

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

中国生态学会 2013 年学术年会专辑



第 33 卷 第 19 期 Vol.33 No.19 **2013**

中国生态学会
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19期

2013年10月 (半月刊)

目次

中国生态学会 2013 年学术年会专辑 卷首语

- 生态系统服务研究文献现状及不同研究方向评述 马凤娇, 刘金铜, A. Egrinya Eneji (5963)
- 非人灵长类性打搅行为研究进展 杨 斌, 王程亮, 纪维红, 等 (5973)
- 密度制约效应对啮齿动物繁殖的影响 韩群花, 郭 聪, 张美文 (5981)
- 食物链长度远因与近因研究进展综述 王玉玉, 徐 军, 雷光春 (5990)
- AM 真菌在植物病虫害生物防治中的作用机制 罗巧玉, 王晓娟, 李媛媛, 等 (5997)
- 保护性耕作对农田碳、氮效应的影响研究进展 薛建福, 赵 鑫, Shadrack Batsile Dikgwatlhe, 等 (6006)
- 圈养大熊猫野化培训期的生境选择特征 张明春, 黄 炎, 李德生, 等 (6014)
- 利用红外照相技术分析野生白冠长尾雉活动节律及时间分配 赵玉泽, 王志臣, 徐基良, 等 (6021)
- 风速和持续时间对树麻雀能量收支的影响 杨志宏, 吴庆明, 董海燕, 等 (6028)
- 白马雪山自然保护区灰头小鼯鼠的巢址特征 李艳红, 关进科, 黎大勇, 等 (6035)
- 生境片段化对千岛湖岛屿上黄足厚结猛蚁遗传多样性的影响 罗媛媛, 刘金亮, 黄杰灵, 等 (6041)
- 基于 28S, COI 和 Cytb 基因序列的薛荔和爱玉子传粉小蜂分子遗传关系研究 吴文珊, 陈友铃, 孙伶俐, 等 (6049)
- 高榕榕果内 *Eupristina* 属两种榕小蜂的遗传进化关系 陈友铃, 孙伶俐, 武蕾蕾, 等 (6058)
- 镉胁迫下杞柳对金属元素的吸收及其根系形态构型特征 王树凤, 施翔, 孙海菁, 等 (6065)
- 邻苯二甲酸对萝卜种子萌发、幼苗叶片膜脂过氧化及渗透调节物质的影响 杨延杰, 王晓伟, 赵 康, 等 (6074)
- 极端干旱区多枝怪柳幼苗对人工水分干扰的形态及生理响应 马晓东, 王明慧, 李卫红, 等 (6081)
- 贝壳砂生境酸枣叶片光合生理参数的水分响应特征 王荣荣, 夏江宝, 杨吉华, 等 (6088)
- 陶粒覆盖对土壤水分、植物光合作用及生长状况的影响 谭雪红, 郭小平, 赵廷宁 (6097)
- 不同林龄短枝木麻黄小枝单宁含量及养分再吸收动态 叶功富, 张尚炬, 张立华, 等 (6107)
- 珠江三角洲不同污染梯度下森林优势种叶片和枝条 S 含量比较 裴男才, 陈步峰, 邹志谨, 等 (6114)
- AM 真菌和磷对小马安羊蹄甲幼苗生长的影响 宋成军, 曲来叶, 马克明, 等 (6121)
- 盐氮处理下盐地碱蓬种子成熟过程中的离子积累和种子萌发特性 周家超, 付婷婷, 赵维维, 等 (6129)
- CO₂ 浓度升高条件下内生真菌感染对宿主植物的生理生态影响 师志冰, 周 勇, 李 夏, 等 (6135)
- 预处理方式对香蒲和芦苇种子萌发的影响 孟 焕, 王雪宏, 佟守正, 等 (6142)
- 镉在土壤-金丝垂柳系统中的迁移特征 张 雯, 魏 虹, 孙晓灿, 等 (6147)
- 马尾松人工林近自然化改造对植物自然更新及物种多样性的影响 罗应华, 孙冬婧, 林建勇, 等 (6154)
- 濒危海草贝克喜盐草的种群动态及土壤种子库——以广西珍珠湾为例 邱广龙, 范航清, 李宗善, 等 (6163)
- 毛乌素沙地南缘沙丘生物结皮对凝结水形成和蒸发的影响 尹瑞平, 吴永胜, 张 欣, 等 (6173)
- 塔里木河上游灰胡杨种群生活史特征与空间分布格局 韩 路, 席琳乔, 王家强, 等 (6181)
- 短期氮素添加和模拟放牧对青藏高原高寒草甸生态系统呼吸的影响 宗 宁, 石培礼, 蔺 婧, 等 (6191)
- 松嫩平原微地形下土壤水盐与植物群落分布的关系 杨 帆, 王志春, 王云贺, 等 (6202)

广州大夫山雨季林内外空气 TSP 和 PM _{2.5} 浓度及水溶性离子特征	肖以华, 李 炯, 旷远文, 等 (6209)
马鞍列岛岩礁生境鱼类群落结构时空格局	汪振华, 赵 静, 王 凯, 等 (6218)
黄海细纹狮子鱼种群特征的年际变化	陈云龙, 单秀娟, 周志鹏, 等 (6227)
三种温带森林大型土壤动物群落结构的时空动态	李 娜, 张雪萍, 张利敏 (6236)
笔管榕榕小蜂的群落结构与物种多样性	陈友铃, 陈晓倩, 吴文珊, 等 (6246)
海洋生态资本理论框架下的生态系统服务评估	陈 尚, 任大川, 夏 涛, 等 (6254)
中国地貌区划系统——以自然保护区体系建设为目标	郭子良, 崔国发 (6264)
生态植被建设对黄土高原农林复合流域景观格局的影响	易 扬, 信忠保, 覃云斌, 等 (6277)
华北农牧交错带农田-草地景观镶嵌体土壤水分空间异质性	王红梅, 王仲良, 王 堃, 等 (6287)
中国北方春小麦生育期变化的区域差异性与气候适应性	俄有浩, 霍治国, 马玉平, 等 (6295)
中国南方喀斯特石漠化演替过程中土壤理化性质的响应	盛茂银, 刘 洋, 熊康宁 (6303)
气候变化对东北沼泽湿地潜在分布的影响	贺 伟, 布仁仓, 刘宏娟, 等 (6314)
内蒙古不同类型草地土壤氮矿化及其温度敏感性	朱剑兴, 王秋风, 何念鹏, 等 (6320)
黑河中游荒漠绿洲区土地利用的土壤养分效应	马志敏, 吕一河, 孙飞翔, 等 (6328)
成都平原北部水稻土重金属含量状况及其潜在生态风险评价	秦鱼生, 喻 华, 冯文强, 等 (6335)
大西洋中部延绳钓黄鳍金枪鱼渔场时空分布与温跃层的关系	杨胜龙, 马军杰, 张 禹, 等 (6345)
夏季台湾海峡南部海域上层水体的生物固氮作用	林 峰, 陈 敏, 杨伟锋, 等 (6354)
北长山岛森林乔木层碳储量及其影响因子	石洪华, 王晓丽, 王 媛, 等 (6363)
植被类型变化对长白山森林土壤碳矿化及其温度敏感性的影响	王 丹, 吕瑜良, 徐 丽, 等 (6373)
油松遗传结构与地理阻隔因素的相关性	孟翔翔, 狄晓艳, 王孟本, 等 (6382)
基于辅助环境变量的土壤有机碳空间插值——以黄土丘陵区小流域为例	文 雯, 周宝同, 汪亚峰, 等 (6389)
基于生命周期视角的产业资源生态管理效益分析——以虚拟共生网络系统为例	施晓清, 李笑诺, 杨建新 (6398)
生态脆弱区贫困与生态环境的博弈分析	祁新华, 叶士琳, 程 煜, 等 (6411)
“世博”背景下上海经济与环境的耦合演化	倪 尧, 岳文泽, 张云堂, 等 (6418)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 464 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 55 * 2013-10



封面图说: 毛乌素沙地南缘沙丘的生物结皮——生物土壤结皮广泛分布于干旱和半干旱区, 它的形成和发育对荒漠生态系统生态修复过程产生重要的影响。组成生物结皮的藻类、苔藓和地衣是常见的先锋植物, 它们不仅能在严重干旱缺水、营养贫瘠恶劣的环境中生长、繁殖, 并且能通过其代谢方式影响并改变环境。其中一个重要的特点是, 生物结皮表面的凝结水显著大于裸沙。研究表明, 凝结水是除降雨之外最重要的水分来源之一, 在水分极度匮乏的荒漠生态系统, 它对荒漠生态系统结构、功能和过程的维持产生着重要的影响。

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/stxb201306081451

孟焕,王雪宏,佟守正,吕宪国,张文广,霍莉莉,曹笑笑.预处理方式对香蒲和芦苇种子萌发的影响.生态学报,2013,33(19):6142-6146.

Meng H, Wang X H, Tong S Z, Lü X G, Zhang W G, Huo L L, Cao X X, Meng X K. Effects of pretreatment on germination of *Typha domingensis* and *Phragmites australis*. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(19): 6142-6146.

预处理方式对香蒲和芦苇种子萌发的影响

孟 焕^{1,2}, 王雪宏¹, 佟守正^{1,*}, 吕宪国¹, 张文广¹, 霍莉莉^{1,2}, 曹笑笑^{1,2}, 孟宪坤³

(1. 中国科学院湿地生态与环境重点实验室, 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 3. 富锦沿江湿地自然保护区管理局, 富锦 156100)

摘要: 有性繁殖是植物种群形成与维持的主要方式。为探索退化湿地的快速恢复方法, 为松花江下游退化湿地恢复提供科学依据, 本研究开展了香蒲和芦苇种子快速发芽的有性繁殖实验。研究采用滤纸为发芽基质, 通过变温培养试验, 以未浸种处理为参照, 分析了蒸馏水、双氧水(H_2O_2)、硝酸钾(KNO_3)和高锰酸钾($KMnO_4$)溶液浸种的预处理方式对香蒲、芦苇种子发芽率和发芽速率的影响。结果表明: 不同预处理方式对香蒲、芦苇种子的发芽率和发芽速率均具有显著影响。 $KMnO_4$ 溶液浸种再清洗处理条件下, 香蒲种子发芽率和发芽速率均显著高于其他处理, 平均发芽率可达未浸种处理条件下的 3.1 倍, 发芽速率为 16.17 ± 0.80 。芦苇种子的发芽率和发芽速率在经 KNO_3 溶液浸泡再清洗处理后效果最佳, 种子发芽率达 96%—99%, 发芽速率达 28.43 ± 0.71 。因此, 分别对香蒲、芦苇种子采用 $KMnO_4$ 和 KNO_3 溶液浸泡再清洗的预处理方式可以缩短出苗时间, 提高发芽率, 从而加速湿地植被恢复进程。

关键词: 种子萌发; 预处理方式; 香蒲; 芦苇

Effects of pretreatment on germination of *Typha domingensis* and *Phragmites australis*

MENG Huan^{1,2}, WANG Xuehong¹, TONG Shouzheng^{1,*}, LÜ Xianguo¹, ZHANG Wenguang¹, HUO Lili^{1,2}, CAO Xiaoxiao^{1,2}, MENG Xiankun³

1 Research Center for Wetland Ecology and Environment, Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, China

2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Nature Reserve Administration of Wetland along the Songhua River in Fujin, Fujin 156100, China

Abstract: Global changes and human activities have negative effects on the wetland habitats, which decrease the area of wetland, reduce species diversity, and hinder the ecological functions. Wetland restoration, especially dominant plants restoration is critical and urgent to improve wetland conditions and areas worldwide. As the largest tributary of the Heilong River, Songhua River drains nearly 70% of the Northeast China's land area. The riparian wetland along the downstream of Songhua River is suffering from ecological degradation of native vegetation. *Typha domingensis* (*T. domingensis*) and *Phragmites australis* (*P. australis*) are two dominant species in this basin, and play an important role in sustaining regional environmental functions. Seeds are produced annually, which would allow ample opportunities for colonization by sexual propagation. Seed propagation is considered to be an effective and feasible technique for vegetation restoration. In order to explore the optimal seed-soaking reagents to accelerate seed germination of *T. domingensis* and *P. australis*, the pure live seeds of both species were collected from a riparian wetland along the downstream of Songhua River ($47^{\circ}16'39.4''$ N, $132^{\circ}02'44.2''$ E), and the seeds germination experiment was conducted in incubator (LRH-250-GS II, China) with an alternating diurnal regime of 12 h of daylight at 25 °C and 12 h of darkness at 15 °C in laboratory. Effects of 8 different

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40971053); 水体污染控制与治理科技重大专项资助项目(2012ZX07201004)

收稿日期: 2013-06-08; 修订日期: 2013-07-22

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: tongshouzheng@neigae.ac.cn

pretreatments (untreated, soaking with distilled water, soaking with 0.1% H_2O_2 , soaking with 0.1% H_2O_2 and then rinsing with distilled water, soaking with 0.1% KNO_3 , soaking with 0.1% KNO_3 and then rinsing with distilled water, soaking with 0.1% $KMnO_4$, soaking with 0.1% $KMnO_4$ and then rinsing with distilled water, respectively) on germination percentage (GP) and germination speed (GS) of *T. domingensis* and *P. australis* seeds are observed for 10 days. For each treatment, 100 seeds (four replicates) were placed on a layer of Whatman grade No.1 filter paper (pH 7) in 90 mm Petri dishes with distilled water to keep moist during the whole experiment. Results showed as follows: (1) Differences between untreated seeds and pretreated ones with reagent soaking on GP and GS of *T. domingensis* and *P. australis* were significant; (2) GP and GS of *T. domingensis* under the pretreatment of soaking with 0.1% $KMnO_4$ and then rinsing with distilled water were significantly greater than that of the rest pretreatments, and the average GP of *T. domingensis* was about 3.1 times greater than the untreated and the GS was up to 16.17 ± 0.80 ; (3) Seed germination of *P. australis* performed best under the treatment of soaking with 0.1% concentration KNO_3 and rinsing with distilled water, and its GP and GS were up to 96%—99% and 28.43 ± 0.71 , respectively. The results indicate that seed pretreatment (seed-soaking reagent) is one of the most indispensable and efficient methods of accelerating the seed germination and seedling growth of *T. domingensis* and *P. australis*. Rapid and effective restoration of the two dominant plants in the riverine wetlands along the downstream of Songhua River, therefore, could be expected through collecting their pure live seeds and pretreating the seeds with 0.1% $KMnO_4$ and 0.1% KNO_3 and then rinsing with distilled water respectively before dispersal.

Key Words: seed germination; reagent pretreatment; *Typha domingensis*; *Phragmites australis*

香蒲 (*Typha domingensis*) 和芦苇 (*Phragmites australis*) 是典型的湿地植物物种, 它们在消除水体富营养化、恢复水域养分平衡、吸收重金属、高效水质净化等方面^[1-6]具有重要作用。作为松花江下游(佳木斯至同江)沿江湿地植被的重要组成部分, 香蒲和芦苇群落不仅对松花江水体起到了巨大的净化作用, 同时也为其他湿地生物提供了适宜的生境。近年来, 随着农业开垦、河道采沙等人类活动影响的逐渐加剧, 松花江下游沿江湿地植被遭到了一定程度的破坏, 湿地功能退化显著^[7-8]。保护与恢复沿江湿地生态系统的完整性与稳定性, 特别是开展香蒲、芦苇等典型湿地植物的保护与恢复, 对改善松花江下游水质、保障三江平原区域的生态安全、提高湿地生物多样性, 促进区域生态文明建设具有重要意义。有性繁殖是植物种群形成与维持的主要方式, 对于维持湿地地表植被的生物多样性起着重要的作用^[9], 是湿地恢复和重建的一种重要方法。种子萌发是植物有性繁殖的重要表现, 适宜的种子预处理方式可以加速种子萌发, 提高种子萌芽率, 进而可以加速退化湿地的恢复进程。

目前, 有关植物种子萌发和幼苗生长对光照、温度、湿度、盐分等环境因子响应方面的研究较多^[10-15], 关于外源物质预处理方式促进植物种子萌发的研究也有一些报道, 通过对种子采用不同化学物质、溶剂及浓度的外源激素预处理发现, 氢氧化钠、高锰酸钾、硫酸铜、萘乙酸、6-苄氨基嘌呤、赤霉素、双氧水和硝酸钾等均能在一定程度上提高种子的发芽率, 促进种子的萌发^[16-20]。以往研究多集中在农作物或是超富集植物种子萌发对预处理方式的响应方面, 而关于香蒲和芦苇等典型湿地植物的种子对预处理方式的响应研究相对较少。因此, 本研究通过室内模拟实验分析了不同预处理方式对松花江下游沿江湿地香蒲和芦苇种子萌发的影响, 旨在通过对典型湿地植物有性繁殖方式的人工干预, 探索植物种子的快速萌发方法, 并以此为依据为松花江下游沿江湿地恢复提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

于 2012 年 10 月上旬自松花江下游富锦市东郊夏吉利村江边 ($47^{\circ}16'39.4''$ N, $132^{\circ}02'44.2''$ E) 采集香蒲和芦苇种子, 各自风干后在 4°C 条件下贮存备用。实验室条件下制备或配置一定浓度的、可以促进种子萌发^[19,21]的浸种液, 即蒸馏水和浓度均为 0.1% 的双氧水 (H_2O_2)、硝酸钾 (KNO_3)、高锰酸钾 ($KMnO_4$) 溶液, 并以未浸种为参照预处理方式。

1.2 研究方法

1.2.1 浸种后不清洗处理

室温下浮水法选取成熟饱满种子, 分别用蒸馏水、0.1% 的 H_2O_2 、0.1% 的 KNO_3 、0.1% 的 $KMnO_4$ 溶液浸泡 12 h, 然后将种子直接均匀排列于垫有单层滤纸的直径为 9 cm 的培养皿中进行萌发试验。萌发实验每皿 100 粒种子, 4 个重复。

1.2.2 浸种后清洗处理

浸种药品选取与浓度同 1.2.1, 浸种 12 h, 种子经蒸馏水反复清洗干净后放入垫有单层滤纸的直径为 9 cm 的培养皿中进行萌发试验, 每皿 100 粒种子, 4 个重复。同时以未浸种作为对照处理。浸种时间选为 12 h 是从生产角度考虑, 当天晚上浸种, 第 2 天进行播种, 同时防止浸种时间过长对种子产生破坏。

将上述培养皿放在培养箱(LRH-250-GS II, 中国)中,培养箱设置的光温条件为光照 12 h/25 ℃和黑暗 12 h/15 ℃。每天 18:00 定时观测,统计萌发种子数,以胚芽长出 1 mm 为发芽,以连续 3 d 没有种子萌发为实验结束标志。试验期间向培养皿中适时添加蒸馏水以保持培养基湿润。

1.3 数据分析方法

计算种子的发芽率和发芽速率,公式^[15]如下:

$$\text{发芽率}(\%) = \frac{\text{发芽种子数}}{\text{供试种子数}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{发芽速率} = \left(N_1 + \frac{N_2 - N_1}{2} + \frac{N_3 - N_2}{3} + \dots + \frac{N_t - N_{t-1}}{N} \right) \times 100 \quad (2)$$

式中, N_t 为时间 t 日内获得的种子发芽率。

数据统计、分析、作图分别采用 Excel 2003、SPSS 16.0 和 Origin 8.1 进行处理,数据用均值±标准误(Mean±Se)表示。对不同预处理方式下的种子发芽率、发芽速率进行单因素方差分析,并在 0.05 显著度水平上进行多重比较(Tukey)。

2 结果与分析

2.1 预处理方式对香蒲种子发芽率的影响

香蒲种子从第 3 天开始发芽,至第 10 天发芽试验结束。由表 1 可以看出,与未浸种处理相比,除经 H_2O_2 浸种处理外,香蒲种子发芽率均有显著提高($P < 0.05$),平均发芽率最高可达对照的 3.1 倍,说明浸种的预处理方式是提高香蒲种子发芽率的必要措施。

针对香蒲种子发芽率(介于 24%—74%之间)特点,本试验以 40%作为香蒲种子发芽率的评价标准。从表 2 可以看出,经 KMnO_4 浸种后清洗与 KNO_3 浸种处理(清洗和未清洗)的种子在第 5 天发芽率均超过 40%;经蒸馏水和 KMnO_4 浸种后不清洗与 H_2O_2 浸种后清洗处理的香蒲种子,第 6 天和第 7 天的发芽率虽然也在 40%以上,但所需的时间略长于 KNO_3 浸种处理;而经 H_2O_2 浸种后不清洗处理的种子发芽率明显劣于其他处理,至萌发试验结束时,其发芽率仅有 20%—28%,与对照组中未浸种处理无显著差异。另外,对照组与 H_2O_2 浸种处理的幼苗细小、微黄、长势弱,而其他经过浸种处理的幼苗比较健壮。试验中 KMnO_4 浸种后清洗处理效果最佳,发芽率达 68%—84%,发芽率超过 40%的时间为 5 d,因此,采用 KMnO_4 浸种并清洗的处理方式进行的有性繁殖更利于湿地香蒲种群的恢复。

表 1 不同预处理方式下的香蒲种子发芽率(均值±标准误,%)

Table 1 germination percentage of *Typha domingensis* with different pretreatments (Mean±Se, %)

处理 Treatment	水平 Level	处理时间 Treatment time/d						
		3	4	5	6	7	8	9
对照 Control	未浸种 Unsoaked	4±1.63cd	8±1.63cd	11±2.52d	15±3.00d	17±4.12d	18±3.46c	24±3.27c
Unclean	蒸馏水 Distilled water	14±1.51ab	20±2.31b	38±3.46bc	42±3.46bc	54±3.46abc	56±2.31b	58±2.31b
	H_2O_2	1±1.00d	2±1.15d	11±1.00d	13±1.91d	23±1.00d	25±1.91c	25±1.91c
	KNO_3	16±1.63a	19±2.52b	46±2.58ab	47±3.42ab	59±3.42ab	60±2.83b	60±2.83b
	KMnO_4	14±1.51ab	17±1.91bc	34±2.58bc	35±1.91bc	50±1.15abc	54±1.51b	54±1.51b
清洗 Clean	H_2O_2	2±2.00cd	4±2.31d	28±2.31c	32±4.62c	40±4.62c	48±4.62b	48±4.62b
	KNO_3	12±1.63ab	32±1.63a	40±1.63bc	46±2.00abc	46±2.00bc	50±2.00b	50±2.00b
	KMnO_4	8±0.00bc	35±2.52a	58±3.46a	60±2.83a	64±2.83a	74±3.83a	74±3.83a

同列数据后不同字母表示处理间差异显著

2.2 预处理方式对芦苇种子发芽率的影响

芦苇种子从第 3 天开始发芽,至第 10 天发芽试验结束。由表 2 可以看出,经 H_2O_2 浸种后未清洗处理下芦苇种子发芽率最低,其他处理与对照未浸种处理相比,芦苇种子发芽率均显著提高($P < 0.05$),且蒸馏水浸种处理下的芦苇种子最终发芽率,与其他药剂浸种处理(除经 H_2O_2 浸种后未清洗)条件下的无显著差异($P > 0.05$)。

针对芦苇种子发芽率(介于 52%—97%之间)特点,本试验以 80%作为芦苇种子发芽率的评价标准。从表 2 可以看出,经 KNO_3 浸种、 KMnO_4 和 H_2O_2 浸种后清洗处理的芦苇种子在第 5 天发芽率均超过 80%;经 KMnO_4 浸种后未清洗和蒸馏水浸种处理的芦苇种子,第 6 天和第 7 天的发芽率虽然也在 80%以上,但所需的时间略长于 KNO_3 浸种与 KMnO_4 和 H_2O_2 浸种后清洗处理;而经 H_2O_2 浸种后不清洗处理的种子至萌发试验结束时,其发芽率仅有 48%—56%,明显低于其他处理。另外,试验中 KNO_3 浸种后清洗处理效果最佳,芦苇种子发芽率达 96%—99%,发芽率超过 80%的时间为 5 d,其所用时间也比试验结束时间缩短了 50%。因此,采用 KNO_3 浸种,并清洗的处理方式进行芦苇的有性繁殖更利于湿地植被恢复的进行。

表 2 不同预处理方式下的芦苇种子发芽率(均值±标准误,%)

Table 2 Germination percentage of *Phragmites australis* with different pretreatments (Mean±Se, %)

处理 Treatment	水平 Level	处理时间 Treatment time/d							
		3	4	5	6	7	8		
对照 Control	未浸种 Unsoaked	11±4.43c	24±9.93b	41±6.81b	64±5.16c	65±5.00b	66±5.77b	69±5.74b	
未清洗	蒸馏水 Distilled water	50±2.58b	69±3.42a	78±2.58a	79±1.91b	84±2.31a	86±2.58a	86±2.58a	
Unclean	H ₂ O ₂	22±1.15c	24±2.31b	28±2.31b	40±2.31d	50±3.46c	52±2.31c	52±2.31c	
	KNO ₃	57±2.52ab	74±2.00a	82±2.00a	90±1.15ab	93±1.00a	95±1.00a	95±1.00a	
	KMnO ₄	49±2.52b	77±2.52a	79±3.42a	81±2.52b	84±3.27a	85±2.52a	92±1.63a	
清洗 Clean	H ₂ O ₂	64±2.83a	68±2.83a	88±3.27a	88±3.27ab	88±3.27a	90±2.58a	90±2.58a	
	KNO ₃	67±4.43a	75±4.43a	89±1.91a	96±0.00a	96±0.00a	97±1.00a	97±1.00a	
	KMnO ₄	44±1.63b	70±2.00a	84±2.83a	84±2.83b	84±2.83a	84±2.83a	84±2.83a	

9

2.3 预处理方式对种子发芽速率的影响

对香蒲、芦苇的种子发芽速率进行单因素方差分析,结果显示:预处理方式对香蒲和芦苇种子的发芽速率均有显著影响($P < 0.05$,图 1)。均值多重比较结果表明,未浸种处理与 H₂O₂浸种后不清洗处理条件下的香蒲种子发芽速率均无显著性差异($P > 0.05$),且均显著低于其他药剂处理($P < 0.05$);蒸馏水、KNO₃、KMnO₄浸种后不清洗以及 KMnO₄浸种后清洗处理条件下的香蒲种子发芽速率无显著差异($P > 0.05$);KMnO₄浸种后清洗处理条件下香蒲种子发芽速率最大为 16.17±0.80(图 1)。对于芦苇种子而言,未浸种与 H₂O₂浸种后不清洗处理条件下的芦苇种子发芽速率无显著性差异($P > 0.05$),且均显著低于其他预处理方式($P < 0.05$,图 1);虽然 KNO₃浸种后清洗处理条件下芦苇种子发芽速率最大为 28.43±0.71,但是除未浸种与 H₂O₂浸种后不清洗两种处理外,其他预处理条件下的芦苇种子发芽速率无显著差异($P > 0.05$)。

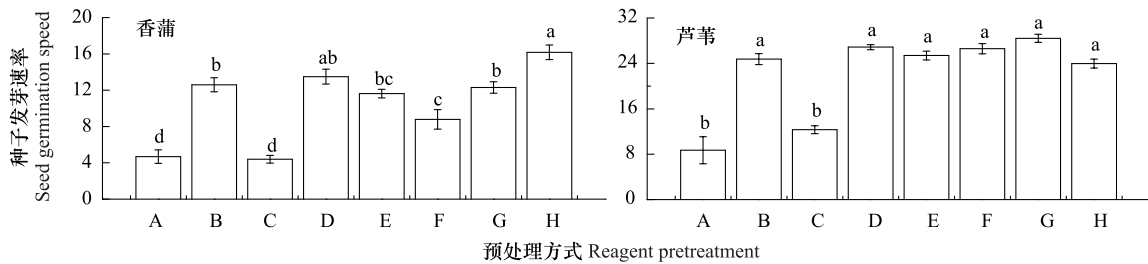


图 1 预处理方式对种子发芽速率的影响

Fig.1 Effects of pretreatments on germination speed

A—F 分别表示未浸种,蒸馏水、H₂O₂、KNO₃、KMnO₄浸种后未清洗以及 H₂O₂、KNO₃、KMnO₄浸种后清洗 8 种处理;不同字母间表示差异显著

3 讨论

KMnO₄是强氧化剂,具有杀菌消毒的作用,在种子浸泡过程中能够促进种子包膜的氧化,使种子中淀粉和蛋白质等有机物充分吸收水分,短时间内达到种子萌发所需的必要条件,进而提高种子发芽率和发芽速率^[17,19]。本试验中 KMnO₄对芦苇种子萌发的促进效果之所以弱于香蒲,可能在于两种植物种子大小、种皮透性不同。经 KMnO₄浸种后芦苇种子颜色变深程度高于香蒲,使其种子萌发期间接受光照的强度减弱,从而影响了种子萌发。KNO₃常用来促进休眠种子的萌发^[22],原因在于 KNO₃中的 K⁺作为多种酶(如 NAD 激酶、ATP 酶等)的激活剂,可以在一定程度上提高多种酶的活性,使细胞膜得到部分修复,也可以参与诱导植物体内生长促进型激素的生物合成,从而促进种子萌发^[17,23]。本研究经 KNO₃溶液浸种后清洗与未清洗处理对芦苇种子的发芽率和发芽速率无显著影响,可能是由于试验期间为保证种子萌发所需水分条件,添加蒸馏水稀释其浓度所致。H₂O₂是强氧化剂,能促进氧气的进入和内部有毒物质的降解及排出,利于细胞内部正常的氧化还原反应^[23],但试验中 H₂O₂浸种对香蒲种子发芽率、发芽速率以及芦苇发芽速率却无显著影响,而对茄子、辣椒、慈姑、龙葵、棉花等种子萌发具有促进作用^[16-19,23],表明对于不同植物种子来说,不同物质及其浓度对植物种子萌发的影响不同。同时本研究这也说明了针对不同植物种子采取不同的预处理方式对于提高植物种子萌发,加速植被恢复具有重要意义。

4 结论

(1) 浸种的预处理方式对香蒲种子发芽率、发芽速率均具有显著影响。采用 KMnO₄浸种再清洗的处理方式能够显著提高香蒲种子发芽率和发芽速率,进而加速湿地植被恢复进程。

(2) 药品浸种与蒸馏水浸种处理对芦苇种子发芽率、发芽速率的影响无显著差异,但从发芽率超过 80%所需的时间来看,采用 KNO_3 浸种再清洗的处理方式对芦苇种子萌发的影响效果最佳,缩短了芦苇出苗时间。

(3) 不同植物种子萌发对浸种预处理方式的响应不同,适用的药品处理方法也不同,因此,探寻不同种子预处理方式对湿地植物种子萌发的影响是加速湿地植被恢复进程的关键技术之一。

References:

- [1] Li R H, Guan Y T, He M, Hu H Y, Jiang Z P. Pilot-Scale study on riparian *Phragmites communis*, *Zizania latifolia* and *Typha angustifolia* L. zones treating polluted river water. *Environmental Science*, 2006, 27(3): 493-497.
- [2] Wen Z L, Wen Y M, Wu X F. The application of Cattail plant in sewage disposal. *Environment and Exploitation*, 1999, 14(4): 28-30.
- [3] Lian J J, Xu S G, Han C W. Absorption characteristics of Molybdenum by reed and cattail. *Environmental Science*, 2011, 32(11): 3335-3340.
- [4] Fu C P, Tang Y P, Chen X J, Li J H. Purification by *Typha* in wetland with high salt of landscape river in Tianjin economic development area (TEDA). *Journal of Agro-Environment Science*, 2006, 25(Z1): 186-190.
- [5] Li K D, Hu Z J. Mechanisms of sewage purification by reed bed system. *China Environmental Science*, 1995, 15(2): 140-144.
- [6] Xu H S, Fu R B, Chu Y Y. Phosphorus removal from rural domestic wastewater and removal pathways analysis using reed wetlands. *Ecology and Environment*, 2007, 16(5): 1372-1375.
- [7] Li Y L, Jiao J Y, Li R, Chen Y. Response characteristics of sediment to human activities in the Songhua River basin. *Journal of Sediment Research*, 2009, (3): 62-70.
- [8] Wang Z D, Liu M X, Zhang Z M. Importance of grassland and wetland restoration from cropland in Songhua River on Eryjiu Farm. *Modernizing Agriculture*, 2007, (7): 20-21.
- [9] Hou Z Y, Xie Y H, Yu X Y, Ren B, Yang G. Research method, content, and prospect on seed bank of freshwater wetland. *Chinese Journal of Ecology*, 2008, 27(8): 1400-1405.
- [10] Sharma K P, Gopal B. Seed germination and occurrence of seedlings of *Typha* species in nature. *Aquatic Botany*, 1978, 4: 353-358.
- [11] Dyer W E. Exploiting weed seed dormancy and germination requirements through agronomic practices. *Weed Science*, 1995, 43(3): 498-503.
- [12] Lombardi T, Fochetti T, Bertacchi A, Onnis A. Germination requirements in a population of *Typha latifolia*. *Aquatic Botany*, 1997, 56(1): 1-10.
- [13] Ekstam B, Johannesson R, Milberg P. The effect of light and number of diurnal temperature fluctuations on germination of *Phragmites australis*. *Seed Science Research*, 1999, 9(2): 165-170.
- [14] Zia S, Khan M A. Effect of light, salinity, and temperature on seed germination of *Limonium stocksii*. *Canadian Journal of Botany*, 2004, 82(2): 151-157.
- [15] Yu J B, Wang X H, Ning K, Li Y Z, Wu H F, Fu Y Q, Zhou D, Guan B, Lin Q X. Effects of salinity and water depth on germination of *Phragmites australis* in Coastal Wetland of the Yellow River Delta. *Clean-Soil, Air, Water*, 2012, 40(10): 1154-1158.
- [16] Yu Z Z, Zhang E R, Zhang B K. Research on optimum pretreating methods of eggplant seeds with exotic hormones. *Journal of Shanghai Jiaotong University: Agricultural Science*, 1993, 11(4): 291-296.
- [17] Song Z R. Effect of different reagents on capsicum germination. *Chinese Seed Industry*, 2003, (6): 26-27.
- [18] Yuan L C, Lü L F, Chen B S, Chen C, He X D, Yang L Y. Studies on the effect of soaking with several chemicals on the germination of seed of *Iphigenia indica*. *Seed*, 2003, (2): 41-42.
- [19] Yang C J, Wei S H, Zhou Q X, Hu Y H, Niu R C. Effects of illumination and seed-soaking reagent on seed germination of *Solanum nigrum*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2009, 20(5): 1248-1252.
- [20] Qaderi M M, Cavers P B. Interpopulation variation in germination responses of Scotch thistle, *Onopordum acanthium* L., to various concentrations of GA_3 , KNO_3 and NaHCO_3 . *Canadian Journal of Botany*, 2000, 78(9): 1156-1163.
- [21] Yücel E, Yilmaz G. Effects of different alkaline metal salts (NaCl , KNO_3), acid concentrations (H_2SO_4) and growth regulator (GA_3) on the germination of *Salvia cyanescens* Boiss. & Bal. *Seeds. G. U. Journal of Science*, 2009, 22(3): 123-127.
- [22] Mayer A M, Poljakoff-Mayber A. The Germination of Seeds. 4th ed. Oxford: Pergamon Press, 1989.
- [23] Tang J X, Zhao X L, Xu X J. Effects of H_2O_2 and KNO_3 on the germination of aged cotton seed. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2003, (6): 13-15.

参考文献:

- [1] 李睿华, 管运涛, 何苗, 胡洪营, 蒋展鹏. 河岸芦苇、茭白和香蒲植物带处理受污染河水中试研究. *环境科学*, 2006, 27(3): 493-497.
- [2] 温志良, 温琰茂, 吴小峰. 香蒲植物在污水治理中的应用. *环境与开发*, 1999, 14(4): 28-30.
- [3] 练建军, 许士国, 韩成伟. 芦苇和香蒲对重金属钼的吸收特性研究. *环境科学*, 2011, 32(11): 3335-3340.
- [4] 付春平, 唐运平, 陈锡剑, 李江华. 香蒲湿地对泰达高盐再生水景观河道水质净化效果的研究. *农业环境科学学报*, 2006, 25(Z1): 186-190.
- [5] 李科德, 胡正嘉. 芦苇床系统净化污水的机理. *中国环境科学*, 1995, 15(2): 140-144.
- [6] 徐和胜, 付融冰, 褚衍洋. 芦苇人工湿地对农村生活污水磷素的去除及途径. *生态环境*, 2007, 16(5): 1372-1375.
- [7] 李林育, 焦菊英, 李锐, 陈杨. 松花江流域河流泥沙及其对人类活动的响应特征. *泥沙研究* 2009, (3): 62-70.
- [8] 王振东, 刘茂祥, 张子民. 二九一农场松花江河道滩地退耕还草还湿的重要性. *现代化农业*, 2007, (7): 20-21.
- [9] 侯志勇, 谢永宏, 于晓英, 任勃, 杨刚. 淡水湿地种子库的研究方法、内容与展望. *生态学杂志*, 2008, 27(8): 1400-1405.
- [16] 于志章, 张恩让, 张秉奎. 茄子种子外源激素预处理最优方法的研究. *上海农学院学报: 农业科学版*, 1993, 11(4): 291-296.
- [17] 宋志荣. 几种药剂对辣椒种子发芽的影响研究. *中国种业*, 2003, (6): 26-27.
- [18] 袁理春, 吕丽芬, 陈保生, 陈翠, 和向东, 杨丽云. 不同化学试剂对丽江山慈姑种子发芽力影响. *种子*, 2003, (2): 41-42.
- [19] 杨传杰, 魏树和, 周启星, 胡亚虎, 牛荣成. 光照和不同药剂浸种对龙葵种子发芽率的影响. *应用生态学报*, 2009, 20(5): 1248-1252.
- [23] 汤菊香, 赵新亮, 徐新娟. H_2O_2 和 KNO_3 对棉花老化种子发芽的影响. *河南农业科学*, 2003, (6): 13-15.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.19 Oct., 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

A review of ecosystem services and research perspectives	MA Fengjiao, LIU Jintong, A. Egrinya Eneji (5963)
Sexual interference in non-human primates	YANG Bin, WANG Chengliang, JI Weihong, et al (5973)
Density-dependent effect on reproduction of rodents; a review	HAN Qunhua, GUO Cong, ZHANG Meiwen (5981)
Proximate and ultimate determinants of food chain length	WANG Yuyu, XU Jun, LEI Guangchun (5990)
Mechanism of biological control to plant diseases using arbuscular mycorrhizal fungi	LUO Qiaoyu, WANG Xiaojuan, LI Yuanyuan, et al (5997)
Advances in effects of conservation tillage on soil organic carbon and nitrogen	XUE Jianfu, ZHAO Xin, Shadrack Batsile Dikgwatlhe, et al (6006)
Habitat selection of the pre-released giant panda in Wolong Nature Reserve	ZHANG Mingchun, HUANG Yan, LI Desheng, et al (6014)
Activity rhythm and behavioral time budgets of wild Reeves's Pheasant (<i>Syrnaticus reevesii</i>) using infrared camera	ZHAO Yuze, WANG Zhichen, XU Jiliang, et al (6021)
The energy budget of tree sparrows <i>Passer montanus</i> in wind different speed and duration	YANG Zhihong, WU Qingming, DONG Haiyan, et al (6028)
Nest site characteristics of <i>Petaurista caniceps</i> in Baima Snow Mountain Nature Reserve	LI Yanhong, GUAN Jinke, LI Dayong, HU Jie (6035)
Effects of habitat fragmentation on the genetic diversity of <i>Pachycondyla luteipes</i> on islands in the Thousand Island Lake, East China	LUO Yuanyuan, LIU Jinliang, HUANG Jiuling, et al (6041)
The molecular genetic relationship between the pollinators of <i>Ficus pumila</i> var. <i>pumila</i> and <i>Ficus pumila</i> var. <i>aukeotsang</i>	WU Wenshan, CHEN Youling, SUN Lingli, et al (6049)
The genetic evolutionary relationships of two <i>Eupristina</i> species on <i>Ficus altissima</i>	CHEN Youling, SUN Lingli, WU Leilei, et al (6058)
Metal uptake and root morphological changes for two varieties of <i>Salix integra</i> under cadmium stress	WANG Shufeng, SHI Xiang, SUN Haijing, et al (6065)
Effects of phthalic acid on seed germination, membrane lipid peroxidation and osmoregulation substance of radish seedlings	YANG Yanjie, WANG Xiaowei, ZHAO Kang, et al (6074)
The morphological and physiological responses of <i>Tamarix ramosissima</i> seedling to different irrigation methods in the extremely arid area	MA Xiaodong, WANG Minghui, LI Weihong, et al (6081)
Response characteristics of photosynthetic and physiological parameters in <i>Ziziphus jujuba</i> var. <i>spinosa</i> seedling leaves to soil water in sand habitat formed from seashells	WANG Rongrong, XIA Jiangbao, YANG Jihua, et al (6088)
Effects of ceramsite mulching on soil water content, photosynthetic physiological characteristics and growth of plants	TAN Xuehong, GUO Xiaoping, ZHAO Tingning (6097)
Dynamics of tannin concentration and nutrient resorption for branchlets of <i>Casuarina equisetifolia</i> plantations at different ages	YE Gongfu, ZHANG Shangju, ZHANG Lihua, et al (6107)
Sulfur contents in leaves and branches of dominant species among the three forest types in the Pearl River Delta	PEI Nancai, CHEN Bufeng, ZOU Zhijin, et al (6114)
Impacts of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus on growth dynamics of <i>Bauhinia faberi</i> seedlings	SONG Chengjun, QU Laiye, MA Keming, et al (6121)
Characteristics of ion accumulation and seed germination for seeds from plants cultured at different concentrations of nitrate nitrogen and salinity	ZHOU Jiachao, FU Tingting, ZHAO Weiwei, et al (6129)
Physio-ecological effects of endophyte infection on the host grass with elevated CO ₂	SHI Zhibing, ZHOU Yong, LI Xia, et al (6135)
Effects of pretreatment on germination of <i>Typha domingensis</i> and <i>Phragmites australis</i>	MENG Huan, WANG Xuehong, TONG Shouzheng, et al (6142)
Transfer characteristics of cadmium from soil to <i>Salix × aureo-pendula</i>	ZHANG Wen, WEI Hong, SUN Xiaocan, et al (6147)
Effect of Close-to-Nature management on the natural regeneration and species diversity in a masson pine plantation	LUO Yinghua, SUN Dongjing, LIN Jianyong, et al (6154)
Population dynamics and seed banks of the threatened seagrass <i>Halophila beccarii</i> in Pearl Bay, Guangxi	QIU Guanglong, FAN Hangqing, LI Zongshan, et al (6163)
Effects of biological crusts on dew deposition and evaporation in the Southern Edge of the Mu Us Sandy Land, Northern China	YIN Ruiping, WU Yongsheng, ZHANG Xin, et al (6173)
Life history characteristics and spatial distribution of <i>Populus pruinosa</i> population at the upper reaches of Tarim River	HAN Lu, XI Linqiao, WANG Jiaqiang, et al (6181)
Interactive effects of short-term nitrogen enrichment and simulated grazing on ecosystem respiration in an alpine meadow on the Tibetan Plateau	ZONG Ning, SHI Peili, JIANG Jing, et al (6191)

- The correlation between soil water salinity and plant community distribution under micro-topography in Songnen Plain YANG Fan, WANG Zhichun, WANG Yunhe, et al (6202)
- Comparison of TSP, PM_{2.5} and their water-soluble ions from both inside and outside of Dafushan forest park in Guangzhou during rainy season XIAO Yihua, LI Jiong, KUANG Yuanwen, et al (6209)
- Fish community ecology in rocky reef habitat of Ma'an Archipelago II. Spatio-temporal patterns of community structure WANG Zhenhua, ZHAO Jing, WANG Kai, et al (6218)
- Interannual variation in the population dynamics of snailfish *Liparis tanakae* in the Yellow Sea CHEN Yunlong, SHAN Xiujuan, ZHOU Zhipeng, et al (6227)
- Spatial and temporal variation of soil macro-fauna community structure in three temperate forests LI Na, ZHANG Xueping, ZHANG Limin (6236)
- Community structure and species biodiversity of fig wasps in syconia of *Ficus superba* Miq. var. *japonica* Miq. in Fuzhou CHEN Youling, CHEN Xiaoqian, WU Wenshan, et al (6246)
- Marine ecological capital: valuation methods of marine ecosystem services CHEN Shang, REN Dachuan, XIA Tao, et al (6254)
- Geomorphologic regionalization of China aimed at construction of nature reserve system GUO Ziliang, CUI Guofa (6264)
- Impact of ecological vegetation construction on the landscape pattern of a Loess Plateau Watershed YI Yang, XIN Zhongbao, QIN Yunbin, et al (6277)
- Spatial heterogeneity of soil moisture across a cropland-grassland mosaic: a case study for agro-pastoral transition in north of China WANG Hongmei, WANG Zhongliang, WANG Kun, et al (6287)
- The regional diversity of changes in growing duration of spring wheat and its correlation with climatic adaptation in Northern China E Youhao, HUO Zhiguo, MA Yuping, et al (6295)
- Response of soil physical-chemical properties to rocky desertification succession in South China Karst SHENG Maoyin, LIU Yang, XIONG Kangning (6303)
- Prediction of the effects of climate change on the potential distribution of mire in Northeastern China HE Wei, BU Rencang, LIU Hongjuan, et al (6314)
- Soil nitrogen mineralization and associated temperature sensitivity of different Inner Mongolian grasslands ZHU Jianxing, WANG Qiufeng, HE Nianpeng, et al (6320)
- Effects of land use on soil nutrient in oasis-desert ecotone in the middle reach of the Heihe River MA Zhimin, LÜ Yihe, SUN Feixiang, et al (6328)
- Assessment on heavy metal pollution status in paddy soils in the northern Chengdu Plain and their potential ecological risk QIN Yusheng, YU Hua, FENG Wenqiang, et al (6335)
- Relationship between the temporal-spatial distribution of longline fishing grounds of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and the thermocline characteristics in the Central Atlantic Ocean YANG Shenglong, MA Junjie, ZHANG Yu, et al (6345)
- Biological nitrogen fixation in the upper water column in the south Taiwan Strait during summer 2011 LIN Feng, CHEN Min, YANG Weifeng, et al (6354)
- Storage and drivers of forests carbon on the Beichangshan Island of Miaodao Archipelago SHI Honghua, WANG Xiaoli, WANG Ai, et al (6363)
- Impact of changes in vegetation types on soil C mineralization and associated temperature sensitivity in the Changbai Mountain forests of China WANG Dan, LÜ Yuliang, XU Li, et al (6373)
- Analysis of relationship between genetic structure of Chinese Pine and mountain barriers MENG Xiangxiang, DI Xiaoyan, WANG Mengben, et al (6382)
- Soil organic carbon interpolation based on auxiliary environmental covariates: a case study at small watershed scale in Loess Hilly region WEN Wen, ZHOU Baotong, WANG Yafeng, et al (6389)
- Eco-management benefit analysis of industrial resources from life cycle perspective: a case study of a virtual symbiosis network SHI Xiaoqing, LI Xiaonuo, YANG Jianxin (6398)
- The game analysis between poverty and environment in ecologically fragile zones QI Xinhua, YE Shilin, CHENG Yu, et al (6411)
- The coupling development of economy and environment under the background of World Expo in Shanghai NI Yao, YUE Wenzhe, ZHANG Yuntang, et al (6418)

《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,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 19 期 (2013 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 19 (October, 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