

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica

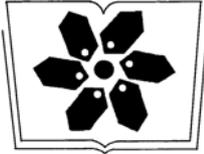
中国生态学会 2013 年学术年会专辑



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)
- 极端干旱区多枝桧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)
- CO<sub>2</sub> 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,蒋婧,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 <sub>2.5</sub> 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)



**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/stxb201306081433

周家超, 付婷婷, 赵维维, 徐燕阁, 王凤霞, 宋杰. 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. 生态学报, 2013, 33(19): 6129-6134.

Zhou J C, Fu T T, Zhao W W, Xu Y G, Wang F X, Song J. Characteristics of ion accumulation and seed germination for seeds from plants cultured at different concentrations of nitrate nitrogen and salinity. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(19): 6129-6134.

## 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, 徐燕阁, 王凤霞, 宋杰\*

(山东师范大学生命科学学院, 逆境植物重点实验室, 济南 250014)

**摘要:**研究了盐氮处理条件下盐地碱蓬种子成熟过程中的离子积累以及种子萌发特性,以理解盐地碱蓬在种子发育及萌发过程中对高盐低氮生境的适应性。结果表明,种子成熟过程中,不同浓度盐氮处理下(0.5 和 5 mmol/L  $\text{NO}_3^-$ -N; 1 和 500 mmol/L NaCl),与果皮和果枝相比,胚中  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Cl}^-$  和  $\text{NO}_3^-$  离子含量几乎没有变化。所有盐氮处理下  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  都是果皮和果枝中高于胚中,尤其是在高盐处理下。高盐处理下, $\text{K}^+$  和  $\text{NO}_3^-$  含量呈现相反的趋势。高氮时无论高盐还是低盐,果皮中  $\text{NO}_3^-$  离子含量高于胚中,而果枝中  $\text{NO}_3^-$  离子含量低于胚中。而低氮时果皮及果枝中  $\text{NO}_3^-$  离子含量均显著低于胚中。与高氮环境下收获的种子相比,低氮环境下收获的种子萌发率,萌发指数,活力指数都要明显高。上述结果说明,盐地碱蓬种子成熟过程中存在完善的离子调控机制,保护胚免受  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  等有害离子的伤害并且促进  $\text{K}^+$  和  $\text{NO}_3^-$  等营养离子的积累。低  $\text{NO}_3^-$ -N 下收获的种子对外界的  $\text{NO}_3^-$  含量比较敏感,施以较高浓度的  $\text{NO}_3^-$  能够促进种子萌发,提高萌发指数和活力指数,可能与盐地碱蓬长期适应高盐低氮生境有关。

**关键词:**盐地碱蓬; 离子积累; 种子萌发; 耐盐性

### 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, XU Yange, WANG Fengxia, SONG Jie\*

Key Laboratory of Plant Stress, College of Life Science, Shandong Normal University, Jinan 250014, China

**Abstract:** *Suaeda salsa* is an annual euhalophyte. Fresh branches of *S. salsa* are valued as a vegetable, and the seeds contain edible oil. Seeds of *S. salsa* have a high germination rate under high salinity, but the soil  $\text{NO}_3^-$ -N is very low in the habitat where the species occurs naturally. However, it is unknown how combined salinity and nitrate nitrogen during seed maturation affects the salt tolerance of seeds for this species. In the present study, we investigated the characteristics of ion accumulation and germination of seeds from plants cultured in different concentrations of nitrate nitrogen and salinity, in an attempt to understand the adaptation of *S. salsa* to high salinity and low nitrogen during seed maturation and germination. The results showed that *S. salsa* had a higher ability to maintain ion homeostasis (e.g.,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  and  $\text{NO}_3^-$ ) in embryos compared to pericarp or fruiting branches when plants were cultured at different concentrations of nitrogen and salinity (i.e., 0.5 and 5 mmol/L  $\text{NO}_3^-$ -N combined with 1 and 500 mmol/L NaCl).  $\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^-$  concentration in the pericarp and fruiting branches were higher than those in embryos, especially at high NaCl (500 mmol/L) regardless of  $\text{NO}_3^-$ -N concentration. At 500 mmol/L NaCl, the opposite trend was shown for  $\text{K}^+$  and  $\text{NO}_3^-$ . At 5 mmol/L  $\text{NO}_3^-$ -N, the  $\text{NO}_3^-$  was higher in the pericarp, but lower in the fruiting branches than that in the embryos when plants was cultured in either 1 or 500 mmol/L NaCl, while the  $\text{NO}_3^-$  was lower in the pericarp and fruiting branches than that in the embryos at 0.5 mmol/L

基金项目:山东省自然科学基金资助项目(ZR2010CM005);国家支撑计划资助项目(2009BADA7B05)

收稿日期:2013-06-08; 修订日期:2013-07-29

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: songjieever@163.com

$\text{NO}_3^-$ -N supply. At 0.5 mmol/L  $\text{NO}_3^-$ -N, the concentrations of  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  and  $\text{Cl}^-$  in embryos and pericarp were higher than those at 5 mmol/L  $\text{NO}_3^-$ -N. The seed germination, germination index and vigor index were higher for seeds from plants cultured at lower nitrogen supply than seeds from plants cultured at higher nitrogen supply. In conclusion, the species may have a perfect ion regulation mechanism to maintain ion homeostasis during seed maturation. Compared to seeds from plants cultured in higher nitrogen supply, seeds from plants cultured in lower nitrogen supply had higher seed germination, germination index and vigor index, which may be related with higher concentrations of  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  and  $\text{Cl}^-$  in embryos and pericarp of seeds from plants cultured in lower nitrogen supply. The trait may be related to the adaptation of *S. salsa* to low soil  $\text{NO}_3^-$ -N content in the habitat where the species occurs.

**Key Words:** *Suaeda salsa*; ion accumulation; seed germination; salt tolerance

目前,全世界有超过 8 亿  $\text{hm}^2$  的土地受到土壤盐渍化的影响<sup>[1]</sup>。发展盐地农业是应对土壤盐渍化的有效途径<sup>[2]</sup>。盐地碱蓬(*Suaeda salsa* L.)为藜科碱蓬属 1 年生草本肉质化真盐生植物,具有很强的耐盐性。种植盐地碱蓬可明显改善盐碱地土壤理化性质<sup>[3]</sup>。不仅如此,盐地碱蓬嫩枝叶可以作为营养丰富的蔬菜,种子能榨油<sup>[3]</sup>。因此,盐地碱蓬可以作为盐碱地区环境修复和发展盐地农业的优良植物资源。

盐渍环境下种子萌发对物种建成具有重要意义。与非盐生植物不同的是,盐生植物种子萌发尽管并不需要外界盐分环境但却可以忍受一定浓度的盐胁迫<sup>[4]</sup>。自然生境下一些盐生植物,例如海蓬子属植物(*Salicornia europaea* L.)<sup>[5]</sup>和囊果碱蓬(*Suaeda physophora*)<sup>[6]</sup>能将大量的  $\text{Na}^+$  离子区域化在苞叶或果皮等部位, $\text{Na}^+$  离子在胚中积累的却很少。最近研究发现,室内高盐处理的盐地碱蓬果皮中的  $\text{Na}^+$  明显高于胚中,而  $\text{K}^+$  却相反。而且胚中  $\text{K}^+$  含量明显高于  $\text{Na}^+$  含量,说明盐渍生境下果皮/种皮对胚具有保护作用<sup>[7]</sup>。氮素是植物生长所必需的元素,对植物的生长、耐盐性以及自然分布至关重要<sup>[8-9]</sup>。盐地碱蓬种子的萌发<sup>[10-11]</sup>以及室内盐处理下盐地碱蓬种子成熟过程中的离子积累特性<sup>[7]</sup>前人已经进行过研究。自然生境中盐生植物的生长以及种子萌发等会受到盐分和养分(例如氮素)的影响。因此本文研究了盐氮互作对盐地碱蓬种子及果枝等不同部位离子积累和种子萌发的影响,试图为理解盐地碱蓬适应盐渍生境的生理生态机制提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验材料

盐地碱蓬棕色种子,于 2011 年 11 月采自山东省黄河三角洲内陆盐碱地(N37°20';E118°36'),晾干种子存于冰箱( $< 4\text{ }^\circ\text{C}$ )中待用。

### 1.2 植物的培养与处理

挑选饱满的盐地碱蓬棕色种子,于 2012 年 4 月 5 日分别播种于 16 盆盛有洗净河沙的塑料盆中。幼苗分别用 0.5 mmol/L  $\text{NO}_3^-$ -N 溶液和 5 mmol/L  $\text{NO}_3^-$ -N 溶液浇灌,每个氮浓度 8 盆。0.5 mmol/L  $\text{NO}_3^-$ -N 溶液组分为:0.5 mmol/L  $\text{KNO}_3$ , 4 mmol/L  $\text{CaCl}_2$ , 2.75 mmol/L  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 1 mmol/L  $\text{MgSO}_4$ , 1 mmol/L  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ; 5 mmol/L  $\text{NO}_3^-$ -N 溶液组分为:3 mmol/L  $\text{KNO}_3$ , 1 mmol/L  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , 3 mmol/L  $\text{CaCl}_2$ , 1 mmol/L  $\text{MgSO}_4$ , 1 mmol/L  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 。两个氮浓度溶液的 Fe 和微量元素浓度与完全 Hoagland 营养液相同。以 KOH 和  $\text{H}_2\text{SO}_4$  调节 pH 值至  $6.2\pm 0.1$ 。64d 后,每盆留两棵幼苗,0.5 和 5 mmol/L  $\text{NO}_3^-$ -N 预处理的幼苗分别用 1 和 500 mmol/L NaCl 进行处理。500 mmol/L NaCl 每天以 50 mmol/L 递增以避免盐冲击,达到终浓度 90 d 后收集种子,对不同部位离子进行测定。晾干的种子存于冰箱( $< 4\text{ }^\circ\text{C}$ )中待用,用于萌发实验。

### 1.3 测定方法

#### 1.3.1 胚、果皮和果枝中离子的测定

从每盆随机挑选果枝,收获种子并将果皮与胚分离。分别称量果枝,果皮,胚各 0.1 g。将样品放入试管中,加入去离子水 10 mL,沸水浴 12 h,过滤后用去离子水定容到 25 mL。 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  含量用 410 型火焰光度计(英国 Sherwood 公司)测定。 $\text{Cl}^-$  含量用 PXSJ-216 型离子分析仪(上海雷磁)氯离子选择电极测定。 $\text{NO}_3^-$  用水杨酸-硫酸-NaOH 方法,紫外分光光度计 410 nm 下测定。每个处理 4 个重复。

#### 1.3.2 萌发率、发芽指数和活力指数的测定

选取从每盆收获的盐地碱蓬棕色种子,分别放于铺有滤纸的培养皿中,每皿 25 粒。NaCl 溶液设 3 个浓度:0、200 和 600 mmol/L(均用 1/5 Hoagland 配制,其中含有 3 mmol/L  $\text{NO}_3^-$ -N),以 KOH 和  $\text{H}_2\text{SO}_4$  调节 pH 值至  $6.2\pm 0.1$ 。每皿加入 5 mL 相应溶液,放于光照培养箱中进行萌发( $20\text{ }^\circ\text{C}/12\text{ h}$  黑暗, $25\text{ }^\circ\text{C}/12\text{ h}$  光照;相对湿度 71%)。每 2d 换 1 次营养液,以保持溶液浓度稳定。以胚根突出种皮 1 mm 作为发芽标志,每天定时观察、记录种子萌发数。种子萌发的时限按国际种子检验规程规定发芽天数为 10 d<sup>[12]</sup>。发芽结束后测定幼苗鲜重。10d 后将未萌发的种子转移到无 NaCl 的 1/5 Hoagland 溶液中做恢复实验,统计其复

水后的萌发率。具体计算公式如下:

$$\text{萌发率 } G = a/b \times 100\%$$

式中,  $a$  为不同盐溶液中萌发的种子数,  $b$  为供试种子数。

$$\text{总萌发率} = (a+c)/b \times 100\%$$

式中,  $c$  为第 10 天没有萌发的种子复水后萌发的种子数。

$$\text{发芽指数 } G_i = \sum (G_t/D_t)$$

式中,  $G_t$  为时间  $t$  日的萌发的种子数,  $D_t$  为相应的萌发天数。

$$\text{活力指数 } V_i = S \times G_i$$

式中,  $S$  为幼苗鲜重。

### 1.4 数据分析

数据均采用 SAS 6.12 进行三因素显著性分析。

## 2 结果

### 2.1 胚、果皮和果枝中离子含量

植株培养期间, 硝态氮浓度对胚、果皮和果枝中的  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  离子影响较小, 却显著影响  $\text{Cl}^-$  和  $\text{NO}_3^-$  的积累; 盐浓度对胚、果皮和果枝中 4 种离子含量都有明显影响。与 0.5 mmol/L  $\text{NO}_3^-$ -N 溶液处理相比, 5 mmol/L  $\text{NO}_3^-$ -N 处理降低各部位  $\text{Cl}^-$  含量, 却增加  $\text{NO}_3^-$  含量, 尤其是在 500 mmol/L NaCl 处理条件下, 500 mmol/L NaCl 增加各部位  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  离子含量, 降低  $\text{K}^+$  和  $\text{NO}_3^-$  含量。不同的取材部位对 4 种离子的含量都有明显的影响, 不同盐氮水平处理下, 相对果皮和果枝, 胚中离子含量相对稳定(表 1, 表 2)

表 1 不同浓度盐氮处理下盐地碱蓬种子及果枝的离子积累

Table 1 Ion accumulation in seeds and fruiting branches at different concentrations of salinity and nitrogen

离子含量 Ion concentration different	取材部位 Sample components	0.5 mmol/L $\text{NO}_3^-$ -N		5 mmol/L $\text{NO}_3^-$ -N	
		1 mmol/L NaCl	500 mmol/L NaCl	1 mmol/L NaCl	500 mmol/L NaCl
$\text{Na}^+$ /(mmol/g 干重)	胚	0.16±0.029 c*	0.32±0.023 c	0.14±0.006 b	0.28±0.056 c
	果皮	0.43±0.008 a	2.48±0.044 a	0.53±0.057 a	2.46±0.075 a
	枝	0.33±0.018 b	1.73±0.15 b	0.55±0.10 a	1.57±0.12 b
$\text{K}^+$ /(mmol/g 干重)	胚	0.40±0.097 b	0.37±0.052 a	0.35±0.019 b	0.28±0.009 a
	果皮	0.57±0.026 b	0.35±0.013 ab	0.60±0.090 a	0.34±0.025 a
	枝	0.82±0.014 a	0.27±0.041 b	0.74±0.055 a	0.17±0.037 b
$\text{Cl}^-$ /(mmol/g 干重)	胚	0.13±0.027 b	0.24±0.067 c	0.07±0.005 b	0.14±0.004 c
	果皮	0.61±0.005 a	1.26±0.12 a	0.43±0.078 a	1.16±0.17 a
	枝	0.62±0.071 a	0.76±0.18 b	0.47±0.47 a	0.89±0.097 b
$\text{NO}_3^-$ /(mmol/g 干重)	胚	0.74±0.042 a	0.74±0.040a	0.77±0.001b	0.76±0.021 b
	果皮	0.51±0.060 b	0.20±0.074 b	1.13±0.022 a	1.04±0.12 a
	枝	0.39±0.042 b	0.08±0.003 b	0.61±0.025 b	0.46±0.039 c

\* 平均值±SD, 同一  $\text{NO}_3^-$ -N 水平下 1 或 500 mmol/L NaCl 处理时不同部位离子含量平均值后面的字母不同表示在  $P < 0.05$  水平上差异显著

表 2 离子含量、总萌发率、萌发指数和活力指数的三因素分析结果

Table 2 Results of three-way ANOVA of ion content, total germination, germination index and vigor index

性状 Traits	植株培养期间氮浓度 Nitrogen concentration for plant culture	植株培养期间盐浓度 NaCl concentration for plant culture	取材部位 Sample component
$\text{Na}^+$ 含量 $\text{Na}^+$ content	0.20 NS	2103 ***	903.0 ***
$\text{K}^+$ 含量 $\text{K}^+$ content	7.04 *	189.7 ***	18.88 ***
$\text{Cl}^-$ 含量 $\text{Cl}^-$ content	7.48 *	151.6 ***	234.65 ***
$\text{NO}_3^-$ 含量 $\text{NO}_3^-$ content	398.00 ***	72.20 ***	177.23 ***
总萌发率 Total germination	植株培养期间氮浓度 2.26 <sup>NS</sup>	植株培养期间盐浓度 0.25 <sup>NS</sup>	种子萌发时盐浓度 3.06 <sup>NS</sup>
萌发指数 Germination index	19.58 ***	10.51 **	260.51 ***
活力指数 Vigor index	145.7 ***	128.7 ***	188.7 ***

\* 表示在  $P < 0.05$  水平上差异显著, \*\* 表示在  $P < 0.01$  水平上差异显著, \*\*\* 表示在  $P < 0.001$  水平上差异显著, NS 表示没有显著差异, 数值代表  $F$  值

不同盐氮处理下, 果皮和果枝中  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  含量显著高于胚中, 而  $\text{K}^+$  和  $\text{NO}_3^-$  却呈现相反的趋势。0.5 mmol/L  $\text{NO}_3^-$ -N 处理时

胚中  $\text{NO}_3^-$  含量略低于 5 mmol/L  $\text{NO}_3^-$ -N 处理。与 5 mmol/L  $\text{NO}_3^-$ -N 处理相比, 0.5 mmol/L  $\text{NO}_3^-$ -N 处理时胚中  $\text{NO}_3^-$  明显高于果皮和果枝中, 即胚中最高, 果枝最低, 尤其是在 500 mmol/L NaCl 处理下。  $\text{K}^+$  呈现相似的趋势(表 1, 表 2)。

## 2.2 萌发率

不同盐氮处理下收获的种子在 200 mmol/L NaCl 处理下, 萌发最初几天的萌发率受到抑制, 但第 10 天的萌发率均与对照没有区别。然而 600 mmol/L NaCl 处理却显著降低了种子的萌发率。植物生长期不同盐氮处理对所收获的种子萌发率影响显著。种子萌发第 10 天, 高氮处理下收获种子的萌发率要低于低氮处理下收获的种子, 而相同氮水平下, 高盐处理下收获的种子萌发率比低盐处理下收获种子的萌发率有增高的趋势。例如, 0.5 mmol/L  $\text{NO}_3^-$ -N 下 1 和 500 mmol/L NaCl 以及 5 mmol/L  $\text{NO}_3^-$ -N 下 1 和 500 mmol/L NaCl 培养植株收获的种子在 600 mmol/L NaCl 中的萌发率分别是对照的 16.2%, 31.8%, 6.25% 和 14.5% (图 1)。

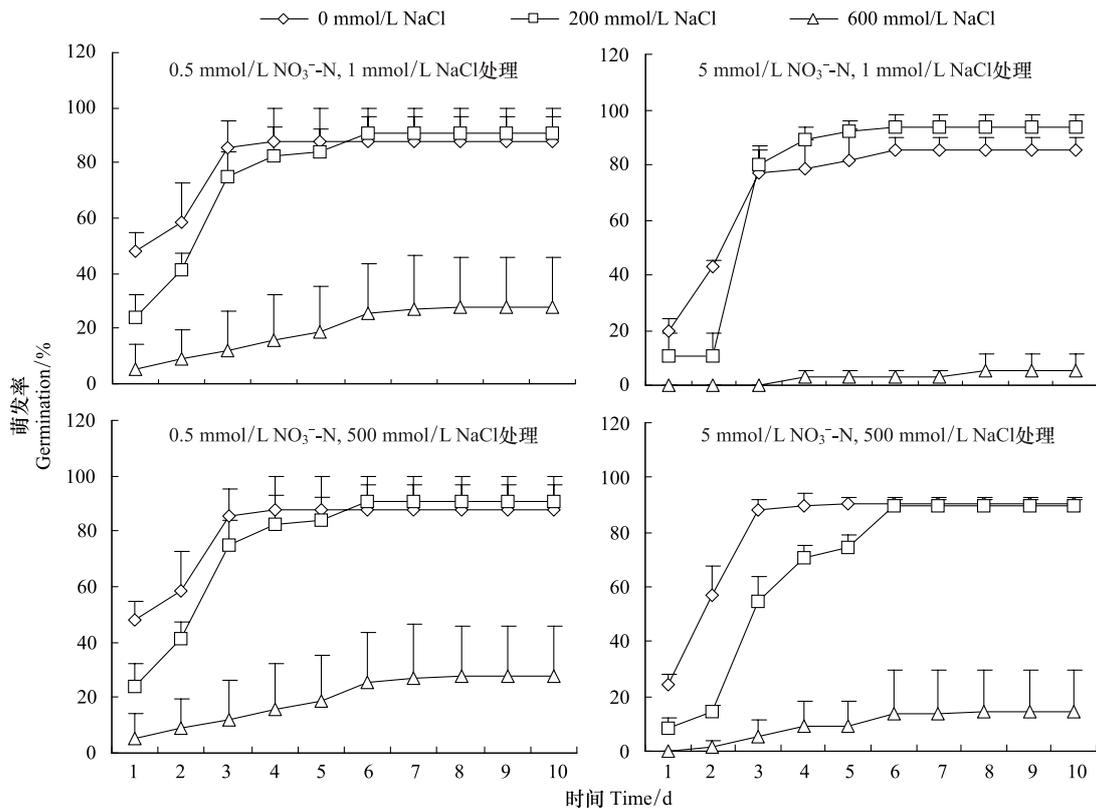


图 1 不同盐浓度对盐地碱蓬种子萌发率的影响

Fig.1 Seed germination at different concentrations of salinity

复水后的总萌发率在植株培养期间的盐氮浓度以及种子萌发时的盐处理浓度之间均没有显著的影响(图 2, 表 2)。

## 2.3 萌发指数和活力指数

盐处理降低了盐地碱蓬不同盐氮处理下收获的种子萌发指数。植株生长期, 0.5 mmol/L  $\text{NO}_3^-$ -N 条件下高盐处理对所收获种子萌发指数有促进作用, 而 5 mmol/L  $\text{NO}_3^-$ -N 条件下高盐处理对所收获种子萌发指数没有显著影响。植株生长期, 相同盐分下低氮处理收获的种子萌发指数高于高氮处理收获的种子萌发指数。活力指数具有相似的趋势。低氮处理收获的种子较高的萌发指数和活力指数可能与种子胚及果皮中较高的  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  和  $\text{Cl}^-$  含量有关(图 3, 表 2)。

## 3 讨论

盐渍生境下, 种子萌发时受到离子和渗透胁迫。种子中参与无机渗透调节的无机离子主要是  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  和  $\text{Cl}^-$  等, 较高的  $\text{K}^+$  /  $\text{Na}^+$  对维持种子离子稳态意义重大<sup>[7]</sup>。Hosseini 等研究表明, 胚中积累较高的  $\text{K}^+$  和  $\text{Ca}^{2+}$  能增加萌发期间种子的抗盐性<sup>[12]</sup>。最近研究发现, 室内高盐处理的盐地碱蓬棕色大种子果皮中的  $\text{Na}^+$  明显高于胚中, 而  $\text{K}^+$  却正好相反。而且胚中  $\text{K}^+$  含量明显高于  $\text{Na}^+$  含量。本实验结果发现, 不同盐氮处理下, 种皮和果枝中的  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Cl}^-$  和  $\text{NO}_3^-$  离子含量都发生显著地变化, 而胚中的离子含量却几乎没有变化(表 1)。具体表现为  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$  大量积累在果皮中, 这一结果与前期盐分条件下。高盐下, 胚中  $\text{K}^+$  含量维持相对恒定。高盐能抑制植物对  $\text{K}^+$  的吸收或增加其外流, 导致植物地上部分  $\text{K}^+$  含量降低。在地上部分低  $\text{K}^+$  条件下, 盐地碱蓬种子成熟过程中果枝/果皮中的  $\text{K}^+$  转运至胚中, 对此后种子萌发阶段维持其较高抗盐性有利。对于  $\text{NO}_3^-$  离子, 高氮时无论高盐还

是低盐,果皮中  $\text{NO}_3^-$  离子含量均高于胚中,而果枝中  $\text{NO}_3^-$  离子含量均低于胚中。而低氮时果皮及果枝中  $\text{NO}_3^-$  离子含量均显著低于胚中。说明种子成熟过程中,果枝中的  $\text{NO}_3^-$  离子转运至果皮,高氮时主要积累在果皮,而低氮时则优先转运至胚中,尤其是在高盐低氮时。上述结果说明,盐地碱蓬种子成熟过程中存在完善离子调控机制,保护胚免受有害离子的伤害并且促进营养离子的积累。

盐渍生境中,种子萌发是盐生植物生活史中的关键环节<sup>[13]</sup>。Pritchard 等发现,在种子萌发过程中, $\text{NO}_3^-$  能促进天南星科植物(*Arum maculatum*) 胚的生长<sup>[14]</sup>, $\text{NO}_3^-$  甚至可以在打破拟南芥种子休眠的过程中充当信号分子<sup>[15]</sup>。另外,Li 等研究发现,一定浓度的硝态氮处理能够促进盐地碱蓬二型性种子在高盐浓度下的萌发率<sup>[10]</sup>。因此,种子发育过程中  $\text{NO}_3^-$  的积累可能对此后种子的萌发,尤其是盐生植物在盐渍环境中的萌发起到促进作用。本实验结果证明,与高氮条件下收获的种子相比,低氮条件下收获的碱蓬种子具有更高的萌发率、萌发指数和活力

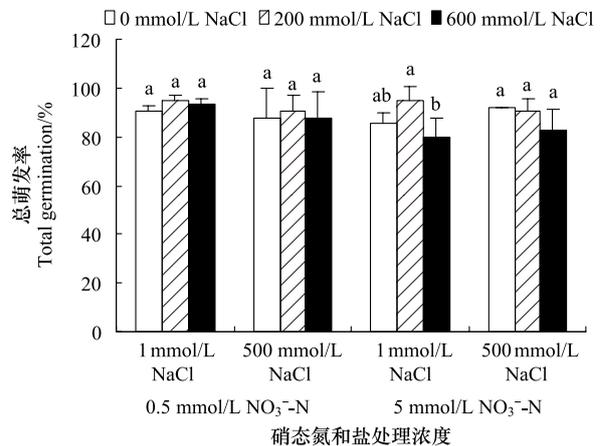


图 2 不同盐浓度对种子总萌发率的影响

Fig.2 Effect of salinity on total seed germination

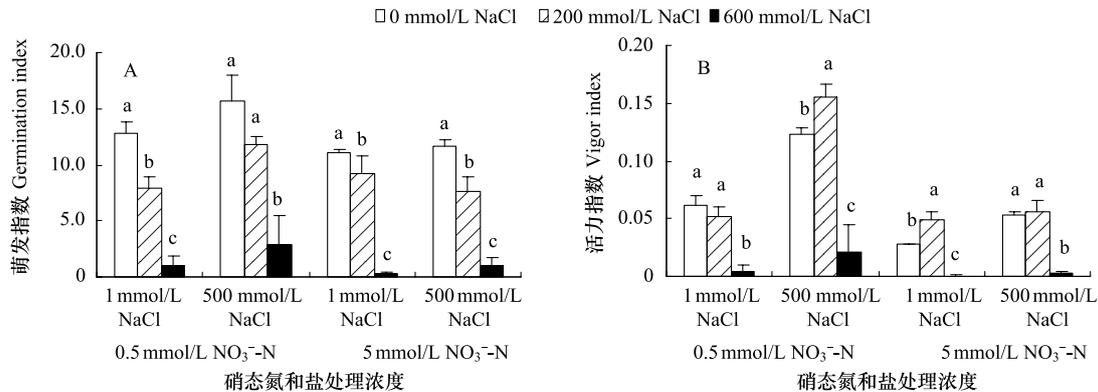


图 3 不同盐浓度对种子萌发指数和活力指数的影响

Fig.3 Effect of salinity on germination index and vigor index of seeds at different concentrations of salinity

指数(图 1—图 4)。高氮条件下(5 mmol/L  $\text{NO}_3^-$ -N)植株生长旺盛,可能营养生长影响了生殖生长,导致高氮下种子饱满度较差(低氮处理收获的种子百粒重在 1 和 500 mmol/L NaCl 处理下分别是高氮的 1.5 和 1.2 倍,未发表数据)。低氮收获的种子较好的饱满度以及胚和果皮中较高的离子含量可能是低氮收获的种子较高萌发率、萌发指数和活力指数的主要原因。从中得到的启示是,若以收获种子为目的,盐生植物(例如盐地碱蓬)不必施以高氮。另一方面,还可能因为低氮环境下收获的种子对外界  $\text{NO}_3^-$  含量变化更加敏感,当施加较高浓度的外源  $\text{NO}_3^-$ -N(例如本实验中 3 mmol/L  $\text{NO}_3^-$ -N), $\text{NO}_3^-$  会作为信号分子促进种子的萌发并且促进刚萌发小幼苗的生长。究其原因,春天生长季节,盐地碱蓬自然生境下土壤  $\text{NO}_3^-$  含量很低,只有 3.3g/kg 干土,低于 1.0 mmol/L<sup>[16]</sup>。随植物的生长,种子成熟过程中随着根际  $\text{NO}_3^-$ -N 的耗竭,土壤  $\text{NO}_3^-$  含量可能会变得更低。盐地碱蓬生长在高盐低氮会影响种子胚中的  $\text{NO}_3^-$  的积累,因此种子萌发期间施加一定的外源  $\text{NO}_3^-$ -N 会促进其种子的萌发和幼苗的生长。 $\text{NO}_3^-$  与盐地碱蓬种子萌发关系的具体机理有待进一步探索。

综上所述,盐地碱蓬在种子成熟过程中可能存在完善的离子转运机制,选择性转运离子,保护胚不受有害离子的伤害,并且选择性地积累营养离子。低  $\text{NO}_3^-$ -N 下收获的种子具有较好的饱满度,胚及果皮中积累较高的离子,因此种子在高盐生境下萌发具有更高的萌发指数和活力指数,可能与盐地碱蓬长期适应高盐低氮生境有关。

## References:

- [ 1 ] Munns R, Tester M. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, 2008, 59(1): 651-681.
- [ 2 ] Rozema J, Flowers T. Crops for a salinized world. Science, 2008, 322(5907): 1478-1480.
- [ 3 ] Zhao K F, Fan H, Jiang X Y, Song J. Improvement and utilization of saline soil by planting halophytes. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2002, 8(1): 31-35.

- [ 4 ] Khan S S, Sheikh K H. Effects of different levels of salinity on seed germination and growth of *Capsicum annum* L. *Biologia*, 1996, 22(1): 15-26.
- [ 5 ] Khan M A, Webber D J, Hess W M. Elemental distribution in seeds of the halophytes *Salicornia pacifica* Var. *Utahensis* and *Atriplex canescens*. *American Journal of Botany*, 1985, 72(11): 1672-1675.
- [ 6 ] Song J, Feng G, Tian C Y, Zhang F S. Strategies for adaptation of *Suaeda physophora*, *Haloxylon ammodendron* and *Haloxylon persicum* to a saline environment during seed-germination stage. *Annals of Botany*, 2005, 96(3): 399-405.
- [ 7 ] Li X, Zhang X D, Song J, Fan H, Feng G, Wang B S. Accumulation of ions during seed development under controlled saline conditions of two *Suaeda salsa* populations is related to their adaptation to saline environments. *Plant and Soil*, 2011, 341(1/2): 99-107.
- [ 8 ] Radin J W, Mauney J R, Guinn G. Effect of N fertility on plant water relations and stomatal responses to water stress in irrigated cotton. *Crop Science*, 1985, 25(1): 110-115.
- [ 9 ] Liu X J, Yang Y M, Li W Q, Li C Z, Duan D Y, Tadano T. Interactive effects of sodium chloride and nitrogen on growth and ion accumulation of a halophyte. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2004, 35(15/16): 2111-2123.
- [ 10 ] Li W Q, Liu X J, Khan M A, Yamaguchi S. The effect of plant growth regulators, nitric oxide, nitrate, nitrite and light on the germination of dimorphic seeds of *Suaeda salsa* under saline conditions. *Journal of Plant Research*, 2005, 118(3): 207-214.
- [ 11 ] Song J, Fan H, Zhao Y Y, Jia Y H, Du X H, Wang B S. Effect of salinity on germination, seedling emergence, seedling growth and ion accumulation of a euhalophyte *Suaeda salsa* in an intertidal zone and on saline inland. *Aquatic Botany*, 2008, 88(4): 331-337.
- [ 12 ] Hosseini M K, Powell A A, Bingham I J. Comparison of the seed germination and early seedling growth of soybean in saline conditions. *Seed Science Research*, 2002, 12(3): 165-172.
- [ 13 ] Keiffer C H, Ungar I A. The effect of extended exposure to hypersaline conditions on the germination of five inland halophyte species. *American Journal of Botany*, 1997, 84(1): 104-111.
- [ 14 ] Pritchard H W, Wood J A, Manger K R. Influence of temperature on seed germination and the nutritional requirements for embryo growth in *Arum maculatum* L. *New Phytologist*, 1993, 123(4): 801-809.
- [ 15 ] Alboresi A, Gestin C, Leydecker M T, Bedu M, Meyer C, Truong H N. Nitrate, a signal relieving seed dormancy in *Arabidopsis*. *Plant, Cell and Environment*, 2005, 28(4): 500-512.
- [ 16 ] Song J, Shi G W, Xing S, Chen M, Wang B S. Effects of nitric oxide and nitrogen on seedling emergence, ion accumulation, and seedling growth under salinity in the euhalophyte *Suaeda salsa*. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 2009, 172(4): 544-549.

#### 参考文献:

- [ 3 ] 赵可夫, 范海, 江行玉, 宋杰. 盐生植物在盐渍土壤改良中的作用. *应用与环境生物学报*, 2002, 8(1): 31-35.

# 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>Syrmaticus 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 Jieliang, 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 <sub>2</sub> .....	..... 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<sub>2.5</sub> 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

主 编 王如松  
主 管 中国科学技术协会  
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

出 版 科 学 出 版 社  
地址:北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂  
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

订 购 全国各地邮局  
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

广告经营 京海工商广字第 8013 号  
许 可 证

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

Editor-in-chief WANG Rusong  
Supervised by China Association for Science and Technology  
Sponsored by Ecological Society of China  
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS  
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,  
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,  
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North  
Street, Beijing 100717, China  
Tel: (010)64034563  
E-mail: journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China  
Foreign China International Book Trading  
Corporation  
Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China



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