

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 11 期 Vol.32 No.11 **2012**

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 32 卷 第 11 期

2012 年 6 月 (半月刊)

目 次

黑龙江省大兴安岭林区火烧迹地森林更新及其影响因子·····	蔡文华,杨健,刘志华,等 (3303)
基于 B-IBI 指数的温榆河生态健康评价·····	杨柳,李泳慧,王俊才,等 (3313)
川西亚高山暗针叶林不同恢复阶段红桦、岷江冷杉土壤种子损耗特征·····	马姜明,刘世荣,史作民,等 (3323)
老龄阔叶红松林下层木空间分布的生境关联分析·····	丁胜建,张春雨,夏富才,等 (3334)
内蒙古高原荒漠区四种锦鸡儿属植物灌丛沙包形态和固沙能力比较·····	张媛媛,马成仓,韩磊,等 (3343)
角果藜的生长动态及其生殖配置·····	全杜娟,魏岩,周晓青,等 (3352)
基于 MODIS/NDVI 时间序列的森林灾害快速评估方法——以贵州省为例·····	侍昊,王笑,薛建辉,等 (3359)
祁连山西水林区土壤阳离子交换量及盐基离子的剖面分布·····	姜林,耿增超,李珊珊,等 (3368)
水分和温度对春玉米出苗速度和出苗率的影响·····	马树庆,王琪,吕厚荃,等 (3378)
施氮对水稻土 N ₂ O 释放及反硝化功能基因 (<i>narG/nosZ</i>) 丰度的影响·····	郑燕,侯海军,秦红灵,等 (3386)
中国西北潜在蒸散时空演变特征及其定量化成因·····	曹雯,申双和,段春峰 (3394)
基于植被降水利用效率和 NDVI 的黄河上游地区生态退化研究·····	杜加强,舒俭民,张林波 (3404)
异速生长法计算秋茄红树林生物量·····	金川,王金旺,郑坚,等 (3414)
乌兰布和沙漠沙蒿与油蒿群落的物种组成与数量特征·····	马全林,郑庆中,贾举杰,等 (3423)
不同光强下单叶蔓荆的光合蒸腾与离子累积的关系·····	张萍,刘林德,柏新富,等 (3432)
浑善达克沙地沙地榆种子雨的扩散规律·····	谷伟,岳永杰,李钢铁,等 (3440)
咸水灌溉对沙土土壤盐分和胡杨生理生长的影响·····	何新林,陈书飞,王振华,等 (3449)
外源 NO 对 NaHCO ₃ 胁迫下黑麦草幼苗光合生理响应的调节·····	刘建新,王金成,王鑫,等 (3460)
呼伦贝尔草地植物群落与土壤化学计量学特征沿经度梯度变化·····	丁小慧,罗淑政,刘金巍,等 (3467)
海南稻田土壤硒与重金属的含量、分布及其安全性·····	耿建梅,王文斌,温翠萍,等 (3477)
江苏省典型区农田土壤及小麦中重金属含量与评价·····	陈京都,戴其根,许学宏,等 (3487)
应用稳定同位素研究广西东方洞食物网结构和营养级关系·····	黎道洪,苏晓梅 (3497)
利用细胞计数手段和 DGGE 技术分析松花江干流部分地区的细菌种群多样性·····	屠腾,李蕾,毛冠男,等 (3505)
中国主要入海河流域河口集水区划分与分类·····	黄金良,李青生,黄玲,等 (3516)
基于 VGPM 模型和 MODIS 数据估算梅梁湾浮游植物初级生产力·····	殷燕,张运林,时志强,等 (3528)
低温胁迫下虎纹蛙的生存力及免疫和抗氧化能力·····	王娜,邵晨,颜志刚,等 (3538)
转 Bt 水稻土壤跳虫群落组成及其数量变化·····	祝向钰,李志毅,常亮,等 (3546)
尼日利亚非洲蜂和安徽意大利蜜蜂及其杂交二代形态特征与微卫星 DNA 遗传多样性·····	余林生,解文飞,巫厚长,等 (3555)
北京城市公园湿地休憩功能的利用及其社会人口学因素·····	李芬,孙然好,陈利顶 (3565)
基于协整理论的经济增长与生态环境变化关系分析——以重庆市渝东南地区为例·····	肖强,胡聃,肖洋,等 (3577)
感潮河网区环境合作博弈模型及实证·····	刘红刚,陈新庚,彭晓春 (3586)
专论与综述	
国内外生态效率核算方法及其应用研究述评·····	尹科,王如松,周传斌,等 (3595)
全球变化背景下的现代生态学——第六届现代生态学讲座纪要·····	温腾,徐德琳,徐驰,等 (3606)
问题讨论	
流域环境要素空间尺度特征及其与水生态分区尺度的关系——以辽河流域为例·····	刘星才,徐宗学,张淑荣,等 (3613)
研究简报	
不同光照强度对兴安落叶松几种主要防御蛋白活力的影响·····	鲁艺芳,石蕾,严善春 (3621)
木荷种源间光合作用参数分析·····	熊彩云,曾伟,肖复明,等 (3628)
基于能值分析的深圳市三个小型农业生态系统研究·····	杨卓翔,高阳,赵志强,等 (3635)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 342 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 37 * 2012-06



封面图说: 爬升樟木沟的暖湿气流——樟木沟是中国境内横切喜马拉雅山脉南坡的几条著名大沟之一,它位于我国西藏聂拉木县境内的希夏邦马峰东南侧,延绵 5400km 的 318 国道在此沟中到达其最西头。从聂拉木县城到樟木口岸短短的 30km 中,海拔从 4000m 急降至 2000m。在大气环流作用下,来自印度洋的暖湿气流沿樟木沟不断费力地往上爬升,给该沟谷留下了大量的降水。尤其是在雨季到来时,山间到处是流水及悬垂崖头的瀑布,翠峰直插云霄,森林茂密苍郁,溪流碧澄清澈,奇花异葩繁多,风景美如画卷,气势壮丽非凡。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201105230677

马全林, 郑庆中, 贾举杰, 袁宏波, 张德魁, 丁峰, 张锦春, 魏怀东, 靳虎甲, 刘有军, 孙涛, 王继和. 乌兰布和沙漠沙蒿与油蒿群落的物种组成与数量特征. 生态学报, 2012, 32(11): 3423-3431.

Ma Q L, Zheng Q Z, Jia J J, Yuan H B, Zhang D K, Ding F, Zhang J C, Wei H D, Jin H J, Liu Y J, Sun T, Wang J H. Quantitative characteristics and species composition of *Artemisia sphaerocephala* and *A. ordosica* communities in the Ulanbuh Desert. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(11): 3423-3431.

乌兰布和沙漠沙蒿与油蒿群落的物种组成与数量特征

马全林^{1,2}, 郑庆中^{1,*}, 贾举杰³, 袁宏波¹, 张德魁¹, 丁峰¹,
张锦春¹, 魏怀东¹, 靳虎甲¹, 刘有军¹, 孙涛¹, 王继和¹

(1. 甘肃省治沙研究所, 甘肃省荒漠化防治重点实验室, 民勤荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站, 兰州 730070;

2. 中国林业科学研究院荒漠化研究所, 北京 100091; 3. 阿拉善 SEE** 生态协会, 北京 100026)

摘要: 沙蒿与油蒿群落均是我国最典型的沙地植被类型, 在沙漠地区发挥了重要的生态防护作用, 掌握其分布、组成及其数量特征对沙漠化防治具有一定的指导作用。调查研究表明, 沙蒿与油蒿群落是乌兰布和沙漠典型的沙地植被类型, 其中沙蒿群落多分布于沙漠中东部、南部和东北部, 而油蒿群落仅分布于沙漠东部、东北部和东南部; 其群落类型可划分为沙蒿群落、油蒿群落、沙蒿+油蒿群落、沙蒿+沙竹群落、沙蒿+花棒+沙拐枣群落、油蒿+白刺群落、沙蒿伴生群落和油蒿伴生群落; 群落的物种组成比较简单, 其中沙蒿群落共有 9 科 21 属 22 种, 油蒿群落共有 10 科 35 属 37 种。草本植物是沙蒿与油蒿群落的主体, 所占总物种数的比例均超过 70%; Simpson、Shannon 多样性指数和 Pielou 均匀度指数高, 反映了沙蒿与油蒿群落具有较高的物种多样性。与沙蒿群落相比, 油蒿群落物种丰富度、单位面积个体数、盖度、Simpson 和 Shannon 物种多样性指数均明显大于沙蒿群落, 而群落相似性显著低于沙蒿, 说明乌兰布和沙漠油蒿群落较沙蒿群落具有更丰富的物种组成、多样性和群落结构, 更具保护和人工促进潜力。研究结果可为乌兰布和沙漠沙蒿、油蒿群落的保护及人工促进提供理论基础, 对区域沙漠治理物种选择具有一定的指导意义。

关键词: 乌兰布和沙漠; 沙蒿; 油蒿; 群落类型; 物种多样性; 生活型

Quantitative characteristics and species composition of *Artemisia sphaerocephala* and *A. ordosica* communities in the Ulanbuh Desert

MA Quanlin^{1,2}, ZHENG Qingzhong^{1,*}, JIA Jujie³, YUAN Hongbo¹, ZHANG Dekui¹, DING Feng¹, ZHANG Jinchun¹, WEI Huaidong¹, JIN Hujia¹, LIU Youjun¹, SUN Tao¹, WANG Jihe¹

1 Gansu Key Laboratory of Desertification Combating & Minqin National Studies Station for Desert Steppe Ecosystem, Gansu Desert Control Research Institute, Lanzhou 730070, China

2 Institute of Desertification Studies, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

3 Alxa SEE** Ecological Association, Beijing 100026, China

Abstract: *Artemisia sphaerocephala* and *A. ordosica* communities are all typical vegetation types which play an important ecological protection role in desert areas. Understanding their distribution, species composition and quantitative characteristics is conducive to desertification control. Research results showed that *A. sphaerocephala* and *A. ordosica* communities were typical desert vegetation widely distributed in the Ulanbuh Desert, *A. sphaerocephala* communities were mainly distributed in the central east, northeast and south of the Ulanbuh desert, while *A. ordosica* communities only

基金项目: 阿拉善 SEE 生态协会项目 (SEEA0907YWL002, SEEA1009YWL02); 国家自然科学基金项目 (41061030)

收稿日期: 2011-05-23; **修订日期:** 2011-10-31

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: mq1925@126.com

** SEE: Society Entrepreneur Ecology

distributed in the east, northeast and southeast of the Ulanbuh Desert. Both *A. sphaerocephala* and *A. ordosica* communities in the Ulanbuh Desert can be classified into eight types of communities: *A. sphaerocephala*, *A. ordosica*, *A. sphaerocephala-A. ordosica*, *A. sphaerocephala-Psammochloa villosa*, *A. ordosica-Nitraria* spp., *A. sphaerocephala-Hedysarum scoparium-Calligonum mongolicum*, *A. sphaerocephala* and *A. ordosica* concomitant communities. Species composition of *A. sphaerocephala* and *A. ordosica* communities was relatively simple. *A. sphaerocephala* communities consist of 22 species belonging to 9 families of 21 genera; and *A. ordosica* communities comprise 37 species belonging to 10 families of 35 genera. *A. sphaerocephala* and *A. ordosica* communities mainly are dominated by herbs which accounted for more than 70% of total species number. The Simpson and Shannon diversity and Pielou evenness index of *A. sphaerocephala* and *A. ordosica* communities were large, which means larger species diversity. The species richness, individual number per unit area, coverage, the Simpson and Shannon diversity index of *A. ordosica* communities were obviously larger than those of *A. sphaerocephala* communities, while its community similarity was significantly lower than that of *A. sphaerocephala*, which indicated that *A. ordosica* communities had a more abundant species composition, diversity and community structure, and was worthy of protection and artificial construction. These findings may provide an important theoretical basis for the protection and artificial construction of *A. sphaerocephala* and *A. ordosica* communities, and help to the species selection in regional desert control.

Key Words: The Ulanbuh Desert; *Artemisia sphaerocephala*; *Artemisia ordosica*; community type; species diversity; life form

沙地植被是控制土地沙化最经济、最有效的措施,而植物种选择是沙地植被建设的关键所在,将直接关系到沙地植被建设成败及其治沙效益的发挥^[1-2]。沙蒿(*Artemisia sphaerocephala*)与油蒿(*Artemisia ordosica*)同属菊科蒿属的半灌木,形态特征较为相似,广泛分布于内蒙、陕西、宁夏和甘肃等省份的沙漠地区,是干旱沙区最常见的优良固沙植物^[3-4]。研究表明,沙蒿群落是沙地植被演替的先锋群落,沙丘固定后被油蒿群落替代^[2,4];沙蒿与油蒿植被均具有重要的生态保护与改良土壤作用,且以油蒿群落作用更为显著^[4-7]。但是,对沙蒿与油蒿种群及其群落区域时空分布、多样性及其演变特征缺乏系统调查研究,也缺乏对其防风固沙作用的定量客观评价与机理研究^[7-8],这也是导致沙蒿与油蒿在长期的人工固沙植被建设中被忽视的关键原因。

乌兰布和沙漠是我国第八大沙漠,是中国风沙危害最严重的地区之一,也是我国西北地区沙尘暴的策源地,大量流沙侵入或跨过黄河,增加了黄河泥沙含量,威胁乌海市区的生态安全^[9]。因此,对乌兰布和沙漠沙地植被进行有效保护或人工促进,对本区自然生态环境和社会经济发展都具有深刻和广泛的影响。但是,一直未对该沙漠植被进行过系统的科学考察,不清楚植被本底情况,对重要植被沙蒿与油蒿的群落类型、空间分布、物种组成及其现状也缺乏了解,影响对其有效保护与开发利用。2009—2010年,在阿拉善生态协会的资助下,对乌兰布和沙漠植被进行了考察。在全面调查的基础上,对比分析了乌兰布和沙漠沙蒿和油蒿种群特征及其群落类型、物种组成和数量特征,以掌握乌兰布和沙漠沙蒿与油蒿种群及其群落的时空分布和群落结构特征,为乌兰布和沙漠沙蒿和油蒿种群及其群落的保护与人工促进以及沙漠边缘风沙治理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区自然概况

乌兰布和沙漠地处我国西部荒漠地带东缘,地理位置介于北纬 39°40′—41°00′,东经 106°00′—107°20′,海拔 1030—1474 m;北部延伸到狼山脚下,东依黄河与鄂尔多斯高原隔河相望,东北接河套平原,南至贺兰山北麓,总面积约 1 万 km²(图 1)。气候属于温带大陆性气候,年降水量 110—160 mm,年蒸发量 2400—3200 mm;年平均气温 7.5—8.5 °C,≥10 °C 积温 3100—3400 °C,年日照时数大于 3000 h,无霜期 140—160 d;年平均风速为 3.5 m/s 左右,常见风力 3—5 级;地带性土壤为灰漠土,主要土壤为风沙土,中间镶嵌有漠境盐土;沙漠区域处于亚洲中部荒漠区与草原区的分界线,植被隶属亚非荒漠植物区亚洲中部区阿拉善省东阿拉善洲,主要植被为沙地灌木植被^[9-10]。

1.2 植被调查

选用 SPOT₅ 高分辨率(几何分辨率 2.5 m)卫星影像进行拼接处理,根据影像初步判断植被类型,并作为确定考察路线与调查样地的依据。在实地考察中,采用考察沿线记录与典型样地调查相结合的方法,设置三横多纵的考察线路,在沙漠南部、中部与北部 3 次横穿沙漠,调查了典型植被样地 68 处,其中典型沙蒿、油蒿群落样地 15 处(图 1)。

每样地设置 3 个群落样方,样方面积为 20 m × 20 m,调查样方内灌木种类、个体数量、高度、冠幅、地径、枯枝率与新梢生长量等;在每个大样方中央与四角布设 5 个面积 1 m × 1 m 的小样方,每个样地共计 15 个小样方,调查草本植物的种类、个体数量、高度与冠幅;统计种群密度、盖度、重要值、单位面积个体数以及群落物种数、盖度、多样性指数和相似性系数。同时,选择典型沙蒿与油蒿植株 10 株,测定地上与地下生物量、一级分枝数、分枝角度、根深和根幅,计算根冠比(地下生物量/地上生物量)。

另外,在植被调查的同时取样测定了 0—1 m 深度的土壤的理化性质^[11]。在乌兰布和沙漠,沙蒿与油蒿群落生境的土壤理化性质差异明显,其中沙蒿群落生境的土壤容重、沙粒含量显著高于油蒿群落,土壤水分、粉粘粒含量和有机质显著低于油蒿群落,土壤全氮与 pH 值与油蒿群落无显著差异,反映了沙蒿与油蒿群落土壤生境均为碱性环境,但是油蒿群落生境养分较高,土壤风蚀沙埋较弱(表 1)。

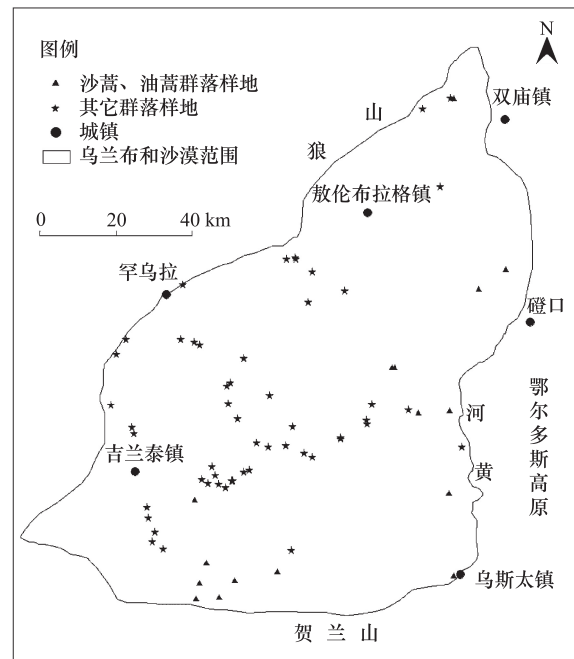


图 1 植被调查样地位置图

Fig. 1 Location of vegetation plots

表 1 乌兰布和沙漠沙蒿与油蒿群落生境的土壤理化性质

Table 1 Soil physical and chemical properties of *A. sphaerocephala* and *A. ordosica* communities in the Ulanbuh Desert

群落 Community	土壤水分 Soil moisture /%	容重 Bulk density /(g/cm ³)	沙粒含量 Sand content /%	粉粘粒含量 Silt and clay content/%	有机质 Organic matter /%	全氮 Total nitrogen /%	pH
沙蒿 <i>A. sphaerocephala</i>	1.7±0.6b	1.7±0.1a	99.1±1.3a	1.0±0.6b	0.1±0.04b	0.020±0.01a	8.1±0.02a
油蒿 <i>A. ordosica</i>	3.7±1.2a	1.5±0.1b	81.2±12.8b	18.8±6.8a	0.3±0.19a	0.025±0.01a	8.2±0.10a

群落类型划分采用优势种法,优势种根据植物种的重要值大小确定,即对群落各植物种的重要值从大到小排序,重要值之和超过群落所有植物种重要值总和的 50% 时的所有前排植物种为优势种^[12]。

物种多样性测度选用最常用的 Simpson 指数、Shannon 指数和 Pielou 指数^[13],群落相似性测度采用 Jaccard 相似性系数^[14]。

1.3 数据分析处理

应用 SPSS16.0 和 Excel 软件完成数据处理和统计分析,采用 Duncan 氏新复极差测验法进行沙蒿与油蒿种群高度、冠幅、一级分枝数与分枝角度、根深、根幅、生物量、密度、盖度及其群落物种数、盖度、单位面积个体数、多样性指数和相似性系数的显著性分析(取显著度 0.05)。

2 结果与分析

2.1 群落类型

根据实地调查数据,将乌兰布和沙漠沙蒿与油蒿群落划分为 8 种类型,其中沙蒿群落有 5 种类型,油蒿群

落有 4 种类型。

① 沙蒿群落 分布范围几乎涵盖整个沙漠,但多分布于沙漠中东部、南部和东北部,呈小斑块状分布,多见于平缓流动沙地;沙蒿是灌木层片的优势种,也是群落的建群种;群落盖度波动性很大,最小不到 1%,最大可超过 30%。

② 油蒿群落 分布于沙漠东南部、东部及东北部,多见于半固定、固定沙丘;群落盖度多超过 35%,草本层片组成与结构比较复杂。

③ 沙蒿+油蒿群落 分布于沙漠东部、东南部及东北部,为流动沙丘沙蒿群落向油蒿群落演替的过渡类型;群落盖度较高,一般超过 30%。

④ 沙蒿+沙竹(*Psammochloa villosa*)群落 多分布于沙漠中东部与南部,沙面流动性较大,群落盖度波动性很大,一般不超过 20%。

⑤ 油蒿+白刺(*Nitraria tangutorum*)群落 分布于沙漠南部与东部边缘地区,多见于固定、半固定平缓沙地,群落盖度一般超过 40%。

⑥ 沙蒿+花棒(*Hedysarum scoparium*)+沙拐枣(*Calligonum mongolicum*)群落 分布于沙漠南缘,属于人工飞播干预的半自然群落植被类型;群落盖度超过 30%,优势种沙拐枣、沙蒿和花棒覆盖度均达到了 10%,共同构成灌木层片。

⑦ 沙蒿伴生群落 沙蒿为沙竹、白刺、梭梭(*Haloxyton ammodendron*)和芦苇(*Phragmites australis*)群落的伴生植物,多见于流动、半流动沙丘。

⑧ 油蒿伴生群落 油蒿为白刺、梭梭和沙冬青(*Ammopiptanthus mongolicus*)等群落的伴生植物,分布于沙漠东部固定、半固定沙丘。

2.2 群落物种组成

乌兰布和沙漠沙蒿群落的组成植物共有 22 种,隶属 9 科 21 属,其中含有种数最多的科是禾本科(6 种),其次藜科是(4 种)、蒺藜科(3 种)、豆科(2 种)和菊科(2 种),蓼科、十字花科、大戟科和百合科仅为 1 种;含种数最多的属是蒿属(2 种),其他属仅为 1 种(表 2)。显然,乌兰布和沙漠沙蒿群落的物种组成简单,且多是耐干旱、耐瘠薄、耐风蚀沙埋的典型沙生植物或沙地先锋植物。

乌兰布和沙漠油蒿群落的组成植物共有 37 种,隶属 10 科 35 属,其中含有种数最多的科是禾本科(10 种),其次菊科(7 种)、蒺藜科(6 种)、藜科(5 种)和豆科(4 种),蓼科、大戟科、茄科、列当科和百合科仅为 1 种;含种数最多的属是蒿属(3 种),其他属仅为 1 种(表 2)。显然,油蒿群落的物种组成较沙蒿群落更加丰富。

表 2 乌兰布和沙漠沙蒿与油蒿群落的物种组成
Table 2 Species composition of *A. sphaerocephala* and *A. ordosica* communities in the Ulanbuh Desert

科名 Family	属名 Genus	种名 Species	生活型 Life form	沙蒿群落 <i>A. sphaerocephala</i> community	油蒿群落 <i>A. ordosica</i> community
蓼科 Polygonaceae	沙拐枣属 <i>Calligonum</i>	沙拐枣 <i>Calligonum mongolicum</i>	灌木	√	√
十字花科 Cruciferae	沙芥属 <i>Pugionium</i>	沙芥 <i>Pugionium cornutum</i>	1 年生草本	√	
藜科 Chenopodiaceae	沙蓬属 <i>Agriophyllum</i>	沙米 <i>Agriophyllum squarrosum</i>	1 年生草本	√	√
	虫实属 <i>Corispermum</i>	虫实 <i>Corispermum hyssopifolium</i>	1 年生草本	√	√
	雾冰藜属 <i>Bassia</i>	五星蒿 <i>Bassia dasyphylla</i>	1 年生草本	√	√
	盐生草属 <i>Halogeton</i>	盐生草 <i>Halogeton glomeratus</i>	1 年生草本		√
	碱蓬属 <i>Suaeda</i>	碱蓬 <i>Suaeda glauca</i>	1 年生草本		√
	梭梭属 <i>Haloxyton</i>	梭梭 <i>Haloxyton ammodendron</i>	灌木	√	√
	槐属 <i>Sophora</i>	苦豆子 <i>Sophora alopecuroides</i>	多年生草本	√	√
豆科 Leguminosae	胡枝子属 <i>Lespedeza</i>	达乌里胡枝子 <i>Lespedeza davurica</i>	多年生草本		√

续表					
科名 Family	属名 Genus	种名 Species	生活型 Life form	沙蒿群落 <i>A. sphaerocephala</i> community	油蒿群落 <i>A. ordosica</i> community
蒺藜科 Zygophyllaceae	黄芪属 <i>Convolvulus</i>	白花黄芪 <i>Astragalus galactites</i>	多年生草本		√
	岩黄芪属 <i>Hedysarum</i>	花棒 <i>Hedysarum scoparium</i>	灌木	√	
	沙冬青属 <i>Ammopiptanthus</i>	沙冬青 <i>Ammopiptanthus mongolicus</i>	灌木		√
	蒺藜属 <i>Tribulus</i>	蒺藜 <i>Tribulus terrestris</i>	1 年生草本	√	√
	骆驼蓬属 <i>Peganum</i>	骆驼蓬 <i>Peganum harmala</i>	多年生草本	√	√
	鸦葱属 <i>Scorzonera</i>	蒙古鸦葱 <i>Scorzonera mongolica</i>	多年生草本		√
	白刺属 <i>Nitraria</i>	白刺 <i>Nitraria tangutorum</i>	灌木	√	√
	霸王属 <i>Zygophyllum</i>	霸王 <i>Zygophyllum xanthoxylum</i>	灌木		√
大戟科 Euphorbiaceae	大戟属 <i>Euphorbia</i>	地锦 <i>Euphorbia humifusa</i>	1 年生草本	√	√
茄科 Solanaceae	曼陀罗 <i>Datura</i>	曼陀罗 <i>Datura stramonium</i>	1 年生草本		√
列当科 Orobanchaceae	列当属 <i>Orobanche</i>	列当 <i>Orobanche coaralescens</i>	寄生草本		√
菊科 Compositae	蓝刺头属 <i>Echinops</i>	砂蓝刺头 <i>Echinops gmelini</i>	1 年生草本	√	√
	飞廉属 <i>Carduus</i>	飞廉 <i>Carduus nutans.</i>	2 年或多年生草本		√
	蒿属 <i>Artemisia</i>	驴驴蒿 <i>Artemisia dalai-lamae</i>	小半灌木		√
		沙蒿 <i>Artemisia sphaerocephala</i>	半灌木	√	√
油蒿 <i>Artemisia ordosica</i>		半灌木	√	√	
百合科 Liliaceae	花花柴属 <i>Karelinia</i>	花花柴 <i>arelinia caspia</i>	多年生草本		√
	旋覆花属 <i>Inula</i>	蓼子朴 <i>Inula salsoloides</i>	多年生草本		√
	葱属 <i>Allium</i>	沙葱 <i>Allium mongolicum</i>	多年生草本	√	√
禾本科 Gramineae	画眉草属 <i>Eragrostis</i>	画眉草 <i>Eragrostis pilosa</i>	1 年生草本	√	√
	虎尾草属 <i>Chlori</i>	虎尾草 <i>Chloris virgata</i>	1 年生草本	√	√
	狗尾草属 <i>Setaria</i>	狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	1 年生草本	√	√
	三芒草属 <i>Aristida</i>	三芒草 <i>Aristida adscensionis</i>	1 年生草本	√	√
	针茅属 <i>Stipa</i>	针茅 <i>Stipa capillata</i>	多年生草本		√
	冰草属 <i>Agropyron</i>	沙生冰草 <i>Agropyron desertorum</i>	多年生草本		√
	隐子草属 <i>Cleistogenes</i>	隐子草 <i>Cleistogenes songorica</i>	多年生草本		√
	冠芒草属 <i>Enneapogon</i>	冠芒草 <i>Enneapogon brachystachyus</i>	多年生草本		√
	沙竹属 <i>Psammochloa</i>	沙竹 <i>Psammochloa villosa</i>	多年生草本	√	√
	芦苇属 <i>Phragmites</i>	芦苇 <i>Phragmites australis</i>	多年生草本	√	√

“√”表示属于

2.3 群落物种生活型

乌兰布和沙漠沙蒿群落物种生活型类型有灌木、半灌木与小半灌木、多年生草本和 1 年生草本植物,未见乔木、藤本、附生植物、寄生植物和水生植物等。其中,1 年生草本植物占到绝对优势,所占比例高达 50%;灌木、半灌木与小半灌木、多年生草本仅分别占到 18.2%、9.1% 和 22.7% (图 2)。油蒿群落物种生活型有灌木、半灌木与小半灌木、多年生草本、1 年生草本植物和寄生草本植物,比沙蒿群落多出寄生草本植物(列当),但是未见乔木、藤本、附生植物和水生植物等。其中,多年生草本占到 40.5%,1 年生草本植物占到 35.1%。显然,乌兰布和沙漠沙蒿与油蒿群落物种组成

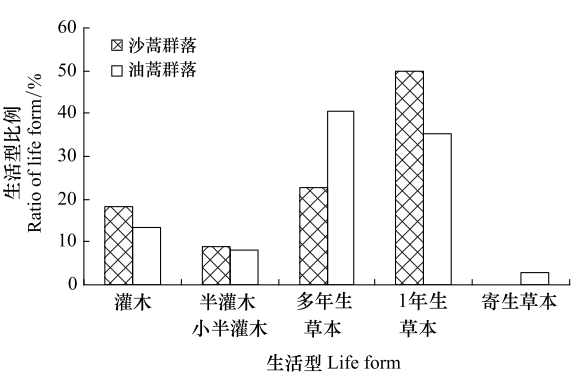


图 2 乌兰布和沙漠沙蒿与油蒿群落的物种生活型谱
Fig.2 Life form spectrum of *A. sphaerocephala* and *A. ordosica* communities in the Ulanbuh Desert

均以草本植物为主,而且所占总物种数的比例均超过 70%,因此乌兰布和沙漠沙蒿、油蒿群落外貌与结构易受降水的影响。

2.4 建群种数量特征

在乌兰布和沙漠,沙蒿与油蒿的植株结构明显不同,沙蒿株高、冠幅、根幅和根冠比(地下生物量/地上生物量)大于油蒿,而一级分枝数、分枝角度、主根深度和单株生物量显著低于油蒿(表 3)。其中,油蒿单株的一级分枝数是沙蒿的 14.5 倍,分枝角度是沙蒿的 1.4 倍,单株生物量是沙蒿的 1.6 倍,而且油蒿从地面处开始分枝,沙蒿从主干上逐级分枝,认为油蒿植株结构属于紧密型,沙蒿植株结构属于疏散型。另外,尽管沙蒿主根深度约占油蒿的 1/3,但是其根幅是油蒿的 1.6 倍,根冠比(地下生物量/地上生物量)是油蒿的 1.7 倍,较油蒿具有相对发达的根系系统(表 3)。

表 3 乌兰布和沙漠沙蒿与油蒿的个体结构特征

Table 3 Individual structure characteristics of *A. sphaerocephala* and *A. ordosica* in the Ulanbuh Desert

种群 Population	高度 Height /cm	冠幅 Canopy diameter /cm	一级分枝数 Primary branch number	一级分枝角度 Primary branch angle/(°)	根深 Root depth /cm	根幅 Root range /cm	单株生物量 Plant biomass /g	根冠比 Root-top ratio
沙蒿 <i>A. sphaerocephala</i>	52.2±4.4a	70.9±10.8a	16.4±7.3b	63.1±2.1a	41.0±2.9b	177.0±22.2a	215.3±98.1b	0.81
油蒿 <i>A. ordosica</i>	42.7±4.9b	63.5±9.7b	237.6±93.5a	47.5±1.8b	122.6±13.6a	113.6±13.9a	346.8±143.5a	0.48

在乌兰布和沙漠,不同区域典型沙蒿或油蒿种群间密度、相对密度、盖度、相对盖度、相对频度以及重要值的大小明显不同(表 4)。其中,沙蒿种群密度可达到 6084 株/hm²,但相对密度较低,且均没有超过 50%,本井南部、巴彦高勒与太阳庙区域均没有达到 10%;种群盖度低,均没有超过 25%,但是相对盖度很大,平均相对盖度达到 64%;相对频度低,均没有超过 50%;除人工干预群落外,重要值均在 33 以上,说明沙蒿在群落中的种群数量少,分布不均,但是优势依然明显。油蒿种群密度可达到 27333 株/hm²,但是相对密度较低,且均没有超过 30%,沙漠东部的巴彦高勒仅为 2.5%;种群盖度均超过 20%,相对盖度均超过 50%;相对频度低,均没有超过 40%;重要值均在 25 以上,但没有超过 40,说明油蒿在群落中的种群数量也少,分布不均,但盖度及其相对盖度高,优势依然明显。而且,乌兰布和沙漠沙蒿平均密度、盖度和相对盖度显著低于油蒿;平均相对密度和重要值大于油蒿,但与油蒿种群间无显著差异(表 4)。显然,乌兰布和沙漠油蒿种群密度及其覆盖度远大于沙蒿,但是在群落中的重要性不如沙蒿种群,也说明油蒿群落物种组成更为多样。沙蒿与油蒿种群间数量特征的差异,认为主要是沙蒿与油蒿的生物学特征决定的,但也受分布生境、群落物种组成及其数量的影响。

表 4 乌兰布和沙漠沙蒿与油蒿种群的数量特征

Table 4 Quantity characteristics of *A. sphaerocephala* and *A. ordosica* population in the Ulanbuh Desert

种群 Population	密度 Density /(株/hm ²)	相对密度 Relative density /%	盖度 Coverage /%	相对盖度 Relative coverage /%	相对频度 Relative frequency/%	重要值 IV
沙蒿 <i>A. sphaerocephala</i>	3736.5±858.0b	19.5±7.6a	15.9±2.4b	64.0±8.3b	35.7±4.2a	39.7±4.9a
油蒿 <i>A. ordosica</i>	13578.0±3970.5a	14.3±3.9a	36.3±6.6a	67.9±4.6a	23.7±4.5b	34.7±2.7a

2.5 群落数量特征

在乌兰布和沙漠,典型沙蒿群落的物种丰富度仅为 2—5 种,平均达到 3.6 种;油蒿群落物种丰富度则达到 9—14 种,平均达到 11.2 种。沙蒿群落植物个体数为 1—5 株/m²,平均达到 2.8 株/m²;群落盖度为 14.8%—47.2%,平均盖度达到 26.7%;典型油蒿群落植物个体数为 8—17 株/m²,平均达到 10.4 株/m²;群落盖度为 28.2%—85.7%,平均盖度达到 53.4%(表 5)。显然,乌兰布和沙漠油蒿群落物种丰富度、个体数、盖度均显著高于沙蒿群落,反映了油蒿群落较沙蒿群落复杂。

表 5 乌兰布和沙漠沙蒿、油蒿群落的数量特征

Table 5 Quantity characteristics of *A. sphaerocephala* and *A. ordosica* communities in the Ulanbuh Desert

群落 Community	物种丰富度 Species richness	个体数 Individual number /(株/m ²)	盖度 Coverage /%	Simpson 多样性指数 Simpson diversity index	Shannon 多样性指数 Shannon diversity index	Pielou 均匀度指数 Pielou evenness index
沙蒿群落 <i>A. sphaerocephala</i> community	3.6±0.5b	2.8±0.8b	26.6±3.6b	0.67±0.05a	1.83±0.27b	0.93±0.06a
油蒿群落 <i>A. ordosica</i> community	11.2±1.0a	10.4±1.7a	53.4±9.2a	0.77±0.01a	2.33±0.14a	0.81±0.05b

在乌兰布和沙漠, 典型沙蒿、油蒿群落的 Simpson 多样性指数分别介于 0.49—0.79 和 0.68—0.79, Shannon 多样性指数分别介于 1.57—2.61 和 1.75—2.165, Pielou 均匀度指数分别介于 0.82—0.99 和 0.74—0.87。而且, 沙蒿群落的 Simpson 多样性指数、Shannon 多样性指数平均值均低于油蒿群落, 而 Pielou 均匀度指数平均值显著高于油蒿群落(表 5)。显然, 乌兰布和沙漠油蒿群落多样性高于沙蒿群落, 但是物种分布的均匀度低于沙蒿群落。另外, 群落相似性是指群落间或样地间植物种类组成的相似程度, 是群落分析的一个重要基础, 常用群落相似性系数表示, 相似性系数低于 0.25 为极不相似, 0.25—0.5 为中等不相似, 0.5—0.75 为中等相似, 大于 0.75 为极相似^[15]。乌兰布和沙漠南缘的本井与东北缘的巴彦高勒沙蒿群落间相似性系数 0.75, 相似性强; 其他区域沙蒿群落的相似性系数均未超过 0.75, 说明不同区域沙蒿群落间相似性低, 部分区域群落间甚至不相似。不同区域油蒿群落间的相似性系数均低于 0.5, 平均相似性系数仅为 0.29, 群落间的相似性为中等不相似或极不相似。不同区域沙蒿与油蒿群落间的相似性系数多低于 0.25, 平均相似性系数仅为 0.16, 群落间极不相似(图 3)。显然, 乌兰布和沙漠沙蒿群落间的相似性显著高于油蒿, 也显著高于沙蒿与油蒿群落间的相似性系数, 进一步说明乌兰布和沙漠油蒿群落类型更加多样(表 5)。

3 讨论

沙地植被类型、分布及其覆盖度反映了沙漠扩张程度, 受气候条件、土壤类型、水文条件与人为干扰等因素的共同影响^[2,11]。沙蒿、油蒿是优良的固沙植物, 广泛分布于我国各沙漠地区, 其中沙蒿为戈壁-蒙古种, 油蒿为腾格里-鄂尔多斯分布种^[16]。在大尺度上, 沙蒿分布更广, 在我国西北、华北、东北荒漠半荒漠地区均有分布; 分布经度更小, 适生的降水量下限更低, 在降水量低于 100 mm 的区域也广泛分布; 而油蒿是干草原、荒漠草原至草原化荒漠地带的优势种, 其地理分布中心在鄂尔多斯, 分布经度更大, 分布区降水量至少 120 mm 以上^[17-18]。在小尺度上, 沙蒿多分布于流动与半流动沙丘, 属于固沙先锋植物; 而油蒿多分布区半固定、固定沙丘, 往往是沙蒿群落演替的替代植物^[16,18-19]。乌兰布和沙漠降水量介于 90—215 mm, 沙蒿与油蒿群落均是重要群落类型, 其中沙蒿群落多分布于沙漠中东部、南部和东北部, 而油蒿群落仅分布于沙漠东部、东北部和东南部。显然, 沙蒿群落的分布范围远大于油蒿群落, 但是沙漠西部边缘未见沙蒿与油蒿群落分布。

沙蒿根系发达, 多分布在流动与半流动沙丘, 物种组成在不同生态区域差异较小^[17,20], 但是油蒿群落的物种组成在不同生态区域差异很大。在乌兰布和沙漠, 油蒿群落物种组成共有 37 种植物, 分属于 10 科 35 属, 以禾本科植物最多, 计 9 属 10 种。在腾格里沙漠, 油蒿群落组成共有 15 种植物, 分属于 5 科 9 属^[11]。在毛乌素沙地, 油蒿群落有 5 种类型, 群落组成共有 72 种植物, 分属于 23 科 57 属; 其中菊科植物最多, 计 14 属

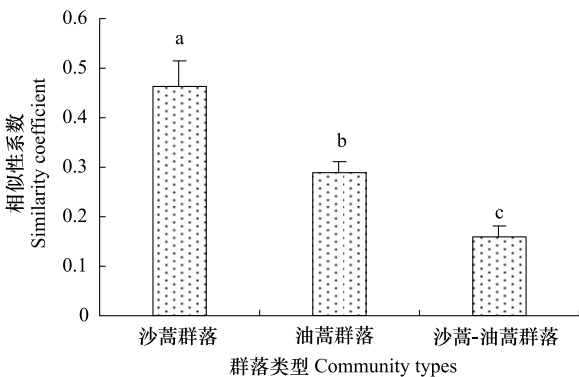


图 3 乌兰布和沙漠沙蒿与油蒿群落的相似性

Fig. 3 Similarity of of *A. sphaerocephala* and *A. ordosica* communities in the Ulanbuh Desert

17 种;禾本科植物次之,计 10 属 15 种^[21]。显然,乌兰布和沙漠油蒿群落的物种组成丰富度介于腾格里沙漠与毛乌素沙地之间,与分布区的降水量高低相一致。同时,与沙蒿群落相比,乌兰布和沙漠油蒿群落组成植物明显不同,物种数大量增加。而且,油蒿群落组成植物除耐干旱、耐瘠薄、耐风蚀沙埋的典型沙生植物外,也出现荒漠化草原的植物,如针茅、冰草等。这可能与沙蒿、油蒿的生物生态学特征以及生境密切相关,因为沙蒿生长的流动沙丘风蚀沙埋严重,仅适宜典型沙生植物生长,而且土壤水分、养分环境均一,因此沙蒿群落物种组成少,分布比较均匀;而油蒿生长的半固定、固定沙丘,沙面稳定,土壤异质性高,不同异质性斑块适宜更多植物生长^[3,11,18]。

沙蒿与油蒿均含有挥发性物质,气味浓并有苦味,适口性不佳,饲草充足情况下牲畜很少采食或不食,只有骆驼一年四季可以采食;冬季适口性有所提高,骆驼和羊均喜食^[22]。而且近年来乌兰布和沙漠实行禁牧政策,仅保留骆驼和很少量羊只,在有梭梭、沙竹等充足牧草的情况下,沙蒿与油蒿很少放牧利用,从而得到有效保护。乌兰布和沙漠存在一定比例枯死沙蒿与油蒿植株,认为与其寿命短有关,属于正常更新演替。因此,调查研究认为乌兰布和沙漠沙蒿与油蒿群落整体生长、更新正常,整体处于扩展态势。

据阿拉善 SEE 生态协会的调查,乌兰布和沙漠沙蒿与油蒿群落面积达到 77419.4hm²,约占沙漠总面积的 8%,是适宜乌兰布和沙漠的重要植被类型。而且,沙蒿与油蒿群落均具有明显的控制土壤风蚀作用,其中油蒿群落物种组成多,植被覆盖度大,降低土壤风蚀效益较沙蒿群落更加显著^[4]。因此,在乌兰布和沙漠边缘大范围流沙治理中,应结合人工固沙林建设人工促进沙蒿、油蒿灌丛发展,以推进沙地植被的自然恢复和沙漠迁移控制。在乌兰布和沙漠大面积流动区,由于风沙环境恶劣,风蚀沙埋严重,更适宜沙蒿生长,应采用飞播或撒播等措施人工促进沙蒿灌丛的发展;而在沙面稳定的固定区域,如固定、半固定白刺群落,特别是工程固沙区域,应采用撒播或植苗造林等措施人工促进油蒿灌丛的发展;同时采取人工措施促进沙蒿群落向油蒿群落演替,以增强沙地植被系统的生态防护功能。

4 结论

沙蒿与油蒿群落是乌兰布和沙漠典型的沙地植被类型,其中沙蒿群落多分布于沙漠中东部、南部和东北部,而油蒿群落仅分布于沙漠东部、东北部和东南部;其群落类型可划分为沙蒿群落、油蒿群落、沙蒿+油蒿群落、沙蒿+沙竹群落、油蒿+白刺群落、沙蒿+花棒+沙拐枣群落、沙蒿伴生群落和油蒿伴生群落;群落物种组成比较简单,其中沙蒿群落共有 9 科 21 属 22 种,油蒿群落共有 10 科 35 属 37 种,禾本科均为最大科;而且物种组成均以草本植物为主,所占总物种数的比例均超过 70%;Simpson、Shannon 多样性指数和 Pielou 均匀度指数高,反映了沙蒿与油蒿群落具有较高的物种多样性。与沙蒿群落相比,油蒿群落物种丰富度、单位面积个体数、盖度、Simpson 和 Shannon 物种多样性指数均明显大于沙蒿群落,而群落相似性显著低于沙蒿,说明乌兰布和沙漠油蒿群落较沙蒿群落具有更丰富的物种组成、多样性和群落结构。因此,在乌兰布和沙漠生态保护与建设中,应加大对沙蒿与油蒿群落的保护,同时应结合人工固沙林建设人工促进沙蒿、油蒿群落发展以及沙蒿群落向油蒿群落的演替,以推进乌兰布和沙漠植被的自然恢复及其生态防护功能的增强。

致谢:内蒙古肉苁蓉研究所陈安平所长、甘肃省农业大学硕士研究生孙立鹏、阿拉善 SEE 生态协会李鹤和姜荣参与了沙漠野外考察工作,特此致谢。

References:

- [1] Pasternak D, Schlissel A. Combating Desertification with Plant. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2001: 17-457.
- [2] Zhao H L, Zhao X Y, Zhang T H, Zhou R L. Bioprocess of Desertification and Restoration Mechanism of Degraded Vegetation. Beijing: Science Press, 2007: 54-82.
- [3] Jin H J, Wang J H, Li Y, Ma Q L, Zhang D K, Liu Y J. Summary of *Artemisia ordosica* ecology studies. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(4): 62-66.
- [4] Ma Q L, Wang Y L, Liu S Z, Zhang D K, Jin H J, Fan B L, Cheng F, Liu Y J. Wind erosion modification in the reversion process of desertification in the middle reaches of Shiyang River. Proceedings of 2010 International Conference on Combating Land Degradation in Agricultural Areas. 2010: 431-435.

- [5] Li P X, Wang N, He W M, Krtisi B O, Gao S Q, Zhang S M, Yu F H, Dong M. Fertile islands under *Artemisia ordosica* in inland dunes of northern China: effects of habitats and plant developmental stages. *Journal of Arid Environments*, 2008, 72(6): 953-963.
- [6] Hirobe M, Ohte N, Karasawa N, Zhang G S, Wang L H, Yoshikawa K. Plant species effect on the spatial patterns of soil properties in the Mu-us desert ecosystem, Inner Mongolia, China. *Plant and Soil*, 2001, 234(2): 195-205.
- [7] Wang J H, Ma Q L, Liu H J, Yang Z H, Zhang D K. Effect of wind-breaking and sand-fixing of vegetation in progressive succession on desertification land in arid area. *Journal of Desert Research*, 2006, 26(6): 903-909.
- [8] Yang H X, Zhang J T, Wu B, Wang Y, Li X S, Xu B. Adaptation of *Artemisia ordosica* to temperate arid sandy land and its roles in habitat shift. *Journal of Beijing Normal University: Natural Science*, 2004, 40(5): 684-690.
- [9] Chun X, Chen F H, Fan Y X, Xia D S, Zhao H. Formation of Ulan Buh desert and its environmental evolution. *Journal of Desert Research*, 2007, 27(6): 927-931.
- [10] Wu L. Desert vegetation in Wulanbuhe and protection measures. *Shaanxi Forest Science and Technology*, 2007, 23(4): 133-137.
- [11] Ma Q L. Restoration of Soil and Vegetation Systems and Its Driving Mechanism: A Case Study at the Southern Edge of the Tengger Desert [D]. Beijing: Graduate Institute of the Chinese Academy of Sciences, 2009.
- [12] Wu D X. Protocols for Standard Biological Observation and Measurement in Terrestrial Ecosystems. Beijing: China Environmental Science Press, 2007: 22-25.
- [13] Peet R K. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1974, 5: 285-307.
- [14] Yang W K, Zhang D Y, Yin L K, Zhang L Y. Distribution and cluster analysis on the similarity of the *Tamarix* communities in Xinjiang. *Arid Zone Research*, 2002, 19(3): 6-11.
- [15] Yu S L, Chen L Z, Zhang C J. The research on the similarity of *Quercus mongolica* community in different sites. *Chinese Bulletin of Botany*, 2000, 17(6): 554-558.
- [16] Wang T J, Yang C, Lu G F, Ma C M, Chen H Y. An analysis of the geographical substitute law and driven factors for six sandy plants of genus *Artemisia* in Northern China. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(5): 1012-1018.
- [17] Huang Z Y, Gutterman Y, Osborne D J. Value of the mucilaginous pellicle to seeds of the sand-stabilizing desert woody shrub *Artemisia sphaerocephala* (Asteraceae). *Trees*, 2004, 18(6): 669-676.
- [18] Wang L Q, Chen S H, Hao L Z. The study of ecological biological characters & geological distribution law of *Artemisia ordosica* Krasch. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2002, 16(4): 95-98.
- [19] Wang X P, Li X R, Xiao H L, Pan Y X. Evolutionary characteristics of the artificially revegetated ecosystem in the Tengger Desert, northern China. *Ecological Research*, 2006, 21(3): 415-424.
- [20] Wang H, Sun D Y, Liu L X, Ma Z W, Wang B. Ecological characteristics of roots of *Artemisia arenaria* population in arid desert area. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2007, 21(1): 99-102, 122-122.
- [21] Wang Y, Wu B, Lu Q, Jia Z Y, Liu G F. Species composition and quantitative classification of *Artemisia ordosica* community in Mu Us Sandland. *Journal of Beijing Forestry University*, 2006, 28(S2): 52-56.
- [22] Xiang Z M, He M. Quantitative analysis of sagebrush. *Pratacultural Science*, 2000, 17(1): 13-15, 20-20.

参考文献:

- [2] 赵哈林, 赵学勇, 张铜会, 周瑞莲. 沙漠化的生物过程及退化植被的恢复机理. 北京: 科学出版社, 2007: 54-82.
- [3] 靳虎甲, 王继和, 李毅, 马全林, 张德魁, 刘有军. 油蒿生态学综述. 西北林学院学报, 2009, 24(4): 62-66.
- [7] 王继和, 马全林, 刘虎俊, 杨自辉, 张德奎. 干旱区沙漠化土地逆转植被的防风固沙效益研究. 中国沙漠, 2006, 26(6): 903-909.
- [8] 杨洪晓, 张金屯, 吴波, 王妍, 李晓松, 许彬. 油蒿 (*Artemisia ordosica*) 对半干旱区沙地生境的适应及其生态作用. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2004, 40(5): 684-690.
- [9] 春喜, 陈发虎, 范育新, 夏敦胜, 赵辉. 乌兰布和沙漠的形成与环境变化. 中国沙漠, 2007, 27(6): 927-931.
- [10] 乌拉. 乌兰布和沙漠植被及其保护. 陕西林业科技, 2007, 23(4): 133-137.
- [11] 马全林. 腾格里沙漠南缘土壤-植被系统恢复及其驱动机制 [D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2009.
- [12] 吴冬秀. 陆地生态系统生物观测规范. 北京: 中国环境科学出版社, 2007: 22-25.
- [14] 杨维康, 张道远, 尹林克, 张立运. 新疆柽柳属植物 (*Tamarix* L.) 的分布与群落相似性聚类分析. 干旱区研究, 2002, 19(3): 6-11.
- [15] 于顺利, 陈灵芝, 张承军. 不同地点蒙古栎群落相似性的研究. 植物学通报, 2000, 17(6): 554-558.
- [16] 王铁娟, 杨持, 吕桂芬, 马春明, 陈海英. 中国北部六种沙蒿的地理替代规律及其主导生态因子. 生态学报, 2005, 25(5): 1012-1018.
- [18] 王立群, 陈世璜, 郝利忠. 黑沙蒿生态生物学特性及群落地理分布规律相关性研究. 干旱区资源与环境, 2002, 16(4): 95-98.
- [20] 王辉, 孙栋元, 刘丽霞, 马仲武, 王彬. 干旱荒漠区沙蒿种群根系生态特征研究. 水土保持学报, 2007, 21(1): 99-102, 122-122.
- [21] 王妍, 吴波, 卢琦, 贾子毅, 刘广峰. 毛乌素沙地油蒿群落的物种组成与数量分类. 北京林业大学学报, 2006, 28(S2): 52-56.
- [22] 向志民, 何敏. 蒿类半灌木牧草质量分析. 草业科学, 2000, 17(1): 13-15, 20-20.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 11 June, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Controls of post-fire tree recruitment in Great Xing'an Mountains in Heilongjiang Province	CAI Wenhua, YANG Jian, LIU Zhihua, et al (3303)
The assessment of river health using Benthic-Index of biotic integrity for Wenyu River	YANG Liu, LI Yonghui, WANG Juncai, et al (3313)
Consume of soil seeds of <i>Betula albo-sinensis</i> and <i>Abies faxoniana</i> in different natural successional stages of subalpine dark coniferous forest in western Sichuan, China	MA Jiangming, LIU Shirong, SHI Zuomin, et al (3323)
Habitat associations of understorey species spatial distribution in old growth broad-leaved Korean pine (<i>Pinus koraiensis</i>) forest	DING Shengjian, ZHANG Chunyu, XIA Fucui, et al (3334)
Nabkha morphology and sand-fixing capability of four dominant <i>Caragana</i> species in the desert region of the Inner Mongolia Plateau	ZHANG Yuanyuan, MA Chengchang, HAN Lei, et al (3343)
Growth dynamics, biomass allocation and ecological adaptation in <i>Ceratocarpus arenarius</i> L.	QUAN Dujuan, WEI Yan, ZHOU Xiaoqing, et al (3352)
A rapid assessment method for forest disaster based on MODIS/NDVI time series; a case study from Guizhou Province	SHI Hao, WANG Xiao, XUE Jianhui, et al (3359)
Soil cation exchange capacity and exchangeable base cation content in the profiles of four typical soils in the Xi-Shui Forest Zone of the Qilian Mountains	JIANG Lin, GENG Zengchao, LI Shanshan, et al (3368)
Impact of water and temperature on spring maize emergence speed and emergence rate	MA Shuqing, WANG Qi, LÜ Houquan, et al (3378)
Effect of N application on the abundance of denitrifying genes (<i>narG/nosZ</i>) and N ₂ O emission in paddy soil	ZHENG Yan, HOU Haijun, QIN Hongling, et al (3386)
Temporal-spatial variations of potential evapotranspiration and quantification of the causes in Northwest China	CAO Wen, SHEN Shuanghe, DUAN Chunfeng (3394)
Analysis of ecosystem degradation and recovery using precipitation use efficiency and NDVI in the headwater catchment of the Yellow River basin	DU Jiaqiang, SHU Jianmin, ZHANG Linbo (3404)
An assessment method of <i>Kandelia obovata</i> population biomass	JIN Chuan, WANG Jinwang, ZHENG Jian, et al (3414)
Quantitative characteristics and species composition of <i>Artemisia sphaerocephala</i> and <i>A. ordosica</i> communities in the Ulanbuh Desert ...	MA Quanlin, ZHENG Qingzhong, JIA Jujie, et al (3423)
Photosynthesis and transpiration in relation to ion accumulation in <i>Vitex trifolia</i> under varied light intensity	ZHANG Ping, LIU Linde, BAI Xinfu, et al (3432)
Diffusion of elm seed rain in Otindag Sand Land	GU Wei, YUE Yongjie, LI Gangtie, et al (3440)
Effect of saline water irrigation on sand soil salt and the physiology and growth of <i>Populus euphratica</i> Oliv.	HE Xinlin, CHEN Shufei, WANG Zhenhua, et al (3449)
Regulation of exogenous nitric oxide on photosynthetic physiological response of <i>Lolium perenne</i> seedlings under NaHCO ₃ Stress	LIU Jianxin, WANG Jincheng, WANG Xin, et al (3460)
Longitude gradient changes on plant community and soil stoichiometry characteristics of grassland in Hulunbeir	DING Xiaohui, LUO Shuzheng, LIU Jinwei, et al (3467)
Concentrations and distributions of selenium and heavy metals in Hainan paddy soil and assessment of ecological security	GENG Jianmei, WANG Wenbin, WEN Cuiping, et al (3477)
Heavy metal contents and evaluation of farmland soil and wheat in typical area of Jiangsu Province	CHEN Jingdu, DAI Qigen, XU Xuehong, et al (3487)
The studies on the food web structures and trophic relationships in Guangxi Dongfang Cave by means of stable carbon and nitro- gen isotopes	LI Daohong, SU Xiaomei (3497)
Analysis of bacterial diversity in the Songhua River based on nested PCR and DGGE	TU Teng, LI Lei, MAO Guannan, et al (3505)

Preliminary delineation and classification of estuarine drainage areas for major coastal rivers in China	HUANG Jinliang, LI Qingsheng, HUANG Ling, et al (3516)
Estimation of spatial and seasonal changes in phytoplankton primary production in Meiliang Bay, Lake Taihu, based on the Vertically Generalized Production Model and MODIS data	YIN Yan, ZHANG Yunlin, SHI Zhiqiang, et al (3528)
Viability and changes of physiological functions in the tiger frog (<i>Hoplobatrachus rugulosus</i>) exposed to cold stress	WANG Na, SHAO Chen, XIE Zhigang, et al (3538)
Community structure and abundance dynamics of soil collembolans in transgenic Bt rice paddyfields	ZHU Xiangyu, LI Zhiyi, CHANG Liang, et al (3546)
Morphological characteristics and microsatellite DNA genetic diversity of Nigeria African honey bee, Anhui <i>Apis mellifera</i> and theirs hybrid generation II	YU Linsheng, XIE Wenfei, WU Houchang, et al (3555)
Effects of social-demographic factors on the recreational service of park wetlands in Beijing	LI Fen, SUN Ranhao, CHEN Liding (3565)
Co-integration theory-based analysis on relationships between economic growth and eco-environmental changes: taking the south-east district in Chongqing city as an example	XIAO Qiang, HU Dan, XIAO Yang, et al (3577)
The cooperative environmental game model in the Tidal River Network Regions and its empirical research	LIU Honggang, CHEN Xingeng, PENG Xiaochun (3586)

Review and Monograph

Review of eco-efficiency accounting method and its applications	YIN Ke, WANG Rusong, ZHOU Chuanbin, et al (3595)
Overview on the 6th international symposium on modern ecology series of 2011	WEN Teng, XU Delin, XU Chi, et al (3606)

Discussion

Scale analysis of environmental factors and their relationship with the size of hierarchical aquatic ecoregion: a case study in the Liao River basin	LIU Xingcai, XU Zongxue, ZHANG Shurong, et al (3613)
--	--

Scientific Note

Effects of different light intensities on activities of the primary defense proteins in needles of <i>Larix gmelinii</i>	LU Yifang, SHI Lei, YAN Shanchun (3621)
An analysis of photosynthetic parameters among <i>Schima superba</i> provenances	XIONG Caiyun, ZENG Wei, XIAO Fuming, et al (3628)
Research on three small-scale agricultural ecological-economic systems in Shenzhen City based on emergy analysis	YANG Zhuoxiang, GAO Yang, ZHAO Zhiqiang, et al (3635)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究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;新书评介和学术、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,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 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

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 11 期 (2012 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 11 (June, 2012)

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:100071	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@csbg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@csbg.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