

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 17 期 Vol.33 No.17 **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 17 期 2013 年 9 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 植物角质层蜡质的化学组成研究综述 曾 琼, 刘德春, 刘 勇 (5133)
- 中国滨海盐沼湿地碳收支与碳循环过程研究进展 曹 磊, 宋金明, 李学刚, 等 (5141)

个体与基础生态

- 秸秆隔层对盐碱土水盐运移及食葵光合特性的影响 赵永敢, 逢焕成, 李玉义, 等 (5153)
- 盐地碱蓬二型性种子及其幼苗对盐渍环境的适应性 刘 艳, 周家超, 张晓东, 等 (5162)
- 不同抗旱性花生品种的根系形态发育及其对干旱胁迫的响应 丁 红, 张智猛, 戴良香, 等 (5169)
- 夏季苹果新梢生理指标与抗苹果绵蚜的关系 王西存, 周洪旭, 于 毅, 等 (5177)
- 花期海蓬子对盐胁迫的生理响应 刘伟成, 郑春芳, 陈 琛, 等 (5184)
- 白蜡多年卧孔菌生物学特性及驯化栽培 鲁 铁, 图力古尔 (5194)
- 重度火烧迹地微地形对土壤微生物特性的影响——以坡度和坡向为例
..... 白爱芹, 傅伯杰, 曲来叶, 等 (5201)
- 秸秆还田与施肥对稻田土壤微生物生物量及固氮菌群落结构的影响 刘骁蓓, 涂仕华, 孙锡发, 等 (5210)
- 大穗型小麦叶片性状、养分含量及氮素分配特征 王丽芳, 王德轩, 上官周平 (5219)
- 复合不育剂 EP-1 对小鼠空间记忆与焦虑行为的影响 王晓佳, 秦婷婷, 胡 霞, 等 (5228)

种群、群落和生态系统

- 小兴安岭阔叶红松混交林林隙特征 刘少冲, 王敬华, 段文标, 等 (5234)
- 高寒矮嵩草群落退化演替系列氮、磷生态化学计量学特征 林 丽, 李以康, 张法伟, 等 (5245)
- 中亚热带人工针叶林生态系统碳通量拆分差异分析 黄 昆, 王绍强, 王辉民, 等 (5252)
- 高寒山区一年生混播牧草生态位对密度的响应 赵成章, 张 静, 盛亚萍 (5266)
- 乳山近海大型底栖动物功能摄食类群 彭松耀, 李新正 (5274)

景观、区域和全球生态

- 采伐干扰对大兴安岭落叶松-苔草沼泽植被碳储量的影响 牟长城, 卢慧翠, 包 旭, 等 (5286)
- 西南喀斯特地区轮作旱地土壤 CO₂ 通量 房 彬, 李心清, 程建中, 等 (5299)
- 干湿季节下基于遥感和电磁感应技术的塔里木盆地北缘绿洲土壤盐分的空间变异性
..... 姚 远, 丁建丽, 雷 磊, 等 (5308)
- 东北温带次生林和落叶松人工林土壤 CH₄ 吸收和 N₂O 排放通量 孙海龙, 张彦东, 吴世义 (5320)
- 新疆东部天山蝶类多样性及其垂直分布 张 鑫, 胡红英, 吕昭智 (5329)
- 玉米农田空气动力学参数动态及其与影响因子的关系 蔡 福, 周广胜, 明惠青, 等 (5339)

天山北坡家庭牧场复合系统对极端气候的响应过程..... 李西良,侯向阳,丁 勇,等 (5353)

大城市边缘区景观破碎化空间异质性——以北京市顺义区为例..... 李 灿,张凤荣,朱泰峰,等 (5363)

资源与产业生态

基于 GLBM 模型的中国大陆阿根廷滑柔鱼鱿钓渔业 CPUE 标准化 陆化杰,陈新军,曹 杰 (5375)

三峡库区古夫河水质时空分异特征..... 冉桂花,葛继稳,苗文杰,等 (5385)

城乡与社会生态

汉、藏、回族地区农户的环境影响——以甘肃省张掖市、甘南藏族自治州、临夏回族自治州为例.....

..... 赵雪雁,毛笑文 (5397)

研究简报

中国近海浮游动物群落结构及季节变化..... 杜明敏,刘镇盛,王春生,等 (5407)

海洋污染物对菲律宾蛤仔的免疫毒性..... 丁鉴锋,闫喜武,赵力强,等 (5419)

衰亡期沉水植物对水和沉积物磷迁移的影响..... 王立志,王国祥 (5426)

伊洛河流域外来草本植物分布格局..... 郭屹立,丁圣彦,苏 思,等 (5438)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 32 * 2013-09



封面图说: 帽儿山次生林林相——帽儿山属于长白山山脉的张广才岭西坡,松花江南岸支流阿什河的上游,最高海拔 805m,由侏罗纪中酸性火山岩构成,是哈尔滨市附近的最高峰,因其貌似冠状而得名。东北林业大学于 1958 年在此建立了实验林场。山上生长着松树、榆树、杨树及各种灌木等,栖息着山鸡、野兔等野生动物,在茂密的草地上还生长有各种蘑菇。其地带性植被为温带针阔混交林,目前状况为天然次生林。部分地方次生林转变为落叶松人工林后,落叶松林地的凋落物层影响了林地土壤水分的格局。

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/stxb201206250893

刘艳,周家超,张晓东,李欣,范海,王宝山,宋杰. 盐地碱蓬二型性种子及其幼苗对盐渍环境的适应性. 生态学报, 2013, 33(17): 5162-5168.

Liu Y, Zhou J C, Zhang X D, Li X, Fan H, Wang B S, Song J. Adaptations of dimorphic seeds and seedlings of *Suaeda salsa* to saline environments. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(17): 5162-5168.

盐地碱蓬二型性种子及其幼苗对盐渍环境的适应性

刘 艳,周家超,张晓东,李 欣,范 海,王宝山,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:研究了盐地碱蓬二型性种子中离子含量与刚萌发幼苗耐盐性之间的关系,以及盐分对砂培盐地碱蓬二型性种子的幼苗生长、离子含量及光合特性的影响。棕色种子中离子含量显著高于黑色种子。与对照相比,100 和 400 mmol/L NaCl 对棕色种子幼苗伸长没有抑制作用,却显著抑制黑色种子幼苗的伸长。NaCl 处理下棕色种子的幼苗地上部分干重和主茎一级分枝数比黑色种子幼苗高,但二型性种子的幼苗叶片中离子含量、叶绿素含量及光合放氧速率却没有明显差异。上述结果说明盐地碱蓬棕色种子较高的离子含量可能是棕色种子刚萌发幼苗耐盐性较强的主要原因。棕色种子幼苗较高的生物量可能与其较多的分枝数有关。二型种子的这些特征可能决定了其在群落建成中所起到的不同作用。

关键词:盐地碱蓬;种子二型性;离子积累;幼苗伸长;光合放氧

Adaptations of dimorphic seeds and seedlings of *Suaeda salsa* to saline environments

LIU Yan, ZHOU Jiachao, ZHANG Xiaodong, LI Xin, FAN Hai, WANG Baoshan, SONG Jie*

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

Abstract: We investigated the relationship between ion concentration of dimorphic seeds and salt tolerance of young seedlings from dimorphic seeds, and the effect of salinity on seedling growth, ion content and photosynthetic characteristics in leaves of plants from dimorphic seeds of *Suaeda salsa* L. in sand culture. concentrations of Na^+ , K^+ , Cl^- and total ions of brown seeds were 2.3, 1.5, 1.8 and 2.0 times higher than those of black seeds, respectively. Compared to 0 mmol/L NaCl, 100 and 400 mmol/L NaCl did not inhibit the elongation of seedlings from brown seeds, but the opposite trend was found for seedlings from black seeds. The elongation of seedlings from either brown seeds or black seeds markedly decreased in 800 mmol/L NaCl.

Compared to 0 mmol/L NaCl, shoot dry weight significantly increased in 200 mmol/L NaCl, whereas 600 mmol/L NaCl decreased shoot dry weight of plants from dimorphic seeds. Lower salinity (200 mmol/L NaCl) had no effect on the number of the side branches along the main stem of plants from dimorphic seeds, while higher salinity (600 mmol/L NaCl) markedly decreased this number in plants from dimorphic seeds, especially for plants from black seeds. Shoot dry weight and the number of side branches along the main stem of plants from brown seeds were much higher than those of plants from black seeds under salinity. High salinity (600 mmol/L NaCl) decreased the rate of photosynthetic oxygen evolution in leaves of plants from dimorphic seeds. Salinity (200 and 600 mmol/L NaCl) markedly decreased concentrations of chlorophyll a and chlorophyll b in leaves of plants from black seeds, while 200 mmol/L NaCl had no adverse effect on these parameters in leaves of plants from brown seeds. Leaf Na^+ concentrations increased with increasing concentration of NaCl,

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

收稿日期:2012-06-25; 修订日期:2012-10-23

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

whereas leaf K^+ concentrations decreased with increasing concentration of NaCl for dimorphic seeds. There was no significant difference in ion concentration, concentration of chlorophyll and the rate of photosynthetic oxygen evolution in leaves of plants from dimorphic seeds of *S. salsa*.

The present results indicate that higher concentrations of ions in brown seeds and better development of brown seeds may be related to higher salt tolerance of seedlings from brown seeds, and more branches may be related to higher biomass of shoots for seedlings from brown seeds. These characteristics of dimorphic seeds of *S. salsa* may affect their roles in establishment of the population in saline environments. Brown seeds may play a main role in seedling establishment in spring, while black seeds may play a sustaining role in seedling establishment under unfavourable conditions.

Key Words: *Suaeda salsa*; dimorphic seeds; ion accumulation; seedling elongation; photosynthetic oxygen evolution

植物种子二型性是指在同一植株上生长有形态结构、生理特性等方面有显著差异的两种种子。不同类型的种子形态学特征、遗传结构或胚的大小及生态行为存在明显差异^[1-3]。种子二型性在一些盐生植物中常见,是盐生植物适应不同生长环境重要策略^[4-5]。

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^[6]。盐地碱蓬种子具有二型性,即外种皮柔软的棕色种子和外种皮坚硬的黑色种子^[7]。研究发现,盐地碱蓬的棕色种子均重于黑色种子,发育完全,具有较高的抗盐性^[7-8]。盐地碱蓬黑色种子能长时间保持休眠。相比棕色种子,长期储存后黑色种子具有更高萌发力。盐地碱蓬在春天可能主要以棕色种子建群。夏天当雨季来临土壤含盐量降低以后,则部分黑色种子萌发,即黑色种子可能是土壤种子库的主要组成^[9]。然而,目前有关盐地碱蓬二型性种子在幼苗阶段对盐胁迫响应的比较研究尚未见报道。为此,本文研究了盐地碱蓬二型性种子中离子含量与刚萌发幼苗耐盐性之间的关系,以及盐分对砂培幼苗的生长及光合特性的影响,试图为理解盐地碱蓬二型性种子适应盐渍生境的生理生态机制提供一定参考。

1 材料和方法

1.1 实验材料

盐地碱蓬的棕色种子和黑色种子,于2010年11月采集自山东省黄河三角洲内陆盐碱地(N37°20';E118°36'),其土壤中 Na^+ 、 Cl^- 、 K^+ 和 NO_3^- 含量分别是2.4、2.0、0.26、3.3 g/kg干土。晾干的种子存于冰箱(<4℃)中待用。

1.2 植物的培养与处理

挑选籽粒饱满的盐地碱蓬棕色种子和黑色种子,分别播种于盛有洗净河沙的塑料盆中,待长至2—3片真叶时间苗,每盆留6株。30d后开始盐处理。NaCl溶液设3个浓度:0、200和600 mmol/L(均用以去离子水配制的1/2 Hoagland营养液配制,以KOH和 H_2SO_4 调节pH至6.2±0.1),以不加NaCl作对照处理,每天定量浇灌,每个处理3盆。NaCl溶液每天以50 mmol/L递增至避免盐冲击,在600 mmol/L NaCl处理的达到其终浓度20d后测定各相关生理指标。

1.3 测定方法

1.3.1 种子中离子含量测定

挑选大小一致的盐地碱蓬棕色种子和黑色种子各20—40粒,于80℃烘箱中烘干至恒重,将烘干样品研磨成粉末,称重后置于马弗炉中,550℃充分灰化,灰分用2—3滴浓硝酸溶解后用去离子水定容至20 mL, Na^+ 、 K^+ 含量用410型火焰光度计(英国Sherwood公司)测定, 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。每处理3个重复。

1.3.2 刚萌发幼苗伸长的测定

选取大小一致的盐地碱蓬棕色种子和黑色种子,分别放于铺有滤纸的培养皿中,每皿5粒。NaCl溶液设4个浓度:0、100、400和800 mmol/L(均用1/5 Hoagland配制)。先以5 mL 1/5 Hoagland(以KOH和 H_2SO_4 调

节 pH 至 6.2 ± 0.1), $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 进行室内黑暗培养,每隔两天换一次培养液,以保证相对恒定的渗透势。待幼苗伸长到一定长度时测量并记录幼苗长度 l_1 ,随后转移到 NaCl 溶液中继续培养 3d,测量并记录此时幼苗长度 l_2 。3d 内幼苗伸长的长度用以下公式计算: $l = l_2 - l_1$ 。每处理 3 个重复。

1.3.3 植株地上部分干重的测定

将植株地上部分用去离子水快速冲洗干净,吸干表面的水分,然后放入 $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中杀青 10 min,再以 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘至恒重,称干重。每处理 3 个重复。

1.3.4 植株地上部分分枝数

统计各处理植株地上部分沿主茎一级分枝的数目。每处理 3 个重复。

1.3.5 叶片 Na^+ 和 K^+ 含量测定

将植物材料用去离子水快速冲洗干净,吸干表面水分。分别称取 0.4 g 相同叶位的叶片并剪碎,放入试管,加入 10 mL 去离子水,封口后置于沸水浴中 50 min 后取出,过滤并定容至 25 mL,用 410 型火焰光度计(英国 Sherwood 公司)测定。每处理 3 个重复。

1.3.6 叶绿素含量的测定

称取 0.3 g 相同叶位的叶片(从主茎顶端数第 5 到第 8 片完全伸展叶),去离子水洗净剪碎后放入试管中,加入 5 mL 80% 的丙酮和 5 mL 二甲基亚砜,封口后摇匀,于 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保温提取至叶片变白为止。过滤,冷却后用 80% 的丙酮定容至 25 mL,测定 663 nm 和 645 nm 处的吸光度。每处理 3 个重复。

1.3.7 叶片光合放氧速率的测定

采用英国 Hansatech 公司生产的 Oxy-Lab 系统(Chlorolab 2 型液相氧电极)测定^[10-11]。光照由冷光源提供,反应杯内光照强度为 $1\ 000\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,反应杯温度用恒温水浴控制,温度为 $(22 \pm 0.2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。每种处理 3 个重复。

1.4 数据分析

种子中离子含量采用 SPSS 统计软件进行单因素分析,其他数据均采用 SAS 6.12 进行双因素显著性分析。

2 结果

2.1 盐地碱蓬二型性种子中离子含量

棕色种子中 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 及总离子含量均高于黑色种子,分别为黑色种子的 2.3、1.5、1.8 和 2.0 倍(图 1)。

2.2 盐处理对盐地碱蓬刚萌发幼苗伸长的影响

与对照相比,100 和 400 mmol/L NaCl 对棕色种子幼苗伸长没有抑制作用,却显著降低黑色种子幼苗的伸长。800 mmol/L NaCl 处理则显著抑制棕色种子及黑色种子的幼苗伸长(图 2,表 1)。

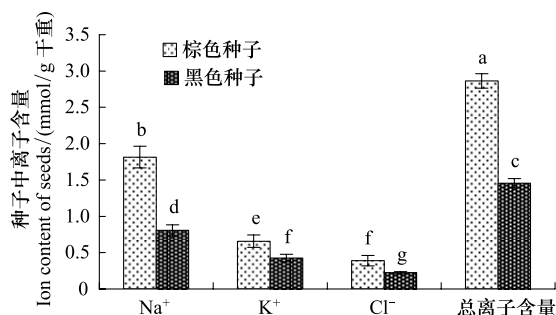


图 1 盐地碱蓬棕色种子和黑色种子中 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 及总离子含量

Fig. 1 Contents of Na^+ , K^+ , Cl^- and total ions in dimorphic seeds of *S. salsa*

平均值 $\pm$ SD;平均值上的字母不同表示在 $P < 0.05$ 水平上差异显著

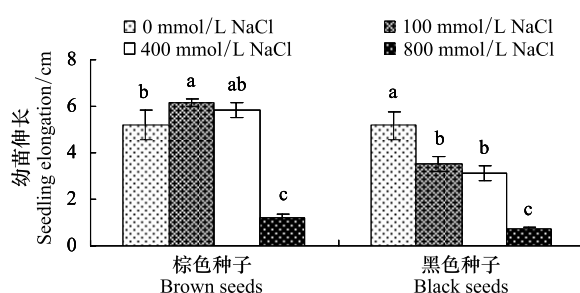


图 2 盐处理对棕色种子及黑色种子幼苗伸长的影响

Fig. 2 Effect of NaCl on elongation of seedlings from dimorphic seeds of *S. salsa*

平均值 $\pm$ SD;同一列中平均值上的字母不同表示在 $P < 0.05$ 水平上差异显著

2.3 盐处理对盐地碱蓬幼苗地上部分干重的影响

与对照相比,200 mmol/L NaCl 明显促进两种种子的幼苗地上部分干重,600 mmol/L NaCl 处理则降低两种种子的幼苗地上部分干重。不同处理下,棕色种子幼苗地上部分干重高于黑色种子幼苗(图 3,表 1)。

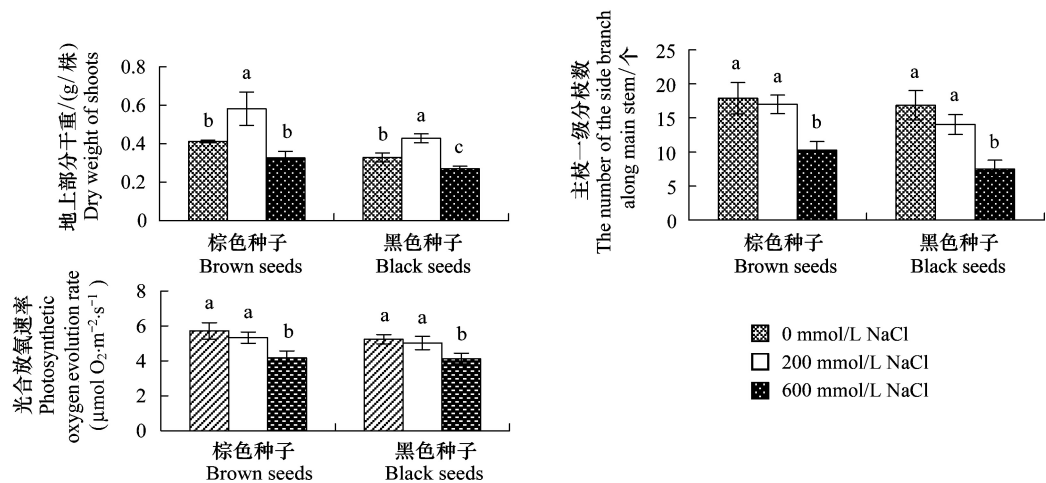


图 3 盐处理对棕色种子及黑色种子幼苗地上部分干重、主茎一级分枝数和叶片光合放氧速率的影响

Fig. 3 Effect of NaCl on shoot dry weight of, number of the side branch along main stem and rate of photosynthetic oxygen evolution in leaves of plants from dimorphic seeds of *S. salsa*

2.4 盐处理对盐地碱蓬幼苗地上部分主茎一级分枝数的影响

200 mmol/L NaCl 处理对棕色种子与黑色种子幼苗主茎一级分枝数没有明显影响,600 mmol/L NaCl 处理对其显著抑制,尤其是对黑色种子幼苗主枝一级分枝数。200 和 600 mmol/L NaCl 处理下棕色种子的幼苗主茎一级分枝数比黑色种子幼苗高(图 3,表 1)。

表 1 棕色种子及黑色种子幼苗伸长、幼苗地上部分干重、主茎一级分枝数、叶片光合放氧速率、叶片中叶绿素含量及 Na⁺、K⁺ 含量等特征关于种子类型、盐度的双因素分析结果

Table 1 Results of two-way ANOVA of characteristics of seedling elongation, shoot dry weight, number of side branch along main stem, photosynthetic oxygen evolution rate, chlorophyll content, leaf Na⁺ and K⁺ content of plants from dimorphic seeds of *S. salsa* in relation to seed types and salinity

性状 Traits	种子类型 Seed type	盐度 Salinity
幼苗伸长 Seedling elongation	78.4 ***	140.6 ***
地上部分干重 Dry weight of shoots	37.3 ***	57.8 ***
主茎一级分枝数 Number of the side branch along main stem	7.9 *	41.1 ***
光合放氧速率 Photosynthetic oxygen evolution rate	2.14 ^{NS}	18.62 ***
叶绿素 a 含量 chlorophyll a content	0.6 ^{NS}	14.3 **
叶绿素 b 含量 chlorophyll b content	0.9 ^{NS}	19.2 ***
叶绿素 (a+b) 含量 chlorophyll (a +b) content	0.7 ^{NS}	15.6 ***
叶片 Na ⁺ 含量 Na ⁺ content in leaves	1.3 ^{NS}	349.0 ***
叶片 K ⁺ 含量 K ⁺ content in leaves	0.3 ^{NS}	230.2 ***

* 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 表示没有显著性差异;数值代表 F 值

2.5 盐处理对盐地碱蓬幼苗叶片光合放氧速率的影响

棕色种子及黑色种子幼苗光合放氧速率均随着盐浓度的增加有下降的趋势。相同处理下两种种子幼苗叶片的光合放氧速率无明显差异(图 3;表 1)。

2.6 盐处理对盐地碱蓬幼苗叶片叶绿素含量的影响

随着盐浓度的增加,两种种子幼苗叶片中叶绿素含量均呈下降趋势,200 mmol/L NaCl 处理显著降低了盐

地碱蓬黑色种子幼苗叶片叶绿素 a、b 及 a+b 的含量,但对棕色种子幼苗无显著影响。600 mmol/L NaCl 处理显著降低两种种子幼苗叶片叶绿素含量。不同浓度 NaCl 处理下,棕色种子和黑色种子幼苗叶片叶绿素含量没有明显差异(图 4,表 1)。

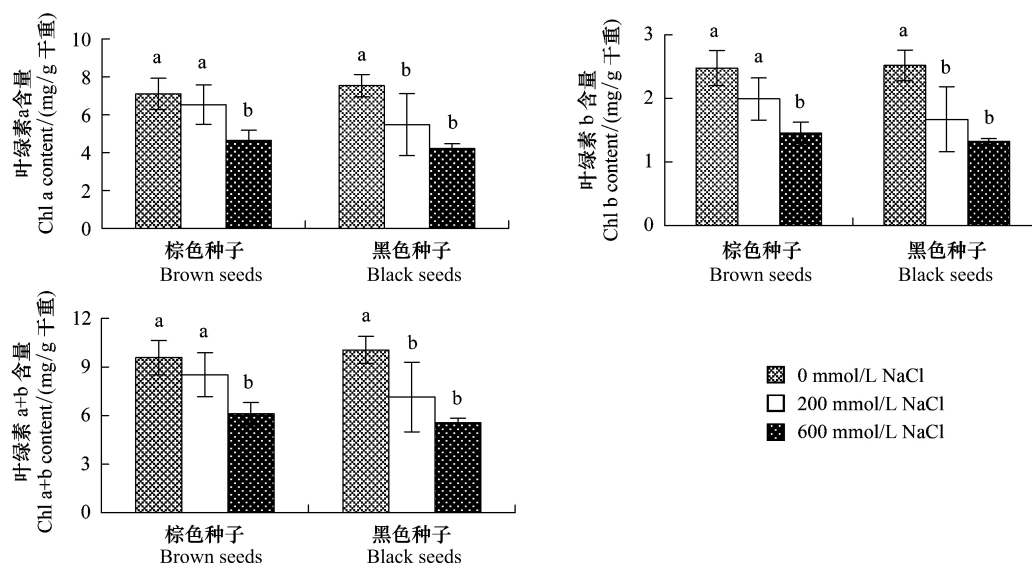


图 4 盐处理对棕色种子及黑色种子幼苗叶片中叶绿素 a、叶绿素 b 以及叶绿素 a+b 含量的影响

Fig. 4 Effect of NaCl on content of chlorophyll a, chlorophyll b and chlorophyll (a+b) in leaves of plants from dimorphic seeds of *S. salsa*

2.7 盐处理对盐地碱蓬幼苗叶片中离子含量的影响

两种种子幼苗叶片中 Na^+ 含量均随着 NaCl 浓度的升高而显著增加。不同处理下,棕色种子和黑色种子幼苗叶片中 Na^+ 含量无显著差异(图 5,表 1)。

两种种子幼苗叶片中 K^+ 含量均随着 NaCl 浓度的升高而降低。不同处理下,棕色种子和黑色种子幼苗叶片中 K^+ 含量无显著差异(图 5,表 1)

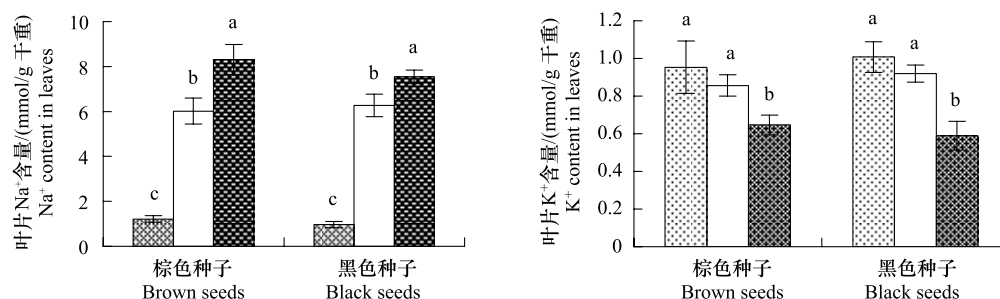


图 5 盐处理对棕色种子及黑色种子幼苗叶片中 Na^+ 和 K^+ 含量的影响

Fig. 5 Effect of NaCl on content of Na^+ and K^+ in leaves of plants from dimorphic seeds of *S. salsa*

3 讨论

种子多型性是指同一株植株的不同部位产生不同形态或行为种子的现象,常出现在那些生长于荒漠、盐沼等严酷生境中的植物上,被认为是对时空异质环境的一种适应^[12]。在盐碱地中,由于土壤溶液较低的水势,种子萌发时很难从土壤中吸收水分^[13],而种子中较高的离子含量可能会缓解渗透胁迫^[14]。盐地碱蓬棕色种子比黑色种子吸水快^[7]。史功伟^[15]等研究发现,盐渍环境中盐地碱蓬棕色种子出苗率明显高于黑色种子。本实验发现,棕色种子中总离子含量比黑色种子中高,这可能棕色种子比黑色种子吸水快^[7],以及棕色种子较黑色种子萌发率和出苗率高以及萌发快的原因之一^[8,15]。

种子大小直接影响幼苗建成的能力,主要表现在种子大小对幼苗出现的时间及幼苗竞争能力^[16-17],幼苗

大小^[18-19]和幼苗存活和定居能力^[20-21]等几个方面的影响。柯文山^[22]等的研究结果显示,种子大小明显地影响幼苗的初始大小和幼苗的生长高度。相对于较小种子产生的幼苗,较大种子产生幼苗的存活和竞争能力也都有明显提高^[20,23]。胁迫环境下,较大种子产生的幼苗活力旺盛,能更好地适应不同的环境变化。比如种子中离子的积累与盐环境下种子萌发及之后幼苗生长过程的耐盐性有关^[24]。本文研究发现,100 和 400 mmol/L 明显抑制刚萌发的黑色种子的幼苗伸长,而对棕色种子的幼苗没有抑制作用,这可能与棕色种子含有较多离子有关。一般情况下,盐生植物刚萌发的小幼苗不耐盐,例如里海盐爪爪(*Kalidium caspicum*),种子在-0.8 MPa NaCl 溶液中的萌发率是 80% 左右,但在此 NaCl 溶液中其刚萌发的幼苗生长却明显受到抑制^[25]。盐地碱蓬棕色种子幼苗较高的耐盐性说明棕色种子在群落建成中起到重要作用。

不同形态种子产生的幼苗一般有显著的差异,大种子产生的幼苗较大,具竞争优势^[2,26]。三角叶滨藜(*Atriplex triangularis*)产生的大种子的幼苗较大,在以后的生长中一直保持这种差异,这种差异是由于大种子发芽快的结果^[27]。Yao^[28]等发现,低盐条件下藜(*Chenopodium album*)棕色种子的幼苗高度和分枝数与黑色种子幼苗没有明显差别,而高盐条件下棕色种子的幼苗高度和分枝数高于黑色种子幼苗。碱蓬属植物 *Suaeda splendens* 在较低盐分条件下(0 和 200 mmol/L NaCl)棕色种子的相对生长速率、一级和二级分枝数均比褐色种子低,而高盐时(400 mmol/L NaCl)却相反^[29]。本实验结果发现不同盐浓度处理下,盐地碱蓬棕色种子的植株地上部分生物量均高于黑色种子植株(图 3),可能与棕色种子的幼苗具有较多的分枝有关(图 4),而与两种种子幼苗的叶绿素含量以及光合放氧无关。因为不同盐度下,两种种子幼苗的叶绿素含量和光合放氧速率没有明显差别(图 5,图 6)。

盐胁迫下,植物细胞从外界吸收无机离子,作为渗透调节剂降低细胞水势,以保证植物能够在高盐环境下吸水并正常生长^[30]。参与无机渗透调节的无机离子主要是 Na^+ 、 K^+ 和 Cl^- 等。而高盐条件下较高的 K^+/Na^+ 对维持离子稳态意义重大^[31]。本实验发现不同盐分浓度下棕色种子和黑色种子的幼苗叶片 Na^+ 和 K^+ 含量没有明显差异。不同盐度对干重的抑制作用也表现出相似的趋势。即棕色种子和黑色种子生长的植株(较长时间培养的植株)耐盐性没有明显差异。

综上所述,盐地碱蓬棕色种子较高的离子含量以及棕色种子发育的更好^[8]可能是棕色种子刚萌发幼苗耐盐性较强,以及砂培幼苗较多分枝和较高的地上部分生物量的重要原因。棕色种子的这一特性进一步说明盐地碱蓬二型性种子中,棕色种子可能在种子成熟后的来年春天群落的建成中起主要作用(棕色种子不耐储存^[9]),而黑色种子可能在环境不利情况下群落的持续建成中起一定作用。

References:

- [1] Maun M A, Payne A M. Fruit and seed polymorphism and its relation to seedling growth in the genus *Cakile*. Canadian Journal of Botany, 1989, 67: 2743-2750.
- [2] Venable D L, Levin D A. Ecology of achene dimorphism in *Heterotheca latifolia*: I. Achene structure, germination and dispersal. Journal of Ecology, 1985, 73: 113-145.
- [3] Baskin J M, Baskin C C. Germination dimorphism in *Heterotheca subaxillaris* var. *subaxillaris*. Bulletin of the Torrey Botanical Club, 1976, 103 (5): 201-206.
- [4] Khan M A, Ungar I A. The effect of salinity and temperature on the germination of polymorphic seeds and growth of *Atriplex triangularis* Willd. American Journal of Botany, 1984, 71(4): 481-489.
- [5] Khan M A, Gull B, Weber D J. Germination of dimorphic seeds of *Suaeda moquinii* under high salinity stress. Australian Journal of Botany, 2001, 49(2): 185-192.
- [6] 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.
- [7] Li W Q, Liu X J, Khan M A, Yamaguchi S. The effect of plant growth regulators, nitric oxide, nitrite and light on the germination of dimorphic seeds of *Suaeda salsa* under saline conditions. Journal of Plant Research, 2005, 118(3): 207-214.
- [8] 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.
- [9] Li W, An P, Liu X. Effect of storage, stratification, temperature and gibberellins on germination of dimorphic seeds of *Suaeda salsa* under saline

- conditions. *Seed Science and Technology*, 2008, 36(1): 122-132.
- [10] Xu D Q. Photosynthetic Efficiency. Shanghai Scientific and Technological Press, 2002: 29-35.
- [11] Hall D O, Scurlock J M O, Bolhar-Nordenkamp H R, Leegood R C, Long S P. Photosynthesis and Production in a Changing Environment, a Field and Laboratory Manual. Chapman and Hall, 1993: 268-282.
- [12] Wang L, Dong M, Huang Z Y. Review of research on seed heteromorphism and its ecological significance. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2010, 34(5): 578-590.
- [13] Tlig T, Gorai M, Neffati M. Germination responses of *Diplotaxis harra* to temperature and salinity. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 2008, 203(5): 421-428.
- [14] Song J, Feng G, Tian C Y, Zhang F S. Strategies for adaptation of *Suaeda physophora*, *Haloxylon ammodendron* and *Haloxylon persicum* to saline environment during seed germination stage. *Annals of Botany*, 2005, 96(3): 399-405.
- [15] Shi G W, Song J, Gao B, Yang Q, Fan H, Wang B S, Zhao K F. The comparison on seedling emergence and salt tolerance of *Suaeda salsa* L. from different habitats. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(1): 138-143.
- [16] Seiwa K. Effects of seed size and emergence time on tree seedling establishment: importance of developmental constraints. *Oecologia*, 2000, 123(2): 208-215.
- [17] Roach D A, Wulff R D. Maternal effects in plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1987, 18: 209-235.
- [18] Weis I M. The effects of propagule size on germination and seedling growth in *Mimilis hirsuta*. *Canadian Journal of Botany*, 1982, 60(10): 959-971.
- [19] Diane L M. Effects of seed size on seedling success in three species of *Sesbania Fabaceae*. *American Journal of Botany*, 1986, 73(4): 457-464.
- [20] Coomes D A, Grubb P J. Colonization, tolerance, competition and seed-size variation within functional groups. *Trends in Ecology and Evolution*, 2003, 18(6): 283-291.
- [21] Walters M B, Reich P B. Seed size, nitrogen supply, and growth rate affected tree seedling survival in deep shade. *Ecology*, 2000, 81: 1887-1901.
- [22] Ke W S, Zhong Z C, Xi H A, Yang Y, Wang X. The variation of seed sizes of *Gordonia acuminata* geographic populations and its effect on seed germination and seedling. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(4): 697-701.
- [23] Gross K L. Effects of seed size and growth form on seedling establishment of six monocarpic plants. *Journal of Ecology*, 1984, 72(2): 369-387.
- [24] 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: 165-172.
- [25] Tobe K., Li X M, Omasa K. Seed germination and radicle growth of a halophyte, *Kalidium capsicum* (*Chenopodiaceae*). *Annals of Botany*, 2000, 85: 391-396.
- [26] Schnee B K, Waller D M. Reproductive behavior of *Amphicarpaea bracteata* (*Leguminosae*), an amphicarpic annual. *American Journal of Botany*, 1986, 73(3): 376-386.
- [27] Ellison A M. Effect of seed dimorphism on the density-dependent dynamics of experimental populations of *Atriplex triangularis* (*Chenopodiaceae*). *American Journal of Botany*, 1987, 74(8): 1280-1288.
- [28] Yao S X, Lan H Y, Zhang F C. Variation of seed heteromorphism in *Chenopodium album* and the effect of salinity stress on the descendants. *Annals of Botany*, 2010, 105(6): 1015-1025.
- [29] Redondo-Go'mez S, Mateos-Naranjo E, Cambrolle' J, Luque T, Figueroa M, Davy A J. Carry-over of differential salt tolerance in plants grown from dimorphic seeds of *Suaeda splendens*. *Annals of Botany*, 2008, 102(1): 103-112.
- [30] Song J, Feng G, Tian C Y, Zhang F S. Osmotic adjustment traits of *Suaeda physophora*, *Haloxylon ammodendron* and *Haloxylon persicum* in field or controlled conditions. *Plant Science*, 2006, 170(1): 113-119.
- [31] 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.

参考文献:

- [6] 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.
- [10] 许大全. 光合作用效率. 上海: 上海科学技术出版社, 2002: 29-35.
- [12] 王雷, 董鸣, 黄振英. 种子异型性及其生态意义的研究进展. *植物生态学报*, 2010, 34(5): 578-590.
- [15] 史功伟, 宋杰, 高奔, 杨青, 范海, 王宝山, 赵可夫. 不同生境盐碱地碱蓬出苗及幼苗抗旱性的比较研究. *生态学报*, 2009, 29(1): 138-143.
- [22] 柯文山, 钟章成, 席红安, 杨毅, 王万贤. 四川大头茶地理种群种子大小变异及对萌发、幼苗特征的影响. *生态学报*, 2000, 20(4): 697-701.
- [31] 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.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 17 Sep. ,2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- The overview and prospect of chemical composition of plant cuticular wax ZENG Qiong, LIU Dechun, LIU Yong (5133)
- Research progresses in carbon budget and carbon cycle of the coastal salt marshes in China
..... CAO Lei, SONG Jinming, LI Xuegang, et al (5141)

Autecology & Fundamentals

- Effects of straw interlayer on soil water and salt movement and sunflower photosynthetic characteristics in saline-alkali soils
..... ZHAO Yonggan, PANG Huancheng, LI Yuyi, et al (5153)
- Adaptations of dimorphic seeds and seedlings of *Suaeda salsa* to saline environments
..... LIU Yan, ZHOU Jiachao, ZHANG Xiaodong, et al (5162)
- Responses of root morphology of peanut varieties differing in drought tolerance to water-deficient stress
..... DING Hong, ZHANG Zhimeng, DAI Liangxiang, et al (5169)
- The relationship between physiological indexes of apple cultivars and resistance to *Eriosoma lanigerum* in summer
..... WANG Xicun, ZHOU Hongxu, YU Yi, et al (5177)
- Physiological responses of *Salicornia bigelovii* to salt stress during the flowering stage
..... LIU Weicheng, ZHENG Chunfang, CHEN Chen, et al (5184)
- Biological characteristics and cultivation of fruit body of wild medicinal mushroom *Perenniporia fraxinea*
..... LU Tie, BAU Tolgor (5194)
- The study of characteristics of soil microbial communities at high severity burned forest sites for the Great Xingan Mountains: an
example of slope and aspect BAI Aiqin, FU Bojie, QU Laiye, et al (5201)
- Effect of different fertilizer combinations and straw return on microbial biomass and nitrogen-fixing bacteria community in a paddy
soil LIU Xiaoqian, TU Shihua, SUN Xifa, et al (5210)
- Structural characters and nutrient contents of leaves as well as nitrogen distribution among different organs of big-headed wheat
..... WANG Lifang, WANG Dexuan, SHANGGUAN Zhouping (5219)
- Effects of EP-1 on spatial memory and anxiety in *Mus musculus* WANG Xiaojia, QIN Tingting, HU Xia, et al (5228)

Population, Community and Ecosystem

- Gap characteristics in the mixed broad-leaved Korean pine forest in Xiaoxing'an Mountains
..... LIU Shaochong, WANG Jinghua, DUAN Wenbiao, et al (5234)
- Soil nitrogen and phosphorus stoichiometry in a degradation series of *Kobresia humilis* meadows in the Tibetan Plateau
..... LIN Li, LI Yikang, ZHANG Fawei, DU Yangong, et al (5245)
- An analysis of carbon flux partition differences of a mid-subtropical planted coniferous forest in southeastern China
..... HUANG Kun, WANG Shaoqiang, WANG Huimin, et al (5252)
- The niche of annual mixed-seeding meadow in response to density in alpine region of the Qilian Mountain, China
..... ZHAO Chengzhang, ZHANG Jing, SHENG Yaping (5266)
- Functional feeding groups of macrozoobenthos from coastal water off Rushan PENG Songyao, LI Xinzhen (5274)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Effects of selective cutting on vegetation carbon storage of boreal *Larix gmelinii*-*Carex schmidtii* forested wetlands in Daxing'anling,
China MU Changcheng, LU Huicui, BAO Xu, et al (5286)
- CO₂ flux in the upland field with corn-rape seed rotation in the karst area of southwest China
..... FANG Bin, LI Xinqing, CHENG Jianzhong, et al (5299)
- Monitoring spatial variability of soil salinity in dry and wet seasons in the North Tarim Basin using remote sensing and electromagn-
etic induction instruments YAO Yuan, DING Jianli, LEI Lei, et al (5308)
- Methane and nitrous oxide fluxes in temperate secondary forest and larch plantation in Northeastern China
..... SUN Hailong, ZHANG Yandong, WU Shiyi (5320)
- Butterfly diversity and vertical distribution in eastern Tianshan Mountain in Xinjiang
..... ZHANG Xin, HU Hongying, LÜ Zhaozhi (5329)

- Dynamics of aerodynamic parameters over a rainfed maize agroecosystem and their relationships with controlling factors CAI Fu, ZHOU Guangsheng, MING Huiqing, et al (5339)
- The response process to extreme climate events of the household compound system in the northern slope of Tianshan Mountain LI Xiliang, HOU Xiangyang, DING Yong, et al (5353)
- Analysis on spatial-temporal heterogeneities of landscape fragmentation in urban fringe area; a case study in Shunyi district of Beijing LI Can, ZHANG Fengrong, ZHU Taifeng, et al (5363)
- Resource and Industrial Ecology**
- CPUE Standardization of *Illex argentinus* for Chinese Mainland squid-jigging fishery based on generalized linear Bayesian models LU Huajie, CHEN Xinjun, CAO Jie (5375)
- Spatial-temporal differentiation of water quality in Gufu River of Three Gorges Reservoir RAN Guihua, GE Jiwen, MIAO Wenjie, et al (5385)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- Comparison environmental impact of the peasant household in han, zang and hui nationality region; case of zhangye, Gannan and Linxia in Gansu Province ZHAO Xueyan, MAO Xiaowen (5397)
- Research Notes**
- The seasonal variation and community structure of zooplankton in China sea DU Mingmin, LIU Zhensheng, WANG Chunsheng, et al (5407)
- Immunotoxicity of marine pollutants on the clam *Ruditapes philippinarum* DING Jianfeng, YAN Xiwu, ZHAO Liqiang, et al (5419)
- Influence of submerged macrophytes on phosphorus transference between sediment and overlying water in decomposition period WANG Lizhi, WANG Guoxiang (5426)
- Distribution patterns of alien herbs in the Yiluo River basin GUO Yili, DING Shengyan, SU Si, et al (5438)

《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 张利权

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)

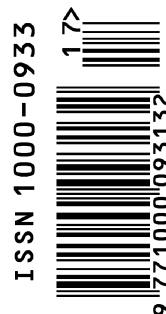
第 33 卷 第 17 期 (2013 年 9 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 17 (September, 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