

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 24 期 Vol.31 No.24 **2011**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 24 期

2011 年 12 月 (半月刊)

目 次

柑橘黄龙病株不同部位内生细菌群落结构的多样性·····	刘 波,郑雪芳,孙大光,等 (7325)
小兴安岭红松径向生长对未来气候变化的响应·····	尹 红,王 靖,刘洪滨,等 (7343)
污水地下渗透系统脱氮效果及动力学过程·····	李海波,李英华,孙铁珩,等 (7351)
基于生态系统服务的海南岛自然保护区体系规划·····	肖 燚,陈圣宾,张 路,等 (7357)
羌塘地区草食性野生动物的生态服务价值评估——以藏羚羊为例·····	鲁春霞,刘 铭,冯 跃,等 (7370)
湖北省潜江市生态系统服务功能价值空间特征·····	许倍慎,周 勇,徐 理,等 (7379)
滇西北纳帕海湿地景观格局变化及其对土壤碳库的影响·····	李宁云,袁 华,田 昆,等 (7388)
基于连接性考虑的湿地生态系统保护多预案分析——以黄淮海地区为例·····	宋晓龙,李晓文,张明祥,等 (7397)
青藏高原高寒草甸生态系统碳增汇潜力·····	韩道瑞,曹广民,郭小伟,等 (7408)
影响黄土高原地物光谱反射率的非均匀因子及反照率参数化研究·····	张 杰,张 强 (7418)
基于 GIS 的下辽河平原地下水生态敏感性评价·····	孙才志,杨 磊,胡冬玲 (7428)
厦门市土地利用变化下的生态敏感性·····	黄 静,崔胜辉,李方一,等 (7441)
我国保护地生态旅游发展现状调查分析·····	钟林生,王 婧 (7450)
黄腹山鹧鸪稳定的配偶关系限制雄性欺骗者·····	褚福印,唐思贤,潘虎君,等 (7458)
食物蛋白含量和限食对雌性东方田鼠生理特性的影响·····	朱俊霞,王 勇,张美文,等 (7464)
具有捕食正效应的捕食-食饵系统·····	祁 君,苏志勇 (7471)
桑科中 4 种桑天牛寄主植物的挥发物成分研究·····	张 琳,WANG Baode,许志春 (7479)
栗山天牛成虫羽化与温湿度的关系·····	杨忠岐,王小艺,王 宝,等 (7486)
人工巢箱条件下杂色山雀的巢位选择及其对繁殖成功率的影响·····	李 乐,万冬梅,刘 鹤,等 (7492)
鸭绿江口湿地鸕鹚类停歇地的生物生态研究·····	宋 伦,杨国军,李 爱,等 (7500)
锡林郭勒草原区气温的时空变化特征·····	王海梅,李政海,乌 兰,等 (7511)
UV-B 辐射胁迫对杨桐幼苗生长及光合生理的影响·····	兰春剑,江 洪,黄梅玲,等 (7516)
小麦和玉米叶片光合-蒸腾日变化耦合机理·····	赵风华,王秋凤,王建林,等 (7526)
利用稳定氢氧同位素定量区分白刺水分来源的方法比较·····	巩国丽,陈 辉,段德玉 (7533)
2010 年冬季寒冷天气对闽江口 3 种红树植物幼苗的影响·····	雍石泉,仝 川,庄晨辉,等 (7542)
人参皂苷与生态因子的相关性·····	谢彩香,索风梅,贾光林,等 (7551)
芑对黑麦草根茎几种低分子量有机分泌物的影响·····	谢晓梅,廖 敏,杨 静 (7564)
盐碱地柠条根围土中黑曲霉的分离鉴定及解磷能力测定·····	张丽珍,樊晶晶,牛 伟,等 (7571)
不同近地表土壤水文条件下雨滴打击对黑土坡面养分流失的影响·····	安 娟,郑粉莉,李桂芳,等 (7579)
煤电生产系统的能值分析及新指标体系的构建·····	楼 波,徐 毅,林振冠 (7591)
专论与综述	
东南亚高山森林植被变化对流域产水量的影响·····	张远东,刘世荣,顾峰雪 (7601)
干旱荒漠区斑块状植被空间格局及其防沙效应研究进展·····	胡广录,赵文智,王 岗 (7609)
利用农业生物多样性持续控制有害生物·····	高 东,何霞红,朱书生 (7617)
研究简报	
洪湖湿地生态系统土壤有机碳及养分含量特征·····	刘 刚,沈守云,闫文德,等 (7625)
氯氰菊酯和溴氰菊酯对萼花臂尾轮虫生殖的影响·····	黄 林,刘昌利,韦传宝,等 (7632)
学术信息与动态	
SCOPE-ZHONGYU 环境论坛(2011)暨环境科学与可持续发展国际会议成功举办·····	(7639)
《生态学报》3 篇文章入选 2010 年中国百篇最具影响国内学术论文 等·····	(I)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 36 * 2011-12	



封面图说: 泥炭藓大多生长在多水、寒冷和贫营养的生境,同时有少数的草本、矮小灌木也生长在其中,但优势植物仍然是泥炭藓属植物。泥炭藓植物植株死后逐渐堆积形成泥炭。经过若干年的生长演变,形成了大片的泥炭藓沼泽。这种沼泽地有黑黑的泥炭,绿绿的草甸和亮晶晶的斑块状水面相间相衬,远远看去就像大地铺上了锦绣地毯一样美丽壮观。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

胡广录, 赵文智, 王岗. 干旱荒漠区斑块状植被空间格局及其防沙效应研究进展. 生态学报, 2011, 31(24): 7609-7616.

Hu G L, Zhao W Z, Wang G. Reviews on spatial pattern and sand-binding effect of patch vegetation in arid desert area. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(24): 7609-7616.

干旱荒漠区斑块状植被空间格局 及其防沙效应研究进展

胡广录¹, 赵文智^{2,*}, 王 岗¹

(1. 兰州交通大学环境与市政工程学院, 兰州 730070;

2. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 中国生态系统研究网络临泽内陆河流域研究站, 兰州 730000)

摘要: 斑块状植被相对稳定的空间格局是其适应环境的结果, 也是干旱区植被存在的主要形式。干旱荒漠区植被对土壤风蚀的防护功能不仅与盖度、高度有关, 而且与植被空间格局有关。以往的研究多侧重于植被盖度和高度对防护功能的影响, 而对植被格局影响防沙效应的研究相对薄弱。干旱区斑块状格局的植被能否防沙、防沙效应如何一直是防沙治沙工程研究中的焦点问题。综述了干旱区斑块状植被空间格局特征、形成演化及防风固沙效应等方面的研究进展, 提出未来应借助 3S 技术手段和模型模拟方法, 加强对斑块状植被空间格局与风蚀风积过程的互馈关系、斑块动态的驱动因素和斑块状植被格局防沙功能的尺度效应研究。

关键词: 斑块植被; 空间格局; 风蚀风积; 防沙效应; 干旱荒漠区

Reviews on spatial pattern and sand-binding effect of patch vegetation in arid desert area

HU Guanglu¹, ZHAO Wenzhi^{2,*}, WANG Gang¹

¹ School of Environmental and Municipal Engineering of Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China

² Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences; Linze Inland River Basin Research Station, China Ecosystem Research Network, Lanzhou 730000, China

Abstract: The relatively stable spatial pattern of patch vegetation attributes to its adaptation to the arid desert environment, as well as the vegetation appears the main form in arid areas. In the arid desert area, the protective functions of vegetation on soil wind erosion not only relate with vegetation coverage and height, but also relate with the spatial pattern of vegetation. In the previous study put emphasis on the effect of vegetation coverage and height on protective functions of land surface, but the research that the impacts of vegetation pattern on sand break effect is relatively weak. It is always a major issue in the studies of sandy desertification combating works whether and how this kind of vegetation spatial pattern is effective in preventing sand. The results of the present study indicate that patch vegetation in arid area plays an important role in fixed sand dune, resisting hazards of wind-blown sand and protecting the oasis. This article gives review of the research of patch vegetation, including its evolution mechanism and evolution process, spatial pattern characteristics of population, impact factors of dynamic changes, differentiation between patches and patch gaps, spatial heterogeneity and effect of sand-fixation. Besides, the weakness in the present research is also pointed out. Moreover, it is strongly suggested that the 3S technology and simulation method should be used in the future study, especially in the research of impact factors in patch vegetation dynamics, feedback relationship between spatial pattern of patch vegetation and process of wind erosion

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41071019, 41161082); 甘肃省自然科学基金计划资助项目(1107RJZA167)

收稿日期: 2011-04-19; **修订日期:** 2011-11-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: Zhaowzh@lzb.ac.cn

and deposition, and scale effect of patch vegetation on sand-binding. These research results provide the theoretical basis and practice instruction for plant species choice and spatial pattern allocation in large scale ecological vegetation construction of arid desert area.

Key Words: patch vegetation; spatial pattern; wind erosion and deposition; sand-fixation benefits; arid desert area

植被对土壤风蚀的防护功能是植被盖度、高度和格局的函数^[1]。固沙植被的覆盖度、密度、高度、形状以及格局的差异都会影响防沙效益^[2-4]。加强地表植被覆盖是防风固沙的最有效措施,对此人们早已形成了比较一致的认识,也开展过大量的研究工作^[5-9]。植被的密度、高度、形状等特征对土壤风蚀的防护作用同样引起了学术界的普遍关注,研究者通过不同的观测实验方法研究其防风固沙效应,也取得了较为丰富的研究成果^[10-13]。然而在干旱区的防风固沙工程实践中,受区域气候和水分条件限制,提高植被覆盖度的成本和难度都较大;植被的密度、高度、形状也难以在短期内达到抵御风沙危害所需要的理想指标。因此,在干旱区植物固沙研究中,加强植被类型及其空间配置格局的防沙效应研究就非常值得重视。

植被斑块状格局是干旱区生态过程和水文过程相互作用的结果,也是干旱区一种常见的、相对稳定的植被存在形式^[14-17]。斑块状植被在世界范围内的干旱区均有分布。在我国北方广袤沙漠的边缘,特别是荒漠—绿洲过渡带,甚至在有些沙漠腹地高大沙丘的沙坡上、丘间低地,都发育着许多斑块状、条带状的天然植被或灌丛沙堆,这些植被的生长发育主要依靠大气降水或局部地下渗透水来维持,植被覆盖度比较低,一般在10%—40%^[18-21]。有关斑块状植被的形成演化、空间格局及其防沙功能近年来受到了越来越多的关注,特别是干旱荒漠区低覆盖度的斑块状植被能否防沙、防沙效应如何已成为防沙治沙实践中的焦点问题^[1,4,22]。本文综述了斑块状植被格局、演变及防沙效应方面的研究进展,分析提出了今后进一步研究的问题。

1 斑块状植被空间格局特征

干旱荒漠区天然植被最显著的特点是低覆盖度,且大多以斑块状、条带状、灌丛状格局呈现。研究认为,干燥度从 $P/E_{tp} > 1$ 降到 < 0.3 时,相对应的植被就从连续覆盖的植物冠层向斑块分布过渡^[16,23]。在干旱荒漠地区,生长发育着许多耐风沙、抗盐碱,适应性强的旱生或超旱生植物,这些植物种群的个体在其生活空间中的位置状态或布局,在一定的尺度上控制着植被空间格局形态。陶冶等^[24]应用信息维数和关联维数对古尔班通古特沙漠南缘两个灌木林样地的心叶驼绒藜和梭梭种群格局进行了比较分析。结果表明:总体上心叶驼绒藜呈聚集分布,梭梭则呈随机分布,但两个物种之间的相互作用强于单个物种,有着更强的空间依赖关系。刘金伟^[25]通过对新疆艾比湖周边白刺沙堆点格局分析,认为白刺沙堆的空间分布格局主要以随机分布为主,但受空间尺度影响,在不同空间尺度,白刺沙堆空间格局的分布模式不同,在小尺度范围内表现出一定的均匀分布。油蒿具有抗旱、耐瘠薄、耐风蚀沙埋与速生的生态特性,在西北地区的流动、半固定和固定沙丘上是一种优良的固沙造林植物。有研究认为:聚集斑块不仅是半固定沙地油蒿种群生存的重要形式,而且是半固定沙地油蒿种群继续发展的基础,半固定沙地油蒿种群的空间格局可能受控于地表风沙流,频繁而强烈的风沙流可以通过淘汰非聚集植株促使油蒿种群发生斑块分化^[26]。由于空间尺度的无限性,植物种群的斑块分化现象存在着层次性或等级性^[27]。在小尺度上植物种群可能以个体为单位通过聚集形成斑块以及斑块间隙,当尺度增大时植物种群可能以小尺度的斑块为单位通过聚集形成更高层次的斑块和斑块间隙^[28-30]。植物小尺度上的生物学过程对于空间格局的形成往往起着重要的作用,被认为是了解植物种群生态过程的最佳尺度。而大尺度上的植物种群空间格局更多的是受气候、地形等非生物因素影响,加之非生物因素和生物因素的相互作用,就会使得空间格局的复杂性和异质性分析更加复杂^[31]。

2 斑块状植被格局的演变过程

植被斑块状格局只是干旱荒漠区植物群落的外在形态学表现,其实质是植物种群间的相互作用以及种群与其生境之间的关系^[32]。受区域气候、水文、地形、人为等因素的影响,干旱荒漠区植被生境中资源量(如水

分、养分、种子等)的大小控制着地表植被斑块的特点,而资源的再分配过程则控制着植被斑块的形成和消亡,进而影响区域上植被斑块格局的演变特点^[22]。

有研究认为,在水分严重不足、土壤中资源极端匮乏的干旱荒漠地区,地表植物群落的分布在不同空间尺度上都表现出植被斑块和裸地斑块两相镶嵌、相互转化的特点^[33-34]。也有研究者把斑块植被的演变过程看作是裸地与植被斑块镶嵌构筑成土壤侵蚀的源—汇格局转化过程,合理的镶嵌格局可以保持水分、养分和植物种子,有利于植被的生长,进一步增强控制土壤侵蚀的能力^[35-37]。而 Montana 等^[38]在 Chihuahuan 荒漠区和 Sala 等^[34]在阿根廷 Patagonian 干草原等地进行斑块动态研究时,将植被斑块分为带状和点状两类,认为水力作用是带状斑块动态变化的主要驱动力,风力作用是点状斑块动态变化的主要营力。通过对比斑块内外的土壤类型及土壤中水分、有机质和种子的含量,认为两类斑块演化的主要驱动力虽然不同,但演化的基本机制却是一致的,即受制于使斑块创建和维持的物质(水、养分和种子)的再分配过程一致。Zhao 和 Chen^[39]研究认为水资源可能是影响干旱荒漠地区植被生长动态以及分布格局的主要生态因子,它在一定程度上控制了斑块植被的组成与结构,同时植被在诸多尺度上也会对水分动态产生重要的反馈作用。干旱荒漠区植物生长对地下水也有很强的依赖性,地下水可能主导着斑块植被的空间格局和动态变化过程。杨自辉等^[40]曾对甘肃民勤荒漠绿洲过渡区白刺斑块植被的水分动态进行了研究,表明维持白刺种群正常生长发育的年降水量在 110 mm 左右,当地下水位下降至 10 m 以下,土壤趋于干燥,白刺种群进入发育盛期,生态位宽度增加,致使其他植物难以继续生存。这说明较深的地下水埋深抑制了其他种群的发育,而恰恰是白刺种群能够在戈壁生境中生存的主要原因。沙埋是斑块植被形成的另一个影响因子。李秋艳等^[41]研究认为:沙漠生境中,丰富的沙源,频繁的沙埋,使泡泡刺萌发出大量的不定根,根系发育庞大,繁育能力增强。在流动沙丘的丘间低地上,沙埋使得泡泡刺种群成为优势种群,进而形成相对独立的灌丛沙堆。除此而外, Davis 和 Burrows^[42]认为频繁的火烧也是干旱区植被斑块性发展方向的一个重要因素。而 Aguiar 等^[33]有关种子的研究证明:种子一般都在植被斑块附近积聚,在裸地区则密度较小,并且斑块内相对密集的成年个体所提供的稳定小环境使种子的立地成活率高于裸地,这为斑块中植物个体的补充提供了保证。

人类活动也会加速植被斑块破碎化或阻止新斑块形成。过度放牧、樵采、不合理的土地利用^[43-45]都起到加速植被斑块破碎化的作用。如过度放牧可以使植物幼苗数量减少和近地表植被层片缺失,“源”区扩大,地表土壤抗风蚀能力降低,为风蚀提供突破口^[42]。而陈玉福等^[44]认为毛乌素沙地沙生半灌木植被盖度与斑块结构的变异大部分发生在较小的尺度上,要防止荒漠化过程,就必须特别注重小尺度植被斑块的人为保护,以促进新斑块的形成和扩大。

总之,斑块状植被与其生境是相互联系和相互作用的有机整体。相对完善和稳定的生境结构是植被斑块形成和维持的基础,外力作用下生境结构的改变与重建则是植被斑块格局演变的深层机制^[46]。

3 斑块状植被格局的防风固沙效应

对于斑块状植被格局的风场结构、输沙量、防沙效果有学者开展过一些野外观测^[17,47-49]。但受野外观测条件和研究方法的限制,学者们对斑块植被防风固沙效应的研究更多是针对特定区域的单种单株植物所进行的。马士龙等^[50]对乌兰布和沙漠东北部沙漠绿洲过渡带的单一白刺灌丛堆周围风速进行了观测,并应用二维圆柱绕流理论模型,对野外实测数据应用流体力学的观点和方法进行风速流场分析,绘出了白刺灌丛周围风绕流的速度等势线图和速度矢量图,结果表明白刺灌丛防风效应主要是体现在其防护距离上,防护距离约为其高度的 6—7 倍。屈志强等^[51]通过对毛乌素沙地常见的沙蒿、柠条、杨柴 3 种灌木单株的防沙效益进行研究,表明在春季植株尚未展叶的时期,相似横截面的 3 种单株,透风系数小的沙蒿植株比其它两种植物的防沙作用显著。防沙植物的株型及地上枝条空间结构不同,降低风速作用也会不同。王继和等^[52]对腾格里沙漠南缘古浪县东北部明沙嘴沙地上单个植物的防风阻沙作用研究表明:沙蒿、花棒株型为疏散丛生型;柠条株型为中间丛生型;油蒿株型为紧密丛生型;近地面 0—50cm 层的阻风阻沙作用效果由强到弱依次为油蒿>沙蒿>柠条>花棒。李建刚等^[53]通过对民勤县 4 种沙生植物梭梭、柠条、花棒、沙拐枣地上枝条空间结构及其防

风作用的研究,得出 4 种沙生植物由于植株的上部和基部枝条较少,降低风速的作用较小;而植株枝条在比较稠密的中部高度,降低风速作用则较大。总之,干旱荒漠区不同地理环境中的固沙植物种类不同,防风固沙效果也有差异。但它们的防风阻沙机理都是当风沙流流经单株灌丛时,会在灌丛后形成风影,并因此引起沙粒在其后沉积,逐渐形成半固定、固定的沙丘^[54]。

野外条件下对斑块植被空间配置格局的防沙效应也开展过一些研究工作。杨洪晓等^[26]研究认为,毛乌素半固定沙地上天然油蒿种群呈聚集斑块分布,具有较好的固沙功能,当把油蒿人工移栽到流动沙地时,将其配置为斑块与斑块间隙交替排列的格局,将有助于提高流沙固定和植被恢复重建的效率。沙蒿广泛分布在半固定沙地、固定沙地,是固沙造林的理想植物。杨文斌等^[55]在腾格里沙漠和毛乌素沙地的野外试验中发现,随机分布的沙蒿灌丛覆盖度在 20%—28% 时,灌丛内有明显的风蚀和积沙的痕迹;而人工设置的行带式沙蒿灌丛内,在刚设置的 1—2a 内,两带间的沙面被风蚀,沙蒿带内形成积沙,直到形成稳定的“凹月”形沙面;到 5—6a 后形成结皮,流沙被完全固定。说明在 15%—28% 的低覆盖度时,只要把沙蒿灌丛布设成行带式配置结构是能够完全固定流沙的。总体而言,目前对野外条件下斑块植被配置格局的防沙效应研究还比较薄弱。况且研究者所研究的区域生态水文条件不同,植物类型也不相同,即便是同一区域,受微地形地貌变化或人为因素的影响,植被的空间配置格局也会有所不同,因此对控制土壤风蚀的效果会有较大差异。

基于风洞条件的研究成果也为植被空间配置格局影响防沙效应的研究提供了理论基础。张春来等^[8]通过风洞实验研究植被干扰气流表面来影响土壤风蚀的作用时指出,相同覆盖度下均匀分布的植被格局对土壤风蚀的减弱作用较大。董治宝等^[56]的研究也表明,植被覆盖度相同的条件下,均匀分布形式比丛状植物对土壤风蚀有较好的防护作用。但也有研究者发现,在相同盖度下行带式分布的植被格局对土壤风蚀的减弱作用更优于均匀分布和随机分布的植被格局^[49,57]。杨文斌等^[58]通过风洞试验模拟了覆盖度在 20% 左右的 3 种水平配置格局的灌木群丛内风流结构与防风固沙效果,结果也表明,行带式模式具有非常显著的阻碍和降低风速的作用(风速降低 36%—43%),等株行距模式次之(风速降低 7%—28%),随机不均匀配置模式内局部有风速抬升现象。可见,风洞实验条件下,模拟的植物类型及其搭配组合的空间格局不同,对防风阻沙的效果也不同。

应用遥感、地理信息系统和数值模拟模型等先进技术手段,对大尺度上斑块植被格局与风蚀风积关系的量化研究正成为一个重要趋势。邵亚平等人提出的 IWEMS 模型系统就开始利用了地理信息技术(GIS),该系统由大气预测模块,风蚀模块,地表植被模块以及地理信息数据库 4 个基本模块组成,它提供了一个可同时应用于区域和大陆尺度上的定量化风蚀评价和预报系统^[59]。当然,一个好的土壤风蚀模型还应该充分考虑区域影响要素的空间变异性,以便更好地模拟土壤风蚀状况。但影响要素的空间变异性使模型参数的输入输出变得繁杂,模型所需的大量空间信息也难以获得,将 RS、GIS 与土壤风蚀模型的研究与应用相结合可以有效缓解这一难题^[28]。目前基于地统计学的空间变异理论在土壤风蚀研究领域中的应用也初步展开。王利兵等^[60]利用空间变异函数模型研究了沙粒粒径组成的空间异质性及其与植被灌丛大小和土壤风蚀的相关性。刘铁军等^[61]对土壤风蚀空间变异理论模型与计算方法进行了探讨,并对土壤风蚀空间变异函数模型的选取作了较详细的介绍,提出了可以用地理信息系统(GIS)和地统计学(克里格法和随机模拟)相结合研究风力(输沙率)的随机性对地表土壤风蚀强度的影响。

4 展望

1) 加强影响因素的定量化研究,深入理解斑块状植被格局的演化机理及其防风固沙的生态学机制。目前国内外关于干旱荒漠区植被斑块格局动态机制的研究尚处于定性推断的阶段,大多从斑块植被格局的特征出发,分析对应时期的资源分布状况、各种自然干扰和人类活动,从而推断影响其动态变化的可能因素,但对这些因素的具体作用机制则很少给出定量化的分析。因此未来应加强影响因素的定量化研究,在此基础上深入理解斑块状植被格局的演化机理及其防风固沙的生态学机制。

2) 加强斑块植被格局的防风固沙规律、风蚀风积平衡关系研究。一个区域风蚀风积的平衡关系怎样演

变?与斑块植被格局动态变化的关系如何?主要取决于特定的区域气候、地形背景下的植物种类、形状、植被高度、盖度、空间配置格局等因素。而目前的研究多侧重于对某种特定斑块植被格局防风固沙效果的试验观测,而从风蚀风积的动态变化关系出发,对斑块植被格局的防风固沙规律、风蚀风积平衡关系研究依然还很缺乏。虽然利用 3S 技术对干旱区植被格局动态变化的研究有很多报道,但涉及斑块植被格局与风蚀风积动态的互馈关系研究还比较少。因此未来应利用 3S 技术,加强斑块植被格局与风蚀风积动态的互馈关系研究。

3)加大大尺度上斑块状植被格局的防沙效应评价研究。目前斑块状植被防风固沙效应研究主要还是针对小尺度、人工植被,而对大尺度、天然斑块状植被格局的防风固沙效应研究还很薄弱。植被防风固沙具有尺度效应,不同尺度下的植被空间格局与风蚀风积过程相互作用的结果有可能完全不同。小尺度上的研究方法和成果如何转换到大尺度区域,不仅是尺度转换问题,也是对斑块状植被格局防沙效应评价的需要。所以,加大大尺度上天然斑块植被及其格局的防沙效应研究和小尺度上防沙效应向大尺度上推演的模型模拟研究,应是未来斑块状植被格局防沙效应研究的重点和难点。

References:

- [1] Andrew J B, Robert L W, Trans, Zhao W Z, Wang G X. Eco-Hydrology-Plants and Water in Terrestrial and Aquatic Environments. Beijing: Ocean Press, 2002.
- [2] Wolfe S A, Nickling W G. The protective role of sparse vegetation in wind erosion. Progress in Physical Geography, 1993, 17(1): 50-68.
- [3] Grant P F, Nickling W G. Direct field measurement of wind drag on vegetation for application to windbreak design and modelling. Land Degradation and Development, 1998, 9(1): 57-66.
- [4] He S F, Jiang D M, Alamus. Roles of vegetation in wind erosion control: a research review. Chinese Journal of Ecology, 2007, 26(5): 743-748.
- [5] Bressolier C, Thomas Y F. Studies on wind and plant interactions on French Atlantic coastal dunes. Journal of Sedimentary Petrology, 1977, 47(1): 331-338.
- [6] Wasson R J, Nanninga P M. Estimating wind transport of sand on vegetated surfaces. Earth Surface Processes and Landforms, 1986, 11(5): 505-514.
- [7] Wiggs G F S, Thomas D S G, Bullard J E, Livingstone I. Dune mobility and vegetation cover in the southwest Kalahari Desert. Earth Surface Processes and Landforms, 1995, 20(6): 515-529.
- [8] Zhang C L, Zou X Y, Dong G R, Liu Y Z. Wind tunnel studies on influences of vegetation on soil wind erosion. Journal of Soil and Water Conservation, 2003, 17(3): 32-33.
- [9] Zhao C X, Zheng D W, He W Q. Vegetation cover changes over time and its effects on resistance to wind erosion. Acta Phytocologica Sinica, 2005, 29(1): 68-73.
- [10] Lee B E, Soliman B F. An investigation of the forces on three dimensional bluff bodies in rough wall turbulent boundary layers. Journal of Fluids Engineering, 1977, 99(3): 503-510.
- [11] Ma B L, Qi J Z. Research on the effect of several Shrub sand fixation forest. Bulletin of Soil and Water Conservation, 1994, 14(S1): 22-28.
- [12] Liu X P, Dong Z P. Wind tunnel tests of the roughness and drag partition on vegetated surfaces. Journal of Desert Research, 2002, 22(1): 82-87.
- [13] Yang T T, Yao G Z, Wang M C, Ding G D. Study on wind-sand defending effect of natural Shrubs in Ulan Buh dsert. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2008, 22(1): 194-197.
- [14] Zhu Z D, Chen G T. Chinese Soil Desertification. Beijing: Science Press, 1994.
- [15] Li F. A comparative researches on landscape diversity changes in two typical desertification areas-impacts of landscape matrices. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(9): 1507-1511.
- [16] Sánchez G, Puigdefábregas J. Interactions of plant growth and sediment movement on slopes in a semi-arid environment. Geomorphology, 1994, 9(3): 243-260.
- [17] Maestre F T. On the importance of patch attributes, environmental factors and past human impacts as determinants of perennial plant species richness and diversity in Mediterranean semiarid steppes. Diversity and Distributions, 2004, 10(1): 21-29.
- [18] Bochet E, Poesen J, Rubio J L. Mound development as an interaction of individual plants with soil, water erosion and sedimentation processes on slopes. Earth Surface Processes and Landforms, 2000, 25(8): 847-867.

- [19] Guo Q S, Wang C L, Guo Z H, Tan D Y, Shi Z M. Geographic distribution of existing haloxylon desert vegetation and its patch character in China. *Scientia Silvae Sinicae*, 2005, 41(5): 2-7.
- [20] Chang J, Pan C D, Shi R F. Analysis on dominant species distribution patterns and relation of *Ass. Haloxylon persicum+H. ammodendron*. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 2006, 29(2): 26-29.
- [21] Bautista S, Mayor Á G, Bourakhouadar J, Bellot J. Plant spatial pattern predicts hillslope runoff and erosion in a semiarid mediterranean landscape. *Ecosystems*, 2007, 10(6): 987-998.
- [22] Sun Z Y. *Eco-geological Mechanism on the Vegetation Patches Distribution Pattern and its Evolution in Erjina Basin*. Wuhan: China University of Geosciences, 2003.
- [23] Parsons A J, Abrahams A D, Simanton J R. Micro topography and soil-surface materials on semiarid piedmont hill slopes. *Journal of Arid Environment*, 1992, 22(2): 107-115.
- [24] Tao Y, Liu T, Jia Y M, Cui Y H, Luo C, Wei P, Xie J B. Fractal characteristics of spatial distribution pattern of *Ceratoides ewersmanniana* and *Haloxylon ammodendron* population in the southern Gurbantunggut desert, Xinjiang. *Arid Land Geography*, 2008, 31(3): 365-372.
- [25] Liu J W, Li Z Z, Wu S L, Li W J, Wang S P, Cao X D, Ling Z Y. The spatial heterogeneity of morphologic feature of *Nitraria nebkhas* around Ebinur Lake, Xinjiang. *Journal of Desert Research*, 2009, 29(4): 628-635.
- [26] Yang H X, Zhang J T, Li Z D, Wu B, Zhang Z S, Wang Y. Comparative study on spatial patterns of *Artemisia ordosica* populations in the Mu Us sandy land. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(5): 1901-1910.
- [27] Zhang J T. *Quantitative Ecology*. Beijing: Science Press, 2004.
- [28] Wu J G. *Landscape Ecology: Pattern, Process, Scale and Hierarchy*. Beijing: Higher Education Press, 2000.
- [29] Liu Z G, Li Z Q. Perspectives on small-scale spatial structure of plant species in plant communities. *Acta Phytocologica Sinica*, 2005, 29(6): 1020-1028.
- [30] Turner M G. Landscape ecology: The effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1989, 20(1): 171-197.
- [31] Li H B, Wang Z Q, Wang Q C. Theory and methodology of spatial heterogeneity quantification. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1998, 9(6): 651-657.
- [32] Watt A S. Pattern and process in the plant community. *Journal of Ecology*, 1947, 35(1/2): 1-22.
- [33] Aguiar M R, Sala O E. Patch structure, dynamics and implications for the functioning of arid ecosystems. *Tree*, 1999, 14(7): 273-277.
- [34] Sala O E, Aguiar M R. Origin, maintenance and ecosystem effect of vegetation patches in arid lands//West N ed. *Rangelands in a Sustainable Biosphere (Proceedings of the Fifth International Rangeland Congress Vol, 2)*. Denver: Society for Range Management, 1996: 29-32.
- [35] Chen L X, Fu B J, Xu J Y, Gong J. Location-weighted landscape contrast index: a scale independent approach for landscape pattern evaluation based on "Source-Sink" ecological processes. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(11): 2406-2413.
- [36] Imeson A C, Prinsen H A M. Vegetation patterns as biological indicators for identifying runoff and sediment source and sink areas for semi-arid landscapes in Spain. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 2004, 104(2): 333-342.
- [37] Mayor G Á, Bautista S, Small E E, Dixon M, Bellot J. Measurement of the connectivity of runoff source areas as determined by vegetation pattern and topography: a tool for assessing potential water and soil losses in dry lands. *Water Resources Research*, 2008, 44(10): W10423, doi: 10.1029/2007WR006367.
- [38] Montana C. The colonization of bare areas in two-phase mosaics of an arid ecosystem. *Journal of Ecology*, 1992, 80(2): 315-327.
- [39] Zhao W Z, Chen G D. Review of several problems on the study of eco-hydrological processes in arid zones. *Chinese Science Bulletin*, 2002, 47(5): 353-360.
- [40] Yang Z H, Gao Z H. Impact of precipitation and underground water level in the edge of oases on growth and decline of *Nitraria tangutorum* community. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11(6): 923-926.
- [41] Li Q Y, He Z B, Zhao W Z, Zhao W Z, Li Q S. Spatial pattern of *Nitraria sphaerocarpa* population and dynamics in different habitats. *Journal of Desert Research*, 2004, 24(4): 484-488.
- [42] Davis F W, Burrows D A. Spatial simulation of fire regime in Mediterranean-climate landscapes//Moreno J M, Oechel W C, eds. *The Role of Fire in Mediterranean-Type Ecosystems*. New York: Springer-Verlag, 1994: 117-139.
- [43] Chang X L, Wu J G. Spatial analysis of pattern of sandy landscapes in Kerqin, Inner Mongolia. *Acta Ecologica Sinica*, 1998, 18(3): 225-232.
- [44] Chen Y F, Yu F H, Dong M. Spatial heterogeneity of the psammophytic half-shrub community in Mu Us Sandland. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(4): 568-572.
- [45] Li C S, Liang C Z, Wang W, Liu Z L. Research on landscape fragment and countermeasures of land utilization in wulagai area of Inner Mongolia. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 1999, 13(1): 65-72.
- [46] Gu Q, Zhou A G, Xing X L. Eco-geology mechanism of desert vegetation patches pattern evolution. *Soil and Water Conservation of China*, 2007,

(1): 38-40.

- [47] Feng Z S, Gao J R, Cui Q, He K N. Influence of shrub optimal configuration pattern on soil wind erosion. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2010, 24(1): 179-183.
- [48] Bascompte J, Rodríguez M Á. Habitat patchiness and plant species richness. *Ecology Letters*, 2001, 4(5): 417-420.
- [49] Lang H R, Wang J Y, Lu Q, Yang W B, Dong H L, Zhao A G, Zhang Z C. Windbreak effects and wind velocity flow field of low density arbor with two spatial distribution patterns in wind tunnel. *Journal of Desert Research*, 2009, 29(6): 1021-1028.
- [50] Ma S L, Ding G D, Hao Y G, Xiao H J, Yang T T, Shang R Y. Experimental research of viscous flow around a *nitraria tangutorum* boscage. *Research of Soil and Water Conservation*, 2006, 13(6): 147-149.
- [51] Qu Z Q, Zhang L, Ding G D, Yang W B, Guo J Y, Zhao M Y. Effect of single shrub on wind erosion in Mu Us sandland. *Science of Soil and Water Conservation*, 2008, 6(4): 66-70.
- [52] 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.
- [53] Li J G, Wang J H, Jiang Z R, Chai W W. Study on the tree spatial structure and the wind break function on psammophyte in Minqin County. *Research of Soil and Water Conservation*, 2008, 15(3): 121-124.
- [54] Shang R Y. Study on Mechanism and Effect between Earth Mulching and Soil Wind Erosion. Beijing: Beijing Forestry University, 2007.
- [55] Yang W B, Zhao A G, Wang J Y, Yao J C, Tian Y Z, Hu X L, Yang H Y. Allocation of *Artemisia halodendron* association with low coverage and their sand-fixing and wind-preventing effects. *Journal of Desert Research*, 2006, 26(1): 108-112.
- [56] Dong Z B, Chen W N, Dong G R, Chen G T, Li Z S, Yang Z T. Influences of vegetation cover on the wind erosion of sandy soil. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 1996, 16(4): 437-443.
- [57] Yang H Y, Wang J Y, Yang W B. Selection of suitable distance between *caragana Korshinskii* kom. shelterbelts. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2005, 19(S1): 210-214.
- [58] Yang W B, Lu Q, Wu B, Yang H Y, Zhao A G, Wang J Y, Hu X L. Wind tunnel experiment on wind flow structure and windbreak effect within low-covered shrubs under different arrangements. *Journal of Desert Research*, 2007, 27(5): 791-796.
- [59] Lu H, Shao Y P. Toward quantitative prediction of dust storms; an integrated wind erosion modelling system and its applications. *Environmental Modelling and Software*, 2001, 16(3): 233-249.
- [60] Wang L B, Hu X L, Yu W L, Li G T, Guo J Y. Spatial heterogeneity of granule diameter and its relation with shrub size and soil erosion. *Arid Land Geography*, 2006, 29(5): 688-693.
- [61] Liu T J, Liang Z Q, Liu Y P, He J L. Study on the theory and calculation method of spatial heterogeneity of wind erosion. *Mechanization in Rural and Pastoral Areas*, 2009, 84(5): 40-42.

参考文献:

- [4] 贺山峰, 蒋德明, 阿拉木萨. 植被的防治风蚀作用. *生态学杂志*, 2007, 26(5): 743-748.
- [8] 张春来, 邹学勇, 董光荣, 刘玉璋. 植被对土壤风蚀影响的风洞实验研究. *水土保持学报*, 2003, 17(3): 32-33.
- [9] 赵彩霞, 郑大伟, 何文清. 植被覆盖度的时间变化及其防风蚀效应. *植物生态学报*, 2005, 29(1): 68-73.
- [11] 麻保林, 漆建忠. 几种灌木固沙林的效益研究. *水土保持通报*, 1994, 14(S1): 22-28.
- [12] 刘小平, 董治宝. 直立植被粗糙度和阻力分解的风洞实验研究. *中国沙漠*, 2002, 22(1): 82-87.
- [13] 杨婷婷, 姚国征, 王满才, 丁国栋. 乌兰布和沙漠天然灌丛防风阻沙效益研究. *干旱区资源与环境*, 2008, 22(1): 194-197.
- [14] 朱震达, 陈广庭. *中国土地沙质荒漠化*. 北京: 科学出版社, 1994.
- [15] 李锋. 两个典型荒漠化地区景观多样性变化的比较—景观基质的影响. *生态学报*, 2002, 22(9): 1507-1511.
- [19] 郭泉水, 王春玲, 郭志华, 谭德远, 史作民. 我国现存梭梭荒漠植被地理分布及其斑块特征. *林业科学*, 2005, 41(5): 2-7.
- [20] 常静, 潘存德, 师瑞锋. 梭梭-白梭梭群落优势种群分布格局及其种间关系分析. *新疆农业大学学报*, 2006, 29(2): 26-29.
- [22] 孙自永. 额济纳盆地植被斑块分布格局及演化的生态地质学机制 [D]. 武汉: 中国地质大学, 2003.
- [24] 陶冶, 刘彤, 贾亚敏, 崔运河, 骆郴, 魏鹏, 谢江波. 古尔班通古特沙漠南缘心叶驼绒藜和梭梭种群空间格局的分形特征. *干旱区地理*, 2008, 31(3): 365-372.
- [25] 刘金伟, 李志忠, 武胜利, 李万娟, 王少朴, 曹向东, 凌智永. 新疆艾比湖周边白刺沙堆形态特征空间异质性研究. *中国沙漠*, 2009, 29(4): 628-635.
- [26] 杨洪晓, 张金屯, 李振东, 吴波, 张忠山, 王妍. 毛乌素沙地油蒿 (*Artemisia ordosica*) 种群空间格局对比. *生态学报*, 2008, 28(5): 1901-1910.
- [27] 张金屯. *数量生态学*. 北京: 科学出版社, 2004.

- [28] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [29] 刘振国, 李镇清. 植物群落中物种小尺度空间结构研究. 植物生态学报, 2005, 29(6): 1020-1028.
- [31] 李哈滨, 王政权, 王庆成. 空间异质性定量研究理论与方法. 应用生态学报, 1998, 9(6): 651-657.
- [35] 陈利顶, 傅伯杰, 徐建英, 巩杰. 基于“源—汇”生态过程的景观格局识别方法——景观空间负荷对比指数. 生态学报, 2003, 23(11): 2406-2413.
- [40] 杨自辉, 高志海. 荒漠绿洲边缘降水和地下水对白刺群落消长的影响. 应用生态学报, 2000, 11(6): 923-926.
- [41] 李秋艳, 何志斌, 赵文智, 李启森. 不同生境条件下泡泡刺(*Nitraria sphaerocarpa*)种群的空间格局及动态分析. 中国沙漠, 2004, 24(4): 484-488.
- [43] 常学礼, 邬建国. 科尔沁沙地景观格局特征分析. 生态学报, 1998, 18(3): 225-232.
- [44] 陈玉福, 于飞海, 董鸣. 毛乌素沙地沙生半灌木群落的空间异质性. 生态学报, 2000, 20(4): 568-572.
- [45] 李朝生, 梁存柱, 王伟, 刘钟龄. 内蒙古乌拉盖地区景观破碎化与土地利用对策的研究. 干旱区资源与环境, 1999, 13(1): 65-72.
- [46] 古琴, 周爱国, 邢新丽. 荒漠区植被斑块格局演化的生态地质学机制. 中国水土保持, 2007, (1): 38-40.
- [47] 冯泽深, 高甲荣, 崔强, 贺康宁. 灌木林优化配置格局对土壤风蚀的影响. 干旱区资源与环境, 2010, 24(1): 179-183.
- [49] 梁海荣, 王晶莹, 卢琦, 杨文斌, 董慧龙, 赵爱国, 张正才. 低覆盖度乔木两种分布格局内风速流场和防风效果风洞实验. 中国沙漠, 2009, 29(6): 1021-1028.
- [50] 马士龙, 丁国栋, 郝玉光, 肖辉杰, 杨婷婷, 尚润阳. 单一白刺灌丛堆周围风速流场的试验研究. 水土保持研究, 2006, 13(6): 147-149.
- [51] 屈志强, 张莉, 丁国栋, 杨文斌, 郭建英, 赵名彦. 毛乌素沙地常见灌木单株对土壤风蚀的影响. 中国水土保持科学, 2008, 6(4): 66-70.
- [52] 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.
- [53] 李建纲, 王继和, 蒋志荣, 柴薇薇. 民勤县主要治沙造林树种空间结构及其防风作用. 水土保持研究, 2008, 15(3): 121-124.
- [54] 尚润阳. 地表覆盖对土壤风蚀影响机理及效应研究. 北京: 北京林业大学, 2007.
- [55] 杨文斌, 赵爱国, 王晶莹, 姚建成, 田永桢, 胡小龙, 杨红艳. 低覆盖度沙蒿群丛的水平配置结构与防风固沙效果研究. 中国沙漠, 2006, 26(1): 108-112.
- [56] 董治宝, 陈渭南, 董光荣, 陈广庭, 李振山, 杨佐涛. 植被对风沙土风蚀作用的影响. 环境科学学报, 1996, 16(4): 437-443.
- [57] 杨红艳, 王晶莹, 杨文斌. 行带式柠条林合理带间距的研究. 干旱区资源与环境, 2005, 19(S1): 210-214.
- [58] 杨文斌, 卢琦, 吴波, 杨红艳, 赵爱国, 王晶莹, 胡小龙. 低覆盖度不同配置灌丛内风流结构与防风效果的风洞实验. 中国沙漠, 2007, 27(5): 791-796.
- [60] 王利兵, 胡小龙, 余伟莅, 李钢铁, 郭建英. 沙粒粒径组成的空间异质性及其与灌丛大小和土壤风蚀相关性分析. 干旱区地理, 2006, 29(5): 688-693.
- [61] 刘铁军, 梁占歧, 刘艳萍, 何京丽. 土壤风蚀空间变异理论与计算方法探讨. 农村牧区机械化, 2009, 84(5): 40-42.

CONTENTS

The community structure of endophytic bacteria in different parts of huanglongbing-affected citrus plants	LIU Bo, ZHENG Xuefang, SUN Daguang, et al (7325)
A research on the response of the radial growth of <i>Pinus koraiensis</i> to future climate change in the XiaoXing'AnLing	YIN Hong, WANG Jing, LIU Hongbin, et al (7343)
Efficiency and kinetic process of nitrogen removal in a subsurface wastewater infiltration system (SWIS)	LI Haibo, LI Yinghua, SUN Tieheng, et al (7351)
Designing nature reserve systems based on ecosystem services in Hainan Island	XIAO Yi, CHEN Shengbin, ZHANG Lu, et al (7357)
Assessing ecological services value of herbivorous wild animals in Changtang grassland: a case study of Tibetan antelope	LU Chunxia, LIU Ming, FENG Yue, et al (7370)
Spatial characteristics analysis of ecological system service value in QianJiang City of Hubei Province	XU Beishen, ZHOU Yong, XU Li, et al (7379)
Landscape pattern change and its influence on soil carbon pool in Napahai wetland of Northwestern Yunnan	LI Ningyun, YUAN Hua, TIAN Kun, et al (7388)
Multi-scenarios analysis for wetlands ecosystem conservation based on connectivity: a case study on HuangHuaiHai Region, China ...	SONG Xiaolong, LI Xiaowen, ZHANG Mingxiang, et al (7397)
The potential of carbon sink in alpine meadow ecosystem on the Qinghai-Tibetan Plateau	HAN Daorui, CAO Guangmin, GUO Xiaowei, et al (7408)
The relations of spectrum reflectance with inhomogeneous factors and albedo parameterization ...	ZHANG Jie, ZHANG Qiang (7418)
Groundwater ecological sensitivity assessment in the lower Liaohe River Plain based on GIS technique	SUN Caizhi, YANG Lei, HU Dongling (7428)
Ecological sensitivity of Xiamen City to land use changes	HUANG Jing, CUI Shenghui, LI Fangyi, et al (7441)
Investigation and analysis on situation of ecotourism development in protected areas of China	ZHONG Linsheng, WANG Jing (7450)
Handicapping male-cheaters by stable mate relationship in yellow-bellied prinia, <i>Prinia flaviiventris</i>	CHU Fuyin, TANG Sixian, PAN Hujun, et al (7458)
Effects of dietary protein content and food restriction on the physiological characteristics of female <i>Microtus fortis</i>	ZHU Junxia, WANG Yong, ZHANG Meiwen, et al (7464)
Predator-prey system with positive effect for prey	QI Jun, SU Zhiyong (7471)
Volatile constituents of four moraceous host plants of <i>Apriona germari</i>	ZHANG Lin, WANG Baode, XU Zhichun (7479)
Relationship between adult emergence of <i>Massicus raddei</i> (Coleoptera: Cerambycidae) and temperature and relative humidity	YANG Zhongqi, WANG Xiaoyi, WANG Bao, et al (7486)
Nest site selection and reproductive success of <i>Parus varius</i> in man-made nest boxes	LI Le, WAN Dongmei, LIU He, et al (7492)
A study on bio-ecology of the stopover site of waders within China's Yalu River estuary wetlands	SONG Lun, YANG Guojun, LI Ai, et al (7500)
The spatial-temporal change variations of temperature in Xilinguole steppe zone	WANG Haimei, LI Zhenghai, WU Lan, et al (7511)
The growth and photosynthetic responses of <i>Cleyera japonica</i> Thunb. seedlings to UV-B radiation stress	LAN Chunjian, JIANG Hong, HUANG Meiling, et al (7516)
Photosynthesis-transpiration coupling mechanism of wheat and maize during daily variation	ZHAO Fenghua, WANG Qiufeng, WANG Jianlin, et al (7526)
Comparison of the methods using stable hydrogen and oxygen isotope to distinguish the water source of <i>Nitratia Tangutorum</i>	GONG Guoli, CHEN Hui, DUAN Deyu (7533)
Effects of cold weather on seedlings of three mangrove species planted in the Min River estuary during the 2010 winter	YONG Shiquan, TONG Chuan, ZHUANG Chenhui, et al (7542)
Correlation between ecological factors and ginsenosides	XIE Caixiang, SUO Fengmei, JIA Guanglin, et al (7551)
Effects of pyrene on low molecule weight organic compounds in the root exudates of ryegrass (<i>Lolium perenne</i> L.)	XIE Xiaomei, LIAO Min, YANG Jing (7564)
Isolation of phosphate solubilizing fungus (<i>Aspergillus niger</i>) from <i>Caragana</i> rhizosphere and its potential for phosphate solubili- zation	ZHANG Lizhen, FAN Jingjing, NIU Wei, et al (7571)
Effect of raindrop impact on nutrient losses under different near -surface soil hydraulic conditions on black soil slope	AN Juan, ZHENG Fenli, LI Guifang, et al (7579)
Emergy analysis of coal-fired power generation system and construction of new emergy indices	LOU Bo, XU Yi, LIN Zhenguan (7591)
Review and Monograph	
The impact of forest vegetation change on water yield in the subalpine region of southwestern China	ZHANG Yuandong, LIU Shirong, et al (7601)
Reviews on spatial pattern and sand-binding effect of patch vegetation in arid desert area	HU Guanglu, ZHAO Wenzhi, WANG Gang (7609)
Sustainable management on pests by agro-biodiversity	GAO Dong, HE Xiahong, ZHU Shusheng (7617)
Scientific Note	
Characteristics of organic carbon and nutrient content in five soil types in Honghu wetland ecosystems	LIU Gang, SHEN Shouyun, YAN Wende, et al (7625)
Effects of cypermethrin and deltamethrin on reproduction of <i>Brachionus calyciflorus</i>	HUANG Lin, LIU Changli, WEI Chuanbao, et al (7632)

《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 31 卷 第 24 期 (2011 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 24 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 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@csppg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@csppg.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