

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第33卷 第5期 Vol.33 No.5 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 (SHENTAI XUEBAO)

第33卷 第5期 2013年3月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 氮沉降对森林土壤有机质和凋落物分解的影响及其微生物学机制 王晶苑, 张心昱, 温学发, 等 (1337)
工业大麻对重金属污染土壤的治理研究进展 梁淑敏, 许艳萍, 陈 裕, 等 (1347)
最佳管理措施评估方法研究进展 孟凡德, 耿润哲, 欧 洋, 等 (1357)
灌木年轮学研究进展 芦晓明, 梁尔源 (1367)

个体与基础生态

- 华北落叶松夜间树干液流特征及生长季补水格局 王艳兵, 德永军, 熊 伟, 等 (1375)
土壤干旱胁迫对沙棘叶片光合作用和抗氧化酶活性的影响 裴 斌, 张光灿, 张淑勇, 等 (1386)
湖北石首麋鹿昼间活动时间分配 杨道德, 李竹云, 李鹏飞, 等 (1397)
三种杀虫剂亚致死浓度对川硬皮肿腿蜂繁殖和搜寻行为的影响 杨 桦, 杨 伟, 杨春平, 等 (1405)

种群、群落和生态系统

- 三沙湾浮游动物生态类群演替特征 徐佳奕, 徐兆礼 (1413)
滇西北高原纳帕海湿地湖滨带优势植物生物量及其凋落物分解 郭绪虎, 肖德荣, 田 昆, 等 (1425)
安徽新安江干流滩涂湿地草本植物区系及物种多样性 杨文斌, 刘 坤, 周守标 (1433)
湿地芦苇根结合好气细菌群落时空分布及其与水质因子的关系 熊 薇, 郭逍宇, 赵 霖 (1443)
三种温带树种叶片呼吸的时间动态及其影响因子 王兆国, 王传宽 (1456)
不同土壤水分条件下杨树人工林水分利用效率对环境因子的响应 周 洁, 张志强, 孙 阁, 等 (1465)
不同生态区域沙地建群种油蒿的钙组分特征 薛苹苹, 高玉葆, 何兴东 (1475)
藏北高寒草甸植物群落对土壤线虫群落功能结构的影响 薛会英, 胡 锋, 罗大庆 (1482)
铜尾矿废弃地土壤动物多样性特征 朱永恒, 沈 非, 余 健, 等 (1495)
环丙沙星对土壤微生物量碳和土壤微生物群落碳代谢多样性的影响 马 驿, 彭金菊, 王 芸, 等 (1506)
基于生态水位约束的下辽河平原地下水生态需水量估算 孙才志, 高 翳, 朱正如 (1513)

景观、区域和全球生态

- 佛山市高明区生态安全格局和建设用地扩展预案 苏泳娴, 张虹鸥, 陈修治, 等 (1524)
不同护坡草本植物的根系特征及对土壤渗透性的影响 李建兴, 何丙辉, 谌 芸 (1535)
京沪穗三地近十年夜间热力景观格局演变对比研究 孟 舟, 王明玉, 李小娟, 等 (1545)
窟野河流域河川基流量变化趋势及其驱动因素 雷泳南, 张晓萍, 张建军, 等 (1559)
模拟氮沉降条件下木荷幼苗光合特性、生物量与 C、N、P 分配格局 李明月, 王 健, 王振兴, 等 (1569)
铁炉渣施加对稻田甲烷产生、氧化与排放的影响 王维奇, 李鹏飞, 曾从盛, 等 (1578)

资源与产业生态

- 食用黑粉菌侵染对茭白植株抗氧化系统和叶绿素荧光的影响 闫 宁, 王晓清, 王志丹, 等 (1584)

- 佛手低温胁迫相关基因的差异表达 陈文荣,叶杰君,李永强,等 (1594)
美洲棘薺马对不同蔬菜寄主的偏好性 朱亮,石宝才,官亚军,等 (1607)
茉莉酸对棉花单宁含量和抗虫相关酶活性的诱导效应 杨世勇,王蒙蒙,谢建春 (1615)
造纸废水灌溉对毛白杨苗木生长及养分状况的影响 王烨,席本野,崔向东,等 (1626)
基于数据包络分析的江苏省水资源利用效率 赵晨,王远,谷学明,等 (1636)

研究简报

- 太岳山不同郁闭度油松人工林降水分配特征 周彬,韩海荣,康峰峰,等 (1645)
基于 TM 卫星影像数据的北京市植被变化及其原因分析 贾宝全 (1654)
薇甘菊萎焉病毒感染对薇甘菊光合特性和 4 种酶活性的影响 王瑞龙,潘婉文,杨娇瑜,等 (1667)
第七届现代生态学讲座、第四届国际青年生态学者论坛通知 (I)
中、美生态学会联合招聘国际期刊主编 (i)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 338 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 34 * 2013-03



封面图说:美丽的油松松枝——油松又称红皮松、短叶松。树高可达 30m,胸径达 1m。其树皮下部灰褐色,裂成不规则鳞块;针叶 2 针一束,暗绿色,较粗硬;球果卵形或卵圆形,长 4—7cm,有短柄,与枝几乎成直角。油松适应性强,根系发达,树姿雄伟,枝叶繁茂,有良好的保持水土和美化环境的功能,是中国北方广大地区最主要的造林树种之一,在华北地区无论是山区或平原到处可见,人工林很多,一般情况下在山区生长最好。在山区生长的油松,多在阴坡、半阴坡,土壤湿润和较肥沃的地方。

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/stxb201207261065

薛萍萍, 高玉葆, 何兴东. 不同生态区域沙地建群种油蒿的钙组分特征. 生态学报, 2013, 33(5): 1475-1481.
Xue P P, Gao Y B, He X D. An analysis of calcium components of *Artemisia ordosica* plant on sandy lands in different ecological regions. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(5): 1475-1481.

不同生态区域沙地建群种油蒿的钙组分特征

薛萍萍, 高玉葆*, 何兴东

(南开大学生命科学学院, 天津 300071)

摘要:为探索同一物种在不同生态区域钙组分特征的差异,选择我国北方沙地重要建群种油蒿(*Artemisia ordosica*)为研究对象,采集了内蒙古杭锦旗、乌审旗、阿拉善左旗以及宁夏盐池县和陕西榆林市榆阳区不同沙地类型、不同生长阶段的油蒿样品,利用连续组分法测定分析了油蒿的钙组分特征。结果表明,在油蒿的不同器官中,叶水溶性钙和醋酸溶性钙均显著高于枝和根,叶与根盐酸溶性钙均显著高于枝。在不同生态区域,降水量较多的地区油蒿体内水溶性钙含量较多,降水量较少的地区油蒿体内盐酸溶性钙含量较高。分析得知,降水条件较好的地区较高的水溶性钙主要体现在油蒿的叶中,而降水条件较差的地区较高的盐酸溶性钙主要体现在油蒿的叶和根中。油蒿在不同生长阶段钙组分没有显著差异,但不同类型沙地上油蒿的钙组分却有显著差异。可见,不同生态区域的油蒿,生境条件越好体内水溶性钙含量越高,生境条件越差体内盐酸溶性钙含量越高。

关键词:油蒿;器官;生境;沙地;钙组分

An analysis of calcium components of *Artemisia ordosica* plant on sandy lands in different ecological regions

XUE Pingping, GAO Yubao*, HE Xingdong

College of Life Sciences, Nankai University, Tianjin 300071, China

Abstract: To study the differences in calcium content in the same plant species among different ecological regions, we determined the plant calcium content in *Artemisia ordosica*, an abundant, widespread species on sandy soils in northwest China. To determine the different plant calcium components, water soluble Ca, acetic acid soluble Ca and hydrochloric acid soluble Ca, we used a sequential fractionation procedure method. Water soluble Ca and acetic acid soluble Ca are physiological active, water soluble Ca contains a Ca ion and part of water soluble Ca salts, and hydrochloric acid soluble Ca is Ca oxalate. In general, the more stressful an environment, the more Ca oxalate the plant contains. In the present study, we collected different life stages and different plant organs of *A. ordosica* from different sandy soil types, and different ecological regions. As growth stages, we used young plants, adult plants and old plants. The types of sandy soil include shifting sandy soil, semi-fixed sandy soil and fixed sandy soil. The ecological regions we selected were located in Hangjin county (Kubuqi Desert), Wushen county (Mu Us Sand Land) and Alashan Zuoqi county (Tengger Desert) in Inner Mongolia autonomous region, Yanchi county (Mu Us Sand Land) in Ningxia Hui autonomous region and Yuyang district of Yulin city (Mu Us Sand Land) in Shaanxi province. Our results showed that at organ level, water soluble Ca and acetic acid soluble Ca were significantly higher in leafs than in branches or roots, while hydrochloric acid soluble Ca was significantly higher in leafs and roots than in branches. In relatively wet ecological regions, the plant contained higher water soluble Ca, while in drier ecological regions, plants contained higher levels of hydrochloric acid soluble Ca. Moreover,

基金项目:国家自然科学基金(30970546);国家重点基础研究发展计划(2009CB421303)资助

收稿日期:2012-07-26; 修订日期:2013-01-16

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ybgao@nankai.edu.cn

these higher levels of soluble Ca in areas with higher rainfall mainly existed in the leaves, while the high levels of hydrochloric acid soluble Ca in dry ecological regions was found mainly in the leafs and roots. There was no difference between the different growth stages of the plant, but we found significant differences between different sandy soil types. Comprehensive analysis of the environmental and vegetation conditions suggests that the different calcium components in *A. ordosica* species were not only influenced by rainfall but also by evaporation, and we find no indication that the calcium content differs between the different growth stages of the plant. To conclude, we find higher water soluble Ca content in plants in less stressful habitats, while we find higher hydrochloric acid Ca levels in more stressful habitats.

Key Words: *Artemisia ordosica*; organ; habitat; sand land; calcium component

植物体内的钙离子及化合态钙在植物生理生化代谢中有重要的作用、并进而影响植物的行为^[1-3]。钙离子在维持膜完整性及稳定性^[2, 4]、调节渗透平衡^[5-7]、作为第二信使调节新陈代谢^[8-9]、增强离子选择吸收和运输能力^[10]、减少活性氧的生成^[11-13]以及改善光合作用^[14]等方面具有重要意义,草酸钙在调节钙离子浓度^[15-16]以及植防御保护和重金属的解毒^[17-19]等方面发挥着重要作用,磷酸钙在促进和抑制代谢方面^[20]有独特功能,而果胶酸钙维持细胞壁强度方面^[2-3]不可或缺。如上所述,钙离子与化合态钙的生理生化及生态功能不尽相同,因而,很有必要从钙组分的角度探讨植物的抗逆性。

植物钙组分包括水溶性钙、醋酸溶性钙和盐酸溶性钙。水溶性钙是指游离钙离子和一些易溶或微溶于水的钙盐,醋酸溶性钙主要包括碳酸钙、磷酸钙和果胶酸钙等,而盐酸溶性钙仅为草酸钙^[3]。前期对干旱生境腾格里沙漠25种植物钙组分研究表明,多年生草本植物具有较多的水溶性钙,而灌木和半灌木具有较多的盐酸溶性钙;随进展演替,植物体内醋酸溶性钙逐渐减少而盐酸溶性钙逐渐增加^[21]。随后对天津盐渍化生境54种植物钙组分研究表明,从乔木、灌木、藤本到草本,植物体内盐酸溶性钙含量逐渐减少而水溶性钙含量逐渐增多,且草本植物体内的水溶性钙含量显著高于乔木和灌木^[22]。这说明对干旱生境和盐渍化生境较敏感的植物具有较多的钙离子,而相对不敏感的植物具有较多的草酸钙。显然,物种不同、生长型不同,植物体内钙组分特征不同。

然而,同一物种不同居群因生境而异其钙组分特征会不会也有所差异,这是一个需要验证的问题。为此,本文选择我国北方沙地重要建群种油蒿(*Artemisia ordosica*)为研究对象,从植株构件水平和种群水平,按生境、年龄比较了油蒿的钙组分特征,为深入了解植物的抗逆性适应机制及表型可塑性的形成机制提供依据。

1 实验材料与方法

1.1 供试材料及取样

2010年8月15—20日,先后在内蒙古杭锦旗(库布齐沙漠)、乌审旗(毛乌素沙地)、阿拉善左旗(腾格里沙漠)以及宁夏盐池县(毛乌素沙地)和陕西榆林市榆阳区(毛乌素沙地)这5个旗(县、区)采集油蒿植物样品。研究区气候因子见表1。

表1 研究区年均降水量与年均蒸发量

Table 1 Yearly mean rainfall and yearly mean evaporation for the study area

指标 Index	研究区 Standy area				
	阿拉善左旗	杭锦旗	乌审旗	盐池县	榆林市榆阳区
降水量 Rainfall/mm	213.1	281.2	360.4	296.5	414.1
蒸发量 Evaporation/mm	2349.2	2711.5	2591	2131.7	1895.8
≥10℃积温 ≥10℃ Accumulaotion temperature/°C	2998.4	3221.1	3458.5	2945.6	3753.7

其中杭锦旗设2个采样点,N 39.8515°、E 108.7135°(油蒿半固定沙地)和N 39.7642°、E 108.7639°(油蒿固定沙地);乌审旗设1个采样点,N 39.6287°、E 108.7595°(油蒿流动沙地、半固定沙地和固定沙地);榆林

市榆阳区设1个采样点,N 38.2876°、E 109.6308°(油蒿半固定沙地和固定沙地);盐池县设1个采样点,N 37.8303°、E 107.4094°(油蒿半固定沙地和固定沙地);阿拉善左旗设1个采样点,N 38.7822°、E 105.4396°(油蒿半固定沙地和固定沙地)。本文依据朱震达^[23]和赵兴樑^[24]的定义划分固定沙地、半固定沙地和流动沙地。

在每个采样点每种沙地类型中,根据油蒿灌丛生长状况,划分衰老、成年旺盛和幼龄3个生长阶段,每个生长阶段随机选取5个灌丛,每个油蒿灌丛分别采集叶、1年生枝、多年生枝、细根(<2mm)和主根(>2 mm),共采集825份油蒿植物样品,分别装入编号的纸袋中,及时通风,带回实验室,室温自然保存。

1.2 植物钙组分测定

1.2.1 样品研磨

将尽量剪碎的植物样品装入2.0 mL离心管中,按照研磨仪MM301的操作说明,将两颗钢珠事先装入此离心管中,为了达到较好的研磨效果,样品量不要超过2.0 mL离心管容积的1/2。如有必要,可将装好样品和钢珠的离心管使用液氮冰冻,随后迅速装载到MM301研磨仪上,频率设置为1/30 s,研磨时间为15 min,研磨结束后,检查样品是否呈粉末状,否则,重复以上步骤直至样品完全成为粉末状。与此同时,取植物样品烘干,测定组织含水量,用于计算样品干重。

1.2.2 样品称量

取上述研磨好的样品,用万分之一(四位)分析天平进行称量,为减小不同处理样品之间的误差,尽量称取样品质量接近0.0350 g,并详细、准确记录样品编号及称量数据,连续称取3份,每一份对应着装入事先编号的7 mL离心管中。重复以上称量工作,即,每个样品处理为两次重复,共6份样品。

1.2.3 处理液的制备

用连续组分法^[3, 25]测定钙组分,分别做水处理、醋酸处理和盐酸处理。水处理溶液即蒸馏水;醋酸溶液的配制是将12 mL冰乙酸用蒸馏水稀释至200 mL,得到浓度为1.045 mol/L的稀醋酸溶液;盐酸溶液的配制是将83.5 mL的盐酸用蒸馏水稀释至1000 mL,得到浓度为1 mol/L的稀盐酸溶液。

1.2.4 测定方法

往已装有样品的7 mL离心管中加入对应的处理液,即蒸馏水、稀醋酸溶液和稀盐酸溶液5 mL,充分混匀,12000 r/m下离心10 min;取上清液0.5 mL转移至新的7 mL离心管中,并做好相对应的编号标记;然后,再分别向装有上清液的离心管中加入4.5 mL蒸馏水,使得最终体积为5 mL;将处理好的样品用电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP-AES)进行钙离子浓度测定。

1.2.5 结果计算

根据仪器测定原理,使用计算公式为:Ca (g/kg) = $\alpha \times 5 \times 10 \times 0.001 / m$,式中 α 为ICP仪器测定值,5为测定样品溶液的体积,10为配制样品溶液的稀释倍数, m 为称取样品的质量。

1.3 数据分析

观测数据按照器官、不同生态区域以及按照生境和生长阶段分别统计,用SPSS 16.0软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA),并用最小显著差异法(LSD)比较不同数据组间的差异($\alpha = 0.05$)。同时,以不同生长阶段油蒿不同器官钙组分数据为基准数据,用SPSS 16.0软件中降维软件包的因子分析计算得分值,分析生态环境对油蒿不同居群钙组分的影响力。

2 结果

2.1 油蒿不同器官与居群间钙组分的变化

统计结果表明(图1),在油蒿的不同器官中,叶中水溶性钙显著高于枝和根;叶中醋酸溶性钙也显著高于枝和根,但根中醋酸溶性钙较枝略多;叶中盐酸溶性钙与根无显著差异,但二者均显著高于枝。总的来看,年降水量相对较高的榆林市榆阳区较年降水量相对较低的阿拉善左旗(表1),油蒿叶和当年生枝中水溶性钙含量相对较高(图1);反过来,年降水量相对较低的阿拉善左旗较年降水量相对较高的榆林市榆阳区,油蒿细根

和主根中盐酸溶性钙含量相对较高(图1);而年降水量相对中等的乌审旗和杭锦旗油蒿各构件中的醋酸溶性钙既高于条件较好的榆林市榆阳区又高于条件较差的阿拉善左旗(图1)。

就不同生态区域油蒿而言(图2),年降水量相对中等和较高的榆林市榆阳区、乌审旗、盐池县和杭锦旗油蒿体内水溶性钙均显著高于年降水量较低的阿拉善左旗,年降水量相对中等的乌审旗油蒿体内醋酸溶性钙均显著高于条件较好的榆林市榆阳区和条件较差的阿拉善左旗,但年降水量相对较低的阿拉善左旗以及年降水量相对中等的杭锦旗油蒿体内盐酸溶性钙均显著地高于年降水量相对较高的榆林市榆阳区、乌审旗和盐池县。

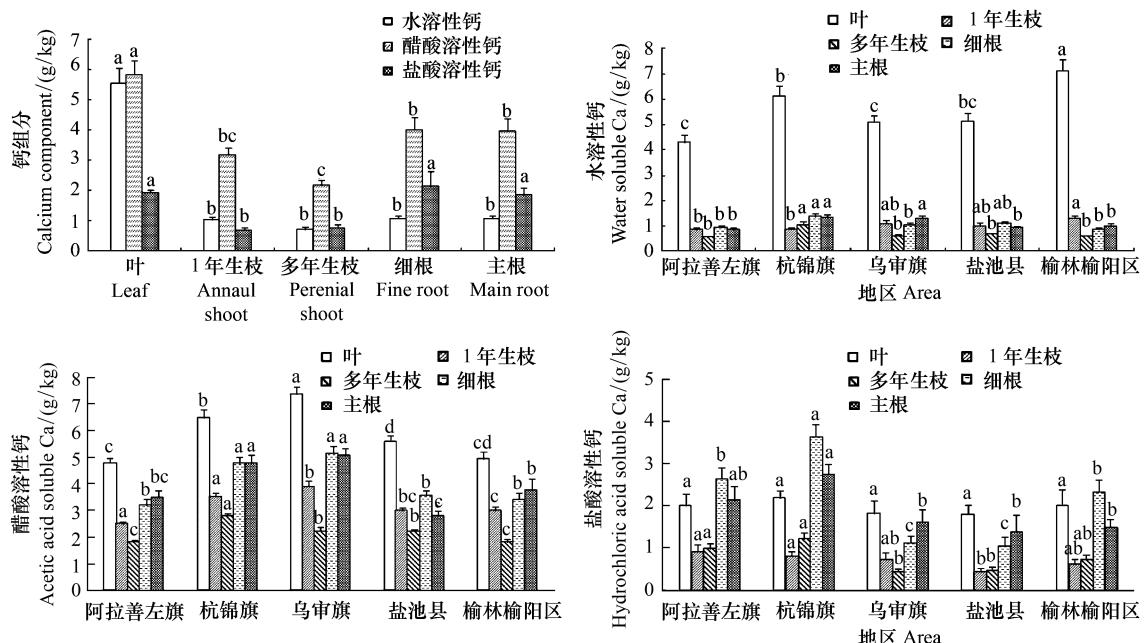


图1 油蒿不同器官中钙组分的变化

Fig. 1 Calcium components in different organs of *Artemisia ordosica* plant

同一指标不同字母表示不同变量之间差异显著($P < 0.05$, LSD 检验)

2.2 不同生长阶段及不同生境钙组分的变化

就油蒿不同生长阶段而言(图3),除成龄旺盛生长阶段醋酸溶性钙显著低于老龄阶段和幼龄阶段外,水溶性钙和盐酸溶性钙3个生长阶段没有显著差异。

但是,按照生境类型统计(图4),流动沙地油蒿体内水溶性钙和盐酸溶性钙均显著低于半固定沙地和固定沙地而醋酸溶性钙显著高于半固定沙地和固定沙地。

2.3 钙组分影响力分析

鉴于以上分析,油蒿器官、不同生态区域以及不同生境钙组分都有显著差异,而不同生长阶段差异不明显,因此,以不同生长阶段油蒿器官钙组分数据为基准数据,分析生态环境对油蒿不同居群钙组分的影响力(表2)。

影响力分析结果表明,半固定沙地油蒿水溶性钙杭锦旗影响力最大,而榆林市榆阳区影响力最小,醋酸溶性钙杭锦旗影响力最大而阿拉善左旗影响力最小,盐酸溶性钙杭锦旗影响力最大而盐池县影响力最小;固定沙地油蒿水溶性钙乌审旗影响力最大而杭锦旗影响力最小,醋酸溶性钙杭锦旗影响力最大而盐池县影响力最

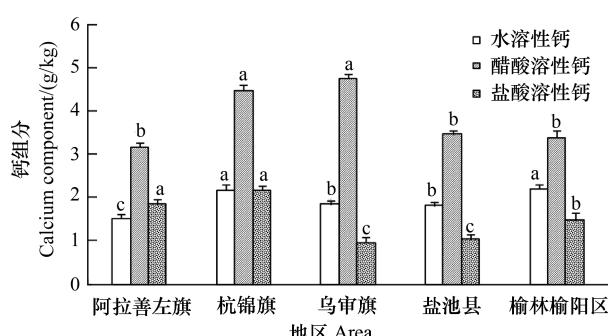


图2 不同生态区域油蒿体内钙组分变化

Fig. 2 Calcium components of *Artemisia ordosica* plant for different ecological regions

小,盐酸溶性钙杭锦旗影响力最大而乌审旗影响力最小。不同生态区域油蒿油蒿钙组分的现实统计结果也基本如此(图5)。

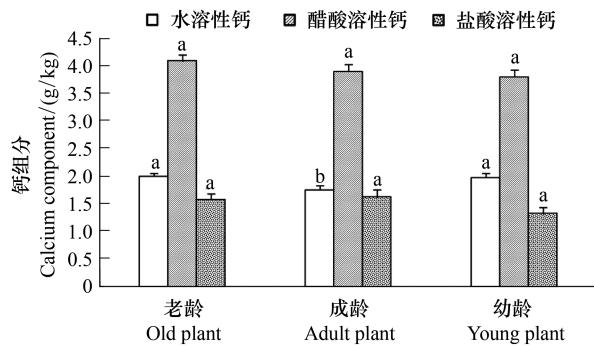


图3 不同生长阶段油蒿钙组分变化

Fig. 3 Calcium components of *Artemisia ordosica* in the different growing stages

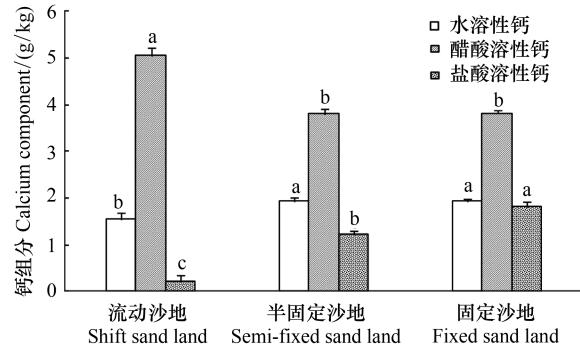


图4 不同生境油蒿钙组分变化

Fig. 4 Calcium components of *Artemisia ordosica* plant in the different habitats

表2 油蒿钙组分影响力分析

Table 2 Influence analysis of calcium components for *Artemisia ordosica* plant

地区 Area	半固定沙地 Semi-fixed sandy land			固定沙地 Fixed sandy land		
	水溶性钙 Water soluble Ca	醋酸溶性钙 Acetic acid soluble Ca	盐酸溶性钙 Hydrochloric acid soluble Ca	水溶性钙 Water soluble Ca	醋酸溶性钙 Acetic acid soluble Ca	盐酸溶性钙 Hydrochloric acid soluble Ca
阿拉善左旗	-0.3372	-0.7876	-0.0020	-0.2734	-0.0164	0.5330
杭锦旗	1.4826	1.6726	1.5185	-0.9338	0.9981	1.1606
乌审旗	-0.7536	-0.4408	-0.5002	1.6769	0.5196	-1.1090
盐池县	0.5264	0.1583	-1.1891	-0.4910	-1.6469	-0.9880
榆林市榆阳区	-0.91808	-0.6024	0.1728	0.02125	0.14567	0.40346

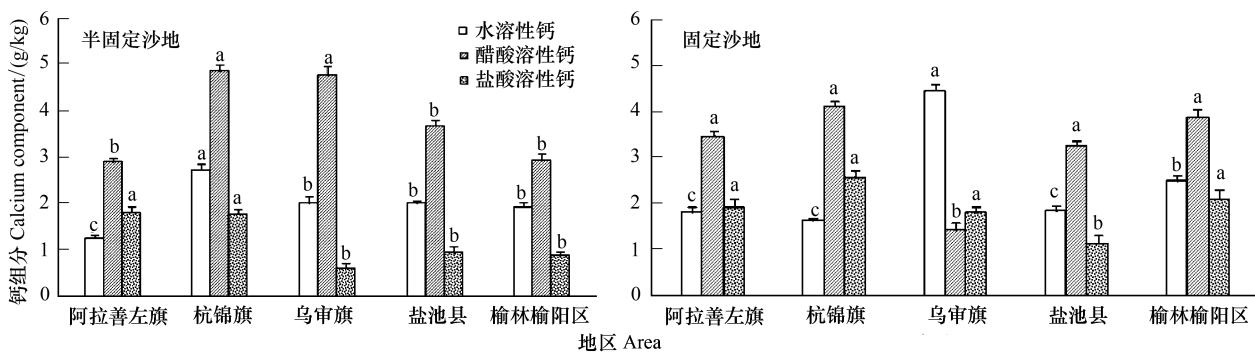


图5 不同生态区域不同生境油蒿钙组分变化

Fig. 5 Calcium components of *Artemisia ordosica* plant in the different ecological regions and different habitats

3 讨论

植物各器官的生物学功能不同,钙离子和化合态钙的生理生态功能也有所不同^[2, 8, 15],因而理论上植物各器官中的钙组分也应当存在差异。本研究表明,油蒿各器官钙组分之间的确存在显著差异,叶中水溶性钙和醋酸溶性钙均显著高于枝和根中,叶中与根中盐酸溶性钙均显著高于枝中。承前所述,水溶性钙是指游离钙离子和一些易溶或微溶于水的钙盐,醋酸溶性钙主要包括一些生理活性钙盐,而盐酸溶性钙仅为草酸钙^[3]。也就是说,叶中钙离子、果胶酸钙、苹果酸钙、磷酸钙、碳酸钙和草酸钙含量均较多,这与叶是光合产物的形成场所有关^[26]。

本研究表明,不同生态区域油蒿钙组分的差异较大,年降水量相对较高的榆林榆阳地区,油蒿体内水溶性钙含量较多;而年降水量相对较低的阿拉善左旗,油蒿体内盐酸溶性钙含量较高。这一结果与前期对干旱生境25种植物^[22]和盐渍化生境54种植物^[23]钙组分特征的研究结果有所不同,前期结果是对逆境较敏感的植物具有较多的钙离子、对逆境相对不敏感的植物具有较多的草酸钙,而本研究的结果是逆境程度轻水溶性钙含量多(较多的钙离子)、逆境程度重盐酸溶性钙含量多(较多的草酸钙)。结合油蒿构件水平钙组分特征进一步分析得知,年降水量相对较高的地区,含量相对较高的水溶性钙主要存在于油蒿的叶片;而年降水量相对较低的阿拉善左旗,含量相对较高的盐酸溶性钙主要存在于油蒿的叶和根中。

与预期不同的是,从油蒿的生长阶段来看,幼龄、成龄旺盛与老龄3个生长阶段钙组分基本没有显著差异。但是,生境对钙组分有明显影响,流动沙地和半固定沙地油蒿体内水溶性钙和盐酸溶性钙均显著低于固定沙地。这一结果与上述油蒿种群水平钙组分的特征是一致的,这是因为固定沙地相对于流动沙地和半固定沙地,土壤水分条件变差,加之生境中其他生态条件的变化,导致固定沙地的油蒿具有较多的盐酸溶性钙,即油蒿体内含有相对较多的草酸钙。然而,按照油蒿种群水平钙组分特征的结果,半固定沙丘较固定沙丘油蒿水溶性钙应该相应地增多,但统计结果是半固定沙地油蒿体内水溶性钙显著低于固定沙地,这一现象下面进行分析。

一个地区植物的钙组分特征是生态环境综合影响的结果。在本研究中,鉴于油蒿不同器官、不同生态区域以及不同生境钙组分都有显著差异,而不同生长阶段差异不明显,于是以不同生长阶段油蒿构件水平钙组分数据为基准数据进行因子分析。结果表明,半固定沙地油蒿水溶性钙杭锦旗影响力最大,盐酸溶性钙杭锦旗影响力也是最大;固定沙地油蒿水溶性钙杭锦旗影响力最小,盐酸溶性钙杭锦旗影响力最大。那么,在5个居群中,杭锦旗油蒿钙组分影响力为何这样特殊?仔细分析气候因子,发现杭锦旗的年均蒸发量在5个采样区是最大的。与最干燥的阿拉善左旗相比,尽管杭锦旗的降水量(281.2 mm)比阿拉善(213.1 mm)高且干燥度(1.83)比阿拉善(2.25)低,但由于杭锦旗≥10℃积温(3221.1℃)比阿拉善(2998.4℃)高6.91%,因而杭锦旗的蒸发量(2711.5 mm)比更干旱的阿拉善左旗(2349.2 mm)还要高13.36%。可见,不但年降水量影响油蒿钙组分的特征,而且年蒸发量也影响油蒿钙组分特征,而这点是今后分析物种钙组分必须要注意的。那么,在本研究结果中,出现半固定沙丘油蒿体内水溶性钙显著低于固定沙地正是由于特殊的蒸发条件导致的。

诚然,植物的钙组分特征不但是当地生态环境条件的反映,而且也可能会影响植物的表型可塑性。由于植物根际交换性钙的含量显著低于非根际^[27],根系吸收土壤中钙参与代谢,植物所吸收的钙不但调节气孔限制蒸腾^[28-29]、改善光合^[14]、增强氮素代谢^[30],而且中和多余而有毒的草酸^[31],而更重要的是,植物吸收的钙直接促进植物的生长和生物量的积累^[32-33],进而影响植物的表型^[34],但这方面的问题仍需深入探索。

References:

- [1] Jian L C, Wang H. Ca²⁺ signaling in plant cell response and adaptation to low temperature, drought and salt stresses. Chinese Bulletin of Botany, 2008, 25(3): 255-267.
- [2] Hepler P K. Calcium: a central regulator of plant growth and development. The Plant Cell, 2005, 17(18): 2142-2155.
- [3] Clark C J, Smith G S, Walker G D. The form, distribution, and seasonal accumulation of calcium in kiwifruit leaves. New Phytologist, 1987, 105(3): 477-486.
- [4] Matsumoto H, Yamada T. Repression of the K⁺ uptake and cation-stimulated ATPase activity associated with the plasma membrane-enriched fraction of cucumber roots due to Ca²⁺ starvation. Plant and Cell Physiology, 1984, 25(8): 1501-1508.
- [5] Carvajal M, Cerdá A, Martínez V. Does calcium ameliorate the negative effect of NaCl on melon root water transport by regulating aquaporin activity? New Phytologist, 2000, 145(3): 439-447.
- [6] Song J Q, Mei X R, Fujiyama H. Adequate internal water status of NaCl-salinized rice shoots enhanced selective calcium and potassium absorption. Soil Science and Plant Nutrition, 2006, 52(3): 300-304.
- [7] Shah S H, Wainwright S J, Merrett M J. The interaction of sodium and calcium chlorides and light on growth, potassium nutrition, and proline accumulation in callus cultures of *Medicago sativa* L. New Phytologist, 1990, 116(1): 37-45.
- [8] Bush D S. Calcium regulation in plant cells and its role in signaling. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 1995, 46: 85-122.
- [9] Blatt M R, Grabov A. Signalling gates in abscisic acid-mediated control of guard cell ion channels. Physiologia Plantarum, 1997, 100(3):

481-490.

- [10] Halperin S J, Kochian L V, Lynch J P. Salinity stress inhibits calcium loading into the xylem of excised barley (*Hordeum vulgare*) roots. *New Phytologist*, 1997, 135(3): 419-427.
- [11] Sanders D, Brownlee C, Harper J F. Communicating with calcium. *The Plant Cell*, 1999, 11(4): 691-706.
- [12] Bowler C, Flub R. The role of calcium and activated oxygens as signals for controlling cross-tolerance. *Trends in Plant Science*, 2000, 5(6): 241-246.
- [13] Mittova V, Volokita M, Guy M, Tal M. Activities of SOD and the ascorbate-glutathione cycle enzymes in subcellular compartments in leaves and roots of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant *Lycopersicon pennellii*. *Physiologia Plantarum*, 2000, 110(1): 42-51.
- [14] Van Assche F, Clijsters H. Effects of metals on enzyme activity in plants. *Plant, Cell and Environment*, 1990, 13(3): 195-206.
- [15] Franceschi V R, Horner H T. Calcium oxalate crystals in plants. *The Botanical Review*, 1980, 46(4): 361-427.
- [16] Kostman T A, Franceschi V R. Cell and calcium oxalate crystal growth is coordinated to achieve high-capacity calcium regulation in plants. *Protoplasma*, 2000, 214(3/4): 166-179.
- [17] Volk G M, Lynch-Holm V J, Kostman T A, Goss L J, Franceschi V R. The role of druse and raphide calcium oxalate crystals in tissue calcium regulation in *Pistia stratiotes* Leaves. *Plant Biology*, 2002, 4(1): 34-45.
- [18] Mazzon A M A. Calcium oxalate deposits in leaves of *Cochrinos olitorius* as related to accumulation of toxic metals. *Russian Journal of Plant Physiology*, 2004, 51(2): 281-285.
- [19] Chen Z, Geng H C, Wang S S, Ding M L, Chen X J, Chen J Y. Formation, degeneration and functions of oxalate in plant. *Molecular Plant Breeding*, 2007, 5(S1): 105-110.
- [20] McLaughlin S B, Wimmer R. Tansley review No 104 calcium physiology and terrestrial ecosystem processes. *New Phytologist*, 1999, 142(3): 373-417.
- [21] Ci H C, He X D, Li R, Wu W, Xue P P, Gao Y B, Zhao H L. Characteristics of plant calcium fractions for 25 species in Tengger Desert. *Sciences in Cold and Arid Regions*, 2010, 2(2): 168-174.
- [22] Xu J J, Ci H C, He X D, Xue P P, Zhao X L, Guo J T, Gao Y B. Features of calcium crystals and calcium components in 54 plant species in salinized habitats of Tianjin. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2012, 23(5): 1247-1253.
- [23] Zhu Z D. *Desert in China (Recension)*. Beijing: Science Press, 1980.
- [24] Zhao X L. *Discussion on sand-fixing plants in Shapotou area//Institute of Desert Research, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou. Study on Controlling Shifting Sand in Tengri Desert (2nd)*. Yinchuan: Ningxia People Press, 1991: 27-57.
- [25] Bradfield E G. Extraction of calcium fractions from plant material. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1977, 8(7): 563-572.
- [26] Pan B C. *Plant Physiology*. Beijing: Higher Education Press, 2004.
- [27] Ren W, Zhou Z Y, Zhan Y Y, Xue Z Y. The characteristics of medium and trace element concentrations in the rhizosphere of desert shrubs, Alxa. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(7): 3759-3767.
- [28] Atkinson C J, Mansfield T A, Davies W J. Does calcium in xylem sap regulate stomatal conductance? *New Phytologist*, 1990, 116(1): 19-27.
- [29] Ng C K Y, McAinch M R, Gray J E, Hunt L E, Leckie C P, Mills L, Hetherington A M. Calcium-based signalling systems in guard cells. *New Phytologist*, 2001, 151(1): 109-120.
- [30] Wang Z Q, Wang C L, Lin T B. Effects of exogenous Ca²⁺ on nitrogen metabolism in wheat seedlings. *Acta Ecological Sinica*, 2008, 28(8): 3662-3667.
- [31] Mazzon A M A, Zhang D Z, Franceschi V R. Calcium oxalate formation in *Lemma minor*: physiological and ultrastructural aspects of high capacity calcium sequestration. *New Phytologist*, 2004, 161(2): 435-448.
- [32] Giraldez-Ruiz N, Mateo P, Bonilla I, Fernandez-Pinas F. The relationship between intracellular pH, growth characteristics and calcium in the *Cyanobacterium anabaena* sp. Strain PCC7120 exposed to low pH. *New Phytologist*, 1997, 137(4): 599-605.
- [33] Huang H G, Li T X, Zhang X Z, Tian S K, Yang X E. Effects of exogenous Ca²⁺ on the growth and Zn accumulation of two *Sedum alfredii* Hance ecotypes. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19(4): 831-837.
- [34] Knight M R, Knight H, Watkins N J. Calcium and the generation of plant form. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 1995, 350(1331): 83-86.

参考文献:

- [1] 简令成, 王红. Ca²⁺在植物细胞对逆境反应和适应中的调节作用. *植物学通报*, 2008, 25(3): 255-267.
- [19] 陈峰, 耿华春, 王沙沙, 丁明丽, 陈新建, 陈军营. 植物体内的草酸(盐)的形成、降解及其作用. *分子植物育种*, 2007, 5(S1): 105-110.
- [22] 徐静静, 慈华聪, 何兴东, 薛苹苹, 赵雪莱, 郭健潭, 高玉葆. 天津盐渍化生境54种植物钙晶体与钙组分特征. *应用生态学报*, 2012, 23(5): 1247-1253.
- [23] 朱震达. *中国沙漠概论(修订版)*. 北京: 科学出版社, 1980.
- [24] 赵兴樑. 沙坡头地区植物固沙问题的探讨//中国科学院兰州沙漠研究所沙坡头沙漠科学研究站. *腾格里沙漠沙坡头地区流沙治理研究(二)*. 银川: 宁夏人民出版社, 1991: 27-57.
- [26] 潘瑞炽. *植物生理学*. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [27] 任伟, 周志宇, 詹媛媛, 薛梓瑜. 阿拉善荒漠灌木根际中、微量元素含量特征. *生态学报*, 2009, 29(7): 3759-3767.
- [30] 王志强, 王春丽, 林同保. 外源钙离子对小麦幼苗氮素代谢的影响. *生态学报*, 2008, 28(8): 3662-3667.
- [33] 黄化刚, 李廷轩, 张锡洲, 田生科, 杨肖娥. 外源钙离子对东南景天生长及锌积累的影响. *应用生态学报*, 2008, 19(4): 831-837.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33 ,No. 5 March ,2013(Semimonthly)
CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- The effect of nitrogen deposition on forest soil organic matter and litter decomposition and the microbial mechanism WANG Jingyuan, ZHANG Xinyu, WEN Xuefa, et al (1337)
Advances and the effects of industrial hemp for the cleanup of heavy metal pollution LIANG Shumin, XU Yanping, CHEN Yu, et al (1347)
A review for evaluating the effectiveness of BMPs to mitigate non-point source pollution from agriculture MENG Fande, GENG Runzhe, OU Yang, et al (1357)
Progresses in dendrochronology of shrubs LU Xiaoming, LIANG Eryuan (1367)

Autecology & Fundamentals

- The characteristics of nocturnal sap flow and stem water recharge pattern in growing season for a *Larix principis-rupprechtii* plantation WANG Yanbing, DE Yongjun, XIONG Wei, et al (1375)
Effects of soil drought stress on photosynthetic characteristics and antioxidant enzyme activities in *Hippophae rhamnoides* Linn. seedlings PEI Bin, ZHANG Guangcan, ZHANG Shuyong, et al (1386)
Diurnal activity time budget of Père David's deer in Hubei Shishou Milu National Nature Reserve, China YANG Daode, LI Zhuyun, LI Pengfei, et al (1397)
Sublethal effects of three insecticides on the reproduction and host searching behaviors of *Sclerodermus sichuanensis* Xiao (Hymenoptera: Bethyidae) YANG Hua, YANG Wei, YANG Chunping, et al (1405)

Population, Community and Ecosystem

- Seasonal succession of zooplankton in Sansha Bay, Fujian XU Jiayi, XU Zhaoli (1413)
Biomass production and litter decomposition of lakeshore plants in Napahai wetland, Northwestern Yunnan Plateau, China GUO Xuhu, XIAO Derong, TIAN Kun, et al (1425)
The flora and species diversity of herbaceous seed plants in wetlands along the Xin'anjiang River from Anhui YANG Wenbin, LIU Kun, ZHOU Shoubiao (1433)
Spatial-temporal variation of root-associated aerobic bacterial communities of *phragmites australis* and the linkage of water quality factors in constructed wetland XIONG Wei, GUO Xiaoyu, ZHAO Fei (1443)
Temporal dynamics and influencing factors of leaf respiration for three temperate tree species WANG Zhaoguo, WANG Chuankuan (1456)
Environmental controls on water use efficiency of a poplar plantation under different soil water conditions ZHOU Jie, ZHANG Zhiqiang, SUN Ge, et al (1465)
An analysis of calcium components of *Artemisia ordosica* plant on sandy lands in different ecological regions XUE Pingping, GAO Yubao, HE Xingdong (1475)
Effects of alpine meadow plant communities on soil nematode functional structure in Northern Tibet, China XUE Huiying, HU Feng, LUO Daqing (1482)
Soil fauna diversity of abandoned land in a copper mine tailing area ZHU Yongheng, SHEN Fei, YU Jian, et al (1495)
Effects of ciprofloxacin on microbial biomass carbon and carbon metabolism diversity of soil microbial communities MA Yi, PENG Jinju, WANG Yun, et al (1506)
Estimation of ecological water demands based on ecological water table limitations in the lower reaches of the Liaohe River Plain, China SUN Caizhi, GAO Ying, ZHU Zhengru (1513)

Landscape, Regional and Global Ecology

- The ecological security patterns and construction land expansion simulation in Gaoming SU Yongxian, ZHANG Hong'ou, CHEN Xiuzhi, et al (1524)
Root features of typical herb plants for hillslope protection and their effects on soil infiltration LI Jianxing, HE Binghui, CHEN Yun (1535)

- The dynamic change of the thermal environment landscape patterns in Beijing, Shanghai and Guangzhou in the recent past decade ...
..... MENG Dan, WANG Mingyu, LI Xiaojuan, et al (1545)
- Change trends and driving factors of base flow in Kuye River Catchment
..... LEI Yongnan, ZHANG Xiaoping, ZHANG Jianjun, et al (1559)
- Photosynthetic characteristics, biomass allocation, C, N and P distribution of *Schima superba* seedlings in response to simulated
nitrogen deposition LI Mingyue, WANG Jian, WANG Zhenxing, et al (1569)
- Effect of iron slag adding on methane production, oxidation and emission in paddy fields
..... WANG Weiqi, LI Pengfei, ZENG Congsheng, et al (1578)
- Resource and Industrial Ecology**
- Antioxidative system and chlorophyll fluorescence of *Zizania latifolia* Turcz. plants are affected by *Ustilago esculenta* infection
..... YAN Ning, WANG Xiaoqing, WANG Zhidan, et al (1584)
- Analysis of cold-regulated gene expression of the Fingered Citron (*Citrus medica* L. var. *sarcodactylis* Swingle)
..... CHEN Wenrong, YE Jiejun, LI Yongqiang, et al (1594)
- Hosts preference of *Echinothrips americanus* Morgan for different vegetables ... ZHU Liang, SHI Baocai, GONG Yajun, et al (1607)
- Induction effects of jasmonic acid on tannin content and defense-related enzyme activities in conventional cotton plants
..... YANG Shiyong, WANG Mengmeng, XIE Jianchun (1615)
- Effects of irrigation with paper mill effluent on growth and nutrient status of *Populus tomentosa* seedlings
..... WANG Ye, XI Benye, CUI Xiangdong, et al (1626)
- Water use efficiency of Jiangsu Province based on the data envelopment analysis approach
..... ZHAO Chen, WANG Yuan, GU Xueming, et al (1636)
- Research Notes**
- Characteristics of precipitation distribution in *Pinus tabulaeformis* plantations under different canopy coverage in Taiyue Mountain
..... ZHOU Bin, HAN Hairong, KANG Fengfeng, et al (1645)
- Driving factor analysis on the vegetation changes derived from the Landsat TM images in Beijing JIA Baoqun (1654)
- Effects of *Mikania micrantha* wilt virus infection on photosynthesis and the activities of four enzymes in *Mikania micrantha* H. B. K.
..... WANG Rui long, PAN Wanwen, YANG Jiaoyu, et al (1667)

《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研工作者,探索自然奥秘,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研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

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENTAI XUEBAO)

(半月刊 1981年3月创刊)

第33卷 第5期 (2013年3月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 5 (March, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路18号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松
主 管	中国科学技术协会
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路18号 邮政编码:100085
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717
印 刷	北京北林印刷厂
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街16号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局
国 外 发 行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京399信箱 邮政编码:100044
广 告 经 营	京海工商广字第8013号
许 可 证	

Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
Editor-in-chief	WANG Rusong
Supervised by	China Association for Science and Technology
Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
Domestic	All Local Post Offices in China
Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元