

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第10期 Vol.31 No.10 **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 10 期

2011 年 5 月 (半月刊)

目 次

大熊猫取食竹笋期间的昼夜活动节律和强度·····	张晋东, Vanessa HULL, 黄金燕, 等 (2655)
高枝假木贼的胎生萌发特性及其生态适应·····	韩建欣, 魏 岩, 严 成, 等 (2662)
准噶尔盆地典型地段植物群落及其与环境因子的关系·····	赵从举, 康慕谊, 雷加强 (2669)
喀斯特山地典型植被恢复过程中表土孢粉与植被的关系·····	郝秀东, 欧阳绪红, 谢世友, 等 (2678)
青藏高原高寒草甸土壤 CO ₂ 排放对模拟氮沉降的早期响应·····	朱天鸿, 程淑兰, 方华军, 等 (2687)
毛乌素沙地南缘沙漠化临界区域土壤水分和植被空间格局·····	邱开阳, 谢应忠, 许冬梅, 等 (2697)
雪灾后粤北山地常绿阔叶林优势树种幼苗更新动态·····	区余端, 苏志尧, 解丹丹, 等 (2708)
四川盆地四种柏木林分类型的水文效应·····	龚固堂, 陈俊华, 黎燕琼, 等 (2716)
平茬对半干旱黄土丘陵区柠条林地土壤水分的影响·····	李耀林, 郭忠升 (2727)
连栽杉木林林下植被生物量动态格局·····	杨 超, 田大伦, 胡日利, 等 (2737)
近 48a 华北区太阳辐射量时空格局的变化特征·····	杨建堂, 刘 勤, 严昌荣, 等 (2748)
中型景观尺度下杨树人工林林分特征对树干病害发生的影响——以河南省清丰县为例·····	王 静, 崔令军, 梁 军, 等 (2757)
耕作措施对冬小麦田杂草生物多样性及产量的影响·····	田欣欣, 薄存瑶, 李 丽, 等 (2768)
官山保护区白颈长尾雉栖息地适宜性评价·····	陈俊豪, 黄晓凤, 鲁长虎, 等 (2776)
花椒园节肢动物群落特征与气象因子的关系·····	高 鑫, 张晓明, 杨 洁, 等 (2788)
沙漠前沿不同植被恢复模式的生态服务功能差异·····	周志强, 黎 明, 侯建国, 等 (2797)
大豆出苗期和苗期对盐胁迫的响应及耐盐指标评价·····	张海波, 崔继哲, 曹甜甜, 等 (2805)
不同耐盐植物根际土壤盐分的动态变化·····	董利苹, 曹 靖, 李先婷, 等 (2813)
短期 NaCl 胁迫对不同小麦品种幼苗 K ⁺ 吸收和 Na ⁺ 、K ⁺ 积累的影响·····	王晓冬, 王 成, 马智宏, 等 (2822)
套袋微域环境对富士苹果果皮结构的影响·····	郝燕燕, 赵旗峰, 刘群龙, 等 (2831)
畜禽粪便施用对稻麦轮作土壤质量的影响·····	李江涛, 钟晓兰, 赵其国 (2837)
土霉素胁迫下拟南芥基因组 DNA 甲基化的 MSAP 分析·····	杜亚琼, 王子成, 李 霞 (2846)
甲藻孢囊在长山群岛海域表层沉积物中的分布·····	邵魁双, 巩 宁, 杨 青, 等 (2854)
湖南省城市群生态网络构建与优化·····	尹海伟, 孔繁花, 祈 毅, 等 (2863)
基于多智能体与元胞自动机的上海城市扩展动态模拟·····	全 泉, 田光进, 沙默泉 (2875)
城市道路绿化带“微峡谷效应”及其对非机动车道污染物浓度的影响·····	李 萍, 王 松, 王亚英, 等 (2888)
专论与综述	
北冰洋微型浮游生物分布及其多样性·····	郭超颖, 王桂忠, 张 芳, 等 (2897)
种子微生物生态学研究进展·····	邹媛媛, 刘 洋, 王建华, 等 (2906)
条件价值评估的有效性与可靠性改善——理论、方法与应用·····	蔡志坚, 杜丽永, 蒋 瞻 (2915)
问题讨论	
中国生态学期刊现状分析·····	刘天星, 孔红梅, 段 靖 (2924)
研究简报	
四季竹耐盐能力的季节性差异·····	顾大彤, 郭子武, 李迎春, 等 (2932)
新疆乌恰泉地震前后泉水细菌群落的变化·····	杨红梅, 欧提库尔·玛合木提, 曾 军, 等 (2940)
两种猎物对南方小花蝽种群增长的影响及其对二斑叶螨的控害潜能·····	黄增玉, 黄林茂, 黄寿山 (2947)
学术信息与动态	
全球变化下的国际水文学研究进展: 特点与启示——2011 年欧洲地球科学联合会会员大会述评·····	卫 伟, 陈利顶 (2953)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 302 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 34 * 2011-05



封面图说: 藏酋猴 (*Macaca thibetana*) 属猴科 (*Cercopithecidae*) 猕猴属 (*Macaca*) 又名四川短尾猴、大青猴, 为我国特有灵长类之一, 被列为国家二级保护野生动物; 近年来, 由于人类活动加剧, 栖息环境恶化, 导致藏酋猴种群数量和分布日趋缩小; 本照片摄于四川卧龙国家级自然保护区 (拍摄时间: 2010 年 3 月)。

彩图提供: 中国科学院生态环境研究中心张晋东博士 E-mail: zhangjd224@163.com

大豆出苗期和苗期对盐胁迫的响应及耐盐指标评价

张海波, 崔继哲*, 曹甜甜, 张佳彤, 刘千千, 刘欢

(哈尔滨师范大学生命科学与技术学院, 哈尔滨 150025)

摘要: 比较了 4 个大豆品种出苗期和苗期的耐盐性, 测定 150 mmol/L NaCl 胁迫下的株高、下胚轴长、侧根数、地上干/鲜重、根干/鲜重、MDA 含量、SOD 活性、游离 Pro 含量, 并将幼苗移栽到田间生长至成熟。结果表明: 出苗期和苗期盐胁迫下 4 个品种的株高都显著降低、地上干/鲜重和根干/鲜重降低; 出苗期胁迫侧根数减少, 下胚轴长降低; 而苗期胁迫侧根数增加, 下胚轴长升高。未胁迫条件下, 出苗期和苗期耐盐性强的品种 22021-1 的 MDA 含量和 SOD 活性高于耐盐性弱的品种 22293-1。胁迫后, 22021-1 的 MDA 含量降低、SOD 活性升高, 其 MDA 含量分别比对照低 51.03% 和 21.45%, SOD 活性比对照高 5.85% 和 45.77%; 22293-1 的 MDA 含量出苗期比对照高 58.97%, 苗期基本无变化, SOD 活性出苗期和苗期升高都不显著。MDA 和 SOD 可以作为大豆耐盐性筛选指标。早期的短时胁迫对不同耐盐性大豆品种的经济产量影响不同。

关键词: 大豆; 出苗期; 苗期; 耐盐性; 耐盐指标

Response to salt stresses and assessment of salt tolerability of soybean varieties in emergence and seedling stages

ZHANG Haibo, CUI Jizhe*, CAO Tiantian, ZHANG Jiatong, LIU Qianqian, LIU Huan

College of Life Sciences and Technology, Harbin Normal University, Harbin 150025, China

Abstract: Salinity is one of the major environmental stresses impeding crop growth, which can lead to a series of morphological, physiological, biochemical and molecular changes that severely reduces agricultural yields and productivity. The ability to tolerate salinity stresses differs widely among species of plants as well as within different varieties in the same species. As an important cash crop, productivity of soybean can be significantly hampered by soil salt stresses and high salinity can sharply decline growth and give bad impacts on variable agronomy traits, seed quality and quantity, and finally reduce its commercial yield. Although most soybean varieties are sensitive to salt stresses, soybean germplasms display a spectrum of salt tolerance capability from high to low. Moreover, the degree of salt tolerance of soybean varieties varies among different developmental stages. To achieve a better understanding of salt tolerant mechanisms of soybean varieties, and determine the most reliable indicators for distinguishing high salt-tolerance varieties, seeds of 4 soybean varieties (respectively, 21066-2, 22021-1, 22293-1 and 22451-1 provided by Harbin Agricultural Academy of Science) were sowed in soil containers (45 cm in length, 32 cm in width, 13.5 cm in height) for simulating natural growth conditions, and their salt tolerance capability in emergence and seedling stages under 150 mmol/L NaCl treatments were evaluated in this paper through measuring variable morphological and physiological parameters including plant height, hypocotyls length, lateral root numbers, fresh and dry weight of shoots and roots, contents of malondialdehyde (MDA) and free proline (Pro), activity of superoxide dismutase (SOD) in emergence and seedling stages. And then the seedlings were transplanted into field for recording seed yield at their natural maturity. Our results clearly showed that NaCl treatments could strongly decrease the plant height, fresh and dry weight of shoots and roots of the 4 varieties both in their emergence stage and seedling stage, while lateral root numbers and hypocotyls length decreased in the emergence stage but increased in the seedling stage. Under the unstressed control condition, MDA content and SOD activity in the salt-tolerant 22021-1 variety

基金项目: 黑龙江省科技攻关计划项目 (GA06B103-7)

收稿日期: 2010-11-06; 修订日期: 2011-03-21

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: shiccl@yahoo.com.cn

were significantly higher than those in the salt-sensitive 22293-1 variety both in the emergence stage and seedling stage ($P < 0.05$). However, MDA content sharply decreased ($P < 0.01$) and SOD activity significantly increased ($P < 0.05$) in salt-tolerant 22021-1 variety after exposure to salt stresses, i. e., 51.03% and 21.45% declines in MDA content and 5.85% and 45.77% enhancements in SOD activity were respectively found in the emergence stage and seedling stage. Different from 22021-1, 22293-1 variety showed a 58.97% increase in the MDA content ($P < 0.01$) in emergence stage but no significant change in seedling stage ($P > 0.05$), while these salt stresses slightly increased the SOD activity in the two stages but cannot be up to statistical significance ($P > 0.05$). The final commercial yield was affected by the short-term salt stress treatments, but differed in different soybean varieties. Generally, the salinity tolerance or sensitivity of soybean varieties were well related to their antioxidant response, and high salt stress tolerability in the 22021-1 variety was associated with the ability of maintaining higher SOD activity for lowering the possible lipid peroxidation. Our finding indicates that leaf MDA level and SOD activity could be used as two physiological indices for assessing the salt tolerability of variable soybean varieties.

Key Words: soybean; emergence stage; seedling stage; salt tolerance; salt tolerance index

土壤盐渍化已成为导致全球可利用耕地日益减少、限制作物产量和品质提高的几种主要非生物逆境之一^[1]。目前,世界范围内至少 20% 耕地存在不同程度的盐碱化,我国盐碱化土地面积近 1 亿 hm^2 ^[2]。而在一些灌溉地区,还经常由于灌溉不当、盲目过量施用化肥等,产生一些次生盐渍化土壤^[3]。因此作物耐盐性和品质的提高、盐渍土的生物治理和综合开发成为未来农业发展和生态环境建设的重大课题^[4-5]。

栽培大豆 (*Glycine max* L.) 属于中度耐盐植物,前人对大豆耐盐性进行了大量的研究工作,并取得一定成果^[6-10]。但是以往的研究多是在室内采用水培或沙培,通过胁迫后芽期或苗期相关指标的变化来评价品种的耐盐性。由于大豆品种的优劣一般是以成熟期种子产量高低为评价标准,因此研究早期的短时间胁迫对最终产量的影响就尤为重要。本研究模拟大豆自然生长环境,在室外用土培,对不同大豆品种在出苗期和苗期进行了耐盐性分析,讨论了短期盐胁迫对大豆农艺性状的影响,确定了大豆出苗期和苗期的耐盐性鉴定指标,以为大豆耐盐性的鉴定提供早期简便合理的形态和生理指标,并为大豆耐盐机理的研究提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

大豆品种 21066-2、22021-1、22293-1、22451-1,由黑龙江省哈尔滨市农科院提供。

1.2 试验设计

2010 年 5 月下旬在室外育苗盘内播种各品种,育苗盘长 45 cm,宽 32 cm,高 13.5 cm。每盘 2 个品种共 84 粒播于田园土:草炭为 1:1 的土中。出苗期和苗期分别用 150 mmol/L NaCl 处理。出苗期从播种至 2 片真叶展开,苗期从 2 片真叶展开至 3 片复叶展开^[11]。出苗期处理盘播种时直接用 150 mmol/L NaCl 溶液将土浇透,然后播种;对照盘浇水,待对照盘中的苗长到出苗期结束,与处理盘中的苗一同测量各性状;取 10 株测形态性状,取 10—15 株剪去根,用液氮速冻后存于 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温冰箱中备用。苗期处理盘播种时浇透底水,待苗长到 2 片真叶展开时开始浇 150 mmol/L NaCl 溶液至苗期结束,对照盘同时浇水。苗期结束后处理方法同出苗期。播种时出苗期和苗期处理盘和对照盘分别为 3 次重复,按随机区组设计排列。各项指标的测定均 3 次重复。在测定各性状的同时,将各处理与对照的大豆幼苗各 15—20 株移栽到田间,正常管理,成熟后每个品种分别取 5 株测定相应性状。

1.3 测定性状和方法

1.3.1 形态性状的测定

出苗期和苗期胁迫结束后分别测量株高、侧根数、下胚轴长、地上干/鲜重和根干/鲜重等性状;成熟期分别测量株高、单株有效荚数、单株粒数、单株粒重和百粒重等农艺性状。

1.3.2 生理性状的测定

丙二醛(MDA)含量参照 Hodges 等^[12]的方法测定。超氧化物歧化酶(SOD)活性的测定采用氮蓝四唑(NBT)法,以能抑制 NBT 光化学反应的 50% 为一个酶单位(U)^[13]。游离脯氨酸含量的测定采用酸性茚三酮比色法^[14]。用 DU800 核酸蛋白分析仪测 OD 值。

1.4 数据统计

利用 SPSS13.0 统计软件对试验数据进行统计分析和作图。为直观显示盐胁迫的效应,计算了 NaCl 处理后各品种形态学性状的相对值(处理组平均值/对照组平均值×100)(表 1、表 2)。

表 1 150 mmol/L NaCl 胁迫对 4 个大豆品种形态学性状影响
Table 1 Effect of 150 mmol/L NaCl on morphological traits of 4 soybean varieties

性状		出苗期 Emergence stage			
Characters		21066-2	22021-1	22293-1	22451-1
株高 Plant height/cm	CK	12.75±0.50a	11.72±0.56a	11.84±0.39a	10.08±0.38a
	NaCl	7.23±0.68a	7.38±0.53a	6.99±0.77a	6.92±0.49b
	相对值/%	56.68 **	62.95 **	59.06 **	68.71 **
侧根数 No. of lateral roots	CK	36.75±2.19a	45.32±2.56a	35.95±2.43a	33.25±1.97a
	NaCl	35.5±1.75b	37.55±1.84a	30.75±2.18b	35.17±3.16b
	相对值/%	96.6	82.86 *	85.54	105.76
下胚轴长 Hypocotyls length/cm	CK	4.27±0.27a	4.05±0.28a	5.35±0.22a	4.08±0.13a
	NaCl	3.60±0.29b	4.13±0.33b	4.30±0.39a	3.76±0.22b
	相对值/%	84.88	101.92	80.36 *	92.16
地上鲜重 Fresh weight of shoots/g	CK	1.75±0.19a	1.68±0.11a	1.61±0.12a	1.79±0.10a
	NaCl	1.44±0.07a	1.14±0.05b	1.09±0.08b	1.35±0.08b
	相对值/%	82.22	67.42	67.95	75.03 *
根鲜重 Fresh weight of roots/mg	CK	528.30±0.03b	417.37±0.03b	354.60±0.04b	642.60±0.04a
	NaCl	532.20±0.01a	387.17±0.04b	329.50±0.01b	487.87±0.03a
	相对值/%	100.74	92.76	92.92	75.92
地上干重 Dry weight of shoots/mg	CK	211.80±0.01a	197.63±0.00a	185.00±0.01a	211.60±0.00a
	NaCl	174.87±0.01a	147.00±0.01b	144.40±0.00b	172.95±0.01a
	相对值/%	82.56	74.38 *	78.05	81.73 *
根干重 Dry weight of roots/mg	CK	45.80±0.00b	39.83±0.00b	36.47±0.01b	60.07±0.00a
	NaCl	43.67±0.00a	30.60±0.00b	26.43±0.00b	41.00±0.00a
	相对值/%	95.34	76.82	72.49	68.26 *
性状		苗期 Seedling stage			
Characters		21066-2	22021-1	22293-1	22451-1
株高 Plant height/cm	CK	16.59±0.39c	19.92±0.56a	21.09±0.61a	18.23±0.42b
	NaCl	15.57±0.98a	18.51±1.35a	17.30±0.74a	16.21±0.75a
	相对值/%	93.83	92.92	82.03 **	88.91 *
侧根数 No. of lateral roots	CK	40.71±3.68a	36.48±2.45a	47.20±3.57a	39.05±2.14a
	NaCl	40.87±3.8a	41.40±3.32a	35.25±2.06a	46.06±3.41a
	相对值/%	100.37	113.49	74.68 **	117.97
下胚轴长 Hypocotyls length/cm	CK	3.33±0.18b	3.33±0.24b	4.62±0.30a	3.75±0.19b
	NaCl	3.53±0.19b	3.79±0.23b	4.82±0.42a	4.31±0.14ab
	相对值/%	106	113.7	104.44	114.97 *
地上鲜重 Fresh weight of shoots/g	CK	2.29±0.15a	2.27±0.09a	2.37±0.03a	2.41±0.09a
	NaCl	1.91±0.09b	2.08±0.11b	2.56±0.11a	2.21±0.05b
	相对值/%	83.26	91.91	107.9	91.7
根鲜重 Fresh weight of roots/mg	CK	629.60±0.04c	899.11±0.05ab	775.10±0.07bc	1039.46±0.02a
	NaCl	563.63±0.04b	376.00±0.04c	407.40±0.03c	750.10±0.03a
	相对值/%	89.52	41.82 *	52.56	72.16 **
地上干重 Dry weight of shoots/mg	CK	411.86±0.01a	410.83±0.01a	456.47±0.01a	441.02±0.03a
	NaCl	304.33±0.02b	379.71±0.03ab	439.30±0.03a	419.13±0.01a
	相对值/%	73.89 *	92.42	96.24	95.03
根干重 Dry weight of roots/mg	CK	80.60±0.01b	82.20±0.01b	77.00±0.00b	143.32±0.00a
	NaCl	60.60±0.01a	57.10±0.01a	54.70±0.01a	83.00±0.00a
	相对值/%	75.19	69.46	71.04	57.91 **

同一行数据的不同字母表示相同条件下不同品种间差异显著, $P<0.05$; *, ** 表示该品种经盐胁迫后性状值与对照比差异显著或极显著, $P<0.05$ 或 $P<0.01$; 相对值(%)=(NaCl 处理后性状值/对照性状值)×100

2 结果与分析

2.1 盐胁迫对大豆不同品种出苗期和苗期形态学性状的影响

形态学性状直接体现作物的生长状况,通过对一定盐浓度下生长大豆的株高、侧根数、下胚轴长、地上干/鲜重及根干/鲜重等形态性状的测量可以较为直观的判断大豆对盐胁迫的反应情况。

从表 1 可以看出:出苗期 NaCl 对大豆生长影响的总趋势是株高都显著降低,下胚轴长、地上干/鲜重和根干/鲜重降低,说明盐胁迫明显抑制了出苗期大豆的生长。苗期胁迫后总的趋势是株高降低,下胚轴长升高,地上干/鲜重和根干/鲜重降低。出苗期和苗期盐胁迫后同一品种的侧根数和下胚轴长变化不一致,但未胁迫时品种间基本一致。

2.2 盐胁迫对大豆不同品种出苗期和苗期生理性状的影响

2.2.1 丙二醛(MDA)含量

丙二醛(MDA)是植物脂质过氧化的产物,是检测植物膜伤害的一个重要的指标,其含量可以表示脂膜过氧化的程度^[15]。未胁迫条件下,大豆品种 22021-1 出苗期和苗期 MDA 含量都最高,分别为 24.28 nmol/g 和 28.86 nmol/g,出苗期显著高于其它品种,苗期显著高于 22293-1 和 21066-2。大豆品种 22293-1 出苗期 MDA 含量最低,为 11.67 nmol/g,苗期也较低,为 23.41 nmol/g。出苗期和苗期胁迫后大豆品种 22021-1 的 MDA 含量极显著或显著下降(图 1),出苗期下降了 51.03%,苗期下降了 21.45%;大豆品种 22293-1 出苗期 MDA 含量极显著上升,上升了 58.97%,苗期胁迫前后基本无变化。大豆品种 21066-2 出苗期胁迫后 MDA 含量升高,苗期下降;大豆品种 22451-1 出苗期和苗期都是升高的趋势,但其 MDA 含量变化都未达到显著水平。

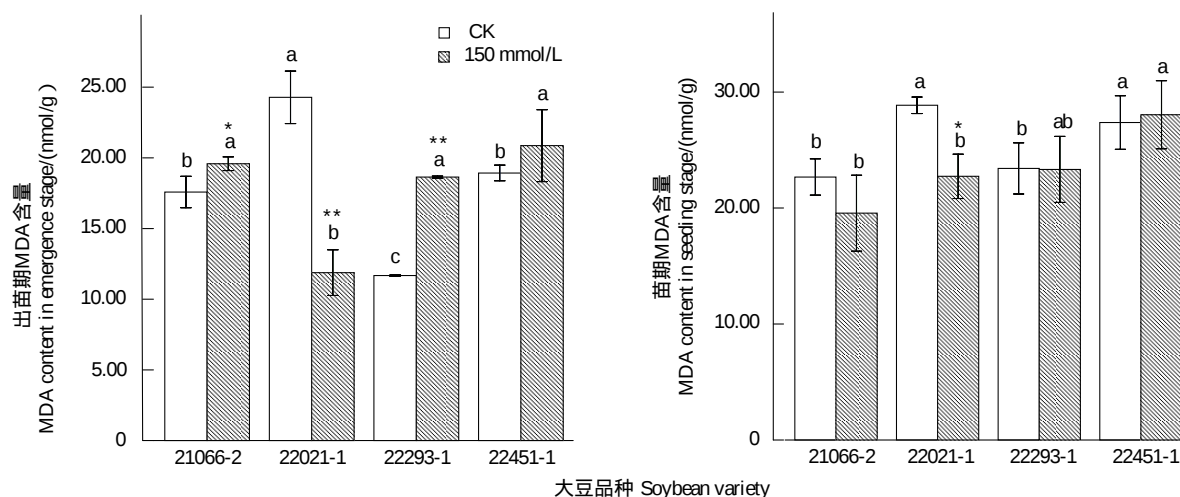


图 1 盐胁迫对出苗期和苗期大豆品种 MDA 含量的影响

Fig. 1 Effects of NaCl stress on MDA contents of soybean varieties in emergence and seedling stage

图中不同字母表示相同条件下不同品种间的差异显著性, $P < 0.05$; *, ** 表示同一品种经盐胁迫后与对照比的差异显著性, $P < 0.05$ 或 $P < 0.01$

2.2.2 超氧化物歧化酶(SOD)活性

SOD 为植物体内源自由基清除剂,是植物体内活性氧代谢的关键酶,能催化体内的歧化反应,它的活性变化直接影响植物体内 O_2 与 H_2O_2 的含量^[16]。SOD 在逆境中活性增强或维持较高的水平,有助于清除氧自由基使之保持较低的水平,维持细胞膜的稳定性和完整性,提高植物的抗逆性。未胁迫条件下,出苗期和苗期大豆品种 22021-1 的 SOD 活性都最高,分别为 156.17 U/g 和 127.43 U/g,出苗期显著高于其它品种。出苗期 22293-1 的 SOD 活性最低,为 73.24 U/g,苗期也较低,为 114.18 U/g。出苗期和苗期胁迫后 SOD 活性的总体趋势是升高,说明盐胁迫可诱导大豆中 SOD 活性增强。胁迫后,出苗期和苗期 22021-1 品种 SOD 活性分别升高 5.85% 和 45.77%,与对照差异达到显著和极显著水平。22293-1 品种 SOD 活性也有增加,但与对照比差

异都不显著(图2)。

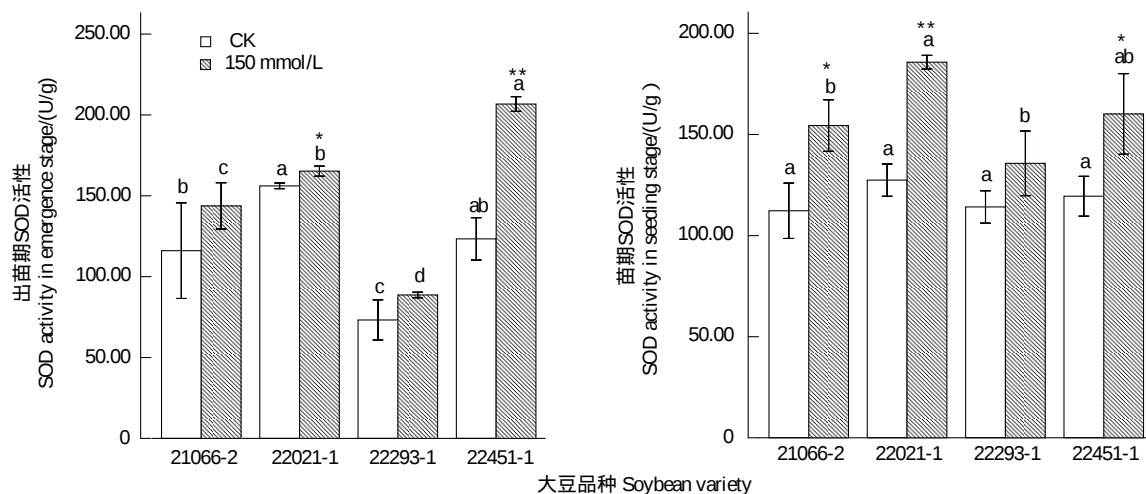


图2 盐胁迫对出苗期和苗期大豆品种 SOD 活性的影响

Fig.2 Effects of NaCl stress on SOD activity of soybean varieties in emergence and seedling stage

图中不同字母表示相同条件下不同品种间的差异显著性, $P < 0.05$; *, ** 表示同一品种经盐胁迫后与对照比的差异显著性, $P < 0.05$ 或 $P < 0.01$

2.2.3 游离脯氨酸(Pro)含量

出苗期游离脯氨酸(Pro)含量的总体趋势是胁迫后升高,大豆品种 22021-1 胁迫后出苗期升高,苗期下降。品种 22293-1 出苗期上升,苗期基本不变。Pro 含量出苗期和苗期的变化趋势不一致(图3)。许多研究表明,盐处理下植物都会发生游离脯氨酸的累积^[8,16-17]但是,Pro 的积累是盐胁迫的结果还是植物耐盐的原因存在着争议^[8,16],Pro 的积累并不仅仅在胁迫条件下发生,其在植物发育过程中也检测到高水平积累^[17]。本试验 Pro 的变化与品种耐盐性之间似乎没有联系。

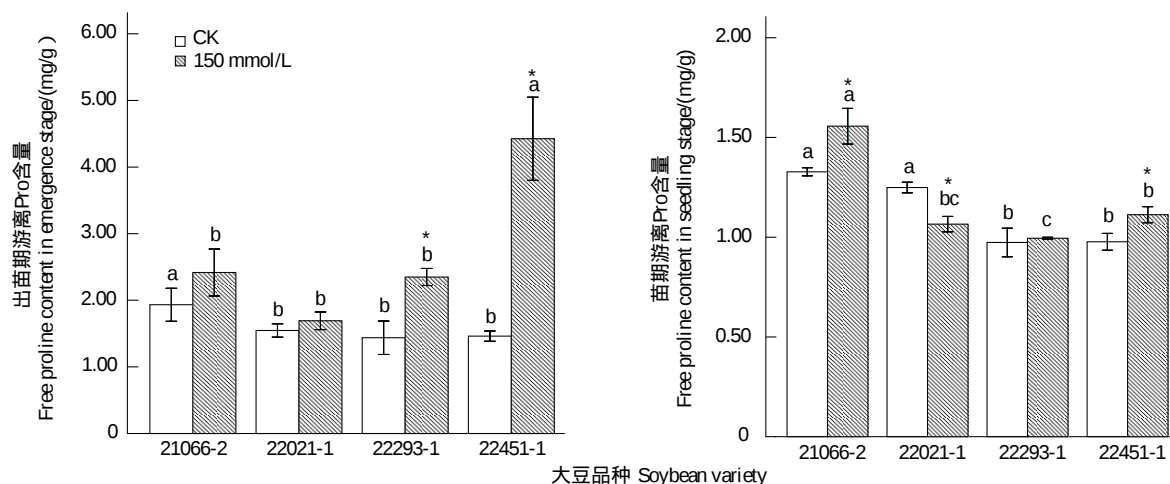


图3 盐胁迫对出苗期和苗期大豆品种游离 Pro 含量的影响

Fig.3 Effects of NaCl stress on free proline contents of soybean varieties in emergence and seedling stage

图中不同字母表示相同条件下不同品种间的差异显著性, $P < 0.05$; * 表示同一品种经盐胁迫后与对照比的差异显著性, $P < 0.05$

2.3 出苗期和苗期盐胁迫对成熟后主要农艺性状的影响

如表2,出苗期和苗期胁迫后成熟期株高的整体趋势降低。经出苗期胁迫,品种 22293-1 成熟后株高、单株有效荚数、单株粒数、单株粒重和百粒重都显著或极显著降低,其他品种单株粒数、单株粒重和百粒重都是

升高的趋势。经苗期胁迫,22293-1 的百粒重显著降低,其他品种都表现升高。

表 2 出苗期和苗期盐胁迫对大豆主要农艺性状的影响

Table 2 Effect of NaCl stress on agronomic traits of soybean varieties in emergence and seedling stage

性状 Characters		出苗期 Emergence stage			
		21066-2	22021-1	22293-1	22451-1
株高 Plant height/cm	CK	103.00±3.39a	97.20±1.91ab	88.40±1.29b	88.00±3.16b
	150 mmol/L	101.40±1.47a	79.20±4.88b	64.60±3.43c	87.60±3.80b
	相对值/%	98.45	81.48 *	73.08 **	99.55
单株有效荚数 Productive pod no. per plant	CK	23.00±4.01a	34.20±2.70a	28.60±3.97a	28.60±3.47a
	150 mmol/L	31.60±2.06a	30.40±3.19a	18.40±4.27b	34.00±1.79a
	相对值/%	137.39	88.88	64.34 *	118.89
单株粒数 Seed no. per plant	CK	65.20±12.42a	59.20±5.00a	58.00±6.05a	70.60±6.21a
	150 mmol/L	91.60±5.22a	62.20±6.86b	35.80±9.22c	83.00±6.51ab
	相对值/%	140.49	105.07	61.72 *	117.56
单株粒重 Seed weigh per plant/g	CK	13.18±2.44a	9.77±0.89a	11.41±1.38a	13.02±1.01a
	150 mmol/L	20.51±1.42a	10.92±0.94c	6.70±1.74d	15.22±1.11b
	相对值/%	155.61 *	111.77	58.72 *	116.9
百粒重 100-seed weight/g	CK	20.76±0.12a	16.59±0.23d	19.89±0.14b	18.66±0.39c
	150 mmol/L	23.12±0.39a	17.63±0.16b	18.65±0.06b	18.67±3.33b
	相对值/%	111.37 **	106.27 *	93.77 **	100.05
性状 Characters		苗期 Seedling stage			
		21066-2	22021-1	22293-1	22451-1
株高 Plant height/cm	CK	84.40±2.01a	65.80±2.24c	73.40±1.69b	68.00±1.26bc
	150 mmol/L	70.20±1.20a	64.20±1.56b	73.60±1.36a	71.20±2.96a
	相对值/%	83.18 **	97.57	100.27	104.71
单株有效荚数 Productive pod no. per plant	CK	30.60±3.67a	32.40±3.61a	28.40±0.68a	26.00±1.87a
	150 mmol/L	15.80±1.56b	32.20±3.80a	29.80±1.93a	30.60±2.89a
	相对值/%	51.63 **	99.38	104.93	117.69
单株粒数 Seed no. per plant	CK	84.00±10.31a	61.00±5.52b	56.40±2.23b	64.20±4.03b
	150 mmol/L	47.20±4.14b	67.40±10.97ab	61.00±5.62ab	73.8±8.45a
	相对值/%	56.19 *	110.49	108.16	114.95
单株粒重 Seed weigh per plant/g	CK	16.82±2.09a	10.10±0.89b	11.15±0.48b	11.73±0.75b
	150 mmol/L	11.04±0.79a	11.24±1.58a	11.30±0.90a	14.63±1.72a
	相对值/%	65.64 *	111.29	101.35	124.72
百粒重 100-seed weight/g	CK	20.37±0.10a	16.85±0.33c	20.63±0.21a	18.42±0.17b
	150 mmol/L	23.98±0.25a	17.21±0.23d	19.01±0.29c	20.11±0.26b
	相对值/%	117.72 **	102.14	92.15 *	109.17 **

同一行数据的不同字母表示相同条件下不同品种间差异显著, $P < 0.05$; *, ** 表示该品种经盐胁迫后性状值与对照比差异显著或极显著, $P < 0.05$ 或 $P < 0.01$; 相对值% = (NaCl 处理后性状值/对照性状值) × 100

3 讨论

大豆不同品种耐盐性不同,同一品种耐盐性也因发育阶段不同而改变^[8]。以往的研究大多用水培,以种子萌发率判断大豆品种的耐盐性强弱,然而,种子能萌发并不意味着此后就能成功长成幼苗^[18]。此外,生产上大豆都是田间直播,为使研究结果尽可能客观地反映农业生产条件下大豆品种出苗期和苗期的耐盐性,本试验采用了土培栽种并胁迫处理的方式。同时将胁迫后的幼苗移栽到试验田中生长至成熟,通过对主要农艺性状的调查分析,以试图揭示出苗期和苗期盐胁迫对大豆经济产量的影响。

盐胁迫对植物的伤害作用很大程度上是通过破坏生物膜结构及生理功能引起的,MDA 作为脂质过氧化

作用的产物,其含量多少可代表膜损伤程度的大小^[19]。一般认为,盐胁迫条件下,植物的 MDA 含量都表现升高的趋势^[20],不过耐盐植物 MDA 含量增加幅度低于盐敏感植物^[21]。但是,近年来的研究发现,未胁迫条件下,耐盐性强的物种 MDA 水平较高,经 NaCl 胁迫后耐盐性强的植物 MDA 水平却明显降低^[22-23]。肖雯等^[24]测定了猪毛菜等 8 种不同盐生植物和 3 种不耐盐植物的 MDA 含量,二者相差近 10 倍,盐生植物的 MDA 含量明显高于不耐盐植物。Sekmen 等^[23]揭示,NaCl 胁迫后盐敏感的车前 (*Plantago media*) MDA 水平显著提高,而耐盐性强的盐生车前 (*P. maritima*) 胁迫后 MDA 水平下降,但在非胁迫条件下 *P. maritima* 的 MDA 水平显著高于 *P. media*。耐盐的野生番茄 (*Lycopersicon pennellii*) 与栽培番茄 (*L. esculentum*) 相比,MDA 水平的变化也表现出相同的规律^[22]。耐盐的野生大豆在 80 mmol/L NaCl 胁迫下其 MDA 含量也比对照显著降低^[25]。本试验研究发现,未胁迫条件下,耐盐性较强的大豆品种 22021-1 的 MDA 含量较高,胁迫后 MDA 含量极显著或显著下降,而耐盐性弱的 22293-1 则反之。研究结论与前人的上述报道一致。

植物对盐胁迫的反应与它们的抗氧化能力直接相关。一般而言,耐盐品种可以通过维持较高的抗氧化分子水平和增强抗氧化酶活性来抵御盐胁迫带来的伤害^[26]。在盐胁迫等逆境条件下,植物体内活性氧代谢系统的平衡受到影响,通常表现为活性氧如 O_2^- 、 H_2O_2 、 OH^- 等的产生量增加^[27],SOD 在氧自由基清除中起关键作用,是植物抗氧化胁迫的第一道防线^[16],盐胁迫下 SOD 活性明显提高^[28]。Mittova 等^[22]在研究栽培番茄和野生番茄的抗氧化酶活性时发现,盐胁迫条件下,耐盐的野生番茄 SOD 活性显著升高,而不耐盐的栽培番茄 SOD 活性在胁迫前后基本不变。盐胁迫下,耐盐的玉米品种叶片中 SOD 活性明显升高,而盐敏感品种叶片中 SOD 活性增幅较小^[29]。本试验研究显示,大豆品种 22021-1 的 SOD 活性变化亦是如此,而胁迫后 22293-1 的 SOD 升高并不显著。这两个品种的 SOD 活性变化进一步表明 22021-1 耐盐性较强,22293-1 耐盐性较弱,这与其 MDA 含量变化所得出的结论一致。耐盐品种胁迫后 MDA 含量下降,可能与 SOD 活性上升有关,SOD 等抗氧化酶活性的提高降低了质膜的破坏程度。但未胁迫条件下,为什么耐盐植物 MDA 水平显著高于盐敏感植物?其机制值得探讨。综上所述,依据 MDA 含量和 SOD 活性的变化可以明确判定不同大豆品种耐盐性的强弱。因此,可以将 SOD 和 MDA 作为大豆耐盐性鉴定的指标。

许多植物在去除胁迫后的生长过程中都会出现补偿生长或超补偿生长现象^[30]。干旱和复水处理后大豆叶片净光合速率 (P_n)、蒸腾速率 (T_r)、气孔导度 (g_s) 和胞间 CO_2 浓度 (C_i) 都极显著高于对照,表现出了显著的旱后超补偿效应^[31]。虽然干旱和复水处理后大豆单株粒数降低,但百粒重显著提高^[32]。本试验研究显示,早期盐胁迫的大豆成熟后,百粒重大多出现升高的现象,原因可能是出苗期和苗期胁迫的时间较短,去除胁迫后,出现补偿生长,前期的胁迫起到了促进生长的作用,但对耐盐性弱的品种则表现出了抑制作用。早期短时胁迫对不同耐盐性大豆品种的产量影响不同,其相关机制有待进一步研究。

References:

- [1] Chinnusamy V, Jagendorf A, Zhu J K. Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Science*, 2005, 45(2): 437-448.
- [2] Niu D L, Wang Q J. Research progress on saline-alkali field control. *Chinese Journal of Soil Science*, 2002, 33(6): 449-455.
- [3] Huang Y, Zhang Y L. The soil degradation problem in greenhouse and control countermeasures. *Chinese Journal of Soil Science*, 2004, 35(2): 212-216.
- [4] Flowers T J. Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 2004, 55 (396): 307-319.
- [5] Munns R, Tester M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review Plant Biology*, 2008, 59: 651-681.
- [6] Tunçtürk M, Tunçtürk R, Yasar F. Changes in micronutrients, dry weight and plant growth of soybean (*Glycinemax* L. Merrill) cultivars under salt stress. *African Journal Biotechnology*, 2008, 7(11): 1650-1654.
- [7] Yu B J, Luo Q Y, Cao A Z, Liu Y L. Comparison of salt tolerance and ion effect in cultivated and wild soybean. *Journal of Plant Resources and Environment*, 2001, 10(1): 25-29.
- [8] Phang T H, Shao G H, Lam H M. Salt tolerance in soybean. *Journal of Integrative Plant Biology*, 2008, 50(10): 1196-1212.
- [9] Bai X F, Zhu J J, Bu Q M, Jiang X M. Xylem pressure and Na^+ uptake in roots of soybean under saline stresses. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29 (12): 6506-6511.
- [10] Li T X, Zhang Y, Liu H, Wu Y T, Li W B, Zhang H X. Stable expression of *Arabidopsis* vacuolar Na^+/H^+ antiporter gene *AtNHX1*, and salt tolerance in transgenic soybean for over six generations. *Chinese Science Bulletin*, 2010, 55(12): 1127-1134.
- [11] Shao G H. Evaluation for salt tolerance in soybean germplasm resources in fields. *Crops*, 1986, (3): 36-37.

- [12] Hodges D M, DeLong J M, Forney C F, Prange R K. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta*, 1999, 207(4): 604-611.
- [13] Brennan T, Frekel C. Involvement of hydrogen peroxide in the regulation of senescence in pear. *Plant Physiology*, 1977, 59(3): 411-416.
- [14] Tang Z C. *Experimental Guide of Modern Plant Physiology*. Beijing: Science Press, 1999.
- [15] Chen S Y. Injury of membrane lipid peroxidation to plant cell. *Plant Physiology Communicationes*, 1991, 27(2): 84-90.
- [16] Jithesh M N, Prashanth S R, Sivaprakash K R, Parida A K. Antioxidative response mechanisms in halophytes: their role in stress defence. *Journal of Genetics*, 2006, 85(3): 237-254.
- [17] Mattioli R, Costantino P, Trovato M. Proline accumulation in plants: not only stress. *Plant Signaling and Behavior*, 2009, 4(11): 1016-1018.
- [18] Gao B, Song J, Liu J P, Shi G W, Fan H, Zhao K F, Wang B S. Seedling emergence and salt tolerance of *Suaeda physophora* Pall. under salt stress. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(11): 6131-6135.
- [19] Xu X, Yang J, Zheng G Q, Xu Z Z, Wei Y Q. Sugars and sucrose-metabolizing enzymes in leaves of *Lycium barbarum* L. under salt stress. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2006, 14(2): 46-48.
- [20] Yuan L, Ali K, Zhang L Q. Effects of NaCl stress on active oxygen metabolism and membrane stability in *pistacia vera* seedlings. *Acta Phytocologica Sinica*, 2005, 29(6): 985-991.
- [21] Roychoudhury A, Basu S, Sarkar S N, Sengupta D N. Comparative physiological and molecular responses of a common aromatic indica rice cultivar to high salinity with non-aromatic indica rice cultivars. *Plant Cell Reports*, 2008, 27: 1395-1410.
- [22] Mittova V, Tal M, Volokita M, Guy M. Up-regulation of the leaf mitochondrial and peroxisomal antioxidative systems in response to salt-induced oxidative stress in the wild salt-tolerant tomato species *Lycopersicon pennellii*. *Plant, Cell and Environment*, 2003, 26(6): 845-856.
- [23] Sekmen A H, Türkan L, Takio S. Differential responses of antioxidative enzymes and lipid peroxidation to salt stress in salt-tolerant *Plantago maritima* and salt-sensitive *Plantago media*. *Physiologia Plantarum*, 2007, 131(3): 399-411.
- [24] Xiao W, Jia H X, Pu L M. Studies on physiological index of some halophytes. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2000, 20(5): 818-825.
- [25] Li Y. Effects of NaCl Stress on antioxidative enzymes of glycine *Soja sieb*. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 2009, 12(6): 510-513.
- [26] Bandoğlu E, Eyidoğan F, Yücel M, Öktem H A. Antioxidant responses of shoots and roots of lentil to NaCl-salinity. *Plant Growth Regulation*, 2004, 42(1): 69-77.
- [27] Abogadallah G M. Antioxidative defense under salt stress. *Plant Signaling & Behavior*, 2010, 5(4): 369-374.
- [28] Liao Y, Peng Y G, Chen G Z. Research advances in plant salt-tolerance mechanism. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(5): 2077-2089.
- [29] De Azevedo Neto A D, Prisco J T, Enéas-Filho J, de Abreu C E B, Gomes-Filho E. Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt-tolerant and salt-sensitive maize genotypes. *Environmental and Experimental Botany*, 2006, 56(1): 87-94.
- [30] Hu T T, Kang S Z. The compensatory effect in drought resistance of plants and its application in water-saving agriculture. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(4): 885-891.
- [31] Wang L, Wang P C, Zhang T, Zhang H Y, Ding S Y. Effect of short-term drought and rewatering during the pod-setting stage on leaf photosynthesis and yield of the soybean. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(6): 3328-3334.
- [32] Chu L L, Zhang Z X. Effects of nitrogen nutrition and water stress on compensation effect of the yield of soybean. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(10): 2665-2670.

参考文献:

- [2] 牛东玲, 王启基. 盐碱地治理研究进展. *土壤通报*, 2002, 33(6): 449-455.
- [3] 黄毅, 张玉龙. 保护地生产条件下的土壤退化问题及其防治对策. *土壤通报*, 2004, 35(2): 212-216.
- [7] 於丙军, 罗庆云, 曹爱忠, 刘友良. 栽培大豆和野生大豆耐盐性及离子效应的比较. *植物资源与环境学报*, 2001, 10(1): 25-29.
- [9] 柏新富, 朱建军, 卜庆梅, 蒋小满. 盐胁迫对大豆根系木质部压力和 Na^+ 吸收的影响. *生态学报*, 2009, 29(12): 6506-6511.
- [11] 邵桂花. 大豆种质资源耐盐性田间鉴定方法. *作物杂志*, 1986, (3): 36-37.
- [14] 汤章城. *现代植物生理学实验指南*. 北京: 科学出版社, 1999.
- [15] 陈少裕. 膜脂过氧化对植物细胞的伤害. *植物生理学通讯*, 1991, 27(2): 84-90.
- [18] 高奔, 宋杰, 刘金萍, 史功伟, 范海, 赵可夫, 王宝山. 盐胁迫下囊果碱蓬出苗状况及苗期抗盐性. *生态学报*, 2009, 29(11): 6131-6135.
- [19] 许兴, 杨涓, 郑国琦, 徐兆桢, 魏玉清. 盐处理对枸杞叶片糖代谢及相关酶活性的影响研究. *中国生态农业学报*, 2006, 14(2): 46-48.
- [20] 袁琳, 克热木·伊力, 张利权. NaCl 胁迫对阿月浑子实生苗活性氧代谢与细胞膜稳定性的影响. *植物生态学报*, 2005, 29(6): 985-991.
- [24] 肖雯, 贾恢先, 蒲陆梅. 几种盐生植物抗盐生理指标的研究. *西北植物学报*, 2000, 20(5): 818-825.
- [28] 廖岩, 彭友贵, 陈桂珠. 植物耐盐性机理研究进展. *生态学报*, 2007, 27(5): 2077-2089.
- [30] 胡田田, 康绍忠. 植物抗旱性中的补偿效应及其在农业节水中的应用. *生态学报*, 2005, 25(4): 885-891.
- [31] 王磊, 王鹏程, 张彤, 张恒月, 丁圣彦. 结荚期短期干旱和复水对大豆 (*Glycine max*) 叶片光合和产量的影响. *生态学报*, 2009, 29(6): 3328-3334.
- [32] 褚丽丽, 张忠学. 氮素营养与水分胁迫对大豆产量补偿效应的影响. *生态学报*, 2010, 30(10): 2665-2670.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 10 May, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Circadian activity pattern of giant pandas during the bamboo growing season	ZHANG Jindong, Vanessa HULL, HUANG Jinyan, et al (2655)
The vivipary characteristic of <i>Anabasis elatior</i> and its ecological adaptation	HAN Jianxin, WEI Yan, YAN Cheng, et al (2662)
Relationships between plant community characteristics and environmental factors in the typical profiles from Dzungaria Basin	ZHAO Congju, KANG Muyi, LEI Jiaqiang (2669)
The relationship between pollen assemblage in topsoil and vegetation in karst mountain during different restoration period of typical vegetation community	HAO Xiudong, OUYANG Xuhong, XIE Shiyong, et al (2678)
Early responses of soil CO ₂ emission to simulating atmospheric nitrogen deposition in an alpine meadow on the Qinghai Tibetan Plateau	ZHU Tianhong, CHENG Shulan, FANG Huajun, et al (2687)
Spatial pattern of soil moisture and vegetation attributes along the critical area of desertification in Southern Mu Us Sandy Land	QIU Kaiyang, XIE Yingzhong, XU Dongmei, et al (2697)
Dynamics of dominant tree seedlings in montane evergreen broadleaved forest following a snow disaster in North Guangdong	OU Yudian, SU Zhiyao, XIE Dandan, et al (2708)
A comparative analysis of the hydrological effects of the four cypress stand types in Sichuan Basin	GONG Gutang, CHEN Junhua, LI Yanqiong, et al (2716)
Effect of cutting management on soil moisture in semi-arid Loess Hilly region	LI Yaolin, GUO Zhongsheng (2727)
Dynamics of understory vegetation biomass in successive rotations of Chinese fir (<i>Cunninghamia lanceolata</i>) plantations	YANG Chao, TIAN Dalun, HU Yueli, et al (2737)
Spatial and temporal variation of solar radiation in recent 48 years in North China	YANG Jianying, LIU Qin, YAN Changrong, et al (2748)
Impact of stand features of short-rotation poplar plantations on canker disease incidence at a mesoscale landscape: a case study in Qingfeng County, Henan Province, China	WANG Jing, CUI Lingjun, LIANG Jun, et al (2757)
Effects of different soil tillage systems on weed biodiversity and wheat yield in winter wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) field	TIAN Xinxin, BO Cunyao, LI Li, et al (2768)
Habitat suitability evaluation of Elliot's pheasant (<i>Syrnaticus ellioti</i>) in Guanshan Nature Reserve	CHEN Junhao, HUANG Xiaofeng, LU Changhu, et al (2776)
Relationships between arthropod community characteristic and meteorological factors in <i>Zanthoxylum bungeanum</i> gardens	GAO Xin, ZHANG Xiaoming, YANG Jie, et al (2788)
The differences of ecosystem services between vegetation restoration models at desert front	ZHOU Zhiqiang, LI Ming, HOU Jianguo, et al (2797)
Response to salt stresses and assessment of salt tolerability of soybean varieties in emergence and seedling stages	ZHANG Haibo, CUI Jizhe, CAO Tiantian, et al (2805)
Dynamic change of salt contents in rhizosphere soil of salt-tolerant plants	DONG Liping, CAO Jing, LI Xianting, et al (2813)
Effect of short-term salt stress on the absorption of K ⁺ and accumulation of Na ⁺ , K ⁺ in seedlings of different wheat varieties	WANG Xiaodong, WANG Cheng, MA Zhihong, et al (2822)
Effects of the micro-environment inside fruit bags on the structure of fruit peel in 'Fuji' apple	HAO Yanyan, ZHAO Qifeng, LIU Qunlong, et al (2831)
Enhancement of soil quality in a rice-wheat rotation after long-term application of poultry litter and livestock manure	LI Jiangtao, ZHONG Xiaolan, ZHAO Qiguo (2837)
MSAP analysis of DNA methylation in <i>Arabidopsis</i> (<i>Arabidopsis thaliana</i>) under Oxytetracycline Stress	DU Yaqiong, WANG Zicheng, LI Xia (2846)
Distribution of dinoflagellate cysts in surface sediments from Changshan Archipelago in the North Yellow Sea	SHAO Kuishuang, GONG Ning, YANG Qing, et al (2854)
Developing and optimizing ecological networks in urban agglomeration of Hunan Province, China	YIN Haiwei, KONG Fanhua, QI Yi, et al (2863)
Dynamic simulation of Shanghai urban expansion based on multi-agent system and cellular automata models	QUAN Quan, TIAN Guangjin, SHA Moquan (2875)
"Micro-canyon effect" of city road green belt and its effect on the pollutant concentration above roads for non-motorized vehicles	LI Ping, WANG Song, WANG Yaying, et al (2888)
Review and Monograph	
The abundance and diversity of nanoplankton in Arctic Ocean	GUO Chaoying, WANG Guizhong, ZHANG Fang, et al (2897)
Advances in plant seed-associated microbial ecology	ZOU Yuanyuan, LIU Yang, WANG Jianhua, et al (2906)
Improving validity and reliability of contingent valuation method through reducing biases and errors: theory, method and application	CAI Zhijian, DU Liyong, JIANG Zhan (2915)
Discussion	
The analysis of Chinese ecological academic journals	LIU Tianxing, KONG Hongmei, DUAN Jing (2924)
Scientific Note	
Seasonal variations in salt tolerance of <i>Oligostachyum lubricum</i>	GU Daxing, GUO Ziwu, LI Yingchun, et al (2932)
Variation of a spring bacterial community from Wuqia Sinter in Xinjiang during the pre- and post-earthquake period	YANG Hongmei, OTKUR Mahmut, ZENG Jun, et al (2940)
Comparison of the effect of two prey species on the population growth of <i>Orius similis</i> Zheng and the implications for the control of <i>Tetranychus urticae</i> Koch	HUANG Zengyu, HUANG Linmao, HUANG Shoushan (2947)

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 10 期 (2011 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 10 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