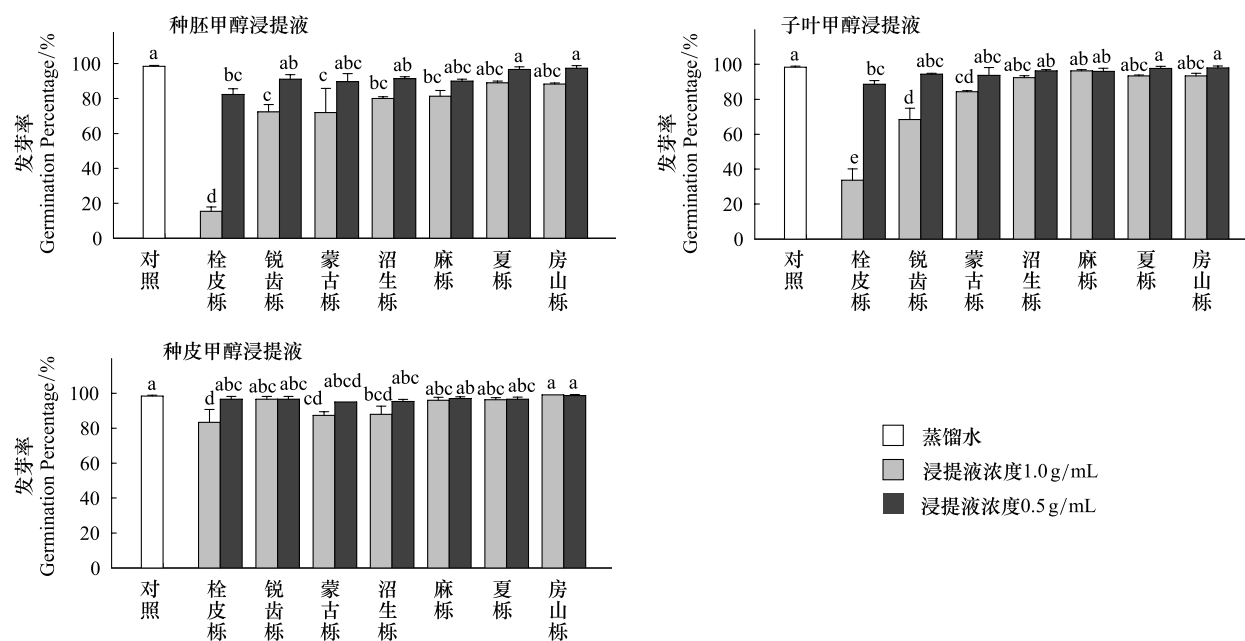


图3 不同浓度种子甲醇浸提液对白菜种子发芽率的影响

Fig. 3 Effects of different concentrations of methanol extract from embryo, cotyledon and pericarp of seeds on the germination percentage of *B. pekinensis* seeds

不同字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$)

1.3 数据分析

用 SPSS11.5 进行单因素方差分析,种子发芽率方差分析前经反正弦转换,用 Scheffe 检验其差异显著性。结果以平均值±标准差(Mean value±SD)表示。图由 SigmaPlot 10.0 辅助完成。

2 结果与分析

2.1 栎属 3 种植物种子萌发过程

麻栎、夏栎(*Q. robur* L)和房山栎(*Q. xfangshanensis* Liou)从最初出根到出根末期分别用了 14、28 和 28 d,最后的出根率分别为(13.3±3.8)%、(20.0±6.7)%和(24.4±3.8)%。夏栎和房山栎种子开始发芽的天数

比出根的时间大约推迟了 14 d,且发芽率均小于出根率,分别为 $(11.1 \pm 3.8)\%$ 、 $(15.6 \pm 3.8)\%$ 。麻栎种子在培养期内没有发芽(图 2)。3 个物种的生活力(TTC 染色法测定)均超过 80%,但出根率和发芽率均不超过 30%,说明 3 种栎属种子存在延迟萌发、只生根不萌芽、出苗不整齐等现象。

2.2 不同浓度的种子甲醇浸提液对白菜种子发芽的影响

7 种栎属种子的种皮、种胚和子叶甲醇浸提液对白菜种子发芽率表现出不同影响(图 3)。栓皮栎、锐齿栎、蒙古栎、沼生栎(*Q. palustris* Muench)和麻栎种胚浸提液 1.0 g/mL 浓度显著降低了白菜种子发芽率,比对照发芽率分别降低了 83%、26%、26.3%、18.3% 和 17%;夏栎和房山栎分别降低了 9.33% 和 10%,与对照没有显著差异。只有栓皮栎的 0.5 g/mL 浓度的种胚浸提液显著降低了白菜种子的发芽率,其它物种虽有不同程度的降低,但与对照差异不显著(图 3)。

对于子叶甲醇浸提液,1.0 g/mL 浓度时栓皮栎、锐齿栎和蒙古栎以及 0.5 g/mL 浓度时栓皮栎显著降低了白菜种子发芽率,其它均没有显著影响(图 3)。

种皮的甲醇浸提液,只有栓皮栎和蒙古栎 1.0 g/mL 浓度显著降低了白菜种子发芽率(图 3)。

因此,7 个物种中,栓皮栎各部分甲醇浸提液抑制作用最强,其次是锐齿栎和蒙古栎,夏栎和房山栎的抑制作用最弱。种子不同部位,抑制作用表现为胚>子叶>种皮,且浓度提高抑制作用增强。

2.3 不同浓度种子甲醇浸提液对白菜种子萌发后形成的幼苗苗高和根长的影响

由图 4 可以看出,与对照相比,1.0 g/mL 和 0.5 g/mL 浓度 7 树种种胚甲醇浸提液均显著降低了白菜种

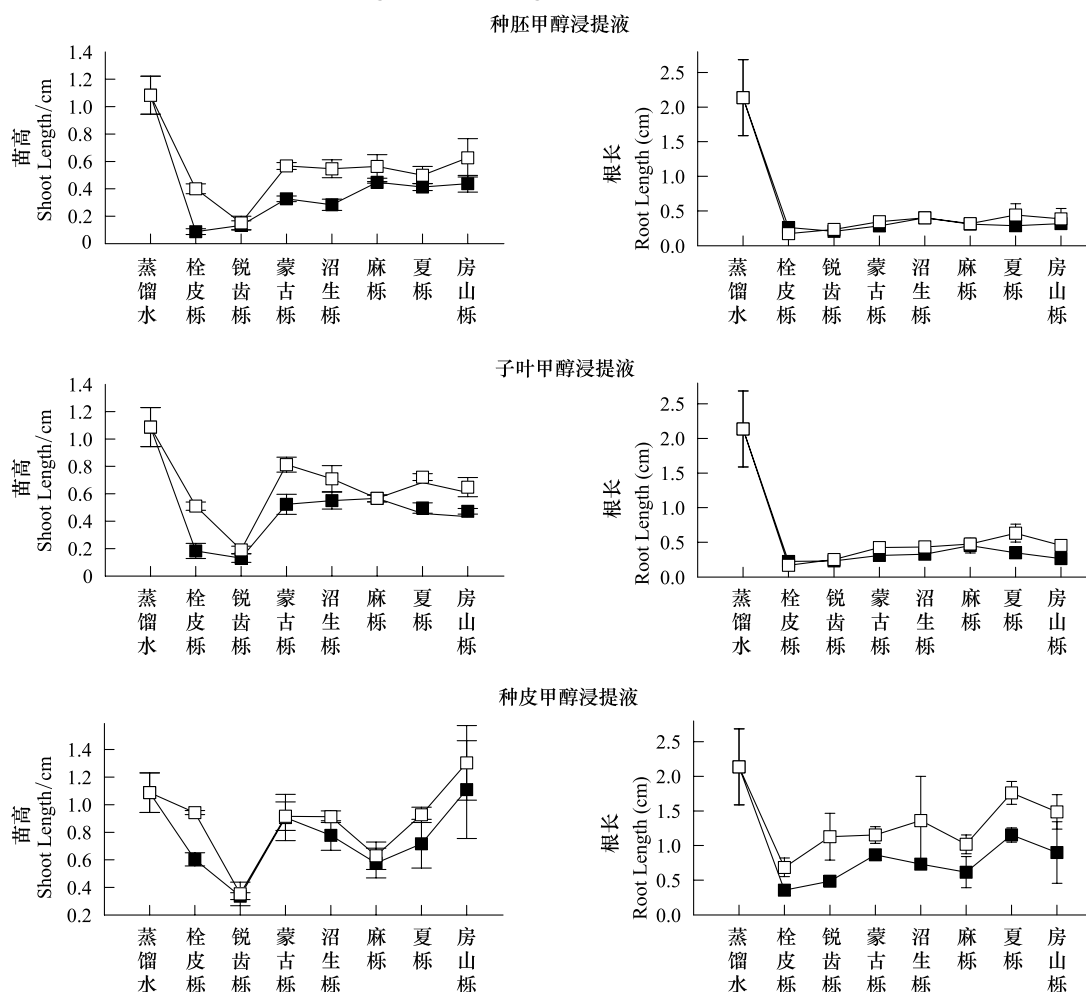


图 4 不同浓度的供试种子不同部位甲醇浸提液对白菜种子苗高和根长的影响

Fig. 4 Effects of different concentrations of methanol extract from embryo, cotyledon and pericarp of *Quercus* seeds on the shoot and root length of *B. pekinensis* seeds

子的苗高和根长,且高浓度的抑制作用大于低浓度。栓皮栎、锐齿栎、蒙古栎和沼生栎 1.0 g/mL 浓度种胚甲醇浸提液对白菜种子苗高的抑制作用显著高于麻栎、夏栎和房山栎;栓皮栎和锐齿栎 0.5 g/mL 浓度种胚甲醇浸提液白菜种子苗高显著低于其它树种,抑制作用较强;各树种间 2 种浓度种胚甲醇浸提液对白菜种子根长没有显著性差异,栓皮栎和锐齿栎的相对较小。

与对照相比,7 个树种的子叶甲醇浸提液均降低了白菜种子的苗高和根长。栓皮栎和锐齿栎子叶甲醇浸提液白菜种子的苗高最低,说明它们对苗高的抑制作用最强,蒙古栎对白菜种子苗高的抑制作用最弱,其他树种的抑制作用无显著差异。各树种间对根长的抑制作用差不多。高浓度的苗高和根长比低浓度的低,具有较强的抑制作用(图 4)。

图 4 结果表明,锐齿栎种皮两个设定浓度的甲醇浸提液均显著降低白菜种子的苗高,栓皮栎、麻栎、夏栎、沼生栎和蒙古栎种皮两个设定浓度的甲醇浸提液一定程度上降低了白菜种子苗高,且高浓度的抑制作用强于低浓度;房山栎 2 种浓度白菜种子的苗高与对照差不多。栓皮栎和锐齿栎 2 种浓度显著降低了白菜种子的根长,其它树种的甲醇浸提液也一定程度抑制了白菜种子根长的生长。

7 个树种的种胚、子叶和种皮的甲醇浸提液对苗高的影响差异不大,胚和子叶的甲醇浸提液对根长的抑制作用大于种皮。

2.3 各有机相对白菜种子萌发的影响

各树种甲醇相对白菜种子的发芽率抑制作用较强(图 5),栓皮栎、锐齿栎和夏栎种胚以及蒙古栎子叶的甲醇相均显著降低了白菜种子的发芽率,分别降低了 25.0%、17.3%、18.3% 和 15.3%。其它 4 个有机相,只有沼生栎种皮的乙醚相对白菜种子发芽率有显著抑制作用。

各树种甲醇相对白菜种子苗高和根长也有显著抑制作用,种皮对苗高没有显著影响。只有栓皮栎胚的甲醇相对苗高的抑制作用明显高于子叶,其余树种胚和子叶甲醇相对苗高和根长的影响差异不显著。

锐齿栎种胚的乙酸乙酯相对苗高有显著抑制作用,其他树种不同部位没有显著抑制白菜种子苗高的生长。锐齿栎、麻栎和夏栎种子 3 个部位以及栓皮栎、蒙古栎和房山栎种胚和子叶的乙酸乙酯相均不同程度降低了白菜种子的根长,但与对照差异不显著,因此,种胚与子叶各有机相对白菜种子根长的抑制作用大于种皮。各树种的石油醚相、乙醚相和水相对白菜种子的苗高和根长基本没有影响。

综合发芽率、苗高和根长指标看,各树种甲醇相的抑制作用最强,其次是乙酸乙酯相,而且种胚和子叶的抑制作用较种皮强,其他相的抑制作用不是很明显。

3 结论与讨论

栓皮栎、锐齿栎、蒙古栎、沼生栎和麻栎甲醇浸提液均能显著降低白菜种子发芽率,且抑制作用逐渐降低,说明它们的甲醇浸提液均含有萌发抑制物质。Peterson^[6]在水栎(*Quercus nigra*)果皮的水提物中也发现含有抑制物质,燕山红栗(*Castanea mollissima* B I cv. 'Yanshanhong')和板栗(*C. mollissima* Blume)种皮中也含有抑制物质^[20-21]。有研究认为为了抵御昆虫取食,栎类种子产生次生代谢物^[9],如多酚(polyphenols)^[10]和单宁酸(tannins)^[14],这些物质能抑制种子的萌发。对多种栎类的统计表明休眠的红栎类(Red oaks)种子单宁酸含量明显多于无休眠的白栎类(White oaks)种子^[22]。

夏栎和房山栎甲醇浸提液对白菜种子发芽率没有显著影响,但对根长和苗高有一定的抑制作用。Bonner and Vozzo^[4]研究指出白栎亚属的大部分种子没有休眠,但在萌发过程中,出苗不整齐。由此可见,栎类种子的延迟萌发和出苗不整齐受多种物质的影响,在物种间存在着差异。

栎属 7 个种的种子不同部位甲醇相均能显著降低白菜种子发芽率、苗高或根长,说明甲醇相的抑制作用最强,其次是乙酸乙酯相,其他相的抑制作用不是很明显,由此推断栎属种子中所含抑制物种可能为极性化合物。其它林木物种种子不同部位,如西洋参(*Panax quinque folium* L.)果肉^[15]、珙桐(*Davidia involucrata* Baill.)果皮和胚乳^[23]、南京椴(*Tilia miquelian* Maxim.)果皮和种子^[24]、南方红豆杉(*Taxus chinensis* var. *mairei* Chenget L. K. Fu)种皮和胚乳^[16]、山茱萸(*Macrocarpium officinale* Nakai)外果皮和种壳^[25]和美国桂花

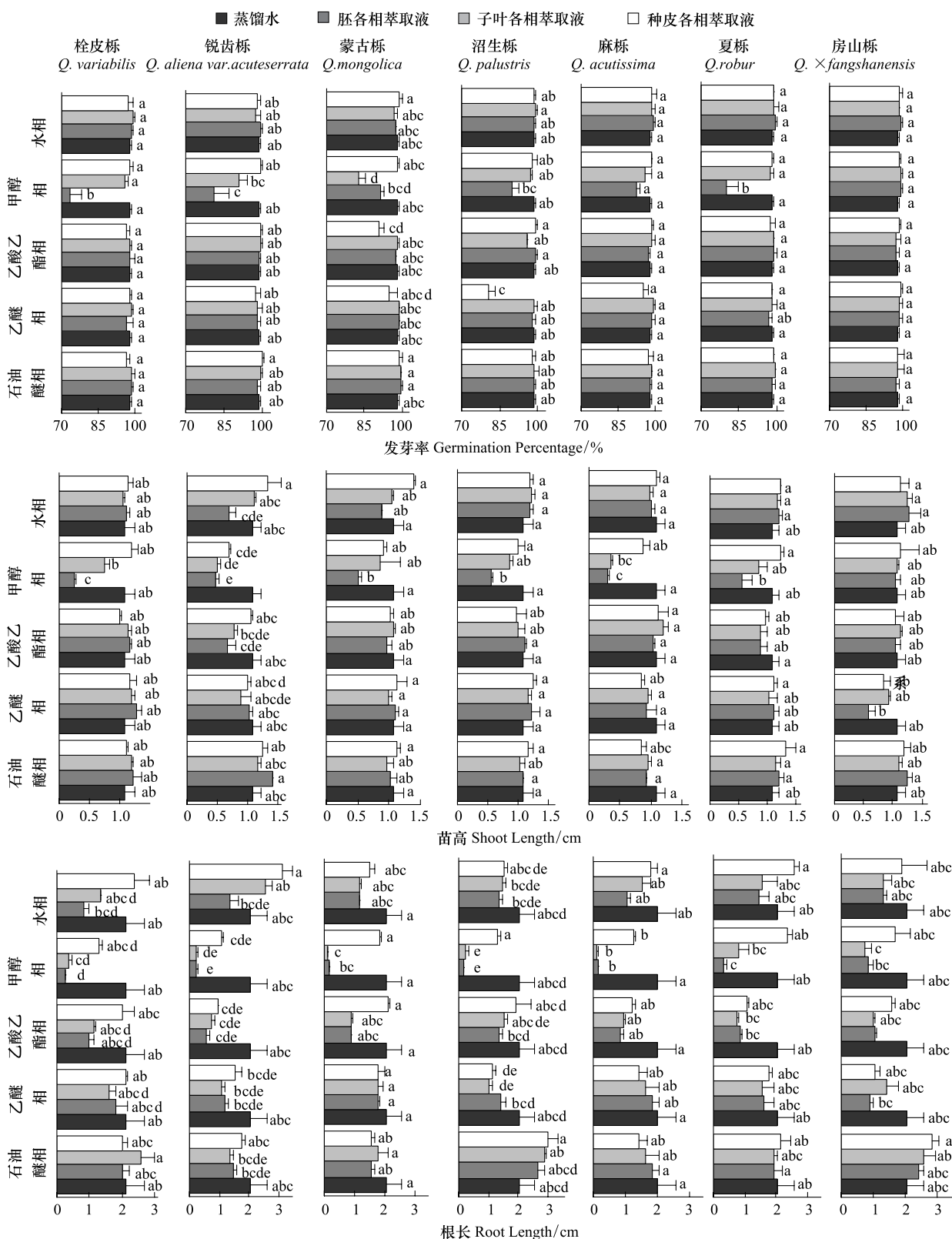


图5 种子各部位各有机相浸提液对白菜种子萌发的影响

Fig. 5 Effects of inhibitors of pericarp, embryo and cotyledon from 5 phases on the germination percentage, root length and shoot height of *B. pekinensis*

(*Osmanthus americanus*) 种壳和胚乳^[26]的甲醇相均对白菜种子的发芽率或生长有显著抑制作用。其中, 珙桐果皮^[22]、南方红豆杉种皮和胚乳^[16]和山茱萸外果皮和种壳^[25]的乙酸乙酯相都含有抑制物质。另外, 西洋参果肉^[15]、珙桐果皮和胚乳^[23]、南京椴果皮^[24]、南方红豆杉种皮和胚乳^[16]、美国桂花种壳和胚乳的乙醚相^[26]以及南方红豆杉种皮和胚乳的石油醚相和水相^[16]也均含有抑制物质。甲醇相中均含有抑制物质可能是上述各树种种子在贮藏和其萌发过程中的主要生理过程均相似, 为了适应环境和完成生长发育, 自身会产生一些化合物, 抑制周围其它种子萌发或自身萌发。种子适应不同环境条件可能是造成抑制物质有差别的原因, 如有些休眠是为了错开寒冷的环境, 有些是为了预防干旱和驱避虫食。种子中可能存在多种抑制物, 但起关键作用的可能仅有一种或几种^[23]。本试验 7 种栎属植物种子抑制物测定均以白菜种子的萌发和生长为参照, 抑制物对栎类种子自身萌发和生长的抑制程度以及抑制机理有待进一步研究。

试验证明栎类种子中含有抑制物质, 这些抑制物质主要抑制种子萌芽和生长。研究发现, 栎类植物存在延迟萌发、出苗不整齐^[4-5]和只生根不萌芽现象^[27], 麻栎、夏栎和房山栎种子的发芽试验进一步验证了这种现象。除了种皮的机械束缚^[9]和子叶的影响外^[7], 栎类种子中含有抑制物质也可能是造成其延迟萌发和出苗不整齐的原因。进一步鉴定抑制物质及其抑制机制, 研究减弱和消除其对萌发的抑制、促进种子的快速萌发和整齐出苗的途径, 对栎属植物造林生产和栎类更新均具有重要意义。

References:

- [1] Li W Y, Wang B, Li G C. Ecology benefits, economical values and conservation strategies of *Quercus* species. *Forest Science and Technology*, 2001, (8): 13-15.
- [2] Zhang H M, Wang X J, Yan J H, Bai J H, Lu Y G. Analysis on spatial distribution and growth process of oak forests in Beijing. *Journal of Beijing Forestry University*, 2010, 32(Supplement): 71-79.
- [3] Gao J R. Hydrological effect of *Quercus aliena* var. *acuteserrata* stands in forest region of the Qinling Mountains. *Journal of Beijing Forestry University*, 1998, 20(6): 13-15.
- [4] Bonner F T, Vozzo J A. Seed biology and technology of *Quercus*. New Orleans: USDA Forest Service, 1987.
- [5] Suszka B, Muller C, Bonnet-Masimbert M. Nasiona Drzew Leśnych: Od zbioru do siewu. [Seeds of forest broadleaves from harvest to sowing]. PWN: Warszawa-Poznań, 2000: 307.
- [6] Peterson J K. Mechanisms involved in delayed germination of *Quercus nigra* L. seeds. *Annals of Botany*, 1983, 52(1): 81-92.
- [7] Giertych M J, Suszka J. Consequences of cutting off distal ends of cotyledons of *Quercus robur* acorns before sowing. *Annals of Forest Science*, 2011, 68(2): 433-442.
- [8] Suszka B. Generative propagation//Bugala W, ed. Dęby (*Quercus robur* L; *Q. petraea* (Matt) Liebl)-Nasze drzewa leśne. Poznań: Bogucki Wydawnictwo Naukowe, 2006: 305-388.
- [9] Quero J L, Villar R, Marañón T, Zamora R, Poorter L. Seed-mass effects in four mediterranean *Quercus* species (Fagaceae) growing in contrasting light environments. *American Journal of Botany*, 2007, 94(11): 1795-1803.
- [10] Rakić S, Povrenović D, Tešević V, Simić M, Maletić R. Oak acorn, polyphenols and antioxidant activity in functional food. *Journal of Food Engineering*, 2006, 74(3): 416-423.
- [11] Finch-Savage W E, Clay H A. Water relations of germination in the recalcitrant seeds of *Quercus robur* L. *Seed Science Research*, 1994, 4(3): 315-322.
- [12] Suszka B, Muller C, Bonnet-Masimbert M. Seeds of forest broadleaves: from harvest to sowing. Paris: Institute National de la Recherche Agronomique (INRA), 1996.
- [13] Evenari M. Germination inhibitors. *The Botanical Review*, 1949, 15(3): 153-194.
- [14] Shimada T. Nutrient compositions of acorns and horse chestnuts in relation to seed-hoarding. *Ecological Research*, 2001, 16(4): 803-808.
- [15] Huang Y G, Cui S Y, Lu Q, Niu H B, Zhao C Y, Han B R, Yang J X, Li X G. Growth inhibitors in American ginseng seed. *Journal of Jilin Agriculture University*, 1994, 16(2): 9-14.
- [16] Zhang Y J. Studies on seed dormancy mechanism of *Taxus chinensis* var. *Mairei* [D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2007.
- [17] Shang X L, Xu X Z, Fang S Z. Seed dormancy mechanism of *Cyclocarya paliurus*. *Scientia Silvae Sinicae*, 2011, 47(3): 68-75.
- [18] Nyandia C O, McPherson G R. Germination of two warm temperate oaks, *Quercus emoryi* and *Quercus arizonica*. *Canadian Journal of Forest Research*, 1992, 22(9): 1395-1401.

- [19] Kennedy P G, Hausmann N J, Wenk E H, Dawson T E. The importance of seed reserves for seedling performance; an integrated approach using morphological, physiological, and stable isotope techniques. *Oecologia*, 2004, 141(4): 547-554.
- [20] Bai K J, Guo S J, Shi Q L. Relation between seed dormancy and embryo form, testa and inclusion of *Castanea mollissima* cv. 'Yanshanhong'. *Journal of Southwest Forestry College*, 2005, 25(4): 106-109.
- [21] Xu K, Kong Q X, Xiao S Y. Studies on dormancy and germination of China chestnut seeds. *Chinese Agriculture Science Bulletin*, 1998, 14(1): 24-25.
- [22] Shimada T, Saitoh T. Re-evaluation of the relationship between rodent populations and acorn masting; a review from the aspect of nutrients and defensive chemicals in acorns. *Population Ecology*, 2006, 48(4): 341-352.
- [23] Lei N F, Su Z X, Chen J S, Guo J H. Germination inhibitors in fruit of rare and endangered *Davidia involucre*. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 2003, 9(6): 607-610.
- [24] Shi F H, Shen Y B, Shi J S. Study on germination inhibitor of Nanjing linden seeds. *Journal of Fujian College of Forest*, 2007, 27(3): 222-225.
- [25] Liu Y S. Studies on dormancy mechanism of *Macrocarpum officinale* seeds [D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2008.
- [26] Xu Y X. Study on Dormancy mechanism for *Osmanthus americanus* [D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2008.
- [27] Guo K, Li R, Werger M J A. Effect of acorn burying depth on germination, Seedling emergence and development of *Quercus aliena* var. *acuteserrata*. *Acta Botanica Sinica*, 2001, 43(9): 974-978.

参考文献:

- [1] 李文英, 王冰, 黎祜琛. 栎类树种的生态效益和经济价值及其资源保护对策. *林业科技通讯*, 2001, (8): 13-15.
- [2] 张红梅, 王新杰, 闫金华, 白佳鸿, 陆亚刚. 北京市栎类植物空间分布及生长过程分析. *北京林业大学学报*, 2010, 32(增刊1): 71-79.
- [3] 高甲荣. 秦岭林区锐齿栎水文效应的研究. *北京林业大学学报*, 1998, 20(6): 31-35.
- [15] 黄耀阁, 崔树玉, 鲁歧, 牛洪斌, 赵春雨, 韩宝瑞, 杨继祥, 李向高. 西洋参种子抑制物质的初步研究. *吉林农业大学学报*, 1994, 16(2): 9-14.
- [16] 张艳杰. 南方红豆杉种子休眠机理的研究 [D]. 南京: 南京林业大学, 2007.
- [17] 尚旭岚, 徐锡增, 方升佐. 青钱柳种子休眠机制. *林业科学*, 2011, 47(3): 68-74.
- [20] 白柯君, 郭素娟, 石青莲. 燕山红栗种子休眠与种胚形态、种皮及内含物的关系. *西南林学院学报*, 2005, 25(4): 106-109.
- [21] 徐凯, 孔启祥, 肖圣元. 板栗种子休眠与萌发的研究. *中国农学通报*, 1998, 14(1): 24-28.
- [23] 雷泞菲, 苏智先, 陈劲松, 郭家洪. 珍稀濒危植物珙桐果实中的萌发抑制物质. *应用与环境生物学报*, 2003, 9(6): 607-610.
- [24] 史锋厚, 沈永宝, 施季森. 南京榉种子发芽抑制物研究. *福建林学院学报*, 2007, 27(3): 222-225.
- [25] 刘雅帅. 山茱萸种子休眠机理研究 [D]. 南京: 南京林业大学, 2008.
- [26] 许岳香. 美国桂花种子休眠机理的研究 [D]. 南京: 南京林业大学, 2008.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 7 April, 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Research progress on chemical communication of development and host-finding of nematodes ZHANG Bin, HU Chunxiang, SHI Jin, et al (2003)
- Principles, indicators and sampling methods for species monitoring XU Haigen, DING Hui, WU Jun, et al (2013)

Autecology & Fundamentals

- Spatial distribution pattern of human-caused fires in Hulunbeir grassland ZHANG Zhengxiang, ZHANG Hongyan, LI Dongxue, et al (2023)
- Belowground biomass in Tibetan grasslands and its environmental control factors YANG Xiuqing, HUANG Mei, WANG Junbang, et al (2032)
- Analysis on variation characteristics of air temperature and ground temperature in Guilin from 1961 to 2010 CHEN Chao, ZHOU Guangsheng (2043)
- Winter bed-site selection by roe deer (*Capreolus capreolus*) in Huangnihe Nature Reserve ZHU Hongqiang, GE Zhiyong, LIU Geng, et al (2054)
- Leaf anatomical characteristics of the plants of grasslands in the Tibetan Plateau LI Quanfa, WANG Baojuan, AN Lihua, et al (2062)
- A research on summer vegetation characteristics & short-time responses to experimental warming of alpine meadow in the Qinghai-Tibetan Plateau XU Manhou, XUE Xian (2071)
- Cytological study on microsporogenesis of *Solanum lycopersicum* var. Micro-Tom under high temperature stress PENG Zhen, CHENG Lin, HE Yanjun, et al (2084)
- A new plant height growth process model of *Caragana* forest in semi-arid loess hilly region ZHAO Long, WANG Zhenfeng, GUO Zhongsheng, et al (2093)
- Germination inhibitory substances extracted from the seed of seven species of *Quercus* LI Qingmei, LIU Yan, LIU Guangquan, et al (2104)
- Effects of water stress and fungicide on the growth and drought resistance of *Flaveria bidentis* CHEN Dongqing, HUANGFU Chaohe, LIU Hongmei, et al (2113)
- Characters of soil seed bank in copper tailings and its adjacent habitat ... SHEN Zhangjun, OU Zulan, TIAN Shengni, et al (2121)
- Changes of soil chemical properties after different burning years in typical steppe of Yunwun Mountains LI Yuan, CHENG Jimin, WEI Lin, et al (2131)
- Effects of water and fertilizers on nitrate content in tomato fruits under alternate partial root-zone irrigation ZHOU Zhenjiang, NIU Xiaoli, LI Rui, et al (2139)
- Effect of land use on the characteristics of organic carbon and labile organic carbon in soil aggregates in Karst mountain areas LI Juan, LIAO Hongkai, LONG Jian, et al (2147)
- Mobilization of inorganic phosphorus from soils by five azotobacters ZHANG Liang, YANG Yuhong, LI Qian, et al (2157)
- Physiological-ecological responses of *Iris germanica* L. to Cd stress and its accumulation of Cd ZHANG Chengxiang, CHEN Weifeng (2165)
- The available forms and bioavailability of heavy metals in soil amended with sewage sludge TIE Mei, SONG Linlin, HUI Xiujuan, et al (2173)
- LAI-based photosynthetic light response model and its application in a rainfed maize ecosystem SUN Jingsong, ZHOU Guangsheng (2182)
- The dominant species of predatory natural enemies of three kinds of planthoppers and impact of pesticides on natural enemies in paddy field LIN Yuan, ZHOU Xiazhi, BI Shoudong, et al (2189)

Population, Community and Ecosystem

- Spatial and temporal variation of picophytoplankton in the Pearl River Estuary ZHANG Xia, HUANG Xiaoping, SHI Zhen, et al (2200)

Analysis of the relationship between species diversity and hydrologic factors during an interval of intermittent water delivery at the Lower Reaches of Tarim River, China	CHEN Yongjin, LIU Jiazhen, CHEN Yaning, et al (2212)
Fish species composition and community pattern in the continental shelf of northwestern South China Sea	WANG Xuehui, LIN Zhaojin, DU Feiyan, et al (2225)
Distribution and succession of plant communities in Lake Bita coastal swamp on the plateau region, northwestern Yunnan	HAN Dayong, YANG Yongxing, YANG Yang (2236)
Analysis on community structure and quantitative characteristics of <i>Nitraria tangutorum</i> nebkhas at different succession stage in lower reaches of Shiyang River	JIN Hujia, MA Quanlin, HE Mingzhu, et al (2248)
Resource and Industrial Ecology	
Effects of subsoiling and supplemental irrigation on dry matter production and water use efficiency in wheat	ZHENG Chengyan, YU Zhenwen, ZHANG Yongli, et al (2260)
Effects of two years' incorporation of leguminous green manure on soil properties of a wheat field in dryland conditions	ZHANG Dabin, YAO Pengwei, LI Jing, et al (2272)
Effects of planting with ridge and furrow mulching on maize growth, yield and water use efficiency in dryland farming	LI Rong, HOU Xianqing, JIA Zhikuan, et al (2282)
Urban, Rural and Social Ecology	
Effects of riparian buffers of North Mort of Beijing on air temperature and relative humidity	WU Fangfang, ZHANG Na, CHEN Xiaoyan (2292)
Characteristics of spatial and temporal variations of global solar radiation in Xi'an and relevant response in urban development	ZHANG Hongli, ZHANG Naweirui, LIU Minru, et al (2304)
Research Notes	
A analysis of macrofungal flora diversity in Langyashan Nature Reserve, Anhui Province, China	CHAI Xinyi, XU Xuefeng, WANG Meiyang, et al (2314)

《生态学报》2013 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,探索自然奥秘,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,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

本期责任副主编 陈利顶

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 7 期 (2013 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 7 (April, 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

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元