

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

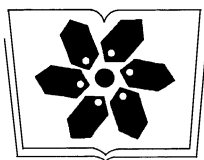
Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 22 期 Vol.31 No.22 **2011**

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 31 卷 第 22 期

2011 年 11 月 (半月刊)

目 次

叶冠尺度野鸭湖湿地植物群落含水量的高光谱估算模型	林 川, 宫兆宁, 赵文吉 (6645)
中国水稻潜在分布及其气候特征	段居琦, 周广胜 (6659)
大豆异黄酮浸种对盐胁迫大豆幼苗的生理效应	武玉妹, 周 强, 於丙军 (6669)
黑河中游荒漠绿洲过渡带多枝桧柳对地下水位变化的生理生态响应与适应	张 佩, 袁国富, 庄 伟, 等 (6677)
高寒退化草地甘肃臭草种群分布格局及其对土壤水分的响应	赵成章, 高福元, 石福习, 等 (6688)
基于生态足迹思想的皂市水利枢纽工程生态补偿标准研究	肖建红, 陈绍金, 于庆东, 等 (6696)
基于 MODIS 黄河三角洲湿地 NPP 与 NDVI 相关性的时空变化特征	蒋蕊竹, 李秀启, 朱永安, 等 (6708)
高分辨率影像支持的群落尺度沼泽湿地分类制图	李 娜, 周德民, 赵魁义 (6717)
土壤食细菌线虫对拟南芥根系生长的影响及机理	成艳红, 陈小云, 刘满强, 等 (6727)
基于网络 K 函数的西双版纳人工林空间格局及动态	杨珏婕, 刘世梁, 赵清贺, 等 (6734)
树轮灰度与树轮密度的对比分析及其对气候要素的响应	张同文, 袁玉江, 喻树龙, 等 (6743)
冀北山地阴坡优势树种的树体分维结构	田 超, 刘 阳, 杨新兵, 等 (6753)
帽峰山常绿阔叶林辐射通量特征	陈 进, 陈步峰, 潘勇军, 等 (6766)
不同类型拌种剂对花生及其根际微生物的影响	刘登望, 周 山, 刘升锐, 等 (6777)
一种自优化 RBF 神经网络的叶绿素 a 浓度时序预测模型	仝玉华, 周洪亮, 黄浙丰, 等 (6788)
不同种源麻栎种子和苗木性状地理变异趋势面分析	刘志龙, 虞木奎, 马 跃, 等 (6796)
黄土丘陵区植物叶片与细根功能性状关系及其变化	施 宇, 温仲明, 龚时慧 (6805)
干旱区五种木本植物枝叶水分状况与其抗旱性能	谭永芹, 柏新富, 朱建军, 等 (6815)
火灾对马尾松林地土壤特性的影响	薛 立, 陈红跃, 杨振意, 等 (6824)
江苏省太湖流域产业结构的水环境污染效应	王 磊, 张 磊, 段学军, 等 (6832)
高温对两种卡帕藻的酶活性、色素含量与叶绿素荧光的影响	赵素芬, 何培民 (6845)
江苏省典型干旱过程特征	包云轩, 孟翠丽, 申双和, 等 (6853)
黄土高原半干旱草地地表能量通量及闭合率	岳 平, 张 强, 杨金虎, 等 (6866)
光质对烟叶光合特性、类胡萝卜素和表面提取物含量的影响	陈 伟, 蒋 卫, 邱雪柏, 等 (6877)
铜陵铜尾矿废弃地生物土壤结皮中的蓝藻多样性	刘 梅, 赵秀侠, 詹 婧, 等 (6886)
圈养马麝刻板行为表达频次及影响因素	孟秀祥, 贡保草, 薛达元, 等 (6896)
田湾核电站海域浮游动物生态特征	吴建新, 阎斌伦, 冯志华, 等 (6902)
马鞍列岛多种生境中鱼类群聚的昼夜变化	汪振华, 王 凯, 章守宇 (6912)
基于认知水平的非使用价值支付动机研究	钟满秀, 许丽忠, 杨 净 (6926)
综述	
植物盐胁迫应答蛋白质组学分析	张 恒, 郑宝江, 宋保华, 等 (6936)
沉积物氮形态与测定方法研究进展	刘 波, 周 锋, 王国祥, 等 (6947)
野生鸟类传染性疾病预防研究进展	刘冬平, 肖文发, 陆 军, 等 (6959)
鱼类通过鱼道内水流速度障碍能力的评估方法	石小涛, 陈求稳, 黄应平, 等 (6967)
专论	
IPBES 的建立、前景及应对策略	吴 军, 徐海根, 丁 晖 (6973)
研究简报	
柠条人工林幼林与成林细根动态比较研究	陈建文, 王孟本, 史建伟 (6978)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 344 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-11



封面图说: 滩涂芦苇及野鸭群——中国的海岸湿地, 尤其是长江入海口以北的海岸线, 多为泥质性海滩, 地势宽阔低洼, 动植物资源丰富, 生态类型独特, 为迁徙的鸟提供了丰富的食物和休息、庇护的良好环境, 成为东北亚内陆和环西太平洋鸟类迁徙的重要中转站和越冬、繁殖地。一到迁徙季节, 成千上万的各种鸟类飞临这里, 尤其是雁鸭类数量庞大, 十分壮观。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

武玉妹, 周强, 於丙军. 大豆异黄酮浸种对盐胁迫大豆幼苗的生理效应. 生态学报, 2011, 31 (22) : 6669-6676.

Wu Y M, Zhou Q, Yu B J. Effects of seed soaking with soybean isoflavones on soybean seedlings under salt stress. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31 (22) : 6669-6676.

大豆异黄酮浸种对盐胁迫大豆幼苗的生理效应

武玉妹, 周 强, 於丙军*

(南京农业大学生命科学学院, 南京 210095)

摘要:大豆异黄酮(Soybean isoflavones)是在大豆生长过程中形成并在成熟种子和叶片中积累较多的一类具有生物活性的次生代谢物,通常可作为人们日常生活中的一类营养保健品。研究了外源大豆苷或染料木苷溶液(0.01 mg/L)浸种处理对盐胁迫栽培大豆(N23674 品种)和淮涂野大豆(BB52 种群)及其经逐代耐盐性筛选的杂交后代(4076 株系, F_5)幼苗叶片伤害率、光合作用、 Na^+ 含量和 Na^+/K^+ 值、活性氧清除酶活性及内源大豆异黄酮含量等生理指标的影响。结果表明:盐胁迫下,两种外源大豆异黄酮浸种处理均可显著抑制叶片相对电解质渗透率和硫代巴比妥酸反应物(TBARS)含量的上升及净光合速率(P_n)的下降,降低 Na^+ 含量和 Na^+/K^+ 值,增强超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)活性,提高内源大豆异黄酮含量,从而表现对盐害的缓解效应,其中对耐盐性较弱的栽培大豆 N23674 品种效应更明显。这为大豆异黄酮在大豆耐盐育种、化学调控和盐碱地种植利用等提供了理论依据。

关键词:大豆异黄酮;浸种处理;盐胁迫;栽培大豆;野生大豆;杂交后代

Effects of seed soaking with soybean isoflavones on soybean seedlings under salt stress

WU Yumei, ZHOU Qiang, YU Bingjun*

College of Life Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

Abstract: Soil salinity is one of the major abiotic stresses that adversely affect crop productivity and quality. The pathways for improving plant salt tolerance may include salt hardening, chemical regulation and genetic engineering breeding. Soybean isoflavones are one type of natural and bioactive metabolites that synthesize and accumulate in seeds and leaves during soybean development, and often function as an important dietary constituent in human nutrition and health protection. In general, the contents of soybean isoflavones in seeds of *Glycine soja* are higher than those in *Glycine max*, and the contents of soybean isoflavones are positively correlated to the salt tolerance of soybean plants. The exogenous application (such as seed soaking, solution culture and foliar spraying) of some bioactive substances (such as calcium ion, ABA and polyamines) is a kind of simple and effective approach to improve the plant stress tolerance in agricultural practice. However, the effects of seed soaking with exogenous soybean isoflavones on soybean seedlings under salt stress condition and its physiological mechanisms are still not reported up to date. Daidzin and genistin are two major components of soybean isoflavones that accumulate in seeds of soybean. In this study, the *Glycine max* N23674 cultivar, the salt-born *Glycine soja* BB52 population and their hybrid 4076 strain (F_5) were used as the experimental materials. The hybrid 4076 strain (F_5) was selected for salt tolerance generation by generation from the cross combination of N23674×BB52. The effects of seed soaking with exogenous soybean isoflavones (0.01 mg/L Daidzin or Genistin) on the leaf salt injury, photosynthesis, Na^+ content and Na^+/K^+ ratio, activities of reactive oxygen species (ROS) scavenging enzymes and

基金项目:国家自然科学基金项目(30871462);国家转基因生物新品种培育重大专项(2009ZX08004-008B)

收稿日期:2011-06-26; **修订日期:**2011-09-14

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: bjyu@njau.edu.cn

contents of endogenous soybean isoflavones were investigated. The results showed that, the treatments of seed soaking with Daidzin or Genistin could all significantly inhibited the increases of relative electrolytic leakage and content of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), and the decrease of net photosynthetic rate (P_n), reduced the Na^+ content and Na^+/K^+ ratio, and enhanced the activities of superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD) and catalase (CAT) and the contents of endogenous soybean isoflavones in leaves of the NaCl-stressed seedlings, and therefore displayed the alleviated effects on soybean salt injury, especially for the salt sensitive *Glycine max* N23674 cultivar. So, the treatment of seed soaking with exogenous soybean isoflavones (Daidzin or Genistin) is able to improve the salt tolerance of soybean seedlings, which is possibly reached through the maintenance of leaf photosynthesis, increasing the contents of its endogenous soybean isoflavones, enhancing the scavenging ability of its ROS to maintain the cell membrane integrity, and regulating the absorption and transportation of salt ions to reduce the ionic toxicity. Thus the seed soaking with exogenous soybean isoflavones may be a usable approach to enhance the cultivated soybean salt tolerance in practice. The above-mentioned may provide the theoretic basis for the research of soybean isoflavones in chemical regulation of soybean salt tolerance, the breeding of salt-tolerant soybean cultivar, and the utilization of saline land in the future.

Key Words: soybean isoflavones; seed soaking; salt stress; *Glycine soja*; *Glycine max*; hybrid

大豆异黄酮(Soybean isoflavones)是在大豆生长过程中形成并在成熟种子和叶片中积累较多的一类次生代谢产物^[1],可归属于植物性雌激素或类雌激素的范畴,因其具有预防癌症、心血管疾病和骨质疏松症、抗氧化和减轻妇女更年期综合症等重要生理功能^[2-3]而成为近年来研究的热点之一。大豆异黄酮代谢是大豆等豆科植物中的主要次生代谢途径,能在某些豆科植物抵抗逆境过程中发挥多种重要的生态作用,如避免紫外辐射的伤害^[4],抵抗植物病原微生物的侵袭,是具有广谱抗菌活性的植物保护素^[5],对草食性昆虫具有毒害作用和趋避作用^[6],还是根瘤菌结瘤基因的诱导物质^[7]。

大豆异黄酮的代谢可能与植物适应盐渍环境有关。野生状态下,耐盐野生大豆籽粒中大豆异黄酮含量远高于当地同期收获的不耐盐栽培大豆品种^[8]。大豆异黄酮是耐盐型和盐敏感型大豆中具有显著差异的主要次生代谢物之一^[9]。0.01 mg/L 大豆异黄酮溶液处理小麦幼苗能减轻盐胁迫对其的伤害作用^[10]。有关大豆异黄酮对盐胁迫下大豆植株生长的影响尚未见报道。4076 株系是栽培大豆和滩涂野大豆杂交组合(N23674 品种×BB52 种群)经逐代人工耐盐性筛选得到的比较理想的杂交后代之一^[11]。本文主要研究了外源大豆异黄酮(大豆苷或染料木苷)浸种处理对盐胁迫上述杂交组合亲本及其杂交后代 4076 株系幼苗的生理效应,旨在为大豆异黄酮在大豆耐盐育种、化学调控和盐碱地种植利用等提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

所用材料为栽培大豆 N23674 品种(江苏溧水,耐盐性较弱)和滩涂野大豆 BB52 种群(山东垦利,耐盐性强)及其经逐代耐盐性筛选而获得的 F_5 代杂交后代 4076 株系。

1.2 方法

所选用外源大豆异黄酮为大豆籽粒中存在较多的两种,即大豆苷和染料木苷,购自上海同田生物技术有限公司,粉末状,纯度 $\geq 99\%$ 。分别称取适量大豆苷和染料木苷,先以少量二甲基亚砜(DMSO)溶解,最终配制成含 1% DMSO (体积分数)浓度为 0.01 mg/L 的大豆苷溶液或染料木苷溶液。取适量种子(BB52 应切皮),每种材料种子分别用 1% DMSO 溶液、0.01 mg/L 大豆苷溶液、0.01 mg/L 的染料木苷溶液于 25 °C 恒温箱内浸种 10 h,然后置于发芽床上避光催芽,选取发芽一致者播于盛有石英砂的具孔塑料杯中,置于盛有 1/2 Hoagland 营养液的周转箱中,适宜光照和温度下培养,处理液每 2—3 d 更换 1 次。待第 1 对真叶长出时,移苗至具孔的泡沫板上,在盛有 1/2 Hoagland 营养液的周转箱中进行水培。当幼苗长至第 1 片复叶展开时,将 1% DMSO 溶液浸种处理的材料分成两组,一组继续用 1/2 Hoagland 营养液培养,另一组用 1/2 Hoagland 营养

液配制的 130 mmol/L NaCl 溶液培养(NaCl);其它均用 1/2 Hoagland 营养液配制的 130 mmol/L NaCl 溶液进行培养(大豆苷浸种处理记为 NaCl+D,染料木苷浸种处理记为 NaCl+G)。营养液或处理液每 2 d 更换 1 次,6 d 后取叶片测定各项生理指标。

1.2.1 叶片相对电解质渗漏率和叶片硫代巴比妥酸反应物(TBARS)含量的测定

相对电解质渗漏率的测定采用 Vannini 等^[12]方法;TBARS 的测定参考赵世杰等^[13]方法。

1.2.2 叶片净光合速率(P_n)和叶绿素含量的测定

P_n 采用 LI-6400 型便携式光合仪进行测定,测定时环境光强为 1000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,温度为 25 $^{\circ}\text{C}$ 。叶绿素含量测定采用张宪政等^[14]方法。用体积比为 1:1 的无水乙醇与丙酮液在暗处浸提叶片 48 h 后,分别测定 A_{645} 、 A_{663} 和 A_{470} ,并代入公式计算。

1.2.3 K^+ 和 Na^+ 提取和含量测定

材料处理 6 d 后,用去离子水将叶片洗净吸干,105 $^{\circ}\text{C}$ 杀青 5 min,于 80 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱中烘干至恒重。磨碎过 60 目筛后各称取 100 mg 置于 25 mL 大试管中,各加入 20 mL 去离子水,沸水浴 1 h,冷却后过滤定容至 50 mL,过滤液用来测定 K^+ 和 Na^+ 含量。 K^+ 和 Na^+ 含量用 FP640 型火焰分光光度计测定。

1.2.4 SOD、CAT、POD 活性测定

称取 77 mg 二巯基苏糖醇(DTT)、5 g 聚乙烯吡咯烷酮(PVP),加入 0.1 mol/L 磷酸缓冲液(pH 值 7.8),定容至 100 mL,摇匀,即为酶提取缓冲液。称取 0.5 g 样品,置于研钵中,加入 5 mL 提取缓冲液,在冰浴条件下研磨成匀浆。将匀浆液全部转入至离心管中,于 4 $^{\circ}\text{C}$ 、12000 g 离心 30 min,收集上清液,测量提取液总体积,并低温保存备用,用氮蓝四唑法测定 SOD 活力,用愈创木酚法测定 POD 活力,用紫外分光光度法测定 CAT 活性^[15]。

1.2.5 大豆异黄酮含量测定

称取洗净吸干的叶片 1 g(计算时换算成干重),加入 80% 乙醇 5 mL 于研钵中匀浆,80 $^{\circ}\text{C}$ 水浴 6 h,3000 g 离心 20 min,用 80% 乙醇定容至 10 mL,取适量上清液过 0.45 μm 滤膜,4 $^{\circ}\text{C}$ 保存待测。以改进的高效液相色谱技术(HPLC)^[16]检测大豆异黄酮含量,色谱条件为:Waters 1515 系列,2487 双波长紫外/可见检测器,Breeze 色谱工作软件,Novapak C18 色谱柱(waters,150 mm $\times$ 3.9 mm,4 μm),流动相为甲醇:水:冰醋酸 = 45:54:1,流速 1 mL/min,检测波长 254 nm,进样量 10 μL 。标准品大豆苷(Daidzin)、染料木苷(Genistin)、大豆苷元(Daidzein)、染料木素(Genistein)均购自上海同田生物技术有限公司,纯度 $\geq 99\%$,样品根据标样出峰时间定性,根据峰面积定量。大豆异黄酮含量为上述 4 种大豆异黄酮组分含量之和。

以上各试验均重复 3 次,应用统计分析软件 SPSS13.0 对数据进行均值、标准差和差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 大豆异黄酮浸种处理对盐胁迫大豆幼苗叶片相对电解质渗漏率和硫代巴比妥酸反应物(TBARS)含量的影响

供试 3 大豆材料幼苗经 130 mmol/L NaCl 溶液处理 6 d 后,与对照相比,植株叶片相对电解质渗漏率和 TBARS 含量都显著上升,其中耐盐性弱的栽培大豆 N23674 品种升幅最大;经外源大豆苷或染料木苷浸种处理后,可使盐胁迫下各材料幼苗叶片相对电解质渗漏率和 TBARS 含量明显回落,其中 TBARS 含量已恢复至对照水平,2 种外源大豆异黄酮处理间差异不明显(图 1)。

2.2 大豆异黄酮浸种处理对盐胁迫大豆幼苗叶片净光合速率、叶绿素与类胡萝卜素含量的影响

供试 3 大豆材料幼苗经 130 mmol/L NaCl 溶液处理 6 d 后,叶片净光合速率(P_n)都较其对照有显著下降,叶绿素(chl a+chl b)和类胡萝卜素含量较其对照有升有降,但均未达差异显著水平;经大豆苷或染料木苷浸种处理后,均可使叶片 P_n 、叶绿素和类胡萝卜素含量等指标呈上升趋势,其中耐盐性弱的栽培大豆 N23674 品种叶片 P_n 也均已恢复至对照水平,叶绿素和类胡萝卜素含量升幅也更明显(图 2)。

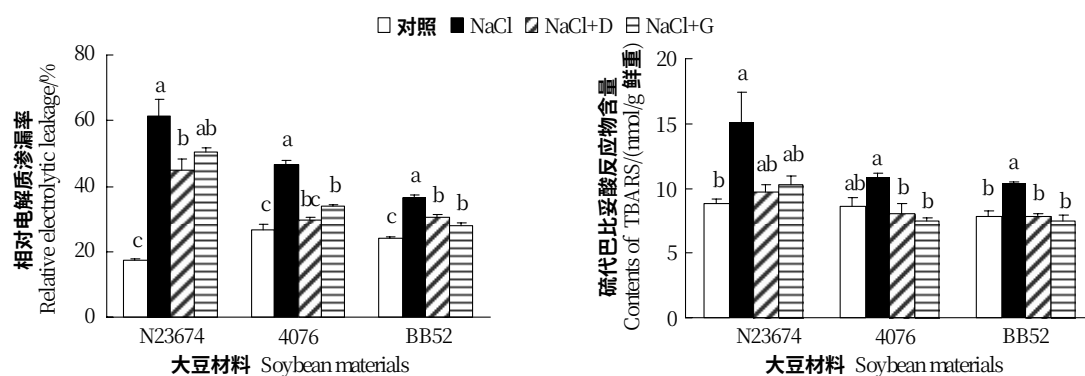


图1 大豆异黄酮浸种后不同大豆幼苗在盐胁迫下叶片相对电解质渗漏率和硫代巴比妥酸反应物含量的变化

Fig. 1 Changes in relative electrolytic leakage and contents of TBARS in leaves of salt-stressed soybean seedlings by seed soaking with soybean isoflavones

D 代表大豆苷, G 代表染料木苷, 不同字母表示 $P < 0.05$, 下同

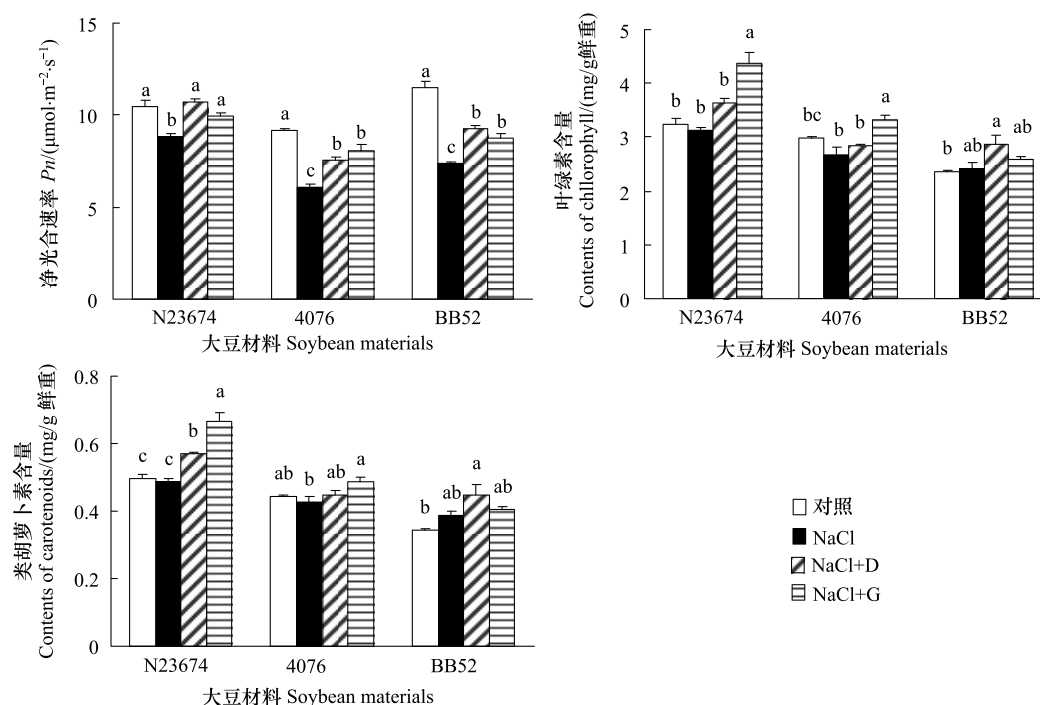


图2 大豆异黄酮浸种后不同大豆幼苗在盐胁迫下叶片净光合速率、叶绿素和类胡萝卜素含量的变化

Fig. 2 Changes in P_n , contents of chlorophyll and carotenoids in leaves of salt-stressed soybean seedlings by seed soaking with soybean isoflavones

2.3 大豆异黄酮浸种处理对盐胁迫大豆幼苗叶片 Na^+ 含量和 Na^+/K^+ 值的影响

盐胁迫下, 供试 3 大豆材料幼苗叶片 Na^+ 含量和 Na^+/K^+ 值都较其对照显著升高, 而经 2 种外源大豆异黄酮浸种处理后, 均可显著降低盐胁迫下 3 材料大豆幼苗叶片 Na^+ 含量及 Na^+/K^+ 值, 其中耐盐性弱的栽培大豆 N23674 品种降幅较大 (图 3)。

2.4 大豆异黄酮浸种处理对盐胁迫大豆幼苗叶片活性氧清除酶活性的影响

供试 3 大豆材料幼苗经 130 mmol/L NaCl 溶液处理 6 d 后, 叶片超氧化物歧化酶 (SOD) 活性较其对照均显著增加, 经外源大豆苷或染料木苷浸种处理后, 可使 NaCl 胁迫下 3 材料叶中 SOD 活性继续明显上升, 其中耐盐性相对较弱的栽培大豆 N23674 品种和杂交后代 4076 株系增幅更为明显 (图 4)。盐胁迫下 3 材料叶中 POD 活性较其对照都显著下降, 经外源大豆苷或染料木苷浸种处理后都有所恢复, 其中 N23674 品种和 4076

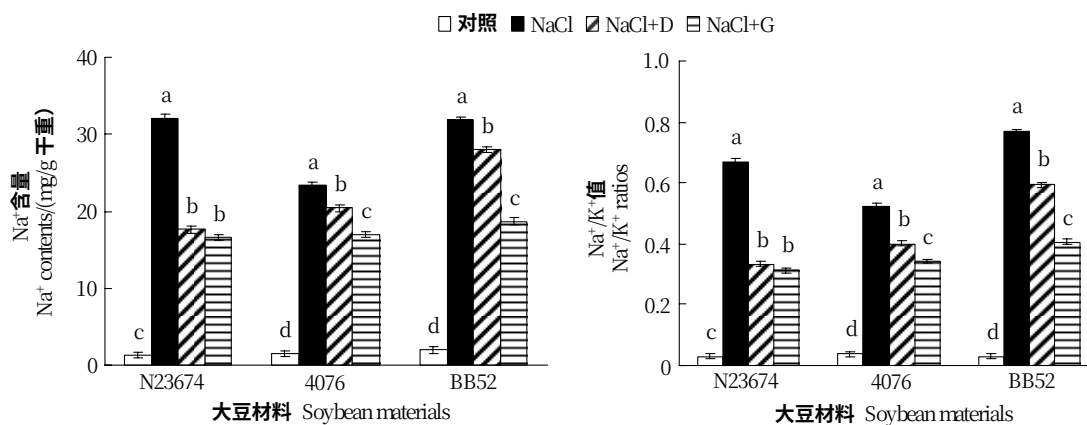


图3 大豆异黄酮浸种后不同大豆幼苗在盐胁迫下叶片 Na⁺含量和 Na⁺/K⁺值的变化

Fig. 3 Changes in Na⁺ contents and Na⁺/K⁺ ratios in leaves of salt-stressed soybean seedlings by seed soaking with soybean isoflavones

株系已恢复至对照水平(图4)。盐胁迫下3大豆材料叶中过氧化氢酶(CAT)活性都较其对照显著上升,经外源大豆苷或染料木苷浸种处理后,可使 N23674 品种和 4076 株系叶中 CAT 活性继续明显上升,而对 BB52 种群则无显著影响(图4)。

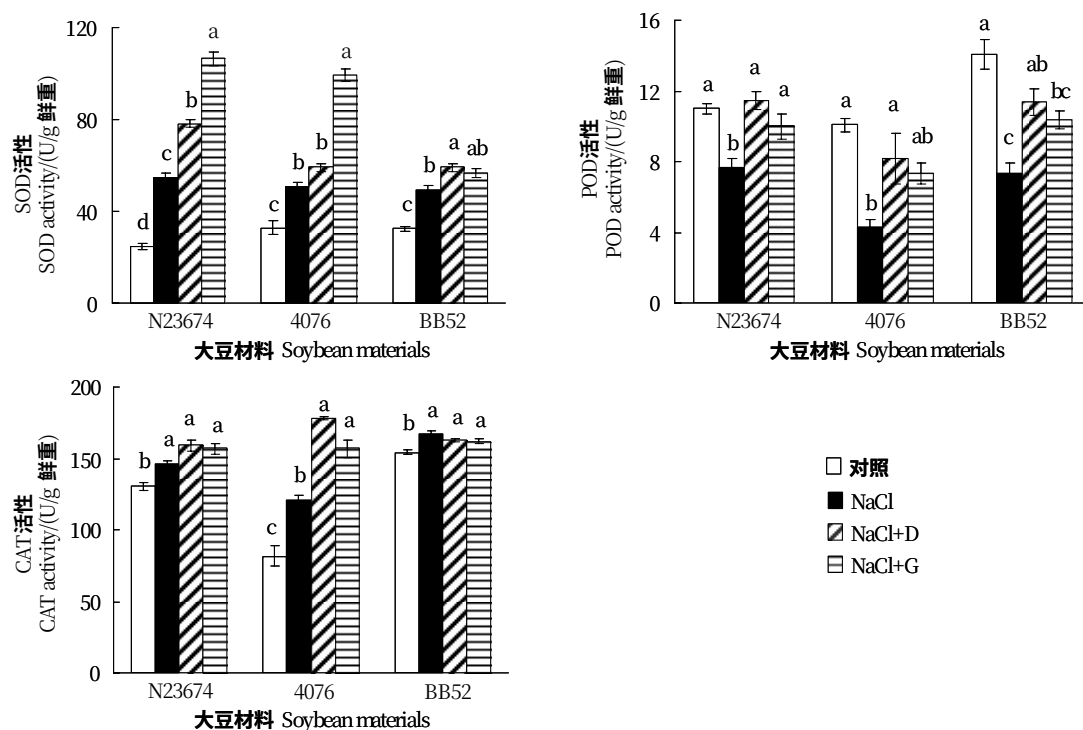


图4 大豆异黄酮浸种后不同大豆幼苗在盐胁迫下叶片 SOD、POD 和 CAT 活性的变化

Fig. 4 Changes in SOD, POD and CAT activities in leaves of salt-stressed soybean seedlings by seed soaking with soybean isoflavones

2.5 大豆异黄酮浸种处理对盐胁迫下大豆幼苗叶片内源大豆异黄酮含量的影响

盐胁迫下,3大豆幼苗叶片中大豆异黄酮含量较其对照均有显著增加,而大豆苷或染料木苷浸种处理后则可使盐胁迫大豆幼苗叶片中大豆异黄酮含量增加得更高,在耐盐性弱的栽培大豆 N23674 品种上表现更为明显(图5)。

3 讨论

长时间干旱或水分亏缺会使栽培大豆籽粒中异黄酮含量明显下降,且主要与异黄酮合成关键基因之一异

黄酮合成酶基因(2-hydroxyisoflavanone synthase, *IFS2*)表达下调有关^[17]。盐渍处理促进盐生野大豆种子和叶片中异黄酮大量积累,但明显导致栽培大豆中异黄酮含量减少^[8],而本研究中,在盐胁迫下供试的栽培大豆(N23674 品种)和滩涂野大豆(BB52 种群)及其杂交后代 4076 株系幼苗叶片中大豆异黄酮含量较其对照均有显著增加(图 5),推测这可能与所选的栽培大豆品种、培养方式、盐处理时间等因素存在差异有关。以籽粒中不同异黄酮含量水平的栽培大豆品种间的正反交结果表明, F_1 代籽粒中异黄酮含量高低与其母本关系更密切^[1]。对栽培大豆和滩涂野大豆杂交组合(N23674 品种×BB52 种群)及其经逐代耐盐性筛选而获得的杂交后代株系籽粒中大豆异黄酮组分测定结果表明,含量较多的两种大豆异黄酮组分为大豆苷和染料木苷,而大豆苷元和染料木素含量较少;其中野大豆籽粒中大豆异黄

酮含量比栽培大豆高,所选的 4 个杂交后代中 4076 株系的含量最高并超过双亲,其他株系多介于两亲本之间,表明该杂交组合后代籽粒中异黄酮含量高低主要与其野生大豆亲本有关。可见,大豆籽粒中异黄酮含量与遗传因素(基因型)、栽培条件、生境、储藏条件等多种内外因素都有关系^[18],其中遗传因素尤其重要。

两种大豆籽粒中含量较多的大豆异黄酮(0.01 mg/L 大豆苷或染料木苷)外源浸种处理均可显著抑制盐胁迫下不同大豆幼苗叶片相对电解质渗透率和 TBARS 含量的上升及净光合速率的下降,其中对耐盐性弱的栽培大豆 N23674 品种效应更明显(图 1,图 2)。这与浸种处理后盐胁迫下大豆幼苗的生长外观也相一致。因此,外源大豆异黄酮(大豆苷或染料木苷)浸种处理能明显增强耐盐性相对较弱的大豆幼苗的耐盐能力,或缓解其盐害效应。

盐胁迫下,离子毒害、渗透胁迫、氧化胁迫和营养失衡是造成植物盐害的主要原因^[19]。 K^+ 、 Na^+ 等离子含量以及 Na^+/K^+ 值是衡量植株耐盐性的常用指标。本研究中,经 2 种外源大豆异黄酮浸种处理后,均可显著降低盐胁迫下 3 材料大豆幼苗叶片 Na^+ 含量及 Na^+/K^+ 值,其中耐盐性弱的栽培大豆 N23674 品种降幅较大(图 3)。这说明,外源大豆异黄酮浸种处理可调控盐胁迫大豆幼苗体内的离子吸收和转运过程。

在大豆异黄酮的多种生理功能中,抗氧化作用比较受到关注。染料木素和大豆苷元可保护糖尿病患者免受因氧化胁迫引起的细胞凋亡和细胞增殖禁止^[2]。大豆苷元在无细胞分析用试样系统中自身虽未表现抗氧化活性,但可诱导鼠肿瘤细胞产生抗氧化酶-过氧过氢酶(CAT)^[20]。徐春华等^[3]检测了大豆异黄酮的抗超氧自由基和羟基自由基活性,及其对大鼠肝癌 CBRH-7919 细胞和小鼠白血病 CML-K562 细胞增殖的影响,结果表明大豆异黄酮具有显著的抗氧化和抗肿瘤活性。10 或 0.1 mg/L 大豆异黄酮(由含量为 80% 的工业用乳白色粉末配制)叶面喷施模拟酸雨或干旱胁迫下的油菜幼苗,能明显提高其过氧化物酶(POD)活性,从而有利于维持幼苗的生长^[21-22]。本研究中,大豆苷或染料木苷浸种处理对盐胁迫大豆幼苗叶片 3 种活性氧清除酶(SOD、POD 和 CAT)活性的影响虽有所不同,比如能进一步增强盐处理下叶片 SOD 活性,恢复盐胁迫下降低的 POD 活性,维持较高的 CAT 活性,其中在耐盐性弱的栽培大豆 N23674 品种上尤其明显,但总体上都是有利于提高其活性氧清除能力的(图 4)。为了进一步弄清楚外源大豆异黄酮浸种处理增强大豆幼苗耐盐性的内在原因,经分析发现,大豆苷或染料木苷浸种处理后可使盐胁迫下供试 3 大豆幼苗叶片中大豆异黄酮含量增加得更高,在耐盐性弱的栽培大豆 N23674 品种幼苗上表现更为明显(图 5)。0.1 mg/L 大豆异黄酮叶面喷施能明显增加了干旱胁迫下油菜幼苗体内类黄酮含量,提高了油菜幼苗的抗旱性或减轻旱害^[22]。因此,综合来看,外源大豆异黄酮浸种处理能增强大豆幼苗的耐盐性,可能主要通过维持叶片光合作用,增加其内源大豆

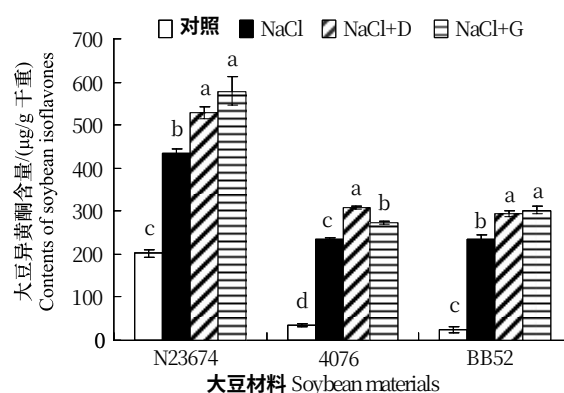


图 5 大豆异黄酮浸种后不同大豆幼苗在盐胁迫下叶片中大豆异黄酮含量比较

Fig. 5 Comparison of soybean isoflavone contents in leaves of salt-stressed soybean seedlings by seed soaking with soybean isoflavones

异黄酮含量,提高其活性氧清除能力以保持膜系统完整性,调控盐分离子吸收、转运过程以减轻离子毒害作用,从而最终表现出对盐害的缓解效应,对耐盐性较相对较弱的大豆材料尤为如此。但有关外源大豆异黄酮浸种处理提高内源大豆异黄酮含量和活性氧清除酶活性,调控盐分离子吸收和转运过程的具体机制,及其与不同基因型大豆材料间的内在联系,有待进一步研究。

References:

- [1] Dhaubhadel S, McGarvey B D, Williams R, Gijzen M. Isoflavonoid biosynthesis and accumulation in developing soybean seeds. *Plant Molecular Biology*, 2003, 53(6): 733-743.
- [2] Xu S Z, Zhong W W, Ghavideldarestani M, Saurabh R, Lindow S W, Atkin S L. Multiple mechanisms of soy isoflavones against oxidative stress-induced endothelium injury. *Free Radical Biology and Medicine*, 2009, 47(2): 167-175.
- [3] Xu C H, Zhang Z G, Xie M J. Research on antioxygenic and antitumor activities of soybean isoflavones. *Soybean Science*, 2010, 29(5): 870-873.
- [4] Bohm B A. Flavonoid functions in nature // Introduction to Flavonoids. *Chemistry and Biochemistry of Organic Natural Products*. Amsterdam: Harwood Academic Publishers, 1998, 2: 339-364.
- [5] Dixon R A. Natural products and plant disease resistance. *Nature*, 2001, 411(6839): 843-847.
- [6] Lane G A, Biggs D R, Russell G B, Sutherland O R W, Williams E M, Maindonald J H, Donnell D J. Isoflavonoid feeding deterrents for *Costelytra zealandica*: structure-activity relationships. *Journal of Chemical Ecology*, 1985, 11(12): 1713-1735.
- [7] Tahara S, Ingham J L. Simple flavones possessing complex biological activity. *Studies in Natural Products Chemistry, Bioactive Natural Products (Part C)*, 2000, 22(3): 457-505.
- [8] Zhou S, Zhou M, Zhang S, Liu Z T, Zhao Y J, Yu T Z, Yue W. Isonflavone accumulation in wild soybean under saline conditions and its ecological significance. *Journal of Plant Ecology*, 2007, 31(5): 930-936.
- [9] Wu W, Zhang Q, Zhu Y M, Lam H M, Cai Z W, Guo D J. Comparative metabolic profiling reveals secondary metabolites correlated with soybean salt tolerance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, 56(23): 11132-11138.
- [10] Ye M R, Zhang H X, Sun X W, Cheng K. Effect of soybean isoflavones on the wheat seedling and the wheat seedling of NaCl-stress. *Journal of Anhui Science and Technology University*, 2008, 22(3): 9-12.
- [11] Du L L, Yu B J. Analysis of salt tolerance, agronomic traits and seed quality of *Glycine max*, salt-born *Glycine soja* and their hybrids. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2010, 32(1): 77-82.
- [12] Vannini C, Locatelli F, Bracale M, Magnani E, Marsoni M, Osnato M, Mattana M, Baldoni E, Coraggio I. Overexpression of the rice *Osmv4* gene increases chilling and freezing tolerance of *Arabidopsis thaliana* plants. *The Plant Journal*, 2004, 37(1): 115-127.
- [13] Zhao S J, Xu C C, Zou Q, Meng Q W. Improvements of method for measurement of malondialdehyde in plant tissues. *Plant Physiology Communications*, 1994, 30(3): 207-210.
- [14] Zhang X Z. *Physiological Research Methods of Crops*. Beijing: Agricultural Press, 1990: 142-143.
- [15] Yu B J, Liu Y L. Effects of salt stress on the metabolism of active oxygen in seedlings of annual halophyte *Glycine soja*. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2003, 23(1): 18-22.
- [16] Wang S, Ding L, Zhou R Q. Determination of isoflavones in soybean meal by HPLC. *Chemical Industry and Engineering Progress*, 2005, 24(2): 196-199.
- [17] Gutierrez-Gonzalez J J, Guttikonda S K, Tran L P, Aldrich D L, Zhong R, Yu O, Nguyen H T, Slepser D A. Differential expression of isoflavone biosynthetic genes in soybean during water deficits. *Plant and Cell Physiology*, 2010, 51(6): 936-948.
- [18] Li J Y, Yao W Q, Gong S B, Li X W. The research progress of the circumstance factors on the effect of soybean isoflavones content. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2010, 26(9): 167-170.
- [19] Phang T H, Shao G H, Lam H M. Salt tolerance in soybean. *Journal of Integrative Plant Biology*, 2008, 50(10): 1196-1212.
- [20] Kampkötter A, Chovolou Y, Kulawik A, Röhrdanz E, Weber N, Proksch P, Wätjen W. Isoflavone daidzein possesses no antioxidant activities in cell-free assays but induces the antioxidant enzyme catalase. *Nutrition Research*, 2008, 28(9): 620-628.
- [21] Ye M R, Wu C Y, Yang A Z, Wang X P, Cai C J, Xu Z. Effects of soybean isoflavones on some physiological characteristics of rape (*Brassica campestris* L.) seedlings with simulated acid rain stress. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2008, 24(4): 245-249.

- [22] Ye M R, Liu A R, Chen L M, Wu C Y. Effects of soybean isoflavones on rape seedlings under drought stress. *Acta Botanica Yunnanica*, 2008, 30 (3): 351-354.

参考文献:

- [3] 徐春华, 张治广, 谢明杰. 大豆异黄酮的抗氧化和抗肿瘤活性研究. *大豆科学*, 2010, 29(5): 870-873.
- [8] 周三, 周明, 张硕, 刘占涛, 赵永娟, 余天真, 岳旺. 盐生野大豆的异黄酮积累及其生态学意义. *植物生态学报*, 2007, 31(5): 930-936.
- [10] 叶梅荣, 张会曦, 孙晓武, 程凯. 大豆异黄酮对小麦幼苗及盐胁迫下小麦幼苗生长的影响. *安徽科技学院学报*, 2008, 22(3): 9-12.
- [11] 杜莉莉, 於丙军. 栽培大豆和滩涂野大豆及其杂交后代耐盐性、农艺性状与籽粒品质分析. *中国油料作物学报*, 2010, 32(1): 77-82.
- [13] 赵世杰, 许长成, 邹琦, 孟庆伟. 植物组织中丙二醛测定方法的改进. *植物生理学通讯*, 1994, 30(3): 207-210.
- [14] 张宪政. 作物生理研究法. 北京: 农业出版社, 1990: 142-143.
- [15] 於丙军, 刘友良. 盐胁迫对一年生盐生野大豆幼苗活性氧代谢的影响. *西北植物学报*, 2003, 23(1): 18-22.
- [16] 王松, 丁立, 周荣琪. HPLC 法测定豆粕中大豆异黄酮的含量. *化工进展*, 2005, 24(2): 196-199.
- [18] 李菊艳, 姚文秋, 宫绍斌, 李大为. 环境因素对大豆异黄酮的影响研究进展. *中国农学通报*, 2010, 26(9): 167-170.
- [21] 叶梅荣, 吴成玉, 杨安中, 王晓鹏, 蔡传杰, 徐竹. 模拟酸雨胁迫下大豆异黄酮对油菜幼苗某些生理指标的影响. *中国农学通报*, 2008, 24(4): 245-249.
- [22] 叶梅荣, 刘爱荣, 陈利明, 吴成玉. 大豆异黄酮对于旱胁迫下油菜幼苗生长的影响. *云南植物研究*, 2008, 30(3): 351-354.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 22 November, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Hyperspectral estimation models for plant community water content at both leaf and canopy levels in Wild Duck Lake wetland	6645
Potential distribution of rice in china and its climate characteristics	6659
Effects of seed soaking with soybean isoflavones on soybean seedlings under salt stress	6669
Ecophysiological responses and adaptation of <i>Tamarix ramosissima</i> to changes in groundwater depth in the Heihe river basin	6677
<i>Melica przewalskyi</i> population spatial pattern and response to soil moisture in degraded alpine grassland	6688
A study on ecological compensation standard for Zaoshi Water Conservancy Project based on the idea of ecological footprint	6696
Spatial-temporal variation of NPP and NDVI correlation in wetland of Yellow River Delta based on MODIS data	6708
Marshclassification mapping at a community scale using high-resolution imagery	6717
The impact of bacterial-feeding nematodes on root growth of <i>Arabidopsis thaliana</i> L. and the possible mechanisms	6727
Spatial and dynamic analysis of plantations in Xishuangbanna using network <i>K</i> -function	6734
Contrastive analysis and climatic response of tree-ring gray values and tree-ring densities	6743
Fractal structure of dominant tree species in north-facing slope of mountain of northern Hebei	6753
Characteristics of radiation fluxes of an evergreen broad-leaved forest in Maofeng Mountain, Guangzhou, China	6766
Effects of seed-dressing agents on groundnut and rhizosphere microbes	6777
Time series prediction of the concentration of chlorophyll-a based on RBF neural network with parameters self-optimizing	6788
A trend surface analysis of geographic variation in the triats of seeds and seedlings from different <i>Quercus acutissima</i> provenances	6796
Comparisons of relationships between leaf and fine root traits in hilly area of the Loess Plateau, Yanhe River basin, Shaanxi Province, China	6805
An analysis on the water status in twigs and its relations to the drought resistance in Five woody plants living in arid zone	6815
The effect of fire on soil properties in a <i>Pinus massoniana</i> stand	6824
Water-environment effects of industry structure in Taihu Lake Basin in Jiangsu Province	6832
Effect of high temperature on enzymic activity, pigment content and chlorophyll fluorescence of two <i>Kappaphycus</i> species	6845
Analysis on characteristics of a typical drought event in Jiangsu Province	6853
Surface heat flux and energy budget for semi-arid grassland on the Loess Plateau	6866
Effects of light quality on photosynthetic characteristics and on the carotenoid and cuticular extract content in tobacco leaves	6877
Cyanobacterial diversity in biological soil crusts on wastelands of copper mine tailings	6886
Stereotypic behavior frequency and the influencing factors in captive Alpine musk deer (<i>Moschus sifanicus</i>)	6896
Zooplankton ecology near the Tianwan Nuclear Power Station	6902
Diel variations of fish assemblages in multiple habitats of Ma'an archipelago, Shengsi, China	6912
A novel cognitive-based approach to motivation for non-use value	6926
Review	
Salt-responsive proteomics in plants	6936
Research progress on forms of nitrogen and determination in the sediments	6947
Review of research progress of infectious diseases in wild birds	6959
Review on the methods to quantify fish's ability to cross velocity barriers in fish passage	6967
Monograph	
Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services: foundation, prospect and response strategy	6973
Scientific Note	
A comparative study of the spatial-temporal patterns of fine roots between young and mature <i>Caragana korshinskii</i> plantations	6978

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 31 卷 第 22 期 (2011 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 22 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元