

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

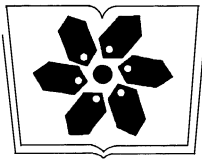
Acta Ecologica Sinica



第33卷 第1期 Vol.33 No.1 **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 1 期 2013 年 1 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 生态整合与文明发展..... 王如松 (1)
- 干旱半干旱区坡面覆被格局的水土流失效应研究进展 高光耀,傅伯杰,吕一河,等 (12)
- 城市林木树冠覆盖研究进展 贾宝全,王 成,邱尔发,等 (23)
- 环境质量评价中的生物指示与生物监测 Bernd Markert,王美娥,Simone Wünschmann,等 (33)
- 水溶性有机物电子转移能力及其生态效应 毕 冉,周顺桂,袁 田,等 (45)

个体与基础生态

- 凋落物和增温联合作用对峨眉冷杉幼苗抗氧化特征的影响 杨 阳,杨 燕,王根绪,等 (53)
- 不同浓度 5-氨基乙酰丙酸(ALA)浸种对 NaCl 胁迫下番茄种子发芽率及芽苗生长的影响
..... 赵艳艳,胡晓辉,邹志荣,等 (62)
- 缺镁胁迫对纽荷尔脐橙叶绿素荧光特性的影响 凌丽俐,彭良志,王男麒,等 (71)
- 松嫩草地 66 种草本植物叶片性状特征..... 宋彦涛,周道玮,王 平,等 (79)
- 花蜜中酚类物质对群落中同花期植物传粉的影响..... 赵广印,李建军,高 洁 (89)
- 桉树枝瘿姬小蜂连续世代种群生命表..... 朱方丽,邱宝利,任顺祥 (97)

种群、群落和生态系统

- 蒙古栎地理分布的主导气候因子及其阈值 殷晓洁,周广胜,隋兴华,等 (103)
- 河静黑叶猴果实性食物组成、选择及其对种子的扩散作用..... 阮海河,白 冰,李 宁,等 (110)
- 2010 秋季东海今生颗石藻的空间分布 靳少非,孙 军,刘志亮 (120)
- OPRK1 基因 SNP 与梅花鹿日间行为性状的相关性 吕慎金,杨 燕,魏万红 (132)
- 鄱阳湖流域非繁殖期鸟类多样性 邵明勤,曾宾宾,徐贤柱,等 (140)
- 人工巢箱条件下两种山雀鸟类的同域共存机制 李 乐,张 雷,殷江霞,等 (150)
- 桉-栎不同混合比例凋落物分解过程中土壤动物群落动态 李艳红,杨万勤,罗承德,等 (159)
- 三峡库区生态系统服务功能重要性评价 李月臣,刘春霞,闵 婕,等 (168)

景观、区域和全球生态

- 黄土高原小流域不同地形下土壤有机碳分布特征 李林海,郜二虎,梦 梦,等 (179)
- 海岸带地理特征对沉水植被丰度的影响..... 吴明丽,李叙勇,陈年来 (188)
- 玛纳斯河流域扇缘带不同植被类型下土壤物理性质 曹国栋,陈接华,夏 军,等 (195)

资源与产业生态

- 农田开垦对三江平原湿地土壤种子库影响及湿地恢复潜力 王国栋,Beth A Middleton,吕宪国,等 (205)
- 漫溢干扰过程中微地形对幼苗定居的影响 安红燕,徐海量,叶 茂,等 (214)
- 黑龙江流域夏玉米产量提升限制因素 徐丽娜,陶洪斌,黄收兵,等 (222)
- 黑龙江省药用植物根际土壤真菌多样性 慕东艳,吕国忠,孙晓东,等 (229)

桑沟湾养殖生态系统健康综合评价 傅明珠,蒲新明,王宗灵,等 (238)

城乡与社会生态

基于“OOAO 原则”的罗源湾生态质量状况综合评价 吴海燕,吴耀建,陈克亮,等 (249)

四十里湾营养状况与浮游植物生态特征 李 斌,白艳艳,邢红艳,等 (260)

生态足迹深度和广度:构建三维模型的新指标 方 恺 (267)

中国东西部中小城市景观格局及其驱动力 齐 杨,邬建国,李建龙,等 (275)

研究简报

南海陆坡沉积物细菌丰度预测 李 涛,王 鹏 (286)

浑善达克沙地榆树疏林幼苗更新空间格局 刘 振,董 智,李红丽,等 (294)

光 and 不同打破种子休眠方法对紫茎泽兰种子萌发及幼苗状态的影响 姜 勇,李艳红,王文杰,等 (302)

学术争鸣

关于植物群丛划分的探讨 邢韶华,于梦凡,杨立娟,等 (310)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 35 * 2013-01



封面图说:外来入侵物种紫茎泽兰——紫茎泽兰约于 20 世纪 40 年代由缅甸传入中国云南南部后迅速蔓延,现已在云南、贵州、四川、广西、重庆、湖北、西藏等省区广泛分布和危害,并仍以每年大约 30 km 的速度扩散。紫茎泽兰为多年生草本或亚灌木,号称“植物界杀手”。其对环境的适应性极强,疯长蔓延,能极大耗损土壤肥力。它的植株能释放多种化感物质,排挤其他植物生长而形成单优种群,它破坏生物多样性,威胁到农作物、畜牧草甚至林木,且花粉能引起人类过敏性疾病等,目前尚无有效治理对策。

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

DOI: 10.5846/stxb201108311278

姜勇, 李艳红, 王文杰, 包松莲, 祖元刚, 王慧梅. 光和不同打破种子休眠方法对紫茎泽兰种子萌发及幼苗状态的影响. 生态学报, 2013, 33(1): 0302-0309.

Jiang Y, Li Y H, Wang W J, Bao S L, Zu Y G, Wang H M. Impacts on seed germination features of *Eupatorium adenophorum* from variable light stimulation and traditional dormancy-broken methods. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(1): 0302-0309.

光和不同打破种子休眠方法对紫茎泽兰 种子萌发及幼苗状态的影响

姜 勇¹, 李艳红¹, 王文杰^{1,*}, 包松莲², 祖元刚¹, 王慧梅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. 中国林科院资源昆虫研究所, 昆明 650224)

摘要: 紫茎泽兰是著名的外来入侵植物, 作为入侵的第一步, 发芽及其幼苗生长应该与其强入侵能力有关。基于此, 通过不同光照强度处理和不同打破休眠方法的双因素实验, 旨在探讨紫茎泽兰种子是否具有需光萌发特性以及低温、水杨酸、聚乙二醇、硝酸钾等常规打破休眠方法和光照如何共同影响其萌发、幼苗生长等问题。结果表明: 在全光照条件下, 不同处理的紫茎泽兰种子的萌发率均大于 63%, 铝箔纸覆盖的遮光条件(0.23% 光照) 萌发率均大于 60%, 而在完全黑暗条件下, 其萌发率较低(均小于 30%), 这表明紫茎泽兰种子具有需光萌发的特性。有别于以往对其它植物种子的报道, 低温处理、水杨酸处理、聚乙二醇处理和硝酸钾处理不能代替光照打破种子休眠, 显示紫茎泽兰种子可能处于一种强迫休眠状态(种子静态)。全光照与水杨酸处理、PEG 处理对幼苗生长具有交互影响: 黑暗下水杨酸处理浓度与幼苗生物量成正相关($P < 0.05$), 但全光照和加铝箔下不相关($P > 0.05$); 全光照下 PEG 处理浓度与根长显著正相关($P < 0.05$), 而加铝箔和黑暗下不相关($P > 0.05$)。紫茎泽兰种子需光萌发特征及其幼苗生长特点是人为破坏表土壤、深层土壤种子库地表化导致快速入侵的基础。结果也为通过引入适宜树种造林来控制光照因子对紫茎泽兰进行生态控制提供了理论依据。

关键词: 紫茎泽兰; 光敏特性; 种子发芽率; 幼苗生长; 遮光处理; 打破休眠处理

Impacts on seed germination features of *Eupatorium adenophorum* from variable light stimulation and traditional dormancy-broken methods

JIANG Yong¹, LI Yanhong¹, WANG Wenjie^{1,*}, BAO Songlian², ZU Yuangang¹, WANG Huimei¹

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

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

Abstract: *Eupatorium adenophorum* (Crofton weed) is a notorious invasive species worldwide, as the first step colonizing in a new habitat, seed germination and growth of seedlings should be related to its strong invasiveness. Combining experiments on different light intensity and different traditional dormancy-breaking treatments were carried out in this paper. We are aiming to answer two questions, i. e., whether or not germination of the weed is light-required, and how traditional dormancy-breaking methods and light intensity interactively affect germination and seedling growth. Crofton weed had the feature of photoblastic seed germination. Germination under different treatments was higher than 63% under full light, and higher 60% under aluminum foil-covered treatments (0.23% light transmittance), while germination was lower than 30% under dark treatments. Different from previous reports on other species, the low temperature, SA, PEG and KNO₃

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金项目(DL12DA03); 中国博士后基金(20080430126); 国家自然科学基金(31100457, 31170575); 人事部留学归国博士后入站项目资助

收稿日期: 2011-08-31; 修订日期: 2012-07-23

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wjwang225@hotmail.com

treatments cannot take the place of light in breaking seed germination, indicating that Crofton weed was in the form of forced dormancy (seed quiescence). Light with SA and PEG treatments had interactions on seedling growth; SA treatments were linearly related with seedling biomass at dark ($P < 0.05$), while no correlations were found under full light and aluminum foil treatments ($P > 0.05$). Similarly, significantly linear correlation between PEG concentration and root length under full-light treatments was found ($P < 0.05$), but no correlations were found in the aluminum foil treatments and dark treatments ($P > 0.05$). This photoblastic seed germination and seedling growth characteristics play a key role in forming soil seed bank, and also the basis of fast-invasion of this species in disturbed soil, where seeds in deep soil come to surface after disturbance. Our finding also supports the ecological control of this invasive species by introducing suitable trees to influence light environment around Crofton weed.

Key Words: *Eupatorium adenophorum*; photosensitivity; seed germination; seedling growth; shading; dormancy-broken treatments

紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*),属菊科多年生草本植物或亚灌木,与其它植物竞争水分、光照和生存空间等,是一种世界性的恶性杂草^[1]。对紫茎泽兰的研究表明,其具有强阳性植物典型特征,但也能在阴暗环境下生长,光能够影响紫茎泽兰种子萌发与成苗过程,但不同研究之间、室内和野外研究结果之间尚存在较大差异^[2-6],很难定量这一入侵植物种子萌发需要的光照强度、其它打破休眠方法是否可以替代光以及其对幼苗初期生长状态如何影响等问题。对包括紫茎泽兰在内的多种入侵植物种子研究发现,有光条件下发芽率显著高于无光对照^[6],本研究拟在此基础上,通过类比的方法对紫茎泽兰种子需光萌发的机制进行深入探讨:即在不同光照条件下,看常规打破休眠的方法(低温处理^[7]、水杨酸(SA)处理^[8]、干旱聚乙二醇(PEG)处理^[9-10]、硝酸钾^[11]处理)是否代替光照处理,如果能够,则说明光照打破休眠的机理与此类似,否则说明其存在不同的机制,如种子静态等^[12-13];同时对光照及不同处理影响幼苗生长(根长、芽长和幼苗鲜重)进行研究。预期光照对种子萌发和幼苗生长影响的研究结果将有助于理解外来植物紫茎泽兰在入侵定植阶段的深层原因。

1 材料和方法

1.1 实验材料

供试紫茎泽兰种子于2010年3月中旬采自于云南省昆明市世博园附近,千粒重48 mg,室温干燥、储藏备用,挑选籽粒饱满,大小均匀的种子用于实验。

1.2 实验设计与发芽处理方法

对紫茎泽兰种子进行不同光照和不同打破种子休眠方法的双因素控制实验,观察二因素对种子的萌发、根长、芽长以及幼苗鲜重的影响及是否存在交互作用。其中光照处理包括黑暗(生长箱光照不打开)、铝箔纸覆盖、全光照3个水平;以全光照为100%,可见光范围内,铝箔纸覆盖的透光率为0.23%,黑暗处理透光率为0%(图1)。

不同打破种子休眠的处理方法包括低温处理、水杨酸处理(SA处理)、聚乙二醇处理(PEG处理)、硝酸钾处理。每个处理的水平数见表1。具体处理方法:低温处理是将种子放入垫有两层滤纸的培养皿中,滤纸用蒸馏水浸湿,之后将装有种子的培养皿放入5℃和-20℃冰箱培养1周,低温打破休眠期间没有光照;水杨酸处理是指种子在0.01、0.05、0.1 mmol/L水杨酸溶液中浸泡20—21 h;聚乙二醇处理是指种子在5%、10%、15%聚乙二醇(PEG-6000)溶液中浸泡20—21 h;硝酸钾处理是指种子在10、25、50 mmol/L硝酸钾溶液中浸泡22—23 h(表1)。

以直径为9 cm的培养皿为发芽床,内垫2层滤纸,将上述每个处理的种子分别装入3个培养皿中,均匀地排布,分别以蒸馏水处理种子为对照,每个培养皿内装入40粒种子。发芽培养皿放入生长箱,铝箔纸遮光处理和全光照处理设置为白天16 h光照、温度25℃和晚上8 h黑暗、温度15℃交替处理。所用生长箱为:黑龙江省东扩仪器制造有限公司生产ZPW-400智能植物培养箱,全光照是指打开24个荧光灯管,光照强度11640 lx。

表 1 实验设计
Table 1 Experimental design

方法 Method	光照处理 Light treatment											
	黑暗				铝箔纸遮光				全光			
	Dark (0%)				Aluminum foil cover(0.23%)				Full light (100%)			
低温处理 Low temperature/℃	25	-20	5		25	-20	5		25	-20	5	
水杨酸处理/(mmol/L)	0	0.01	0.05	0.1	0	0.01	0.05	0.1	0	0.01	0.05	0.1
聚乙二醇处理-6000/%	0	5	10	15	0	5	10	15	0	5	10	15
硝酸钾处理 KNO ₃ /(mmol/L)	0	10	25	50	0	10	25	50	0	10	25	50

1.3 发芽率、幼苗状态测定与数据处理方法

以子叶展开为正常发芽标准,对种子发芽进行统计^[6]。当连续3d无新发芽种子出现,即视为发芽过程结束。芽重、芽长和根长在发芽率测定结束时进行测定,重量测定天平精度为0.001g,发芽率(%)=发芽种子数/供试种子数×100%。

在使用可重复双因素方差分析对光照和各种打破休眠方法对发芽指标的影响进行统计分析的基础上,使用Duncan's多重比较方法,对同一因素内不同水平的差异显著性进行检验(SPSS 17.0)。

2 结果与分析

2.1 光照与低温处理对紫茎泽兰种子的萌发和幼苗生长的影响

在全光照、加铝箔纸和黑暗条件下,-20℃处理使种子丧失活力,不萌发;全光照对室温和5℃处理条件下发芽特征影响类似,均表现黑暗条件下发芽率显著低于光照,相差30%左右($P<0.05$);芽长在光照条件下仅2mm左右,而黑暗和加铝箔纸处理则接近14mm;全光照处理显著增加根系生长,达到18—20mm左右,而黑暗和加铝箔纸处理均2mm左右;幼苗鲜重在全光照条件下明显高于黑暗和加铝箔纸,后二者差异不明显(图2)。

与全光照对各个指标均存显著影响相比($P<0.0005$),温度处理对发芽率($P=0.54$)、芽长($P=0.44$)、根长($P=0.43$)和幼苗鲜重($P=0.81$)均不存在明显影响。即温度处理并不能影响光照对种子萌发特征的影响(表2)。

2.2 光照与水杨酸处理对紫茎泽兰种子的萌发和幼苗生长的影响

黑暗条件下种子的萌发率显著低于全光照($P<0.05$),全光照与加铝箔纸处理差异不显著(图3)。与此不同,芽长在加铝箔和黑暗处理下,2个(对照和0.1mmol/L)差异达到显著,另外2个不显著,但二者都显著高于全光处理。总体来看,芽长在全光照条件下为2mm左右,黑暗和加铝箔纸处理为13—15mm。根长与芽长相反,全光照促进根系生长(12—14mm左右),而黑暗和加铝箔纸下不同水杨酸处理下均无差异(2mm左右)(图3)。

双因素方差分析表明(表2),全光照对各个指标均存在显著影响($P<0.0005$),而水杨酸处理对发芽率($P=0.59$)、芽长($P=0.83$)、根长($P=0.79$)不存在明显影响,但对幼苗鲜重($P=0.03$)影响显著,并与全光照存在交互作用(表2)。全光照下,随着水杨酸浓度提高,幼苗鲜重从0.8mg增加到1.3mg,而黑暗下,从0.7mg增加到1.0mg;但在铝箔纸上,普遍低于全光照和黑暗,变化范围在0.4mg—0.7mg之间(图3)。线性相关分析发现,全光照和加铝箔条件下,幼苗鲜重与水杨酸浓度不存在显著相关性,而在黑暗下,则相关性达到显著水平(表3)。

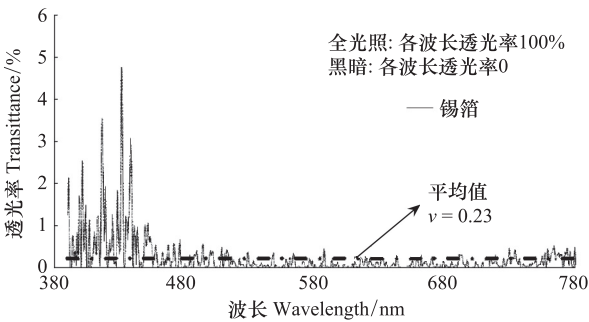


图 1 不同波长下铝箔纸的透光性能
Fig. 1 Light transmittance of aluminum foil used in this experiment

表 2 光照和不同打破休眠方法对紫茎泽兰种子发芽特征的双因素方差分析

Table 2 Two-way analysis of variance for the influence of light and various dormancy-breaking treatments on seed germination characteristics of *Eupatorium adenophorum*

指标 Parameters	光照和温度 Light and temperature			光照和水杨酸 Light and SA			光照和聚乙二醇 Light and PEG			光照和硝酸钾 Light and KNO ₃		
	来源	F	P	来源	F	P	来源	F	P	来源	F	P
发芽率	光 照	16.43	0.000	光 照	221.9	0.000	光 照	81.99	0.000	光 照	176.80	0.000
Germination rate	低 温	0.40	0.540	水 杨 酸	0.11	0.953	聚 乙 二 醇	0.885	0.462	硝 酸 钾	0.91	0.449
	交 互	1.15	0.349	交 互	0.78	0.594	交 互	0.349	0.903	交 互	0.44	0.841
芽长	光 照	187.1	0.000	光 照	173.7	0.000	光 照	252.9	0.000	光 照	257.2	0.000
Height of seedlings	低 温	0.63	0.443	水 杨 酸	0.63	0.545	聚 乙 二 醇	2.08	0.129	硝 酸 钾	26.50	0.713
	交 互	0.14	0.872	交 互	0.37	0.825	交 互	2.17	0.081	交 互	28.68	0.991
根长	光 照	118.8	0.000	光 照	725.1	0.000	光 照	843.5	0.000	光 照	457.7	0.000
Length of root	低 温	0.66	0.4312	水 杨 酸	0.53	0.669	聚 乙 二 醇	9.79	0.000	硝 酸 钾	0.64	0.595
	交 互	1.14	0.353	交 互	0.52	0.787	交 互	10.09	0.000	交 互	0.49	0.808
幼苗鲜重	光 照	8.48	0.004	光 照	26.50	0.000	光 照	77.32	0.000	光 照	36.21	0.000
Fresh mass	低 温	0.06	0.812	水 杨 酸	4.00	0.010	聚 乙 二 醇	0.68	0.575	硝 酸 钾	2.84	0.059
	交 互	1.01	0.391	交 互	1.53	0.029	交 互	0.51	0.797	交 互	2.47	0.053

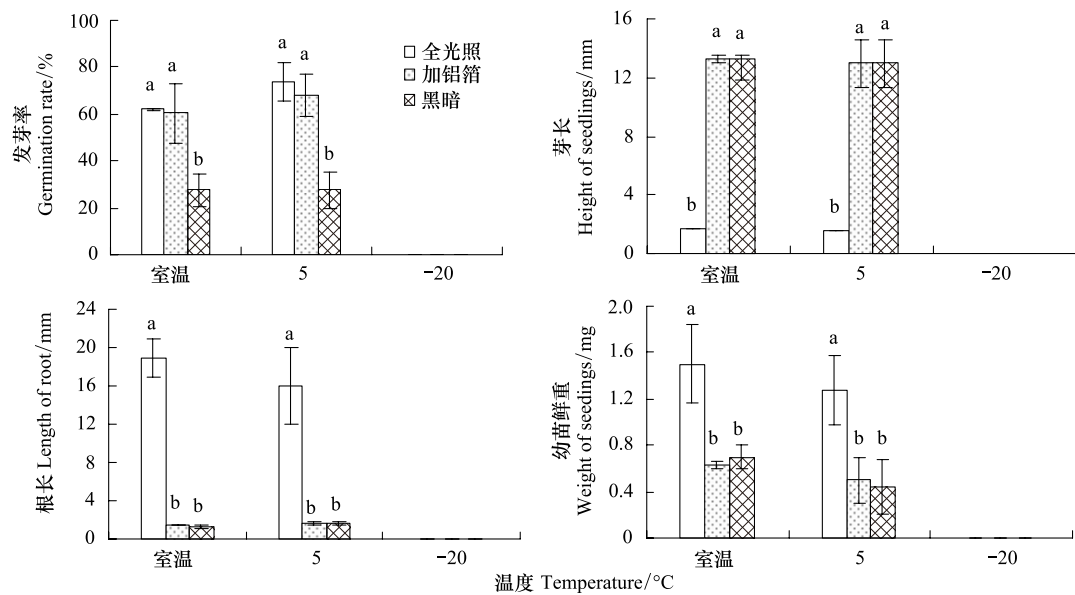


图 2 不同温度和光照处理对紫茎泽兰种子发芽率、芽长、根长、幼苗鲜重的影响

Fig. 2 Effect of temperature and light on the seed germination rate and height, root length and fresh mass of *Eupatorium adenophorum* seedlings

竖线表示数据标准偏差,同一处理下相同字母表示没有显著性差异,不同字母表示差异性显著

2.3 光照与聚乙二醇处理对紫茎泽兰种子的萌发和幼苗生长的影响

在全光照和加铝箔纸条件下,不同聚乙二醇浓度处理对于发芽率的影响均不显著($P>0.05$),但二者均显著高于黑暗处理($P<0.05$)(图 4),显示光照是影响种子萌发的首要因素,而聚乙二醇处理没有显著的影响(表 2)。对芽长的影响,也体现在全光照下,明显抑制芽长的生长,多数情况下,加铝箔的芽长较黑暗下稍长,但多数情况下差异不显著(图 4),双因素方差分析显示,聚乙二醇处理没有显著影响芽长生长(表 2)。幼苗

鲜重在全光照条件下明显高于黑暗和加铝箔纸处理,但后二者差异不显著(图4)。统计分析也显示聚乙二醇浓度对鲜重影响没有达到显著水平(表2)。

表3 水杨酸处理、聚乙二醇处理和硝酸钾处理浓度下紫茎泽兰幼苗鲜重、根长的拟合关系受光照的影响

Table 3 Light impacts on the best-fitting linear relations between seedling fresh mass, root length and concentration of SA, PEG and KNO₃ treatments

	光照处理 Light treatment	公式 Equation	R ²	P
水杨酸处理 SA treatment				
鲜重与浓度 Fresh mass and SA concentration	全光照	$y=2.3656x+1.022$	0.2763	>0.05
	加铝箔	$y=1.2903x+0.5484$	0.1548	>0.05
	黑暗	$y=2.043x+0.6433$	0.5448	0.006
聚乙二醇处理 PEG treatment				
根长与浓度 Root length and PEG concentration	全光照	$y=0.4742x+13.684$	0.6305	0.002
	加铝箔	$y=0.0085x+1.3495$	0.0562	>0.05
	黑暗	$y=-0.0079x+1.557$	0.0731	>0.05
硝酸钾处理 KNO ₃ treatment				
鲜重与浓度 Fresh mass and KNO ₃ concentration	全光照	$y=9\times10^{-5}x+1.2731$	0.0001	>0.05
	加铝箔	$y=0.0121x+0.5852$	0.7303	<0.001
	黑暗	$y=-0.0008x+0.6841$	0.0062	>0.05

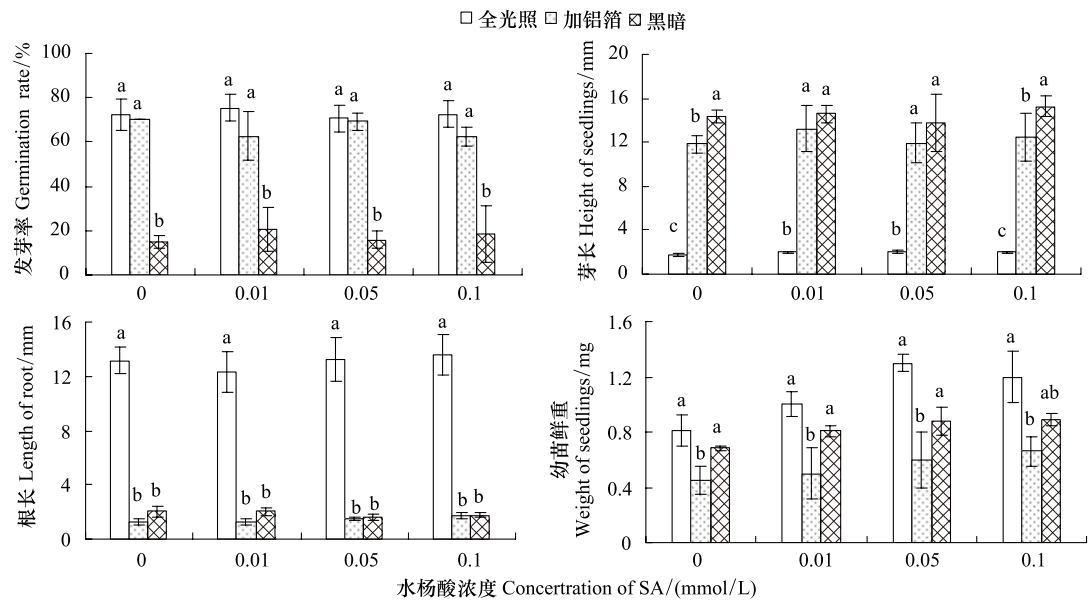


图3 不同浓度水杨酸处理和光照对紫茎泽兰种子发芽率、芽长、根长、幼苗鲜重的影响

Fig.3 Effect of SA treatment and light on the seed germination rate and height, root length and fresh mass of *Eupatorium adenophorum* seedlings

根系生长受光的调节,但微弱的光(加铝箔)与黑暗在不同的聚乙二醇浓度处理下种子的根系生长差异均不显著,说明微弱的光对其没有影响(图4)。双因素方差分析显示,全光照和聚乙二醇处理均能够显著影响根系长度,且存在交互作用(表2),全光照下聚乙二醇处理浓度增加,使根长显著增长,但是在加铝箔和黑暗条件下,这一趋势不明显(图4)。进一步线性回归分析发现,全光照下根系长度随聚乙二醇浓度增大而显著增加,但在其它两个处理下没有显著变化(表3)。

2.4 光照与硝酸钾处理对紫茎泽兰种子的萌发和幼苗生长的影响

与前面几个处理相似,硝酸钾不同处理下,黑暗条件下发芽率显著低于全光照和加铝箔处理,相差 50%

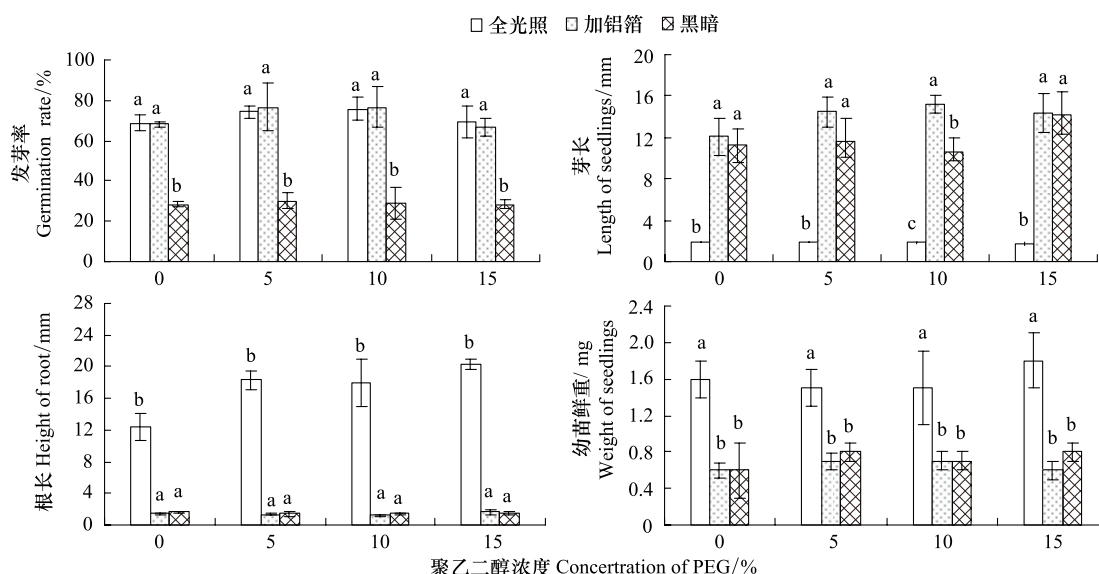


图4 不同浓度聚乙二醇和光照对紫茎泽兰种子发芽率、芽长、根长、幼苗鲜重的影响

Fig. 4 Effect of PEG treatment and light on seed germination rate and height, root length and fresh mass of *Eupatorium adenophorum* seedlings

左右 ($P < 0.05$), 但加铝箔纸与全光照处理差异不显著 (图 5)。芽长在全光照条件下, 长度为 1.8—2.4 mm 之间, 不同浓度硝酸钾下均表现出显著低于黑暗和加铝箔纸处理 (14—15 mm) (图 5)。根长在光照条件下达到 16 mm 左右, 而黑暗和加铝箔纸处理均 2 mm 左右, 显著低于全光照 ($P < 0.05$) (图 5)。幼苗鲜重在全光照条件下明显高于黑暗和加铝箔纸处理, 但后二者差异不明显 (图 5), 双因素方差分析显示, 硝酸钾处理没有显著影响发芽率、芽长、根长, 但是对幼苗鲜重影响接近显著 ($P = 0.059$), 交互作用也接近显著 ($P = 0.053$) (表 2)。区分不同光处理回归分析发现, 加铝箔处理下, 随硝酸钾处理浓度增加, 鲜重线性增长显著 ($P < 0.05$), 而全光照和黑暗下则不存在类似关系 (表 3)。

3 讨论

紫茎泽兰作为对我国造成巨大生态入侵的外来种之一, 对其种子萌发与定植过程的研究一直是这一研究领域的热点^[6]。刘伦辉等^[1]提出紫茎泽兰种子的萌发和幼苗的生长要求比较稳定的光照及高温高湿条件; 王文琪等^[2]提出全光照对紫茎泽兰种子萌发有抑制作用, 而在 28% 光照条件下萌发率最高。不同光照、干扰强度对紫茎泽兰种子萌发、幼苗定居和生长影响的研究发现, 草山 (地) 上较小的干扰 (直径 15 cm, 与牛、马蹄印大小相似)、较低光照 (地表光强 6% 以下) 能使紫茎泽兰种子萌发和幼苗定居^[5]。在严格的室内控制条件下, 证实了紫茎泽兰种子萌发对光照很敏感, 有光与完全黑暗下发芽率相差 30%—50% ($P < 0.05$), 但很微弱的光照就能够有效打破种子休眠, 在透射率为 0.23% 的铝箔纸下的萌发率几乎与全光下发芽率相同。而且其它多种传统打破休眠的方法均不能代替光照, 这些研究结果是对以往研究的补充。

紫茎泽兰种子需光萌发的特性, 使得种子在土壤里面时, 由于没有光照而形成数量可观的种子库, 而一旦表土破坏, 外界光照能够刺激种子大量萌发, 形成入侵。可见紫茎泽兰种子的需光萌发特性, 导致种子库为其在新生境大规模快速入侵打下了关键性的伏笔。此外, 紫茎泽兰的种子很小, 千粒重仅有 48 mg, 这使其种子自身储藏能量有限, 不利于其抵抗逆境。紫茎泽兰的需光萌发特性, 使得其具有利用外界光照的能力, 更好的促进幼苗根系和生物量的生长 (表 3)。因此, 这种需光萌发以及幼苗生长受光照与环境因子交互影响的特性, 可能在一定程度上弥补其种子小、能量少所带来的入侵劣势^[6]。

关于需光萌发的原因, 通过类比的方法, 发现目前常用的常规打破休眠的方法都不能替代光照的作用 (图 2—图 5, 表 2)。通过与本研究相似的方法, Hsiao & Quick^[14]研究发现, 莴苣 (*Lactuca Sativa*) 的需光萌发特性可以被硝酸盐以及聚乙二醇改变。Henig-sever 等^[15]研究发现火后针叶树种子需光萌发特性可能与硝态

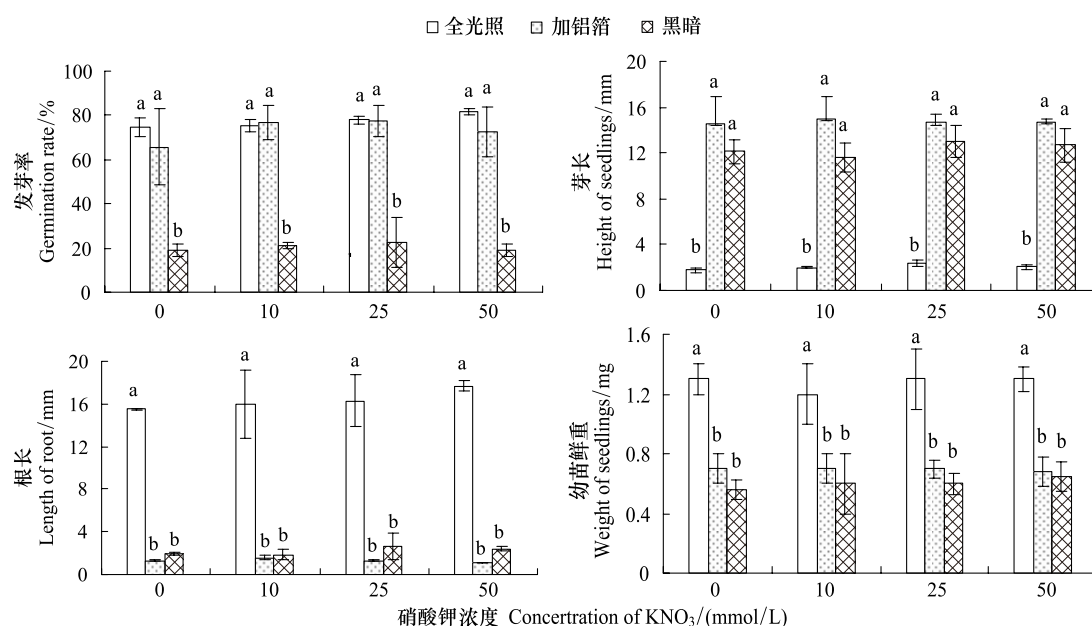


图5 不同浓度硝酸钾和光照处理对紫茎泽兰种子发芽率、芽长、根长、幼苗鲜重的影响

Fig. 5 Effect of KNO₃ treatment and light on seed germination rate and height, root length and fresh mass of *Eupatorium adenophorum* seedlings

氮和氨态氮的配比有关。Mandak & Pysek^[16]的研究发现,硝酸盐中的 N 素很可能是影响草本植物需光萌发的原因。紫茎泽兰种子需光萌发几乎不受温度、聚乙二醇、水杨酸、硝酸钾等的影响,说明这一入侵植物的需光萌发特性可能有别于常见的需光萌发种子。种子休眠具有多样性,处于静态的种子是指处于干燥状态或者不利条件下种子不能萌发的种子,与通常的种子休眠(具有正常活力的种子在适宜条件下——光、温、水和氧气不能萌发的现象),也被称作强迫休眠^[12-13]。目前很多学者对紫茎泽兰种子是休眠还是静态颇有争议^[1,2,6],结果说明,只要给予光照,种子就能够正常萌发,并与其它环境如干旱、N 营养等无关。这一结果支持紫茎泽兰种子属于种子静态这一结论。

虽然不同常规处理方法不能代替光照促进种子萌发,但可促进萌发种子的生长发育,甚至存在与光照的交互作用。一般来讲,干旱处理促进根系伸长而施加 N 肥,能提高生物量产量。紫茎泽兰种子受光处理直接影响聚乙二醇引发的根系生长的效果(没有光照下不起作用)、以及硝态氮引起的生物量增加等(过高光和没有光均不起作用)(表 3)。于洋等^[17]和王晓多等^[18]已经报道了光照显著影响绒毛番龙眼种子(*Pometia tomentosa*)、豌豆种子(*Pisum Sativum*)光照显著影响幼苗生长特征的结果,结果进一步证实光照可以直接影响某些环境因子(干旱和养分供应)对紫茎泽兰幼苗生物量的调节作用。幼苗初期是生长最为脆弱的时期,对紫茎泽兰这些特征的揭示,有助于生态控制这一入侵植物以及从机理上揭示其入侵原因。紫茎泽兰作为喜光植物,其种子萌发和幼苗生长发育均需要一定的光照条件,而在林冠对光照的郁蔽影响下,紫茎泽兰是难以完成个体发育,因此需要采取相应的措施降低林下的光照度,进而阻滞紫茎泽兰种子的高萌发率,抑制其种群的进一步蔓延。目前较为有效的措施是增加森林高大植被的密度或者防止因毁林开荒造成的植被破坏为紫茎泽兰提供宜生地。

4 结论

本文通过对紫茎泽兰种子进行全光照、铝箔纸遮光及黑暗处理与 4 种不同打破种子休眠方法,即低温处理、水杨酸、聚乙二醇、硝酸钾处理的交互作用观察紫茎泽兰种子萌发特性及与光照影响的关系。结果表明:铝箔纸覆盖与全光照条件下种子的萌发率差异不显著($P>0.05$),证明种子具有需光萌发的特性。而不同处理代替光照打破种子萌发的可能性很小,但其显著影响了某些发芽幼苗的生长特征。通过对紫茎泽兰种子进

行光处理和不同浓度水杨酸和聚乙二醇处理的交互作用发现:水杨酸处理对种子的幼苗鲜重具有显著影响($P<0.05$)。其中在全光照条件下,0.05 mmol/L 处理效果最明显,较对照提高 39%;而根长在全光照条件下,经 5%、10% 和 15% 的聚乙二醇处理,分别比对照提高 48%、45%、64%;方差分析也表明经过不同浓度的聚乙二醇处理,根长差异达到显著水平($P<0.05$)。

References:

- [1] Liu L H, Xie S C, Zhang J H. Studies on the distribution, harmfulness and control of *Eupatorium adenophorum* spreng. *Acta Ecologica Sinica*, 1985, 5(1): 1-6.
- [2] Wang W Q, Wang J J, Zhao Z M. Seed population dynamics and germination characteristics of *Eupatorium adenophorum*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(6): 982-986.
- [3] Benesh-Arnold R L, Snchez R A, Forcella F, Kruk B C, Ghersa C M. Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. *Field Crops Research*, 2000, 67(2): 105-122.
- [4] Silvertown J W, Charlesworth D, Deborah C. Introduction to Plant Population Biology. Oxford: Blackwell Publishing, 2003: 240-240.
- [5] Niu Y F, Feng Y L, Xie J L, Luo F C. Effects of disturbance intensity on seed germination, seedling establishment and growth of *Ageratina adenophora*. *Guhaia*, 2011, 31(6): 795-800.
- [6] Xu H N, Wang W J, Yu X Y, He H S, Cuan Y, Zu Y G. The difference in light-demanding germination features of seeds between invasive and noninvasive alien plants within composite. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(13): 3433-3440.
- [7] Chen H, Zhang S, Cao M. Effects of light and temperature on seed germination of *Ficus hispida* in Xishuangbanna, southwest China. *Journal of Plant Ecology*, 2008, 32(5): 1084-1090.
- [8] Yuan Y B, Cao Z Z. The role of salicylic acid in plants. *Chinese Bulletin of Botany*, 1994, 11(3): 1-9.
- [9] Michael B E, Kaufman M R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, 1973, 51(5): 914-916.
- [10] Stewart R R C, Bewley J D. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. *Plant Physiology*, 1980, 65(2): 245-248.
- [11] Hilton J R. The Influence of light and potassium nitrate on the dormancy and germination of *Avena fatua* L. (*Wild Oat*) Seed and its ecological significance. *New Phytologist*, 1984, 96(1): 31-34.
- [12] Yang Q H, Ye W H, Song S Q, Yin S H. Summarization on causes of seed dormancy and dormancy polymorphism. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2003, 23(5): 837-843.
- [13] Baskin, J M, Baskin. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 2004, 14(1): 1-16.
- [14] Hsiao A I, Quick W A. The roles of inorganic nitrogen salts in maintaining phytochrome- and gibberellin A₃-mediated germination control in *Skotodormant lettuce* Seeds. *Journal of Plant Growth Regulation*, 1996, 15(4): 159-165.
- [15] Henig-Severa N, Eshelb A, Ne'eman G. Regulation of the germination of *Aleppo pine* (*Pinus halepensis*) by nitrate, ammonium, and gibberellin, and its role in post-fire forest regeneration. *Physiologia Plantarum*, 2000, 108(4): 390-397.
- [16] Mandák B, Pyšek P. The effects of light quality, nitrate concentration and presence of bracteoles on germination of different fruit types in the heterocarpous *Atriplex sagittata*. *Journal of Ecology*, 2001, 89(2): 149-158.
- [17] Yu Y, Cao M, Zheng L, Sheng C Y. Effects of light on seed germination and seedling establishment of a tropical rainforest canopy tree, *Pometia tomentosa*. *Journal of Plant Ecology*, 2007, 31(6): 1028-1036.
- [18] Wang X D, Lu Y Z, Yang J Y. Effects of Soaking with salicylic acid on seeds germination and seedlings growth of Pea (*Pisum Sativum*). *Seed*, 2007, 26(8): 42-44.

参考文献:

- [1] 刘伦辉,谢寿昌,张建华. 紫茎泽兰在我国的分布、危害与防除途径的探讨. *生态学报*, 1985, 5(1): 1-6.
- [2] 王文琪,王进军,赵志模. 紫茎泽兰种子种群动态及萌发特性. *应用生态学报*, 2006, 17(6): 982-986.
- [5] 牛燕芬,冯玉龙,谢建磊,罗富成. 干扰强度对群落中紫茎泽兰种子萌发、幼苗定居和生长的影响. *广西植物*, 2011, 31(6): 795-800.
- [6] 许慧男,王文杰,于兴洋,贺海升,关宇,祖元刚. 菊科几种入侵和非入侵植物种子需光发芽特性差异. *生态学报*, 2010, 30(13): 3433-3440.
- [7] 陈辉,张霜,曹敏. 光和温度对西双版纳地区先锋树种对叶榕种子萌发的影响. *植物生态学报*, 2008, 32(5): 1084-1090.
- [8] 原永兵,曹宗巽. 水杨酸在植物体内的作用. *植物学通报*, 1994, 11(3): 1-9.
- [12] 杨期和,叶万辉,宋松泉,殷寿华. 植物种子休眠的原因及休眠的多形性. *西北植物学报*, 2003, 23(5): 837-843.
- [17] 于洋,曹敏,郑丽,盛才余. 光对热带雨林冠层树种绒毛番龙眼种子萌发及其幼苗早期建立的影响. *植物生态学报*, 2007, 31(6): 1028-1036.
- [18] 王晓多,陆远柱,杨九英. 水杨酸浸种对豌豆种子萌发及幼苗生长的影响. *种子*, 2007, 26(8): 42-44.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.1 January, 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Integrating ecological civilization into social-economic development WANG Rusong (1)
- The effect of land cover pattern on hillslope soil and water loss in the arid and semi-arid region: a review
..... GAO Guangyao, FU Bojie, LÜ Yihe, et al (12)
- The status and trend on the urban tree canopy research JIA Baoquan, WANG Cheng, QIU Erfa, et al (23)
- Bioindicators and Biomonitoring in Environmental Quality Assessment
..... Bernd Markert, WANG Mei'e, Simone Wünschmann, et al (33)
- Electron transfer capacities of dissolved organic matter and its ecological effects ... BI Ran, ZHOU Shungui, YUAN Tian, et al (45)

Autecology & Fundamentals

- Antioxidative responses of *Abies fabri* seedlings to litter addition and temperature elevation
..... YANG Yang, YANG Yan, WANG Genxu, et al (53)
- Effects of seed soaking with different concentrations of 5-aminolevulinic acid on the germination of tomato (*Solanum lycopersicum*)
seeds under NaCl stress ZHAO Yanyan, HU Xiaohui, ZOU Zhirong, et al (62)
- Influence of magnesium deficiency on chlorophyll fluorescence characteristic in leaves of Newhall navel orange
..... LING Lili, PENG Liangzhi, WANG Nanqi, et al (71)
- Leaf traits of 66 herbaceous species in Songnen grassland in Northeast China
..... SONG Yantao, ZHOU Daowei, WANG Ping, et al (79)
- Effects of nectar secondary compounds on pollination of co-flowering species in a natural community
..... ZHAO Guangyin, LI Jianjun, GAO Jie (89)
- The continuous life-table of *Leptocybe invasa* ZHU Fangli, QIU Baoli, REN Shunxiang (97)

Population, Community and Ecosystem

- Dominant climatic factors of *Quercus mongolica* geographical distribution and their thresholds
..... YIN Xiaojie, ZHOU Guangsheng, SUI Xinghua, et al (103)
- Fruit diet, Selectivity and Seed dispersal of Hatinh langur (*Trachypithecus francoisi hatinhensis*)
..... Nguyen Haiha, BAI Bing, LI Ning, et al (110)
- The distribution of living coccolithophore in East China Sea in autumn, 2010 JIN Shaofei, SUN Jun, LIU Zhiliang (120)
- The association of OPRK1 gene SNP with sika deer (*Cervus nippon*) diurnal behavior traits
..... LÜ Shenjin, YANG Yan, WEI Wanhong (132)
- Preliminary study on bird composition and diversity in Poyang Lake watershed during non-breeding period
..... SHAO Mingqin, ZENG Binbin, XU Xianzhu, et al (140)
- Coexistence mechanism of two species passerines in man-made nest boxes LI Le, ZHANG Lei, YIN Jiangxia, et al (150)
- Dynamics on soil faunal community during the decomposition of mixed eucalypt and alder litters
..... LI Yanhong, YANG Wanqin, LUO Chengde, et al (159)
- RS/GIS-based integrated evaluation of the ecosystem services of the Three Gorges Reservoir area (Chongqing section)
..... LI Yuechen, LIU Chunxia, MIN Jie, et al (168)

Landscape, Regional and Global Ecology

- The distribution of soil organic carbon as affected by landforms in a small watershed of gully region of the Loess Plateau
..... LI Linhai, GAO Erhu, MENG Meng, et al (179)
- Effects of coastal geographical characteristics on the abundance of submerged aquatic vegetation
..... WU Mingli, LI Xuyong, CHEN Nianlai (188)
- Analysis of soil physical properties under different vegetation types in the alluvial fan area of Manas River watershed
..... CAO Guodong, CHEN Jiehua, XIA Jun, et al (195)

Resource and Industrial Ecology

- Effects of farming on wetland soil seed banks in the Sanjing Plain and wetland restoration potential
..... WANG Guodong, Beth A Middleton, LÜ Xianguo, et al (205)

Effects of the microhabitats on the seedling emergence during the flooding disturbance	
.....	AN Hongyan, XU Hailiang, YE Mao, et al (214)
Analysis on the limiting factors to further improve yield of summer maize in Heilonggang River Valley	
.....	XU Lina, TAO Hongbin, HUANG Shoubing, et al (222)
Fungal diversity in rhizosphere soil of medicinal plants in Heilongjiang Province	
.....	MU Dongyan, LÜ Guozhong, SUN Xiaodong, et al (229)
Integrated assessment of mariculture ecosystem health in Sanggou Bay	FU Mingzhu, PU Xinming, WANG Zongling, et al (238)
Urban, Rural and Social Ecology	
The integrative assessment on ecological quality status of Luoyuan Bay based on ‘OOAO principle’	
.....	WU Haiyan, WU Yaojian, CHEN Keliang, et al (249)
Trophic state of seawater and ecological characteristics of phytoplankton in Sishili Bay	
.....	LI Bin, BAI Yanyan, XING Hongyan, et al (260)
Ecological footprint depth and size: new indicators for a 3D model	FANG Kai (267)
Landscape dynamics of medium- and small-sized cities in eastern and western China: a comparative study of pattern and driving forces	QI Yang, WU Jianguo, LI Jianlong, et al (275)
Research Notes	
Prediction of bacterial species richness in the South China Sea slope sediments	LI Tao, WANG Peng (286)
Spatial pattern of seedling regeneration of <i>Ulmus pumila</i> woodland in the Otindag Sandland	
.....	LIU Zhen, DONG Zhi, LI Hongli, et al (294)
Impacts on seed germination features of <i>Eupatorium adenophorum</i> from variable light stimulation and traditional dormancy-broken methods	JIANG Yong, LI Yanhong, WANG Wenjie, et al (302)
Opinions	
Discus for classification of plant association	XING Shaohua, YU Mengfan, YANG Lijuan, et al (310)

《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 33 卷 第 1 期 (2013 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 1 (January, 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