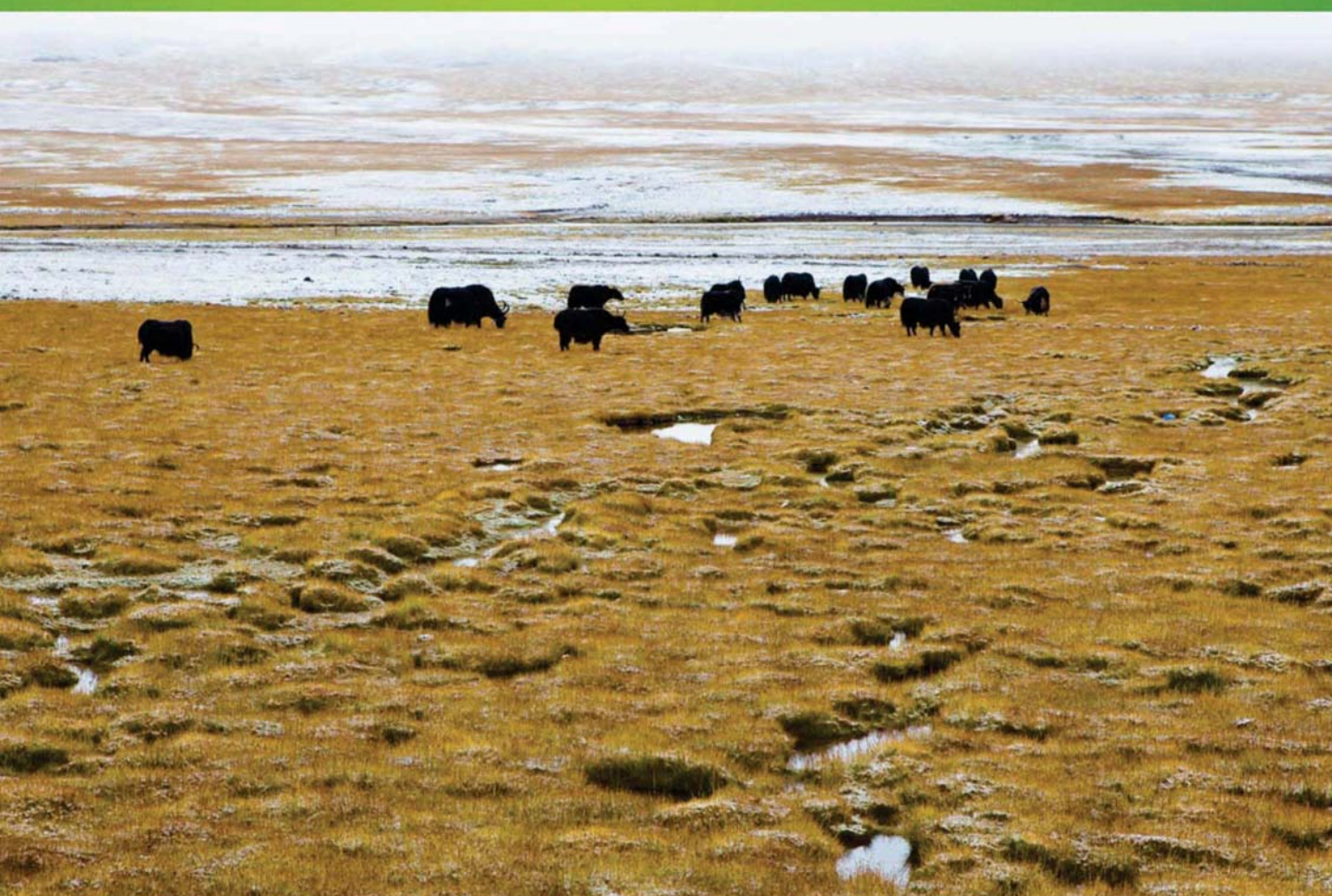


ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第33卷 第16期 Vol.33 No.16 **2013**

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 33 卷 第 16 期 2013 年 8 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 物种分布模型理论研究进展..... 李国庆,刘长成,刘玉国,等 (4827)
- 稀土元素对农田生态系统的影响研究进展..... 金姝兰,黄益宗 (4836)
- 藤壶金星幼虫附着变态机制..... 饶小珍,林 岗,许友勤 (4846)
- 群居动物中的共同决策..... 王程亮,王晓卫,齐晓光,等 (4857)

个体与基础生态

- 季风进退和转换对中国褐飞虱迁飞的影响..... 包云轩,黄金颖,谢晓金,等 (4864)
- 两种海星对三种双壳贝类的捕食选择性和摄食率..... 齐占会,王 珺,毛玉泽,等 (4878)
- 新疆巴音布鲁克繁殖期大天鹅的生境选择..... 董 超,张国钢,陆 军,等 (4885)
- 我国特有植物青檀遗传结构的 ISSR 分析..... 李晓红,张 慧,王德元,等 (4892)
- 栽培菊花与菊属-近缘属属间杂种杂交后代耐盐性的遗传分析..... 许莉莉,陈发棣,陈素梅,等 (4902)
- 荒漠区植物光合器官解剖结构对水分利用效率的指示作用..... 张海娜,苏培玺,李善家,等 (4909)
- 水分对番茄不同叶龄叶片光合作用的影响..... 陈凯利,李建明,贺会强,等 (4919)
- 广西猫儿山不同海拔常绿树种和落叶树种光合速率与氮的关系..... 白坤栋,蒋得斌,万贤崇 (4930)
- 施肥对板栗林地土壤 N₂O 通量动态变化的影响..... 张蛟蛟,李永夫,姜培坤,等 (4939)
- 施肥对红壤水稻土团聚体分布及其碳氮含量的影响..... 刘希玉,王忠强,张心昱,等 (4949)

种群、群落和生态系统

- 大兴安岭天然沼泽湿地生态系统碳储量..... 牟长城,王 彪,卢慧翠,等 (4956)
- 基于多时相 Landsat TM 影像的汶川地震灾区河岸带植被覆盖动态监测——以岷江河谷映秀-汶川段
为例..... 许积层,唐 斌,卢 涛 (4966)
- 不同强度火干扰下盘古林场天然落叶松林的空间结构..... 倪宝龙,刘兆刚 (4975)
- 长江中下游湖群大型底栖动物群落结构及影响因素..... 蔡永久,姜加虎,张 路,等 (4985)
- 千岛湖岛屿社鼠的种群年龄结构和性比..... 张 旭,鲍毅新,刘 军,等 (5000)
- 性信息素诱捕下害虫 Logistic 增长及经济阈值数学模型..... 赵志国,荣二花,赵志红,等 (5008)
- 秋末苏南茶园昆虫的群落组成及其趋色性..... 郑颖姘,钮羽群,崔桂玲,等 (5017)
- 北方常见农业土地利用方式对土壤螨群落结构的影响..... 韩雪梅,李丹丹,梁子安,等 (5026)

景观、区域和全球生态

- 基于鸟类边缘种行为的景观连接度研究——空间句法的反规划应用..... 杨天翔,张韦倩,樊正球,等 (5035)
- 西南高山地区土壤异养呼吸时空动态..... 张远东,庞 瑞,顾峰雪,等 (5047)

江苏省土壤有机质变异及其主要影响因素..... 赵明松,张甘霖,李德成,等 (5058)

基于林业清查资料的桂西北植被碳空间分布及其变化特征..... 张明阳,罗为检,刘会玉,等 (5067)

资源与产业生态

基于能值分析方法的都市代谢过程——案例研究 刘耕源,杨志峰,陈彬 (5078)

基于 PSR 模型的耕地生态安全物元分析评价 张锐,郑华伟,刘友兆 (5090)

保水剂对煤矸石基质上高羊茅生长及营养吸收的影响 赵陟峰,王冬梅,赵廷宁 (5101)

城乡与社会生态

生态保护价值的距离衰减性——以三江平原湿地为例..... 敖长林,陈瑾婷,焦扬,等 (5109)

研究简报

广东山区土壤有机碳空间变异的尺度效应..... 姜春,吴志峰,钱乐祥,等 (5118)

室内养殖雌性松鼠秋季换毛期被毛长度和保温性能变化..... 荆璞,张伟,华彦,等 (5126)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 306 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 32 * 2013-08



封面图说: 高寒草甸牦牛群——三江源区位于青藏高原腹地,平均海拔 4200m,是长江、黄河、澜沧江三条大河的发源地,也是全球气候变化最敏感的地区。三江源区高寒草甸植被状况对该区的生态环境、草地资源合理利用和应对全球气候变化具有十分重要的意义。2005 年以来,国家投资 70 多亿元启动三江源生态保护工程。监测显示,近年来,三江源湖泊湿地面积逐步扩大,植被覆盖度得到提高,三江源区高寒草甸的生态恶化趋势得到遏制。图为冒着风雪在三江源高寒草甸上吃草的牦牛群。

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/stxb201205210757

许莉莉, 陈发棣, 陈素梅, 房伟民, 朱文莹, 王海滨, 李佩玲. 栽培菊花与菊属-近缘属属间杂种杂交后代耐盐性的遗传分析. 生态学报, 2013, 33(16): 4902-4908.

Xu L L, Chen F D, Chen S M, Fang W M, Zhu W Y, Wang H B, Li P L. Genetic analysis of salt tolerance of F_1 progenies between chrysanthemum and the intergeneric hybrid of chrysanthemum and crossostephium. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(16): 4902-4908.

栽培菊花与菊属-近缘属属间杂种 杂交后代耐盐性的遗传分析

许莉莉, 陈发棣*, 陈素梅, 房伟民, 朱文莹, 王海滨, 李佩玲

(南京农业大学园艺学院, 南京 210095)

摘要: 为了解菊花近缘种属植物耐盐性的遗传规律, 对栽培菊花与菊属-近缘属属间杂种杂交后代耐盐性进行了遗传分析。以栽培菊花‘韩 2’为母本, 大岛野路菊×芙蓉菊属间杂种为父本进行杂交, 以盐害指数作为指标, 通过水培法对获得的 F_1 群体进行耐盐性鉴定, 并应用植物数量性状主基因+多基因混合遗传模型, 采用单个 F_2 世代的分离分析方法对 F_1 群体耐盐性进行混合遗传分析。结果发现: F_1 群体的耐盐性出现广泛分离, 变异系数达 53.63%, 盐害指数的变异范围为 3.33%—96.67%; 中亲优势为 2.47, 未达到显著水平; 将后代的耐盐性分为 5 个级别, 其中高耐的占 14.52%, 耐盐的占 38.70%, 中耐的占 30.65%, 敏盐的占 9.68%, 高敏的占 6.45%。 F_1 群体的耐盐性符合 B-2 模型, 由两个主效基因控制, 加性效应均表现正向增效, 分别为 18.06 和 19.13, 显性效应表现负向效应, 分别为 -17.99 和 -1.44, 主基因遗传率为 61.14%, 属高度遗传力。综合分析表明: 菊花近缘种属植物耐盐性可通过杂交导入栽培菊花, 实现栽培菊花耐盐性遗传改良; 菊花近缘种属植物盐害指数受两对主基因的控制, 主基因在 F_1 群体的遗传率属高度遗传力, 耐盐性选育可在早期世代进行。

关键词: 菊花, 近缘种属植物, 盐害指数, 耐盐性, 遗传分析

Genetic analysis of salt tolerance of F_1 progenies between chrysanthemum and the intergeneric hybrid of chrysanthemum and crossostephium

XU Lili, CHEN Fadi*, CHEN Sumei, FANG Weimin, ZHU Wenying, WANG Haibin, LI Peiling

College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

Abstract: Chrysanthemum (*Chrysanthemum grandiflorum*, sym. *Chrysanthemum morifolium*) is a leading ornamental species in garden and cut flower. The aims of this study were to find the genetic mechanism of salt tolerance of relative genera species of chrysanthemum, which will provide an experimental basis for choosing and breeding salt tolerant germplasm. In allied genera of chrysanthemum, many wild species possess elite attributes such as resistance to disease, insect, virus and abiotic stresses, *Crossostephium chinense* is one of them. But it is usually difficult to obtain hybrids between *Crossostephium chinense* and chrysanthemum cultivars. Bridge parent is an effective way to overcome the barriers of wild hybridization and transfer useful genetic variation to elite germplasm. The F_1 progeny of *Chrysanthemum crassum* (Kitam. Kitam. × *Crossostephium chinense* (L.) Makino, as bridge parent, was crossed with *Chrysanthemum morifolium* ‘Han 2’, then the progenies were obtained successfully. The salt tolerance of plants is a complex physiological process, but morphological changes is the most direct reflection of the stress, so salt harm index is often used as an important

基金项目: 江苏省科技支撑计划 (BE2011325; BE2010303); 教育部新世纪优秀人才支持计划 (NCET-10-0492); 上海市科技兴农重点攻关项目 [沪农科攻字(2009)第 3-3 号]; 国家自然科学基金项目 (31171987)

收稿日期: 2012-05-21; 修订日期: 2012-11-15

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

indicator of tolerance identification. Based on the salt harm index, salt tolerance inheritance of F_1 population was investigated by single generation segregation analysis method of the mixed major gene plus polygene mixed inheritance model of quantitative traits under the treatment by the concentration of NaCl 120 mmol/L. The results showed that the transgressive segregation of salt tolerance commonly existed in F_1 progenies; the salt harm index ranged from 3.33% to 96.67%, the phenotypic coefficient of variability was 53.63%, mid-parent heterosis was 2.47, did not reach a significant level. According to the data, F_1 population could be divided into high salt tolerant, salt tolerant, middle tolerant, sensitivity, and high sensitivity grade, respectively, in which 14.52% are high salt tolerant, 38.70% are salt tolerant, 30.65% are middle tolerant, 9.68% are sensitive, 6.45% are high sensitive. Based on the values of AIC and the tests for goodness of fit under different models, salt tolerance of relative genera species of chrysanthemum was accorded with B-2 model with additive-dominant effect, additive and dominant effect of the first major gene were 18.06, -17.99; additive and dominant effect of the second major gene were 19.13, -1.44. The heritability of major genes for salt tolerance was 61.4%. These data indicated that the F_1 progeny of the intergeneric, as bridge parent, crossed with chrysanthemum to innovate salt tolerant chrysanthemum germplasm is practicable. Two major genes with dominantly additive gene effects were detected for salt tolerance in relative genera species of chrysanthemum. The heritability of the major genes was high, so the salt tolerance can be screened in the earlier generation. This study just takes a single generation genetic analysis for the salt tolerance in relative genera species of chrysanthemum and failed to detect the presence of multiple genes control or estimate the impact of environmental factors on salt tolerance, but detection of these major genes controlling the salt tolerance traits would provide a theoretical basis for the further study of QTL analysis and molecular marker assisted breeding program for salt tolerance traits in chrysanthemum.

Key Words: chrysanthemum; relative genera species of chrysanthemum; salt harm index; salt tolerance; genetic analysis

盐害是影响植物生长和产量的非生物胁迫因子之一^[1-4]。全球受盐胁迫危害的耕地约占 20%^[5],且呈逐年增加的趋势^[6],据预测,到 2050 年,地球上超过 50% 的耕地将严重盐化^[7]。因此,选择和培育耐盐植物是非常必要的。

芙蓉菊属芙蓉菊(*Crossostephium chinense* (L.) Makino)多生在海岸林中,主要分布在我国中南及东南部(广东、台湾等)海滨岩缝以及日本、菲律宾等地^[8-9],属盐生植物;栽培菊花及其起源的主要亲本耐盐性较差^[10],而芙蓉菊与栽培菊花属间杂交困难。因此,本研究利用汤访平^[11]获得的大岛野路菊×芙蓉菊属间杂种 F_1 为桥梁亲本,与栽培菊花进行杂交,探讨通过桥梁法将芙蓉菊的耐盐性导入栽培菊花的可能。

传统认为,数量性状受大量多基因控制;现在很多研究表明,数量性状表现为主基因和多基因混合遗传的模式。盖钧镒^[12]等将这种混合遗传的模式视为主基因+多基因遗传体系,并提出主基因+多基因混合遗传模型分离分析方法,用于鉴别数量性状的主-多基因混合遗传模型并估计相关遗传参数。该方法已经在黄瓜^[13]、萝卜^[14]、番茄^[15]等蔬菜以及菊花^[16-17]、结缕草^[18]、假俭草^[19]等观赏植物的遗传研究中得到广泛应用。菊花耐盐性的研究主要集中在生理机制以及菊属及其近缘属种等野生资源耐盐性评价等方面,对耐盐性遗传机制和基因作用方式的研究还未见报道。因此本研究应用植物数量性状主基因+多基因混合遗传模型,采用单个 F_2 世代的分离分析方法^[12,18]对 F_1 群体耐盐性进行混合遗传分析,探索菊花近缘种属植物耐盐性的遗传规律,估计主基因的遗传效应,为菊花耐盐育种提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

供试母本为栽培菊品种‘韩 2’(*Chrysanthemum morifolium* ‘Han 2’),父本为菊属大岛野路菊(*Chrysanthemum crassum* (Kitam.) Kitam.)×芙蓉菊属芙蓉菊(*Crossostephium chinense* (L.) Makino)属间杂种 F_1 。2009 年 9 月进行杂交,当花序梗变黄枯萎时收集种子;2010 年 4 月于穴盘点播,6 月中旬单株编号定植在

菊花苗圃地,常规大田管理。供试植物材料均种植于南京农业大学“中国菊花种质资源保存中心”。

1.2 试验方法

1.2.1 试验材料的准备

耐盐性的鉴定主要参照管志勇等^[10]、邱杨等^[20],并在此基础上略作修改。试验于4—5月南京农业大学“中国菊花种质资源保存中心”进行。于4月20日,采集父本、母本及62个生长势旺盛的杂交后代生长良好嫩梢于72孔穴盘扦插。插穗生根并展开10—12片叶后,将穴盘统一移至进行盐处理的大棚内,缓苗生长2 d。将长势一致的植株移于盛有自来水的塑料周转箱(体积30.0 L)内进行通气水培。缓苗生长,观察植株对周围环境的适应能力;5 d后设置盐胁迫处理,NaCl的浓度参照管志勇等^[10]的研究结果,设置为120 mmol/L,对照为等体积的水,每处理设置6株重复。试验期间保持盐浓度不变。

1.2.2 耐盐性鉴定

处理7 d后调查各植株的生长情况。参照邱杨^[20]盐害分级标准将苗分为6级,0级,植株生长正常;1级,植株生长基本正常,个别植株下部少数叶片褪绿;2级,植株25%以下叶片褪绿、黄化;3级,植株半数叶片褪绿、黄化;4级,植株75%叶片褪绿、黄化;5级,植株严重受害,生长完全停止。统计每级株数,计算盐害指数。

$$\text{盐害指数} = \frac{\sum \text{级别} \times \text{该级别的株数}}{\text{调查的总株数} \times 5} \times 100\%$$

根据盐害指数范围(%)将耐盐性分为5类。参照马雅琴^[21]的分类标准,见表1。

表1 菊花苗期耐盐性分类标准

Table 1 Grade standard of salt tolerance of chrysanthemum on seedling stage

耐盐性 Salt tolerance	盐害指数 Salt harm index/%	耐盐性 Salt tolerance	盐害指数 Salt harm index/%
高耐 High salt tolerance	0—20.0	耐盐 Salt tolerance	20.1—40.0
中耐 Middle tolerance	40.1—60.0	敏感 Sensitivity	60.1—80.0
高感 High sensitivity	80.1—100		

1.2.3 杂种优势分析及显著性检验

杂种优势以中亲优势(H_m)表示,中亲优势(H_m) = F_1 平均值(F_m) - 双亲平均值(中亲值, Mid-parents value, MPV)。采用 Excel 2007 整理数据, DPS7.05 分析数据, 差异显著性采用单样本均值 t 检验。

1.2.4 耐盐性的混合遗传分析

本研究应用植物数量性状主基因+多基因混合遗传模型,采用单个 F_2 世代的分离分析方法,对‘韩2’×(大岛野路菊×芙蓉菊) F_1 杂交后代进行耐盐分析。用无主基因、1对主基因(A)和2对主基因(B)共11种遗传模型,配合表型次数分布,求出各遗传模型的极大似然函数值(MLV),由极大似然函数值计算出(AICA)值。然后通过 AIC 值选择相对最佳模型,同时进行遗传模型的适合性检验,包括均匀性检验 U_1^2 、 U_2^2 、 U_3^2 , Smirnov 检验(2W), Kolmogorov 检验(D_n),根据 AIC 值最小原则和适合性检验的结果选出最优模型。采用最小二乘法估计最优模型的遗传参数包括加性遗传效应(d)和主基因的遗传率(h_{mg}^2)。主基因遗传率为 $h_{mg}^2 = \sigma_{mg}^2 / \sigma_p^2$ (h_{mg}^2 为主基因遗传率; σ_p^2 为表型方差; σ_{mg}^2 为 kaiké's information criterion 主基因方差)。

2 结果与分析

2.1 杂交后代的耐盐性表现

后代盐害指数次数分布见图1,‘韩2’×(大岛野路菊×芙蓉菊) F_1 杂交后代的耐盐性与亲本的比较及耐盐性鉴定结果见表2和表3。由图1可看出,菊花耐盐性表现连续性较好的正态分布趋势,符合多基因控制数量性状遗传特征。从表2和表3中可以看出,盐害指数在 F_1 群体中出现广泛分离,变异系数高达53.63%。母本‘韩2’的盐害指数为33.33%,父本(大岛野路菊×芙蓉菊) F_1 的盐害指数为43.33%, F_1 群体盐害指数

变异范围为 3.33%—96.67%,超出了双亲值的范围。 F_1 群体盐害指数平均值介于双亲之间,与中亲值之差,即中亲优势,为 2.47,未达到显著水平。其中高耐的占 14.52%,耐盐的占 38.70%,中耐的占 30.65%,敏盐的占 9.68%,高敏的占 6.45%。

2.2 F_1 群体耐盐性混合遗传分析

应用植物数量性状主基因+多基因混合遗传模型,采用单个 F_2 世代的分离分析方法,分析‘韩 2’×(大岛野路菊×芙蓉菊) F_1 群体在 A、B 两类 11 种遗传模型下的极大似然函数值和 AIC 值(表 4)。根据 AIC 值最小准则,选取 AIC 值最小及与最小 AIC 值比较接近的遗传模型作为备选最适模型,AIC 值较小的模型有 A-1、A-4 和 B-2 三种模型,其值分别为 557.04、561.28、561.28。

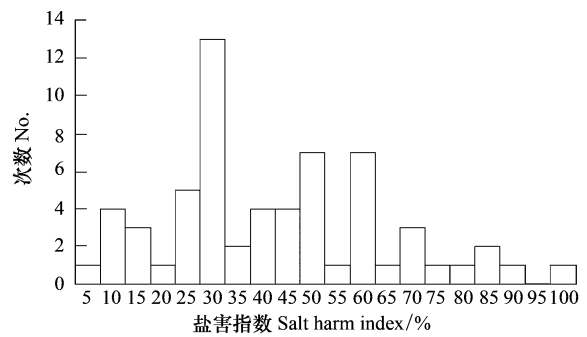


图 1 ‘韩 2’×(大岛野路菊×芙蓉菊) F_1 杂交后代耐盐性的次数分布

Fig.1 Frequency distribution of salt tolerance of the hybrids between *C. morifolium* ‘Han 2’ and (*C. crassum*×*C. chinense*) F_1

表 2 ‘韩 2’×(大岛野路菊×芙蓉菊) F_1 杂交后代耐盐性与亲本的比较

Table 2 Salt tolerance comparison among *C. morifolium* ‘Han 2’, (*C. crassum*×*C. chinense*) F_1 and the hybrids

亲本 Parent plants		杂种 Hybrids			杂种与亲本的比较/% Comparison between hybrids and parents					
♀	♂	中亲值 Mid-parent value	\bar{x}	标准差 Standard deviation	变异系数/% CV	极值 Extreme value	中亲优势 Mid-parent heterosis	小于低亲 <Small parent value	双亲之间 Between parent value	大于高亲 >High parent value
33.33	43.33	38.33	40.08	2.78	53.63	3.33—96.67	2.47	46.77	8.07	45.16

表 3 ‘韩 2’×(大岛野路菊×芙蓉菊) F_1 杂交后代耐盐性的鉴定

Table 3 Salt tolerance identification of the hybrids between *C. morifolium* ‘Han 2’ and (*C. crassum*×*C. chinense*) F_1

后代编号 No.	盐害指数/% Salt harm index	耐盐性 Salt tolerance	后代编号 No.	盐害指数/% Salt harm index	耐盐性 Salt tolerance	后代编号 No.	盐害指数/% Salt harm index	耐盐性 Salt tolerance
HDF78	3.33	高耐	HDF89	26.67	耐盐	HDF82	50.00	中耐
HDF57	6.67	高耐	HDF79	26.67	耐盐	HDF72	50.00	中耐
HDF85	6.67	高耐	HDF45	30.00	耐盐	HDF90	53.33	中耐
HDF83	10.00	高耐	HDF59	30.00	耐盐	HDF17	56.67	中耐
HDF46	10.00	高耐	HDF64	30.00	耐盐	HDF88	56.67	中耐
HDF73	13.33	高耐	HDF96	30.00	耐盐	HDF108	56.67	中耐
HDF71	13.33	高耐	HDF20	32.00	耐盐	HDF10	60.00	中耐
HDF104	13.33	高耐	HDF100	33.33	耐盐	HDF4	60.00	中耐
HDF51	16.67	高耐	HDF96	36.00	耐盐	HDF18	60.00	中耐
HDF43	23.33	耐盐	HDF97	36.67	耐盐	HDF86	60.00	中耐
HDF75	23.33	耐盐	HDF54	40.00	耐盐	HDF103	65.00	敏盐
HDF36	23.33	耐盐	HDF106	40.00	耐盐	HDF9	66.67	敏盐
HDF91	23.33	耐盐	HDF74	43.33	中耐	HDF37	66.67	敏盐
HDF52	23.33	耐盐	HDF24	43.33	中耐	HDF32	70.00	敏盐
HDF15	26.67	耐盐	HDF22	43.33	中耐	HDF53	73.33	敏盐
HDF50	26.67	耐盐	HDF81	43.33	中耐	HDF25	76.67	敏盐
HDF48	26.67	耐盐	HDF56	46.67	中耐	HDF28	83.33	高敏
HDF77	26.67	耐盐	HDF109	46.67	中耐	HDF44	83.33	高敏
HDF101	26.67	耐盐	HDF67	46.67	中耐	HDF11	86.67	高敏
HDF111	26.67	耐盐	HDF34	46.67	中耐	HDF42	96.67	高敏
HDF76	26.67	耐盐	HDF80	50.00	中耐			

后代以盐害指数从低到高排列

表 4 不同遗传模型下的极大似然函数值与 AIC 值

Table 4 Maximum likelihood value (MLV) and Akaike's information criterion (AIC) under different genetic models

模型代号 Model code	极大似然函数值 Maximum value of the likelihood functions, MLV	AIC 值 Akaike's information criterion value, AIC value
A_0	-278.79	561.58
A_1	-276.64	561.28
A_2	-278.54	563.09
A_3	-278.79	565.57
A_4	-276.64	561.28
B_1	-275.64	571.28
B_2	-272.52	557.04
B_3	-278.54	565.09
B_4	-278.78	563.55
B_5	-278.79	565.57
B_6	-278.79	563.57

利用 U_1^2 、 U_2^2 、 U_3^2 、 ${}_nW^2$ 和 D_n 这 3 个备选模型进行适合性检验(表 5),选择统计量达到显著个数最少的模型作为最优模型,结果表明 3 个模型的统计量均未达到显著水平,但 B-2 模型的 AIC 值最小,所以选择 B-2 模型作为耐盐性的最优模型,即菊花近缘种属植物耐盐性是由两对主基因控制,主基因表现为加性-显性。

根据各性状遗传模型参数的极大似然估计值,估计最佳最适遗传模型的遗传参数(表 6),两个主基因加性效应均表现为正向增效,分别为 18.06 和 19.13,显性效应均为负向效应,分别为 -17.99 和 -1.44,主基因遗传率为 61.14%。

表 5 适合性检验结果

Table 5 Tests for goodness-of-fit under different models

模型代号 Model code	U_1^2	U_2^2	U_3^2	${}_nW^2$	D_n
B_2	0.009(0.9257)	0.016(0.8988)	0.022(0.8828)	0.0371(>0.05)	0.0815(>0.05)
A_1	0.008(0.9277)	0.000(0.9831)	0.071(0.7897)	0.0675(>0.05)	0.0934(>0.05)
A_4	0.008(0.9280)	0.000(0.9836)	0.072(0.7887)	0.0676(>0.05)	0.0934(>0.05)

统计量 U_1^2 、 U_2^2 、 U_3^2 、 D_n 括号内为概率值统计量; ${}_nW^2$ 的临界值为 0.461 ($P=0.05$)

表 6 B-2 模型下遗传参数估计

Table 6 Estimates of genetic parameters in B-2 model

模型代号 Model code	遗传参数 genetic parameter							
	m	d_a	d_b	h_a	h_b	σ_p^2	σ_{mg}^2	$h_{mg}^2/\%$
B-2	47.26	18.06	19.13	-17.99	-1.44	699.06	427.42	61.14

m : 群体均方; d_a : 第一对主基因加性效应; d_b : 第二对主基因加性效应; h_a : 第一对主基因显性效应; h_b : 第二对主基因显性效应; σ_p^2 : 表型方差; σ_{mg}^2 : 主基因方差; h_{mg}^2 : 主基因遗传率

3 讨论

形态变化是植物受到逆境胁迫最直接的反映^[22],因此本研究选用可以直观反映植株受害程度的盐害指数作为耐盐性鉴定的指标。虽然植物耐盐性是一个复杂的生理过程^[23],但盐害指数常作为耐盐性鉴定的重要指标^[20-21,24,25-29]。管志勇等^[10]研究发现 120 mmol/L NaCl 胁迫下菊花近缘种属植物耐盐性差异显著性最高,因此本研究选用 NaCl 的浓度为 120 mmol/L。栽培菊花遗传背景复杂,基因组高度杂合,与(大岛野路菊×芙蓉菊) F_1 杂交后代性状广泛分离,相当于林木植物上常用的“假- F_2 代”^[16];主基因+多基因混合遗传模型在许多异质性比较高的作物中有相关报道^[16-19];植物在生长发育中,幼苗期对盐胁迫伤害表现较为敏感^[24]。因

此,本研究应用植物数量性状主基因+多基因混合遗传模型,采用单个 F_2 世代的分离分析方法^[12,18],对‘韩2’ \times (大岛野路菊 \times 芙蓉菊) F_1 杂交代苗期盐害指数进行遗传分析。

本研究发现菊花近缘种属植物盐害指数受两对基因的控制,表现为正向加性效应表现,负向显性效应,这与姚明哲等^[25]发现水稻苗期盐害级别受 2 对加性-显性-上位性主基因+加性-显性多基因控制,以及邱生平^[26]认为水稻盐害级别符合两对抑制作用主基因模型等研究结果相类似。本研究中两对主基因的遗传率较高,表明可在早期世代进行耐盐性选择,与沈法富等^[27]对棉花耐盐性遗传分析的研究相一致。而杨庆利等^[28]利用主位点组加性-显性模型,发现水稻盐害级别主要受 3 个主位点组控制,表现为加性和显性效应。李艳茹等^[29]认为黄瓜幼苗盐害级别受 1 对加性-显性主基因控制, F_2 代遗传率为 63.25%,且存在多基因控制,认为不宜在早代进行耐盐性选择。

不同物种、不同遗传分析模型得出的耐盐性结论不尽相同,说明不同物种或者品种耐盐性的遗传规律差异较大,遗传机制较为复杂。本研究对菊花近缘种属植物单个世代的耐盐性进行了遗传分析,未能检测是否存在多基因控制或估计环境因素对耐盐性的影响,但主基因的发现为菊花耐盐相关分子标记的发掘、耐盐相关基因的定位提供了实验依据;且主基因遗传率较高,表现为正向加性效应,说明通过杂交可在早期世代对耐盐性进行选择。

致谢:感谢李珊同学对本文的帮助。

References:

- [1] Fu Y, Gao S R, Wang Z H. Evaluation of salt tolerance of maize germplasm in seedling stage. *Journal of Maize Sciences*, 2009, 17(1): 36-39, 50-50.
- [2] Viswanathan C, André J, Zhu J K. Understanding and improving salt tolerance in plants. *Cell*, 2005, 45(2): 437-448.
- [3] Mukesh S, Suchandra D, Sneha-Lata S P, Sudhir K S, Neera B S. Overexpression of the glyoxalase II gene leads to enhanced salinity tolerance in *Brassica Juncea*. *The Open Plant Science Journal*, 2011, 5(1): 23-28.
- [4] Flowers T J. Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 2004, 55(396): 639-648.
- [5] Tuteja N. Mechanisms of high salinity tolerance in plants. *Methods in Enzymology*, 2007, 428: 419-438.
- [6] Zhang J F, Zhang X D, Zhou J X, Liu G H, Li D X. World resources of saline soil and main amelioration measures. *Research of Soil and Water Conservation*, 2005, 12(6): 28-30, 107-107.
- [7] Wang W X, Vinocur B, Altman A. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures; towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 2003, 218(1): 1-14.
- [8] Huang Y J, Xia G H, Zheng B S, Huang J Q, Shao X J. Morphological changes and physiological responses of *Crossostephium chinense* to salt stress. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2007, 29(3): 389-394.
- [9] Sun C Q, Chen F D, Fang W M, Liu Z L, Teng N J. Advances in research on distant hybridization of chrysanthemum. *Scientia Agricultura Sinica*, 2010, 43(12): 2508-2517.
- [10] Guan Z Y, Chen S M, Chen F D, Yin D M, Liu Z L, Tang J, Yang F. Salt tolerance screening of 32 taxa from *Chrysanthemum* and its relative genera. *Scientia Agricultura Sinica*, 2010, 43(19): 4063-4071.
- [11] Tang F P, Chen F D, Chen S M, Wang X E, Zhao H B. Molecular cytogenetic identification and relationship of the artificial intergeneric hybrid between *Dendranthema indica* and *Crossostephium* Chinese by GISH. *Plant Systematics and Evolution*, 2010, 289(1/2): 91-99.
- [12] Gai J Y, Zhang Y M, Wang J K. *Genetic System of Quantitative Traits in Plant*. Beijing: Science Press, 2003: 96-166.
- [13] Yan L Y, Lou L N, Feng Z H, Li X L, Lou Q F, Chen J F. Inheritance of parthenocarpy in monoecious cucumber. *Scientia Agricultura Sinica*, 2010, 43(6): 1295-1301.
- [14] Lu Z L, Liu L W, Gong Y Q, Li X Y, Song L J, Yang J L, Wang L Z. Genetic analysis of dry matter weight and total soluble sugar contents in radish (*Raphanus sativus* L.). *Journal of Nanjing Agricultural University*, 2009, 32(3): 25-29.
- [15] Feng H, Wang W H, Xu N, Lu B, Zhang T, Chen H B. Inheritance of several plant type characters in truss tomato. *Scientia Agricultura Sinica*, 2008, 41(12): 4134-4139.
- [16] Zhang F, Chen Fa D, Fang W M, Chen S M, Li F T. Heterosis and mixed genetic analysis of inflorescence traits of chrysanthemum. *Scientia Agricultura Sinica*, 2010, 43(14): 2953-2961.
- [17] Zhang F, Chen Fa D, Fang W M, Chen S M, Li F T. Heterosis and major gene plus polygene mixed genetic analysis for vegetative traits in chrysanthemum. *Scientia Silvae Sinicae*, 2011, 47(2): 46-52.
- [18] Guo H L, Gao Y D, Xue D D, Chen X, Liu J X. Genetic analysis of cold tolerance of zoysia grass. *Acta Prataculturae Sinica*, 2009, 18(3): 53-

58.

- [19] Zheng Y Q, Zang G Z, Guo H L, Liu J X, Ren G. Analysis of heredity and correlation of reproductive traits in centipedegrass (*Eremochloa ophiuroides*) hybrids. *Acta Prataculturae Sinica*, 2011, 20(2): 283-289.
- [20] Qiu Y, Li X X. Genetic analysis of salinity tolerance in *Brassica campestris* L. ssp. *Chinensis* (L.) Makino var. *communis* Tsen et Lee. *China Vegetables*, 2009, 1(4): 21-25.
- [21] Ma Y Q, Weng Y J. Evaluation for salt tolerance in spring wheat cultivars introduced from abroad. *Acta Agronomica Sinica*, 2005, 31(1): 58-64.
- [22] Li Y, Zhang Y P, Sun M, Gao B M. Research advance in the effects of salt stress on plant and the mechanism of plant resistance. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2008, 24(1): 258-263.
- [23] Hou J H, Yun J F, Zhang D H. Studies on physiological indices of salt resistance among *Leymus chinensis* and *Leymus cinereus* with their hybrid. *Acta Prataculturae Sinica*, 2005, 14(1): 73-77.
- [24] Yang F J, Li T L, Zang Z J, He X L. Evaluation of different tomato genotypes salt tolerance at seed germination and seedling growth stages. *China Vegetables*, 2009, (22): 39-44.
- [25] Yao M Z, Wang J F, Chen H Y, Yang Q L, Zhou G A, Zhang H S. Genetic analysis of salt tolerance in Japonica Rice Landrace Jiuciqing from Taihu Lake Region in China. *Chinese Journal of Rice Science*, 2004, 18(6): 503-506.
- [26] Qiu S P. Genetic Analysis and Relative Gene Cloning for Salt Tolerance in Rice [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2005.
- [27] Shen F F, Yu Y J, Bi J J, Liu F Z, Yin C Q. A diallel analysis of salt tolerance in upland cotton. *Acta Agronomica Sinica*, 2001, 27(1): 50-54.
- [28] Yang Q L, Wang J F, Ding J J, Zhang H S. Inheritance of salt tolerance in some rice (*Oryza sativa* L.) cultivars at the seedling stage. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 2004, 27(4): 6-10.
- [29] Li Y R, Si L T. Genetic analysis of salt-tolerance of cucumber at seedling stage. *Journal of Northwest A and F University: Natural Science Edition*, 2011, 39(4): 127-131.

参考文献:

- [1] 付艳, 高树仁, 王振华. 玉米种质苗期耐盐性的评价. *玉米科学*, 2009, 17(1): 36-39, 50-50.
- [6] 张建锋, 张旭东, 周金星, 刘国华, 李冬雪. 世界盐碱地资源及其改良利用的基本措施. *水土保持研究*, 2005, 12(6): 28-30, 107-107.
- [8] 黄有军, 夏国华, 郑炳松, 黄坚钦, 邵香君. 芙蓉菊盐胁迫下的生长表现和生理响应. *江西农业大学学报*, 2007, 29(3): 389-394.
- [9] 孙春青, 陈发棣, 房伟民, 刘兆磊, 滕年军. 菊花远缘杂交研究进展. *中国农业科学*, 2010, 43(12): 2508-2517.
- [10] 管志勇, 陈素梅, 陈发棣, 尹冬梅, 刘兆磊, 唐娟, 杨帆. 32个菊花近缘种属植物耐盐性筛选. *中国农业科学*, 2010, 43(19): 4063-4071.
- [12] 盖钧镒, 章元明, 王建康. 植物数量性状遗传体系. 北京: 科学出版社, 2003: 96-166.
- [13] 闫立英, 娄丽娜, 李晓丽, 娄群峰, 冯志红, 陈劲枫. 雌性同株黄瓜单性结实性遗传分析. *中国农业科学*, 2010, 43(6): 1295-1301.
- [14] 路昭亮, 柳李旺, 龚义勤, 李小艳, 宋立君, 杨金兰, 汪隆植. 萝卜干物重和可溶性总糖含量的遗传分析. *南京农业学报*, 2009, 32(3): 25-29.
- [15] 冯辉, 王五宏, 徐娜, 鲁博, 张婷, 陈红波. 串番茄主要株型性状的遗传研究. *中国农业科学*, 2008, 41(12): 4134-4139.
- [16] 张飞, 陈发棣, 房伟民, 陈素梅, 李凤童. 菊花花器性状杂种优势与混合遗传分析. *中国农业科学*, 2010, 43(14): 2953-2961.
- [17] 张飞, 陈发棣, 房伟民, 陈素梅, 李凤童. 菊花营养性状杂种优势表现与主基因+多基因混合遗传分析. *林业科学*, 2011, 47(2): 46-52.
- [18] 郭海林, 高雅丹, 薛丹丹, 陈宣, 刘建秀. 结缕草属植物抗寒性的遗传分析. *草业学报*, 2009, 18(3): 53-58.
- [19] 郑轶琦, 臧国长, 郭海林, 刘建秀, 任舸. 假俭草杂交后代生殖性状遗传及相关性分析. *草业学报*, 2011, 20(2): 283-289.
- [20] 邱杨, 李锡香. 小白菜耐盐性的遗传分析. *中国蔬菜*, 2009, 1(4): 21-25.
- [21] 马雅琴, 翁跃进. 引进春小麦种质耐盐性的鉴定评价. *作物学报*, 2005, 31(1): 58-64.
- [22] 李彦, 张英鹏, 孙明, 高弼模. 盐分胁迫对植物的影响及植物耐盐机理研究进展. *中国农学通报*, 2008, 24(1): 258-263.
- [23] 侯建华, 云锦凤, 张东晖. 羊草与灰色赖草及其杂交种的耐盐生理特性比较. *草业学报*, 2005, 14(1): 73-77.
- [24] 杨风军, 李天来, 臧忠婧, 何晓蕾. 不同基因型番茄种子萌发期和幼苗期耐盐性评价. *中国蔬菜*, 2009, (22): 39-44.
- [25] 姚明哲, 王建飞, 陈宏友, 杨庆利, 周国安, 张红生. 太湖流域粳稻地方品种韭菜青的苗期耐盐性遗传分析. *中国水稻科学*, 2004, 18(6): 503-506.
- [26] 邱生平. 水稻耐盐性的遗传分析及耐盐相关基因的克隆[D]. 南京: 南京农业大学, 2005.
- [27] 沈法富, 于元杰, 毕建杰, 刘凤珍, 尹承侓. 棉花耐盐性的双列杂交分析. *作物学报*, 2001, 27(1): 50-54.
- [28] 杨庆利, 王建飞, 丁俊杰, 张红生. 7个水稻品种苗期耐盐性的遗传分析. *南京农业大学学报*, 2004, 27(4): 6-10.
- [29] 李艳茹, 司龙亭. 黄瓜幼苗耐盐性的遗传分析. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2011, 39(4): 127-131.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33 ,No. 16 Aug. ,2013(Semimonthly)
CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Advances in theoretical issues of species distribution models LI Guoqing, LIU Changcheng, LIU Yuguo, et al (4827)
- A review on rare earth elements in farmland ecosystem JIN Shulan, HUANG Yizong (4836)
- A review on the mechanism of attachment and metamorphosis in barnacle cyprids ... RAO Xiaozhen, LIN Gang, XU Youqin (4846)
- Decision making in group living animals WANG Chengliang, WANG Xiaowei, QI Xiaoguang, et al (4857)

Autecology & Fundamentals

- Influence of monsoon's advancing, retreating and conversion on migrations of *Nilaparvata lugens* (Stål) in China
..... BAO Yunxuan, HUANG Jinying, XIE Xiaojin, et al (4864)
- Prey selection and feeding rate of sea stars *Asterias amurensis* and *Asterina pectinifera* on three bivalves
..... QI Zhanhui, WANG Jun, MAO Yuze, et al (4878)
- Habitat selection of Whooper Swan at Bayanbulak in Xinjiang of China DONG Chao, ZHANG Guogang, LU Jun, et al (4885)
- The genetic structure of endemic plant *Pteroceltis tatarinowii* by ISSR markers
..... LI Xiaohong, ZHANG Hui, WANG Deyuan, et al (4892)
- Genetic analysis of salt tolerance of F₁ progenies between chrysanthemum and the intergeneric hybrid of chrysanthemum and
crossostephium XU Lili, CHEN Fadi, CHEN Sumei, et al (4902)
- Indicative effect of the anatomical structure of plant photosynthetic organ on WUE in desert region
..... ZHANG Haina, SU Peixi, LI Shanxia, et al (4909)
- Effects of water on photosynthesis in different age of tomato leaves CHEN Kaili, LI Jianming, HE Huiqiang, et al (4919)
- Photosynthesis-nitrogen relationship in evergreen and deciduous tree species at different altitudes on Mao'er Mountain, Guangxi
..... BAI Kundong, JIANG Debing, WAN Xianchong (4930)
- Effect of fertilization on the dynamic of soil N₂O fluxes in Chinese chestnut stands
..... ZHANG Jiaojiao, LI Yongfu, JIANG Peikun, et al (4939)
- Effects of long-term fertilization on aggregate dynamics and organic carbon and total nitrogen contents in a reddish paddy soil
..... LIU Xiyu, WANG Zhongqiang, ZHANG Xinyu, et al (4949)

Population, Community and Ecosystem

- Carbon storage of natural wetland ecosystem in Daxing'anling of China MU Changcheng, WANG Biao, LU Huicui, et al (4956)
- Monitoring the riparian vegetation cover after the Wenchuan earthquake along the Minjiang River valley based on multi-temporal
Landsat TM images; a case study of the Yingxiu-Wenchuan section XU Jiceng, TANG Bin, LU Tao (4966)
- A dynamic analysis of spatial distribution pattern of *Larix gmelinii* natural forest in Pangu farm under varying intensity of fire
disturbance NI Baolong, LIU Zhaogang (4975)
- Structure of macrozoobenthos in lakes along the Yangtze River and relationships with environmental characteristics
..... CAI Yongjiu, JIANG Jiahu, ZHANG Lu, et al (4985)
- The research on the age structure and sex ratio of *Niviventer confucianus* in Thousand Island Lake
..... ZHANG Xu, BAO Yixin, LIU Jun, et al (5000)
- Mathematical model of insect Logistic increasing and economic threshold based on sex pheromone trap
..... ZHAO Zhiguo, RONG Erhua, ZHAO Zhihong, et al (5008)
- Community composition and phototaxis of insects in tea plantations in Southern Jiangshu Province during late fall
..... ZHENG Yingcha, NIU Yuqun, CUI Guiling, et al (5017)
- Effect of agricultural land use types on soil mite communities in north China
..... HAN Xuemei, LI Dandan, LIANG Zian, et al (5026)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Exploring the space syntax under negative planning; a case study of landscape connectivity based on the behaviors of avian edge
species YANG Tianxiang, ZHANG Weiqian, FAN Zhengqiu, et al (5035)
- Temporal-spatial variation of heterotrophic respiration in alpine area of southwestern China
..... ZHANG Yuandong, PANG Rui, GU Fengxue, et al (5047)

- Variability of soil organic matter and its main factors in Jiangsu Province ZHAO Mingsong, ZHANG Ganlin, LI Decheng, et al (5058)
- Spatial distribution and change of vegetation carbon in Northwest Guangxi, China on the basis of vegetation inventory data ZHANG Mingyang, LUO Weijian, LIU Huiyu, et al (5067)
- Resource and Industrial Ecology**
- Urban metabolism process based on emergy synthesis; a case study of Beijing LIU Gengyuan, YANG Zhifeng, CHEN Bin (5078)
- Evaluation on cultivated land ecological security based on the PSR model and matter element analysis ZHANG Rui, ZHENG Huawei, LIU Youzhao (5090)
- The effect of super absorbent polymer on the growth and nutrition absorption of *Festuca arundinacea* L. on an improved gangue matrix ZHAO Zhifeng, WANG Dongmei, ZHAO Tingning (5101)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- The effect of distance on the ecological conservation value; a case study of Sanjiang Plain Wetland AO Changlin, CHEN Jinting, JIAO Yang, et al (5109)
- Research Notes**
- Scaling effect on spatial variation of soil organic carbon in mountainous areas of Guangdong Province JIANG Chun, WU Zhifeng, QIAN Lexiang, et al (5118)
- The changes of hair length and pelage thermal insulation in captive female squirrel, *Sciurus vulgarize manchuricus*, during autumn molting period JING Pu, ZHANG Wei, HUA Yan, et al (5126)

《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 王克林 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16期 (2013年8月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 16 (August, 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@espg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@espg.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	京海工商广字第8013号		

