

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica

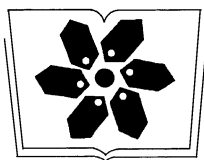
中国生态学会2011年学术年会专辑



第31卷 第19期 Vol.31 No.19 **2011**

中国生态学会  
中国科学院生态环境研究中心  
科学出版社

主办  
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

# 生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 19 期 2011 年 10 月 (半月刊)

## 目 次

|                                           |                      |
|-------------------------------------------|----------------------|
| 卷首语 .....                                 | 本刊编辑部 ( I )          |
| 我国生态学研究及其对社会发展的贡献 .....                   | 李文华 (5421)           |
| 生态学的现任务——要在混乱和创新中前进 .....                 | 蒋有绪 (5429)           |
| 发展的生态观:弹性思维 .....                         | 彭少麟 (5433)           |
| 中国森林土壤碳储量与土壤碳过程研究进展 .....                 | 刘世荣,王 晖,栾军伟 (5437)   |
| 区域尺度陆地生态系统碳收支及其循环过程研究进展 .....             | 于贵瑞,方华军,伏玉玲,等 (5449) |
| 流域尺度上的景观格局与河流水质关系研究进展 .....               | 刘丽娟,李小玉,何兴元 (5460)   |
| 中国珍稀濒危孑遗植物珙桐种群的保护 .....                   | 陈 艳,苏智先 (5466)       |
| 水资源投入产出方法研究进展 .....                       | 肖 强,胡 聃,郭 振,等 (5475) |
| 我国害鼠不育控制研究进展 .....                        | 刘汉武,王荣欣,张凤琴,等 (5484) |
| 基于 NDVI 的三江源地区植被生长对气候变化和人类活动的响应研究 .....   | 李辉霞,刘国华,傅伯杰 (5495)   |
| 毛乌素沙地克隆植物对风蚀坑的修复 .....                    | 叶学华,董 鸣 (5505)       |
| 近 50 年黄土高原地区降水时空变化特征 .....                | 王麒麟,范晓辉,王孟本 (5512)   |
| 森林资源可持续状况评价方法 .....                       | 崔国发,邢韶华,姬文元,等 (5524) |
| 黄土丘陵区景观格局对水土流失过程的影响——景观水平与多尺度比较 .....     | 王计平,杨 磊,卫 伟,等 (5531) |
| 未来 10 年黄土高原气候变化对农业和生态环境的影响 .....          | 俄有浩,施 茜,马玉平,等 (5542) |
| 山东近海生态资本价值评估——近海生物资源现存量价值 .....           | 杜国英,陈 尚,夏 涛,等 (5553) |
| 山东近海生态资本价值评估——供给服务价值 .....                | 王 敏,陈 尚,夏 涛,等 (5561) |
| 特大冰冻灾害后大明山常绿阔叶林结构及物种多样性动态 .....           | 朱宏光,李燕群,温远光,等 (5571) |
| 低磷和干旱胁迫对大豆植株干物质积累及磷效率的影响 .....            | 乔振江,蔡昆争,骆世明 (5578)   |
| 中国环保模范城市生态效率评价 .....                      | 尹 科,王如松,姚 亮,等 (5588) |
| 污染足迹及其在区域水污染压力评估中的应用——以太湖流域上游湖州市为例 .....  | 焦雯珺,闵庆文,成升魁,等 (5599) |
| 近二十年来上海不同城市空间尺度绿地的生态效益 .....              | 凌焕然,王 伟,樊正球,等 (5607) |
| 城市社区尺度的生态交通评价指标 .....                     | 戴 欣,周传斌,王如松,等 (5616) |
| 城市生态用地的空间结构及其生态系统服务动态演变——以常州市为例 .....     | 李 锋,叶亚平,宋博文,等 (5623) |
| 中国居民消费隐含的碳排放量变化的驱动因素 .....                | 姚 亮,刘晶茹,王如松 (5632)   |
| 煤矿固废资源化利用的生态效率与碳减排——以淮北市为例 .....          | 张海涛,王如松,胡 聃,等 (5638) |
| 城市遮阴环境变化对大叶黄杨光合过程的影响 .....                | 于盈盈,胡 聃,郭二辉,等 (5646) |
| 广东永汉传统农村的聚落生态观 .....                      | 姜雪婷,严力蛟,后德仟 (5654)   |
| 长江三峡库区昆虫丰富度的海拔梯度格局——气候、土地覆盖及采样效应的影响 ..... | 刘 晔,沈泽昊 (5663)       |
| 东南太平洋智利竹筴鱼资源和渔场的时空变化 .....                | 化成君,张 衡,樊 伟 (5676)   |
| 豚草入侵对中小型土壤动物群落结构特征的影响 .....               | 谢俊芳,全国明,章家恩,等 (5682) |

|                                                      |                         |
|------------------------------------------------------|-------------------------|
| 我国烟粉虱早春发生与秋季消退·····                                  | 陈春丽, 鄧军锐, 戈 峰, 等 (5691) |
| 变叶海棠及其伴生植物峨眉小檗的水分利用策略 ·····                          | 徐 庆, 王海英, 刘世荣 (5702)    |
| 杉木人工林不同深度土壤 CO <sub>2</sub> 通量·····                  | 王 超, 黄群斌, 杨智杰, 等 (5711) |
| 不同浓度下四种除草剂对福寿螺和坑螺的生态毒理效应·····                        | 赵 兰, 骆世明, 黎华寿, 等 (5720) |
| 短期寒潮天气对福州市绿地土壤呼吸及组分的影响·····                          | 李熙波, 曾文静, 李金全, 等 (5728) |
| 黄土丘陵沟壑区景观格局对流域侵蚀产沙过程的影响——斑块类型水平·····                 | 王计平, 杨 磊, 卫 伟, 等 (5739) |
| 气候变化对物种分布影响模拟中的不确定性组分分割与制图——以油松为例·····               | 张 雷, 刘世荣, 孙鹏森, 等 (5749) |
| 北亚热带马尾松年轮宽度与 NDVI 的关系 ·····                          | 王瑞丽, 程瑞梅, 肖文发, 等 (5762) |
| 物种组成对高寒草甸植被冠层降雨截留容量的影响·····                          | 余开亮, 陈 宁, 余四胜, 等 (5771) |
| 若尔盖湿地退化过程中土壤水源涵养功能 ·····                             | 熊远清, 吴鹏飞, 张洪芝, 等 (5780) |
| 桂西北喀斯特峰丛洼地不同植被演替阶段的土壤脲酶活性·····                       | 刘淑娟, 张 伟, 王克林, 等 (5789) |
| 利用混合模型分析地域对国内马尾松生物量的影响 ·····                         | 符利勇, 曾伟生, 唐守正 (5797)    |
| 火烧对黔中喀斯特山地马尾松林土壤理化性质的影响·····                         | 张 喜, 朱 军, 崔迎春, 等 (5809) |
| 不同培育时间侧柏种基盘苗根系生长和分布·····                             | 杨喜田, 董娜琳, 闫东锋, 等 (5818) |
| Cd <sup>2+</sup> 与 CTAB 复合污染对枫香幼苗生长与生理生化特征的影响 ·····  | 章 芹, 薛建辉, 刘成刚 (5824)    |
| 3 种入侵植物叶片挥发物对早稻幼苗根的影响 ·····                          | 张凤娟, 徐兴友, 郭艾英, 等 (5832) |
| 米槠-木荷林优势种群的年龄结构及其更新策略 ·····                          | 宋 坤, 孙 文, 达良俊 (5839)    |
| 褐菖鲉肝 CYP 1A 作为生物标志物监测厦门海域石油污染状况 ·····                | 张玉生, 郑榕辉, 陈清福 (5851)    |
| 基于输入-输出流分析的生态网络 $\varphi$ 模式能流 $\rho$ 模式能流测度方法 ····· | 李中才, 席旭东, 高 勤, 等 (5860) |

期刊基本参数: CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 444 \* zh \* P \* ¥ 70.00 \* 1510 \* 50 \* 2011-10



**封面图说:** 胡杨是我国西北干旱沙漠地区原生的极其难得的高大乔木, 树高 15—30 米, 能忍受荒漠中的干旱环境, 对盐碱有极强的忍耐力。为适应干旱气候一树多态叶, 因此胡杨又称“异叶杨”。它对于稳定荒漠河流地带的生态平衡, 防风固沙, 调节绿洲气候和形成肥沃的森林土壤具有十分重要的作用。秋天的胡杨林一片金光灿烂。

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



叶学华, 董鸣. 毛乌素沙地克隆植物对风蚀坑的修复. 生态学报, 2011, 31(19): 5505-5511.

Ye X H, Dong M. Remediation of blowout pits by clonal plants in Mu Us Sandland. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(19): 5505-5511.

# 毛乌素沙地克隆植物对风蚀坑的修复

叶学华, 董 鸣\*

(中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室, 北京 100093)

**摘要:**通过在根茎型克隆植物沙鞭和赖草的种群中设置模拟风蚀坑, 研究了根茎禾草沙鞭和赖草对风蚀坑的修复能力及其机理。实验结果表明: 沙鞭和赖草都能通过克隆拓展在风蚀坑中产生比自然条件下更多的分株, 以更好利用风蚀坑中充足的光照, 从而具有很强的风蚀坑修复能力; 但同时这些分株的生长也受到风蚀坑中养分条件的制约, 生物量、叶片数量和分株高度都不如自然条件下形成的分株; 赖草通过间隔子的可塑性反应, 将更多的新生分株放置在风蚀坑内, 从而具有更强的修复能力。赖草对风蚀坑的修复主要是通过周围根茎扩展进入坑中, 然后产生新的分株; 而沙鞭不仅可以通过周边根茎进入产生新的分株, 同时也可以通过更深层次的根茎来产生新的分株。

**关键词:**克隆植物; 沙地风蚀坑; 植被修复

## Remediation of blowout pits by clonal plants in Mu Us Sandland

YE Xuehua, DONG Ming\*

State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China

**Abstract:** In order to study the ability and mechanism of sandland blowouts remediation by two clone plants *L. secalinus* and *P. villosa*, man-made blowouts were set up in the populations of two clonal plants. The results showed that, both clonal plant species had produced more new ramets in the blowouts than in the natural quadrats, suggesting that clonal plants had strong ability in blowouts remediation; while the biomass, number of leaves and ramet height of these ramets were smaller in blowouts than in natural quadrats, due to the poor nutrient. *L. secalinus* had stronger ability of vegetation remediation than *P. villosa*, for it had produced more new ramets in blowouts through the plasticity of spacers. The new ramets of *L. secalinus* in blowouts were produced by the buds in the rhizomes which spread from outside of blowouts; whereas which of *P. villosa* were produced both by the buds in the rhizomes which spread from outside, and by the buds in the rhizomes inside which were freed from dormancy under wind erosion condition.

**Key Words:** clonal plants; sandland blowouts; vegetation remediation

克隆植物能够通过克隆生长, 产生与母株相连的新的子代分株<sup>[1]</sup>, 形成克隆。相对于母株来说, 新的分株产生了一定的空间上的移动, 从而实现克隆植物在水平空间的拓展, 即克隆拓展, 进入到不同的生境斑块<sup>[2]</sup>。对毛乌素沙地中克隆草本植物沙鞭的观测结果表明, 单个的观测单元(两个最幼的地上绿枝和前端延伸的无分枝的地下根状茎), 在生长季的 90d 内, 平均产生了 46 根地下根状茎和 9.2 个地上绿枝, 总的地下茎增长为 4.68m, 径向扩展距离为 1.14m, 侧向扩展距离为 0.71m, 扩展面积达到了 6.09m<sup>2</sup>, 充分显示了沙鞭很强的扩展能力和植被修复能力<sup>[3]</sup>。克隆植物的快速克隆扩展, 使其分株往往分布在不同的生境斑块中。当相互联结的克隆分株处于资源水平不同的小生境中时, 克隆分株间将存在一个资源水平梯度。该梯度的存在

**基金项目:**中国科学院创新项目课题(KSCX2-EW-J-1); 国家重点基础研究发展计划专题(2010CB951304-2)

**收稿日期:**2011-07-06; **修订日期:**2011-08-26

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: dongming@ibcas.ac.cn

使从某一资源丰富的小生境中吸收的资源能够为该小生境以外的其它相连克隆分株共享<sup>[4-5]</sup>。这种由于处于不同资源水平小生境中而产生的克隆分株间的物质转输被称为克隆生理整合性或简称为克隆整合。克隆整合作用反过来又会促进克隆生长,帮助克隆植物抵抗资源缺乏的胁迫并快速扩展到新的生境<sup>[5-6]</sup>。对克隆植物群落和非克隆植物群落内裸地斑块植物入侵的野外对比观测实验表明,克隆植物可以提高沙地景观自我修复的能力,在沙化景观的恢复重建中是一种值得利用的生物资源<sup>[7]</sup>。

土壤风蚀是一个全球性的环境问题,严重的土壤风蚀给当地带来很大的危害<sup>[8-12]</sup>,特别是在我国北方的沙质草原区<sup>[13]</sup>。土壤风蚀是指土壤及其母质在风力作用下剥蚀、分选、搬运的过程,其实质是气流或气固两相流对地表物质的吹蚀和磨蚀塑造地球景观的一个基本地貌过程,也是干旱和半干旱地区形成风沙流、沙漠化与沙尘暴灾害的首要环节<sup>[14]</sup>。风蚀的结果是破坏土地和植被、土壤物质流失、土壤的物理化学和生物特性及经济特性退化,自然植被长期丧失、生态环境恶化。我国是风蚀最为严重的国家之一,风蚀面积 18800 万  $\text{hm}^2$ ,占国土面积的 20%,占全国土壤侵蚀面积的 38%<sup>[13]</sup>。在我国沙质草原区,地表植被受到破坏后,经土壤风蚀的作用形成大小不等的风蚀坑,从而形成异质性的生境斑块。风蚀坑是由松散物质组成的地表,经长期吹蚀后在局部地方形成的凹地。风蚀坑是沙质草原风蚀沙化的主要形式。据调查,在内蒙古通辽市开鲁县 21.33 万  $\text{hm}^2$  草牧场中风蚀坑有 2.9 万个,小坑面积 0.1  $\text{hm}^2$  左右,大坑面积 0.33—0.67  $\text{hm}^2$ ,累积面积达 2.09 万  $\text{hm}^2$ ,占全县总草场面积的 9.7%<sup>[15]</sup>。风蚀坑的形成有很多原因,其中人类活动的影响为最。对海拉尔河沙带沙质草原 187 个现代风蚀坑的调查发现,87% 的风蚀坑由人类活动引起,其中翻耕、道路、人类定居活动诱发的风蚀坑分别占 35.8%、34.8%、16%<sup>[16]</sup>。

快速的克隆拓展能力,使得克隆植物在很短的时间内,进入风蚀坑,从而对风蚀坑进行修复成为可能。本研究选择毛乌素沙地中两种重要的根茎型克隆草本植物沙鞭和赖草作为研究对象,通过在野外赖草与沙鞭群落中人为制造风蚀坑的方法,观测赖草和沙鞭对群落中风蚀坑的修复过程,从而比较两种克隆草本植物对风蚀坑的修复能力。

## 1 实验材料与方法

### 1.1 研究地点

研究地点位于中国科学院植物研究所鄂尔多斯沙地草地生态研究站(北纬 39°29';东经 110°11',海拔 1290m,以下简称“鄂尔多斯生态站”)附近,地处毛乌素沙地东部。毛乌素沙地是鄂尔多斯高原的主体部分,为半干旱气候下的草原沙地<sup>[17]</sup>,具有荒漠草原-草原-森林草原的多层次过渡性<sup>[18]</sup>。由于自然、人为的因素,毛乌素沙地境内有着大小不等、广泛分布的沙带、沙丘群。在沙带、沙丘群内部受地形、风力的作用,高度不等的沙丘(2—20 m 左右)与丘间低地相间分布,景观异质性十分强烈<sup>[19]</sup>。

水分是毛乌素沙地的限制因子。年均降水量为 250—450mm<sup>[18]</sup>,并且降水变率大,年际降水相对平均变率为 18%—28%<sup>[20]</sup>。在全年的季节分布上,以夏季最多,7 月和 8 月份占全年降水总量的 50%—60%。毛乌素沙地潜在蒸发量是降水量的 4—9 倍,自东南向西北递增。同时由于毛乌素沙地处于西伯利亚—蒙古反气旋高压中心向东南季风的过渡地带,容易形成大风天气。毛乌素沙地各处年均风速都较大,以北部为最大(达 3.4m/s),东南部相对较小;一年中以春季风速最大,冬季次之,秋季最小。毛乌素沙地不仅平均风速大,而且大风( $\geq 8$  级)日数多,以西北部最多(年平均达 50.7d),东南相对较少。春季大风日约占全年大风日数的 40% 左右。降水稀少而蒸发强烈,导致地表土壤极其干燥,植被遭到牲畜践踏或人为破坏后,极易受到大风的影响形成风蚀坑,从而导致毛乌素沙地土壤退化。

毛乌素沙地优势植物是沙生类群。沙生植物随着沙丘地的流动程度和沙地地形部位与生境而发生变化。沙米(*Agriophyllum pungens*)、虫实(*Corispermum* spp.)、沙鞭(*Pasammochloa villosa*)等植物往往以先锋群聚的形式出现在流动沙丘、半流动沙丘上;在半固定、固定沙丘上往往以白沙蒿(*Artemisia sphaerocephala*)、黑沙蒿(*Artemisia ordosica*)、羊柴(*Hedysarum laeve*)等灌木植物为优势<sup>[18]</sup>。

### 1.2 研究对象

本实验研究以毛乌素沙地的沙鞭和赖草群落为研究对象。

赖草(*Leymus secalinus* (Georgi.) Tzvel)是禾本科赖草属根茎型多年生草本植物,是旱中生性植物,生境范围较广,多见于固定和半固定沙丘(地)、平原绿洲及山地草原带。植株产生细长的下伸和横走的根茎,秆单生或丛生,高45—100cm。赖草属于典型的克隆植物<sup>[21]</sup>,其地下根茎分枝类型为合轴型,可以产生很多的根茎顶端芽和根茎节芽向上发育形成新的分株,从而实现基株的空间扩展和分株种群的持续更新<sup>[22]</sup>。

沙鞭(*Psammochloa villosa* (Trin.) Bor)是禾本科沙鞭属根茎型多年生大型草本植物,是典型的沙生旱生植物,主要生境类型为流动和半流动沙丘(地)。植株的根状茎在沙中水平横走,秆直立,可高达1—1.5m。沙鞭具有非常规则的克隆生长<sup>[21]</sup>,地下根茎分枝类型为单轴型,地下水平根茎的茎尖一直在水平方向上伸长,根茎的寿命不短于2a,每一根茎节上有1个芽,或发育成地上绿枝或发育成地下根茎或保持休眠,一般相继根茎节交替间隔着产生一个新的地上绿枝或一个新的次级根茎,新老根状茎之间在生长方向上的夹角平均约25°<sup>[3]</sup>。

### 1.3 研究方法

2005年6月15日,在鄂尔多斯生态站附近选择12个半固定沙丘,其中6个半固定沙丘以赖草为主要植物群落(植被盖度27%),另外6个以沙鞭为主要植物群落(植被盖度24%)。在沙丘的迎风坡面,在赖草/沙鞭群落的中心,人为设置1个1m×1m×0.2m的沙坑,并清除地面植被,用以模拟风蚀坑,在风蚀坑周围用10cm高的塑料布围住以防沙土进入坑中;同时在风蚀坑旁边设立1个1m×1m样方作为对照,记录自然样方中的分株数并对分株进行标记,同样用10cm高的塑料布围住以减少处理的影响。

2005年9月15日,对实验进行收获。清点风蚀坑和对照样方中的新生分株数,并进行收获,分别测量各新生分株的叶片数量、叶片长度、间隔子长度和根茎深度,在75℃烘干48h后测量各个部分(根、梗、叶、间隔子)的生物量。

## 2 实验结果

### 2.1 新产生的分株数

在风蚀坑中,沙鞭和赖草新产生的分株数都要明显多于自然条件下同样面积的样方中产生的分株数(图1),说明风蚀坑中充足的光照条件和小的竞争,有利于克隆植物分株的产生。两个物种相比较,不管是在风蚀坑中还是在自然样方中,赖草都产生了比沙鞭更多的新生分株(图1),说明赖草具有比沙鞭更强的子代分株生产能力,意味着赖草具有更强的植被修复力,有利于更快更好的进行植被的修复。

### 2.2 新产生分株生长状况

与风蚀坑中新产生的克隆分株相比较,沙鞭和赖草在自然样方中新产生的子代分株叶片数量都明显更多(图2),分株高度也都明显要高(图2),说明在自然样方中分株的生长状况要好于风蚀坑中生长的分株。两个物种相比较,沙鞭分株的分株高度比赖草高(图2),在相同的生境中,沙鞭分株的叶片数量也要比赖草多(图2)。

在自然样方中沙鞭和赖草新产生的分株生物量明显高于风蚀坑中生长的分株,包括根生物量和冠生物量(图3)。

### 2.3 间隔子特征

不同的生境对沙鞭的间隔子平均长度和生物量都没有产生显著的影响(图4);而对赖草来说,风蚀坑中新产生的赖草分析,其间隔子的平均长度要明显短于自然样方中新产生的分株(图4),意味着赖草可以将更多的分株放置在光照条件好的风蚀坑中;同时,风蚀坑中赖草间隔子的生物量要明显比自然样方中的高

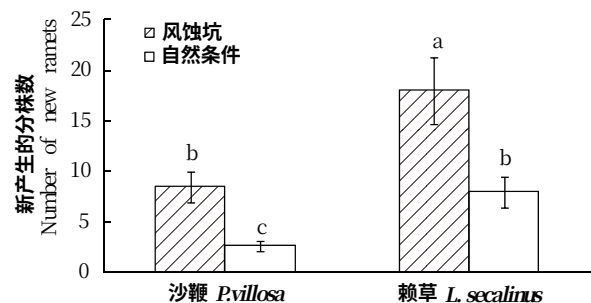


图1 风蚀坑和自然样方中沙鞭和赖草新产生的分株数

Fig. 1 Number of newly produced ramets in *L. secalinus* and *P. villosa* in blowout pits and natural quadrats

图中立柱表示平均值,竖线表示标准误,不同字母表示在  $P=0.05$  水平上差异显著

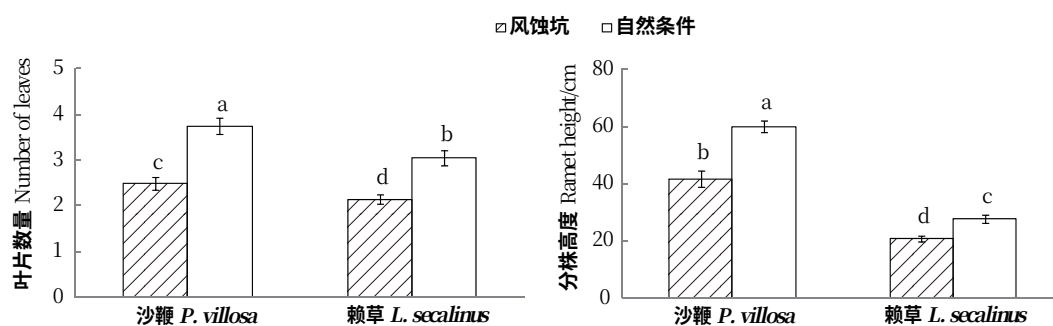


图2 风蚀坑和自然样方中沙鞭和赖草分株的叶片数量和分株高度

Fig. 2 Number of leaves and ramet height of new produced ramets in *L. secalinus* and *P. villosa* in blowout pits and natural quadrats  
图中立柱表示平均值,竖线表示标准误,不同字母表示在  $P=0.05$  水平上差异显著

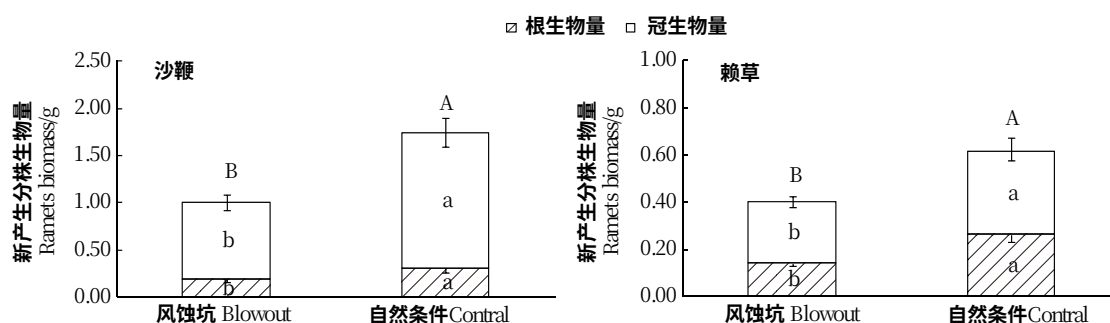


图3 风蚀坑和自然样方中沙鞭和赖草的新生分株生物量

Fig. 3 Biomass of new produced ramets of *P. villosa* and *L. secalinus* in blowout pits and natural quadrats Means ( $\pm$  standard error) were shown

图中立柱表示平均值,竖线表示标准误,不同字母表示在  $P=0.05$  水平上差异显著

(图4),说明其能够存贮更多的资源。

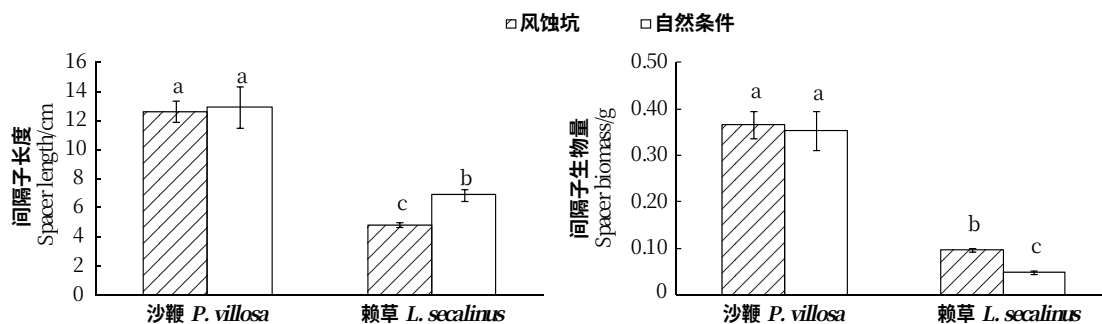


图4 风蚀坑和自然样方中沙鞭和赖草分株的间隔子长度和生物量

Fig. 4 Spacer length and biomass of new produced ramets in *L. secalinus* and *P. villosa* in blowout pits and natural quadrats  
图中立柱表示平均值,竖线表示标准误,不同字母表示在  $P=0.05$  水平上差异显著

沙鞭自然样方中新产生分株的根茎深度平均值为29.8cm(最大值为53.9cm,最小值为13.3cm),多数的根茎在风蚀20cm后不会暴露出地面;而赖草自然样方中新产生分株的根茎深度平均值为10.69cm(最大值为18cm,最小值为5.1cm),所有的根茎在风蚀20cm后被清除。风蚀坑中沙鞭新产生分株的根茎深度为19.69cm(最大值为55.9cm,最小值为5.2cm),多数新生分株的根茎深度与自然样方中新产生分株相似,只有部分的新生分株根茎深度明显低于自然样方中的新生分株根茎深度(图5);而风蚀坑中赖草新产生分株的根茎深度为8.66cm(最大值为19.2cm,最小值为3.2cm),大部分要比自然样方中新产生分株的根茎深度浅。这



说明风蚀坑中沙鞭新产生的分株来源可以是坑外根茎的进入,也可以是由原先的深层土壤中根状茎上的休眠芽形成;而风蚀坑中赖草分株主要是由坑外赖草扩展进入。

### 3 讨论

克隆生态学可以定义为关于生物克隆(例如,植物克隆)及其组成部分与环境的相互作用的研究。克隆植物的真实生境是异质性的,而环境异质性的普遍存在,大大增加了克隆植物获取和利用必需资源的难度<sup>[2]</sup>。由于克隆整合、克隆可塑性和克隆分工等克隆植物的特性,相对于非克隆植物,克隆植物具备更强的适应异质性的能力<sup>[2,23]</sup>。在毛乌素沙质草原区,由于自然或人为因素的影响,地表植被遭受破坏后,在风力作

用下,往往会形成大小不等的风蚀坑。对于植物而言,风蚀坑相当于空白的小生境。在风蚀坑中,由于表层土壤的丢失,养分往往比较贫乏,但光照充足并且不存在竞争<sup>[16]</sup>。克隆植物通过克隆生长和分株的选择性放置,能够充分利用各种异质性生境<sup>[23]</sup>。实验中,赖草和沙鞭两个物种在风蚀坑中新产生分株的数量都显著大于自然条件下新产生的分株数量(图1),这表明克隆植物在风蚀坑中选择性的放置更多的分株,从而利用风蚀坑中充足的光照资源,从而也能够对风蚀坑具有很好的修复能力。但是由于表层土壤的丧失,土壤养分急剧下降,这影响到了克隆植物分株的生长。观测表明,在风蚀坑中的分株生长状况比自然条件下要差,这表现在风蚀坑中新产生的分株生物量、叶片数量和植株的高度都要比自然样方中新产生的分株小(图2,图3)。

通过克隆生长,在增加分株数量的同时,克隆植物的基株以一定的方式和速度向外扩展<sup>[2]</sup>。克隆扩展的方式和速度在不同的种类和不同的克隆生长型间不同。具有合轴分枝类型的克隆草本赖草有着比单轴型克隆草本沙鞭更强的克隆性,表现在它能够更早进入克隆生长过程,具有更强的克隆生长率。这种强的克隆性有利于它在风蚀坑中产生更多的分株,从而更好的进行植被的修复。本实验的观测表明,不论是在风蚀坑中,还是在自然条件下,赖草都产生了比沙鞭更多的新生分株(图1)。说明相对于沙鞭来说,赖草具有更强的风蚀坑修复能力。

沙鞭和赖草对风蚀坑修复机理的不同,导致二者对风蚀坑修复能力的差异。风蚀坑中赖草和沙鞭新生分株的来源有所不同。赖草在自然条件下根茎深度平均值为10.69cm,风蚀20cm后,所有的根茎暴露出地面死亡,风蚀坑中新生分株,都是由风蚀坑周围的赖草根茎进入风蚀坑产生;对于沙鞭而言,它自然条件下根茎深度平均值要大于20cm,风蚀20cm只是清除了部分上层的根茎,更多的深层根茎仍然保留,只有部分新生分株是由风蚀坑周围扩展进入根茎上的芽形成的,更多的分株是由深层次根茎上的休眠芽受到环境刺激萌发形成。表现在风蚀坑中赖草新生分株的根茎深度与自然条件下分株的根茎深度没有显著差异,而沙鞭新生分株的根茎深度低于自然条件下分株的根茎深度(图5)。

克隆植物能够通过可塑性地改变间隔子器官(根状茎和/或匍匐茎)<sup>[24]</sup>的长度、重量和分枝强度(初级间隔子上的侧身分生组织长成次级间隔子的比例),来对资源有效性的变化作出反应。一些物种的形态可塑性,特别是间隔长度和分枝强度的可塑性被认为是对异质性环境的适应<sup>[25-29]</sup>。在风蚀坑中新产生的赖草分株,间隔子平均长度要短于自然条件下新产生的分株,间隔平均生物量要显著高于自然条件下新产生的分株(图4),这有利于赖草将更多的分株放置在竞争小而光照资源充足的风蚀坑中。而沙鞭的间隔子长度和生物量在风蚀坑中和自然条件下都没有差异(图4)。这也从侧面表明风蚀坑中赖草的新生分株来源于新生的根状茎上的芽,从而间隔子受到当前环境的影响表现出强的可塑性,而沙鞭的新生分株中更多来源于风蚀前保留下来的根茎,因而不具备可塑性。

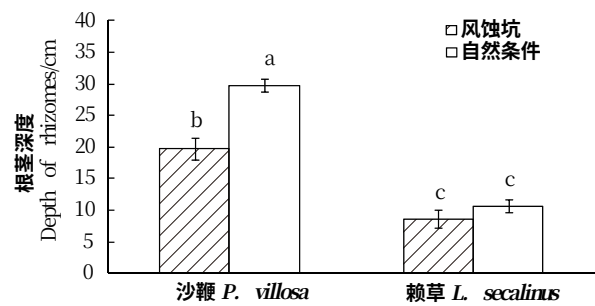


图5 风蚀坑和自然样方中沙鞭和赖草分株的根茎深度  
Fig. 5 Depth of rhizomes of new produced ramets in *L. secalinus* and *P. villosa* in blowout pits and natural quadrats

图中立柱表示平均值,竖线表示标准误,不同字母表示在  $P=0.05$  水平上差异显著



#### 4 结论

沙鞭和赖草都能在风蚀坑中产生比自然条件下更多的分株,以更好利用风蚀坑中充足的光照,从而具有很强的风蚀坑修复能力;但同时这些分株的生长也受到风蚀坑中养分条件的制约,生物量和生长状况都不如自然条件下形成的分株。赖草对风蚀坑的修复主要是通过周围根茎扩展进入坑中,然后产生新的分株;而沙鞭不仅可以通过周边根茎进入产生新的分株,同时也可以通过更深层次的根茎来产生新的分株。合轴型克隆草本赖草具有比单轴型克隆草本沙鞭更强的对风蚀坑的植被修复能力,能够在风蚀坑中产生更多的新生分株。

#### References:

- [ 1 ] de Kroon H, van Groenendael J. The Ecology and Evolution of Clonal Plants. Leiden; Backhuys Publishers, 1997.
- [ 2 ] Dong M. Clonal growth in plants in relation to resource heterogeneity: foraging behavior. *Acta Botanica Sinica*, 1996, 38(10): 828-835.
- [ 3 ] Dong M, Alaten B. Clonal plasticity in response to rhizome severing and heterogeneous resource supply in the rhizomatous grass *Psammochloa villosa* in an Inner Mongolian dune, China. *Plant Ecology*, 1999, 141(1/2): 53-58.
- [ 4 ] Alpert P. Effects of clonal integration on plant plasticity in *Fragaria chiloensis*. *Plant Ecology*, 1999, 141(1/2): 99-106.
- [ 5 ] Stuefer J F, During H J, de Kroon H. High benefits of clonal integration in two stoloniferous species, in response to heterogeneous light environments. *Journal of Ecology*, 1994, 82(3): 511-518.
- [ 6 ] Stuefer J F, Hutchings M J. Environmental heterogeneity and clonal growth: a study of the capacity for reciprocal translocation in *Glechoma Hederacea* L. *Oecologia*, 1994, 100(3): 302-308.
- [ 7 ] Chen Y F, Yu F H, Zhang C Y, Dong M. Role of clonal growth of the rhizomatous grass *Psammochloa villosa* in patch dynamics of Mu Us sandy land. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(11): 1745-1750.
- [ 8 ] Zhu Z D, Liu S, Di X M. Desertification and Its Rehabilitation in China. Beijing: Science Press, 1989.
- [ 9 ] Wang T, Wu W, Xue X, Zhang W M, Han Z W, Sun Q W. Time-space evolution of desertification land in northern China. *Journal of Desert Research*, 2003, 23(3): 230-235.
- [ 10 ] Jungerius P D, van der Meulen F. The development of dune blowouts, as measured with erosion pins and sequential air photos. *Catena*, 1989, 16(4/5): 369-376.
- [ 11 ] Chen W N, Dong G R, Dong Z B. Achievements and needs of studies on wind erosion in northern China. *Advence in Earth Sciences*, 1994, 9(5): 6-12.
- [ 12 ] Dech J P, Maun M A, Pazner M I. Blowout dynamics on Lake Huron sand dunes: analysis of digital multispectral data from colour air photos. *Catena*, 2005, 60(2): 165-180.
- [ 13 ] Ao T G, Li Q F. The statue and major affecting factors of blowouts in Inner Mongolia Grassland. *Journal of Neimongol Prataculture*, 2001, (1): 31-34.
- [ 14 ] Wu Z. Desert Geomorphology. Beijing: Science Press, 1987.
- [ 15 ] Zhao Y. The damage and management of grassland blowouts. *Journal of Neimongol Prataculture*, 2001, (1): 56-56.
- [ 16 ] Zhang D P, Wang X K, Sun H W, Feng Z W. HulunBuir sandy grassland blowouts: influence of human activities. *Journal of Desert Research*, 2007, 27(2): 214-220.
- [ 17 ] Dong G R, Gao S Y, Jin J, Li B S. The formation, changes and their causes of Mu Us Desert. *Science in China Series B: Chemistry*, 1988, 18(6): 633-642.
- [ 18 ] Zhang X S. Principles and optimal models for development of Maowusu sandy grassland. *Acta Phytocologica Sinica*, 1994, 18(1): 1-16.
- [ 19 ] Huang C X. The changes of the physical environment of the southern Maowushu sandy land during holocene. *Geographical Research*, 1991, 10(2): 52-59.
- [ 20 ] Zhu L Y, Bao Y. Evaluation of Habitat Conditions for Trees and Shrubs at Mu Us Sandlands. Beijing: Chinese Forestry Press, 1993.
- [ 21 ] Dong M. Effects of severing rhizome on clonal growth in rhizomatoua grass species *Psammochloa villosa* and *Leymus secalinus*. *Acta Botanica Sinica*, 1999, 41(2): 194-198.
- [ 22 ] Yang Y F, Zhang B T. Clone growth and its age structure of *Leymus secalinus* modules in the Songnen Plain of China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(11): 2109-2112.
- [ 23 ] Dong M, Chen Y F, Yu F H. The resources value of clonal plants in the environmental control of the transition belt//Dong M, Werger M J A, eds. The Collection of Ecological Research. Chongqing: Southern-West University Press, 1999: 14-19.

- [24] Bell A D. Dynamic morphology: a contribution to plant population ecology//Dirzo R, Sarukhán J, eds. Perspectives on Plant Population Ecology. Sunderland: Sinauer, 1984: 48-65.
- [25] Hutchings M J, Slade A J. Morphological plasticity, foraging and integration in clonal perennial herbs//Davy A J, Hutchings M J, Watkinson A R, eds. Plant Population Ecology. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1988: 83-109.
- [26] Sutherland W J, Stillman R A. The foraging tactics of plants. *Oikos*, 1988, 52(3): 239-244.
- [27] Evans J P. The effect of local resource availability and clonal integration on ramet functional morphology in *Hydrocotyle bonariensis*. *Oecologia*, 1992, 89(2): 265-276.
- [28] Hutchings M J, de Kroon H. Foraging in plants: the role of morphological plasticity in resource acquisition. *Advances in Ecological Research*, 1994, 25: 159-238.
- [29] Tang J B, Xiao Y, An S Q. Advance of studies on rhizomatous clonal plants ecology. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(11): 3028-3036.

#### 参考文献:

- [2] 董鸣. 资源异质性环境中的植物克隆生长: 觅食行为. *植物学报*, 1996, 38(10): 828-835.
- [7] 陈玉福, 于飞海, 张称意, 董鸣. 根茎禾草沙鞭的克隆生长在毛乌素沙地斑块动态中的作用. *生态学报*, 2001, 21(11): 1745-1750.
- [8] 朱震达, 刘恕, 邸醒民. 中国的沙漠化及其治理. 北京: 科学出版社, 1989.
- [9] 王涛, 吴薇, 薛娴, 张伟民, 韩致文, 孙庆伟. 中国北方沙漠化土地时空演变分析. *中国沙漠*, 2003, 23(3): 230-235.
- [11] 陈渭南, 董光荣, 董治宝. 中国北方土壤风蚀问题研究的进展与趋势. *地球科学进展*, 1994, 9(5): 6-12.
- [13] 敖特根, 李勤奋. 内蒙古草地风蚀状况与影响其主要自然因素. *内蒙古草业*, 2001, (1): 31-34.
- [14] 吴正. 风沙地貌学. 北京: 科学出版社, 1987.
- [15] 赵友. 风蚀坑对草原的破坏及治理. *内蒙古草业*, 2001, (1): 56-56.
- [16] 张德平, 王效科, 孙宏伟, 冯宗炜. 呼伦贝尔沙质草原风蚀坑研究(IV): 人类活动的影响. *中国沙漠*, 2007, 27(2): 214-220.
- [17] 董光荣, 高尚玉, 金炯, 李保生. 毛乌素沙漠的形成、演变和成因问题. *中国科学 B 辑: 化学*, 1988, 18(6): 633-642.
- [18] 张新时. 毛乌素沙地的生态背景及其草地建设的原则与优化模式. *植物生态学报*, 1994, 18(1): 1-16.
- [19] 黄赐璇. 毛乌素沙地南缘全新世自然环境. *地理研究*, 1991, 10(2): 52-59.
- [20] 朱灵益, 宝音. 毛乌素沙地乔灌木立地质量评价. 北京: 中国林业出版社, 1993.
- [21] 董鸣. 切断根茎对根茎禾草沙鞭和赖草克隆生长的影响. *植物学报*, 1999, 41(2): 194-198.
- [22] 杨允菲, 张宝田. 松嫩平原赖草无性系生长及其构件的年龄结构. *应用生态学报*, 2004, 15(11): 2109-2112.
- [23] 董鸣, 陈玉福, 于飞海. 克隆植物在过渡带生态环境治理中的资源价值//董鸣, Werger M J A. 生态学研究文集. 重庆: 西南师范大学出版社, 1999: 14-19.
- [29] 汤俊兵, 肖燕, 安树青. 根茎克隆植物生态学研究进展. *生态学报*, 2010, 30(11): 3028-3036.

# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 19 October, 2011 (Semimonthly)

## CONTENTS

|                                                                                                                                                                                       |                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Ecology research and its effects on social development in China .....                                                                                                                 | LI Wenhua (5421)                                       |
| The current mission of ecology-advancing under the situation of chaos and innovation .....                                                                                            | JIANG Youxu (5429)                                     |
| Resilience thinking: development of ecological concept .....                                                                                                                          | PENG Shaolin (5433)                                    |
| A review of research progress and future prospective of forest soil carbon stock and soil carbon process in China .....                                                               | LIU Shirong, WANG Hui, LUAN Junwei (5437)              |
| Research on carbon budget and carbon cycle of terrestrial ecosystems in regional scale: a review .....                                                                                | YU Guirui, FANG Huajun, FU Yuling, et al (5449)        |
| Advances in the studying of the relationship between landscape pattern and river water quality at the watershed scale .....                                                           | LIU Lijuan, LI Xiaoyu, HE Xingyuan (5460)              |
| Research on the protection of <i>Davidia involucrata</i> populations, a rare and endangered plant endemic to China .....                                                              | CHEN Yan, SU Zhixian (5466)                            |
| Progress on water resources input-output analysis .....                                                                                                                               | XIAO Qiang, HU Dan, GUO Zhen, et al (5475)             |
| Research advances of contraception control of rodent pest in China ...                                                                                                                | LIU Hanwu, WANG Rongxin, ZHANG Fengqin, et al (5484)   |
| Response of vegetation to climate change and human activity based on NDVI in the Three-River Headwaters region .....                                                                  | LI Huixia, LIU Guohua, FU Bojie (5495)                 |
| Remediation of blowout pits by clonal plants in Mu Us Sandland .....                                                                                                                  | YE Xuehua, DONG Ming (5505)                            |
| Precipitation trends during 1961—2010 in the Loess Plateau region of China .....                                                                                                      | WANG Qixiang, FAN Xiaohui, WANG Mengben (5512)         |
| An evaluation method for forest resources sustainability .....                                                                                                                        | CUI Guofa, XING Shaohua, JI Wenyuan, et al (5524)      |
| Effects of landscape patterns on soil and water loss in the hilly area of loess plateau in China: landscape-level and comparison at multiscale .....                                  | WANG Jiping, YANG Lei, WEI Wei, et al (5531)           |
| The impacts of future climatic change on agricultures and eco-environment of Loess Plateau in next decade .....                                                                       | E Youhao, SHI Qian, MA Yuping, et al (5542)            |
| Valuation of ecological capital in Shandong coastal waters: standing stock value of biological resources .....                                                                        | DU Guoying, CHEN Shang, XIA Tao, et al (5553)          |
| Valuation of ecological capital in Shandong coastal waters: provisioning service value .....                                                                                          | WANG Min, CHEN Shang, XIA Tao, et al (5561)            |
| The dynamics of the structure and plant species diversity of evergreen broadleaved forests in Damingshan National Nature Reserve after a severe ice storm damage in 2008, China ..... | ZHU Hongguang, LI Yankun, WEN Yuanguang, et al (5571)  |
| Interactive effects of low phosphorus and drought stress on dry matter accumulation and phosphorus efficiency of soybean plants .....                                                 | QIAO Zhenjiang, CAI Kunzheng, LUO Shiming (5578)       |
| The eco-efficiency evaluation of the model city for environmental protection in China .....                                                                                           | YIN Ke, WANG Rusong, YAO Liang, et al (5588)           |
| Pollution footprint and its application in regional water pollution pressure assessment: a case study of Huzhou City in the upstream of Taihu Lake Watershed .....                    | JIAO Wenjun, MIN Qingwen, CHENG Shengkui, et al (5599) |
| Ecological effect of green space of Shanghai in different spatial scales in past 20 years .....                                                                                       | LING Huanran, WANG Wei, FAN Zhengqiu, et al (5607)     |
| Assessing indicators of eco-mobility in the scale of urban communities ...                                                                                                            | DAI Xin, ZHOU Chuanbin, WANG Rusong, et al (5616)      |
| Spatial structure of urban ecological land and its dynamic development of ecosystem services: a case study in Changzhou City, China .....                                             | LI Feng, YE Yaping, SONG Bowen, et al (5623)           |
| The carbon emissions embodied in Chinese household consumption by the driving factors .....                                                                                           | YAO Liang, LIU Jingru, WANG Rusong (5632)              |
| The research on eco-efficiency and carbon reduction of recycling coal mining solid wastes: a case study of Huabei City, China .....                                                   | ZHANG Haitao, WANG Rusong, HU Dan, et al (5638)        |
| Effects of urban shading on photosynthesis of <i>Euonymus japonicas</i> .....                                                                                                         | YU Yingying, HU Dan, GUO Erhui, et al (5646)           |



|                                                                                                                                                                               |                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Ecological view of traditional rural settlements: a case study in Yongnan of Guangdong Province .....                                                                         | JIANG Xueting, YAN Lijiao, HOU Deqian (5654)            |
| The altitudinal pattern of insect species richness in the Three Gorge Reservoir Region of the Yangtze River: effects of land cover, climate and sampling effort .....         | LIU Ye, SHEN Zehao (5663)                               |
| Spatial-temporal patterns of fishing grounds and resource of Chilean jack mackerel ( <i>Trachurus murphyi</i> ) in the Southeast Pacific Ocean .....                          | HUA Chengjun, ZHANG Heng, FAN Wei (5676)                |
| Impacts of <i>Ambrosia artemisiifolia</i> invasion on community structure of soil meso- and micro- fauna .....                                                                | XIE Junfang, QUAN Guoming, ZHANG Jiaen, et al (5682)    |
| Appearance in spring and disappearance in autumn of <i>Bemisia tabaci</i> in China .....                                                                                      | CHEN Chunli, ZHI Junrui, GE Feng, et al (5691)          |
| Water use strategies of <i>Malus toringoides</i> and its accompanying plant species <i>Berberis aemulans</i> .....                                                            | XU Qing, WANG Haiying, LIU Shirong (5702)               |
| Analysis of vertical profiles of soil CO <sub>2</sub> efflux in Chinese fir plantation .....                                                                                  | WANG Chao, HUANG Qunbin, YANG Zhijie, et al (5711)      |
| Eco-toxicological effects of four herbicides on typical aquatic snail <i>Pomacea canaliculata</i> and <i>Crown conchs</i> .....                                               | ZHAO Lan, LUO Shiming, LI Huashou, et al (5720)         |
| Effects of short-term cold-air outbreak on soil respiration and its components of subtropical urban green spaces .....                                                        | LI Xibo, ZENG Wenjing, LI Jinqian, et al (5728)         |
| Effects of landscape pattern on watershed soil erosion and sediment delivery in hilly and gully region of the Loess Plateau of China: patch class-level .....                 | WANG Jiping, YANG Lei, WEI Wei, et al (5739)            |
| Partitioning and mapping the sources of variations in the ensemble forecasting of species distribution under climate change: a case study of <i>Pinus tabulaeformis</i> ..... | ZHANG Lei, LIU Shirong, SUN Pengsen, et al (5749)       |
| Relationship between masson pine tree-ring width and NDVI in North Subtropical Region .....                                                                                   | WANG Ruili, CHENG Ruimei, XIAO Wenfa, et al (5762)      |
| Effects of species composition on canopy rainfall storage capacity in an alpine meadow, China .....                                                                           | YU Kailiang, CHEN Ning, YU Sisheng, et al (5771)        |
| Dynamics of soil water conservation during the degradation process of the Zoigê Alpine Wetland .....                                                                          | XIONG Yuanqing, WU Pengfei, ZHANG Hongzhi, et al (5780) |
| Soil urease activity during different vegetation successions in karst peak-cluster depression area of northwest Guangxi, China .....                                          | LIU Shujuan, ZHANG Wei, WANG Kelin, et al (5789)        |
| Analysis the effect of region impacting on the biomass of domestic Masson pine using mixed model .....                                                                        | FU Liyong, ZENG Weisheng, TANG Shouzheng (5797)         |
| Influence of fire on a <i>Pinus massoniana</i> soil in a karst mountain area at the center of Guizhou Province, China .....                                                   | ZHANG Xi, ZHU Jun, CUI Yingchun, et al (5809)           |
| The growth and distribution of <i>Platykladus orientalis</i> Seed-base seedling root in different culture periods .....                                                       | YANG Xitian, DONG Nalin, YAN Dongfeng, et al (5818)     |
| Effects of complex pollution of CTAB and Cd <sup>2+</sup> on the growth of Chinese sweetgum seedlings .....                                                                   | ZHANG Qin, XUE Jianhui, LIU Chenggang (5824)            |
| The influence of volatiles of three invasive plants on the roots of upland rice seedlings .....                                                                               | ZHANG Fengjuan, XU Xingyou, GUO Aiying, et al (5832)    |
| Age structure and regeneration strategy of the dominant species in a <i>Castanopsis carlesii</i> - <i>Schima superba</i> forest .....                                         | SONG Kun, SUN Wen, DA Liangjun (5839)                   |
| A study on application of hepatic microsomal CYP1A biomarkers from <i>Sebastiscus marmoratus</i> to monitoring oil pollution in Xiamen waters .....                           | ZHANG Yusheng, ZHENG Ronghui, CHEN Qingfu (5851)        |
| The method of measuring energy flow $\phi$ and $p$ in ecological networks by input-output flow analysis .....                                                                 | LI Zhongcai, XI Xudong, GAO Qin, et al (5860)           |

# 2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

| 排序<br>Order | 期刊<br>Journal                           | 总被引频次<br>Total citation | 排序<br>Order | 期刊<br>Journal | 影响因子<br>Impact factor |
|-------------|-----------------------------------------|-------------------------|-------------|---------------|-----------------------|
| 1           | 生态学报                                    | 11764                   | 1           | 生态学报          | 1.812                 |
| 2           | 应用生态学报                                  | 9430                    | 2           | 植物生态学报        | 1.771                 |
| 3           | 植物生态学报                                  | 4384                    | 3           | 应用生态学报        | 1.733                 |
| 4           | 西北植物学报                                  | 4177                    | 4           | 生物多样性         | 1.553                 |
| 5           | 生态学杂志                                   | 4048                    | 5           | 生态学杂志         | 1.396                 |
| 6           | 植物生理学通讯                                 | 3362                    | 6           | 西北植物学报        | 0.986                 |
| 7           | JOURNAL OF INTEGRATIVE<br>PLANT BIOLOGY | 3327                    | 7           | 兽类学报          | 0.894                 |
| 8           | MOLECULAR PLANT                         | 1788                    | 8           | CELL RESEARCH | 0.873                 |
| 9           | 水生生物学报                                  | 1773                    | 9           | 植物学报          | 0.841                 |
| 10          | 遗传学报                                    | 1667                    | 10          | 植物研究          | 0.809                 |

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 19 期 (2011 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA  
(Semimonthly, Started in 1981)  
Vol. 31 No. 19 2011

|               |                                                                                                                    |                 |                                                                                                                                                                                 |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 编 辑           | 《生态学报》编辑部<br>地址:北京海淀区双清路 18 号<br>邮政编码:100085<br>电话:(010)62941099<br>www.ecologica.cn<br>shengtaixuebao@rcees.ac.cn | Edited by       | Editorial board of<br>ACTA ECOLOGICA SINICA<br>Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China<br>Tel:(010)62941099<br>www.ecologica.cn<br>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           | 中国生态学会<br>中国科学院生态环境研究中心<br>地址:北京海淀区双清路 18 号<br>邮政编码:100085                                                         | Sponsored by    | Ecological Society of China<br>Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS<br>Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China                                 |
| 出 版           | 科 学 出 版 社<br>地址:北京东黄城根北街 16 号<br>邮政编码:100717                                                                       | Published by    | Science Press<br>Add:16 Donghuangchenggen North Street,<br>Beijing 100717, China                                                                                                |
| 印 刷           | 北京北林印刷厂                                                                                                            | Printed by      | Beijing Bei Lin Printing House,<br>Beijing 100083, China                                                                                                                        |
| 发 行           | 科 学 出 版 社<br>地址:东黄城根北街 16 号<br>邮政编码:100717<br>电话:(010)64034563<br>E-mail:journal@cspg.net                          | Distributed by  | Science Press<br>Add:16 Donghuangchenggen North<br>Street, Beijing 100717, China<br>Tel:(010)64034563<br>E-mail:journal@cspg.net                                                |
| 订 购           | 全国各地邮局                                                                                                             | Domestic        | All Local Post Offices in China                                                                                                                                                 |
| 国外发行          | 中国国际图书贸易总公司<br>地址:北京 399 信箱<br>邮政编码:100044                                                                         | Foreign         | China International Book Trading<br>Corporation<br>Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China                                                                                      |
| 广告经营<br>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