

中国百种杰出学术期刊  
中国精品科技期刊  
中国科协优秀期刊  
中国科学院优秀科技期刊  
新中国 60 年有影响力的期刊  
国家期刊奖

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica

(Shengtai Xuebao)

第 31 卷 第 1 期  
Vol.31 No.1  
**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 1 期      2011 年 1 月      (半月刊)

## 目 次

青藏高原东缘林线杜鹃-岷江冷杉原始林的空间格局 .....	缪 宁,刘世荣,史作民,等 ( 1 )
季风常绿阔叶林不同恢复阶段藤本植物的物种多样性比较 .....	李帅锋,苏建荣,刘万德,等 ( 10 )
越冬和复苏时期太湖水体蓝藻群落结构的时空变化 .....	顾婷婷,孔繁翔,谭 啸,等 ( 21 )
海南新村湾海草床主要鱼类及大型无脊椎动物的食源 .....	樊敏玲,黄小平,张大文,等 ( 31 )
广西涠洲岛造礁珊瑚种群结构的空间分布 .....	梁 文,张春华,叶祖超,等 ( 39 )
宽窄行栽植模式下三倍体毛白杨根系分布特征及其与根系吸水的关系 .....	席本野,王 烨,贾黎明,等 ( 47 )
干旱河谷-山地森林交错带土壤水分与养分特征 .....	刘 彬,罗承德,张 健,等 ( 58 )
信号分子水杨酸减缓干旱胁迫对紫御谷光合和膜脂过氧化的副效应 .....	易小林,杨丙贤,宗学风,等 ( 67 )
UV-B 辐射对南方红豆杉生活史型和紫杉烷类含量的影响 .....	于景华,李德文,庞海河,等 ( 75 )
模拟氮沉降对石栎和苦槠幼苗土壤呼吸的影响 .....	李 凯,江 洪,由美娜,等 ( 82 )
环渤海湾地区连作苹果园土壤中酚酸类物质变化 .....	孙海兵,毛志泉,朱树华 ( 90 )
不同施肥方法对马来沉香和土沉香苗期根系生长的影响 .....	王 冉,李吉跃,张方秋,等 ( 98 )
秋华柳和枫杨幼苗对镉的积累和耐受性 .....	贾中民,魏 虹,孙晓灿,等 ( 107 )
祁连山北坡退化林地植被群落的自然恢复过程及土壤特征变化 .....	赵成章,石福习,董小刚,等 ( 115 )
中国北方农牧交错带 C3 草本植物 $\delta^{13}C$ 与温度的关系及其对水分利用效率的指示 .....	刘贤赵,王国安,李嘉竹,等 ( 123 )
不同退耕模式细根(草根)分解过程中 C 动态及土壤活性有机碳的变化 .....	荣 丽,李守剑,李贤伟,等 ( 137 )
黑龙江省完达山东部林区东北虎猎物生物量 .....	周绍春,张明海,孙海义 ( 145 )
生态保护项目对大熊猫栖息地的影响 .....	张玉波,王梦君,李俊清 ( 154 )
石灰和 EM 处理条件下土壤动物群落在落叶分解中的变化 .....	高梅香,张雪萍 ( 164 )
基于 EPG 的麦长管蚜、麦二叉蚜和禾谷缢管蚜取食行为比较 .....	苗 进,武予清,郁振兴,等 ( 175 )
对映-贝壳杉烷型二萜类化合物对土壤纤毛虫群落的毒性效应 .....	宁应之,杜海峰,王红军 ( 183 )
红脂大小蠹种群空间格局地统计学分析及抽样技术 .....	潘 杰,王 涛,宗世祥,等 ( 195 )
山西不同生态型大豆种质资源蛋白亚基的变异 .....	王燕平,李贵全,郭数进,等 ( 203 )
施肥和覆膜垄沟种植对旱地小麦产量及水氮利用的影响 .....	李廷亮,谢英荷,任苗苗,等 ( 212 )
近 40a 甘肃省气候生产潜力时空变化特征 .....	罗永忠,成自勇,郭小芹 ( 221 )
基于 GIS 的农村住区生态重要性空间评价及其分区管制——以兴国县长冈乡为例 .....	谢花林,李秀彬 ( 230 )
农户收入差异对生活用能及生态环境的影响——以江汉平原为例 .....	杨 振 ( 239 )
河北省耕地生态经济系统能值指标空间分布差异及其动因 .....	王 千,金晓斌,周寅康,等 ( 247 )
土地利用对石漠化地区土壤团聚体有机碳分布及保护的影响 .....	罗友进,魏朝富,李 渝,等 ( 257 )
<b>专论与综述</b>	
景观格局-土壤侵蚀研究中景观指数的意义解释及局限性 .....	刘 宇,吕一河,傅伯杰 ( 267 )
美国煤矿废弃地的生态修复 .....	张成梁,B. Larry Li ( 276 )
农田土壤食物网管理的原理与方法 .....	陈云峰,胡 诚,李双来,等 ( 286 )
<b>学术信息与动态</b>	
旱地、荒漠和荒漠化:探寻恢复之路 ——第三届国际荒漠化会议述评 .....	吕一河,傅伯杰 ( 293 )

# 祁连山北坡退化林地植被群落的自然恢复过程及土壤特征变化

赵成章<sup>1,\*</sup>, 石福习<sup>1</sup>, 董小刚<sup>1</sup>, 任珩<sup>1</sup>, 盛亚萍<sup>1</sup>, 高福元<sup>1</sup>, 杨文斌<sup>2</sup>

(1. 西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃兰州 730070; 2. 中国林业科学研究院林业科学研究所, 北京 100091)

**摘要:**采用长期定位观测的方法,研究了祁连山北坡退化林地人工抚育下 2001—2008 年间植被群落的自然恢复过程和土壤特征变化。结果表明:人为干扰消除后,退化林地群落环境逐渐优化,群落的科、属、种均明显增加,物种成员更替频繁;灌木和乔木物种出现后,群落垂直高度增大,群落结构出现成层现象;群落总体多样性指数呈不断增大的趋势,在空间结构上,Patrick 丰富度指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 Simpson 优势度指数表现出:草本层 > 灌木层 > 乔木层的规律,而 Pielou 均匀度指数变化相反;土壤含水量、土壤有机碳和全氮含量随植被恢复均不断增加。在实施封育禁牧措施后,退化林地实现了由草本群落—灌木群落—乔木群落方向的快速演替,当恢复到早期的先锋乔灌混交阶段时,群落的物种组成、结构和多样性趋于复杂化,土壤性状也得到一定改善,显示出相对较好的适应性和恢复效果。

**关键词:**祁连山;退化林地;植被恢复;群落演替;物种多样性;土壤特征

## Dynamics of vegetation structure and soil properties in the natural restoration process of degraded woodland on the northern slope of Qilian Mountains, northwestern China

ZHAO Chengzhang<sup>1,\*</sup>, SHI Fuxi<sup>1</sup>, DONG Xiaogang<sup>1</sup>, REN Heng<sup>1</sup>, SHENG Yaping<sup>1</sup>, GAO Fuyuan<sup>1</sup>, YANG Wenbin<sup>2</sup>

1 College of Geography and Environment Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China

2 Institute of Forestry Science, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

**Abstract:** The natural restoration of woodland is important to explain the ecological process in forest ecosystem. It is significant implications to assess degraded woodland dynamics and ecological effects under artificial fostering approach in theoretically and practical for forest biodiversity conservation and sustainable management in semiarid mountains.

Study site was located in the Han Quangou basin forest distribution zone in the Qilian Mountains of northwestern China. In this area, the wood of *Picea crassifolia* has been depleted after logging or grazing disturbance. The wood vegetation had been degraded and changed to shrub, grassland and scattered *Betula-Populus* secondary forests. In 2001 year, we have established 4 fixed observation plots (10m × 10m) along the elevation 50m interval range from 2468m to 2736m. In each plot, we have chose 3 grids (4m × 4m) for shrubs, 6 grids (1m × 1m) for grasses, 2 grids (1m × 1m) for soil. In August, we have investigated vegetation community characteristics including species number, community coverage, plant density, community height, species frequency and wood diameter at breast height (*DBH* > 1cm) in different years woodland (from 2001 to 2008). The soil physical-chemical properties of investigated plot including soil bulk density, soil water content, soil organic carbon and total nitrogen were determined in indoor laboratory. In the study, changes in the species composition and relative important value (*IV*) of main species, community structure, species diversity and soil

**基金项目:**国家自然科学基金(40971039);国家科技支撑计划项目(2007BAD46B07);甘肃省科技支撑计划项目(1011FKCA157);甘肃省高校基本科研业务费项目共同资助

收稿日期:2010-04-30; 修订日期:2010-11-01

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhaocz@nwnu.edu.cn

properties were analyzed by methods of variance analysis.

The results showed that after human disturbance was forbidden, the habitation of woodland became well gradually within 8 years. From 2001 to 2008, the number of family, genus and species of plant community increased apparently. In the process of community succession, former species was replaced by the subsequent species frequently. The *Betula platyphylla* and *Populus davidiana* gradually become the constructive species. With shrubs and trees growing up, the vertical height increased, and community structure divided different layer from ground to community's top crest. From 2001 to 2008, biodiversity index of community increased. Patrick, Shannon-Wiener and Simpson indexes were different at different layer of community, and the order of three index among different layers (from high to low) was herb layer (HL), shrub layer (SL), and tree layer (TL). However, the order of Pielou index was tree layer (TL), shrub layer (SL) and herb layer (HL). Soil bulk density (SBD) decreased from  $(1.21 \pm 0.06) \text{ g/cm}^3$  to  $(0.73 \pm 0.04) \text{ g/cm}^3$ . Soil water content (SWC), soil organic carbon (SOC) and total nitrogen (TN) increased with the woodland restoring.

Fencing and forest ban can restore the degraded woodland vegetation in northern slope of Qilian Mountains. Beside the vegetative form, the key species (*B. platyphylla* and *P. davidiana*) and the improving of soil moisture and nutrient, which were the main factors of succession process of degraded woodland from herbage community to trees community. When the community was at the stage of mixed vegetation, the species composition, community structure, and diversity were more complex than those in other stages. At the same time the soil quality was improved by vegetation restoration ecological. Therefore, adaptation ability of vegetation was high in the mixed vegetation stage of shrub and trees, which showed a good restoring effect.

**Key Words:** Qilian Mountains; degraded woodland; vegetation recovery; community succession; species diversity; soil properties

演替是一个群落代替另一个群落的过程,是朝着一个方向连续变化的过程。在生态演替过程中,植被群落的结构、生活型和物种多样性的建立受植物生活史特征、资源可用性和不同优势种的生态位差异决定<sup>[1-4]</sup>。尽管群落物种成员处于不断的波动之中,但某些关键物种或功能群对于整个生态系统的维持具有决定作用<sup>[5]</sup>。Tilman<sup>[6-7]</sup>指出,次生演替中物种更替过程取决于植物对资源可用性特别是光照资源、土壤水分和土壤氮素。在不同群落环境和土壤条件下,植物种的侵入、生长状况不同,群落具体的演替方向和速率具有明显的差异<sup>[8]</sup>。群落内部环境改变(如光照)是物种更替的主要原因<sup>[9]</sup>。另外,土壤条件的恢复可以改善植物的萌发、生根条件,并启动生态系统演替过程<sup>[10-11]</sup>。因此,重视植被恢复过程中群落环境和土壤性状的变化,对于促进植被演替、加快生态恢复具有重要意义。

祁连山地是青藏高原、内蒙古高原和黄土高原的过渡区,是西北干旱区主要的森林分布区和水源涵养区,在不合理人类活动的长期干扰下,祁连山地的森林生态系统出现了严重退化,植被群落结构渐趋简单、生态功能已经衰退<sup>[12]</sup>。重建和恢复山地森林生态系统及其功能是一个迫切的理论和实践命题,学术界已围绕祁连山森林生态系统退化的成因、保护措施和种群格局动态等方面开展了一定的研究<sup>[12-14]</sup>,但是在退化林地人工抚育更新和植被恢复研究方面较为欠缺,尚不能回答退化林地在消除干扰胁迫后植被恢复的可能性、方向和时间进程。本文采用长期定位观测的方法,研究了人工抚育下 2001—2008 年退化林地植被恢复过程中物种组成和优势种更替、群落结构、多样性和土壤特征变化,探讨了消除人为干扰条件下半干旱山区退化林地的恢复过程和方向,从而为山地森林生态系统恢复提供一定的理论依据和借鉴意义。

## 1 研究区概况

祁连山旱泉流域位于甘肃省天祝藏族自治县中部,属石羊河流域古浪河的源头,位于  $102^{\circ}58'04''$ — $103^{\circ}01'04''\text{E}$ ,  $37^{\circ}14'40''$ — $37^{\circ}20'13''\text{N}$ ,流域总面积  $22.32\text{ km}^2$ 。整个地势呈南北走向,南高北低,地域狭长,以中山地貌为主,兼有黄土丘陵地貌,海拔 2420—3306m。流域内年均温  $1.2^{\circ}\text{C}$ ,生长季 120—150d,生长季积

温 733—2000℃, 年均降水量 488.6mm, 蒸发量 766mm, 属大陆性寒温带半湿润半干旱气候类型<sup>[15]</sup>。该区物种丰富, 天然植被以草地、灌木林地和乔木林为主, 是研究地理过渡区植被恢复过程的一个理想场所。受气候、海拔和坡向的多重影响, 研究区植被分布有明显的垂直分异规律。主要土壤类型是亚高山灌丛草甸土、山地灰褐土、山地栗钙土。植被由天然林和人工林组成, 主要乔木树种有青海云杉(*Picea crassifolia* Kom.)、山杨(*Populus davidiana* Dode.) 和白桦(*Betula platyphylla* Suk.), 灌木树种有金露梅(*Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb.)、银露梅(*Platentilla glabra* Lodd.)、小叶蔷薇(*Rosa willmottiae* Hemsl.)、高山绣线菊(*Spiraea alpina* Turcz.)、忍冬(*Lonicera kansuensis* (Batal. ex Rehd.) Pojark.)、小蘗(*Berberis brachypoda* Maxim.)、高山柳(*Salix cupularis* Rehd.) 等植物, 草本植物主要有圆穗蓼(*Polygonum macrophyllum* D. Don.)、苔草(*Carex* spp.)、珠芽蓼(*Polygonum viviparum* L.)、赖草(*Aneurolepidium dasystanchys* (Trin.) Nevski.)、粗根老鹳草(*Geranium dahuricum* Dc.)、针茅(*Stipa capillata* Linn.)、甘肃马先蒿(*Pedicularis kansuensis* Maxim.)、披碱草(*Elymus dahuricus* Turcz.) 等。

## 2 研究方法

### 2.1 样地设置与观测

2001 年天祝县林业局在祁连山旱泉沟采取以围栏禁牧为主的抚育措施, 封育退化林地 1000hm<sup>2</sup>。封育前该区域植被总盖度仅有 40%—60%, 植被类型已退化为灌丛、草地和零星分布的次生杨桦林。为了便于研究在海拔 2468—2736m 的范围内, 沿海拔高度间隔 50m 设置了 4 个 10m×10m 的定位观测点, 在每个固定样地内沿对角线设置 3 个 4m×4m 灌木样方, 在每个灌木样方内设置 6 个 1m×1m 的草本样方。于 2001—2008 年每年 8 月中旬观测植被群落结构特征, 对每个样方中出现的植物名称、株(丛)数、盖度、高度和频度, DBH > 1cm 的乔灌木树种数量、胸径、树高和冠幅等进行了调查。同时记录每个样方的海拔高度、坡度、坡向等环境特征, 并采样观测土壤含水量、土壤容重和土壤碳氮等指标。

### 2.2 多样性的测定

(1) 物种重要值(important value, *IV*)

$$IV_{\text{乔木、灌木}} = (\text{相对密度} + \text{相对高度} + \text{相对频度})/3; IV_{\text{草本}} = (\text{相对高度} + \text{相对盖度} + \text{相对密度})/3$$

(2) 物种多样性指数的测定

$$\text{Shannon-Wiener 多样性指数: } H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i; \text{Pielou 均匀度指数: } J = H' / \ln(S)$$

$$\text{Simpson 优势度指数: } C = 1 - \sum_{i=1}^s (p_i)^2; \text{Patrick 丰富度指数: } R = S$$

式中,  $p_i$  表示物种相对重要值,  $S$  为植物种数。

(3) 群落的总体多样性测定

群落中乔、灌、草 3 层结合加权参数对群落总体多样性进行计算:

$$D = \sum WiDi$$

式中,  $Wi$  为群落第  $i$  个生长型多样性指数的加权参数,  $Di$  为第  $i$  个生长型的多样性指数 ( $i = 1$ , 乔木层 ( $t$ );  $2$ , 灌木层 ( $s$ );  $3$ , 草本层 ( $h$ ))。加权参数的计算见参考文献<sup>[16-17]</sup>, 计算公式为:

$$Wi = \left( \frac{Ci}{C} + \frac{Hi}{H} \right) / 2$$

式中,  $C$  为群落的总盖度 ( $C = \sum Ci$ );  $H$  为群落各生长型的平均高度 ( $H = \sum Hi$ );  $Ci$  为第  $i$  个生长型的盖度,  $Hi$  为第  $i$  个生长型的平均高度。经计算乔、灌、草 3 层的权重分别为 0.5、0.24 和 0.26。

### 2.3 土壤样品的采集与分析方法

于每年 8 月 15 日至 18 日, 在距固定草本样方右侧平行 4—5m 处选取样点挖土壤剖面 2 个, 从地表向下至 50cm 深之间, 每隔 10cm 用容积为 50cm<sup>3</sup> 的小环刀取原状土样 3 个, 同时每层取混合土样 (500g), 带回室内进行分析。用烘干法测定每层土壤含水量和土壤容重等物理性质。土壤有机碳、全氮的样品在室温下风干,

拣出植物残体和石块等杂物,研磨后过 1mm 筛,土壤有机碳测定采用重铬酸钾氧化-外加热法,土壤全氮测定采用凯氏定氮法。

## 2.4 数据处理

采用 SPSS16.0 统计分析软件,对不同恢复阶段群落数量特征进行 One-Way ANOVA 方差分析和最小显著差异法(LSD)比较不同数据组间的差异。制图采用 Origin7.5 软件。

## 3 结果与分析

### 3.1 群落物种组成和主要物种更替过程

群落调查相继发现 85 种高等植物,分属于 35 科 68 属,其中菊科、蔷薇科、豆科、禾本科、毛茛科和蓼科 6 科共计 48 种,占全部种数的 80%。在植被恢复的第 1 年,以圆穗蓼为优势种的 4 个草本植物占整个群落重要值的 40%。随着干扰胁迫的消失,粗根老鹳草等 1、2 年中旱生草本植物在群落中的重要值逐渐下降,珠芽蓼、苔草等多年生喜湿草本植物的重要值逐渐增加,并成为草本层的优势种。以金露梅、高山绣线菊和小叶蔷薇等蔷薇科为主的落叶灌木在恢复到第 2 年时开始大量出现,在群落中的重要值逐渐增加,当恢复到第 6 年时,灌木树种的重要值占到整个群落的 60% 以上,尔后开始下降。在植被恢复到 8a 时的乔木群落阶段,速生树种白桦和山杨的重要值占整个群落的 50% 以上,成为整个群落的建群物种(图 1)。

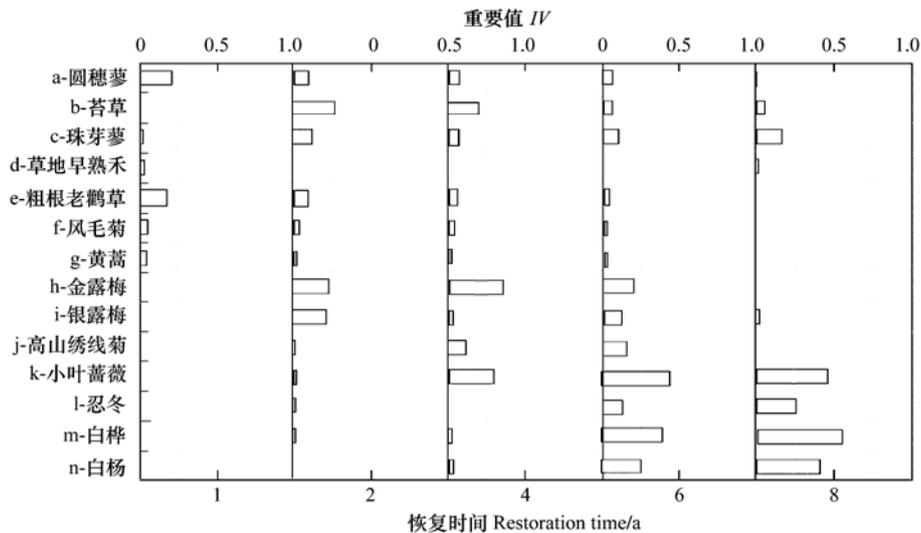


图 1 植被恢复过程中主要物种重要值变化

Fig. 1 The changes in important value (IV) of main species during restoration

图例中字母 a—n 分别代表不同的物种:a: 圆穗蓼 *Polygonum macrophyllum*, b: 苔草 *Carex* spp., c: 珠芽蓼 *Polygonum viviparum*, d: 草地早熟禾 *Poa pratensis*, e: 粗根老鹳草 *Geranium dahuricum*, f: 风毛菊 *Saussurea epilobioides*, g: 黄蒿 *Artemisia scoparia*, h: 金露梅 *Dasiphora fruticosa*, i: 银露梅 *Pltentilla glabra*, j: 高山绣线菊 *Spiraea alpina*, k: 小叶蔷薇 *Rosa willmottiae*, l: 忍冬 *Lonicera kansuensis*, m: 白桦 *Betula platyphylla*, n: 山杨 *Populus davidiana*

### 3.2 群落结构特征

退化林地恢复过程中,群落结构出现成层现象。草本层和灌木层高度变化不大,乔木层的高度由  $(43.5 \pm 1.96)$  cm 增加到  $(310.3 \pm 15.2)$  cm (图 2)。草本层密度先增大后减小,灌木层的变化呈双峰型,乔木层密度从  $(0.04 \pm 0.001)$  株/ $m^2$  增大到  $(1.38 \pm 0.05)$  株/ $m^2$  (图 3)。

### 3.3 群落多样性动态

随着恢复时间的进程,退化林地植被群落总体多样性指数表现出增大的规律(表 1)。从整个恢复过程来看,乔木层的种数相对单一,物种丰富度与多样性远低于灌木、草本层。Patrick 丰富度指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 Simpson 优势度指数在空间结构上的变化表现为:草本层 > 灌木层 > 乔木层,而 Pielou 均匀度指数变化相反。

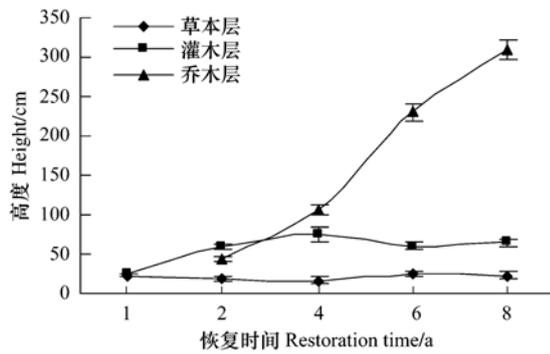


图2 植被恢复过程中群落高度变化

Fig. 2 The changes in community height during restoration

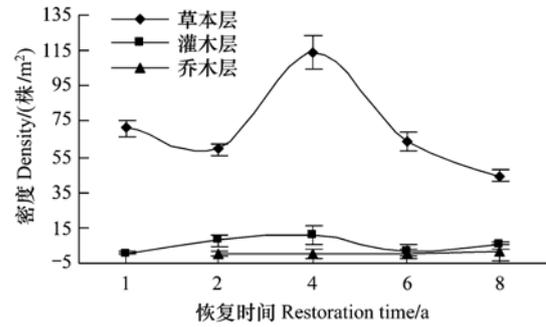


图3 植被恢复过程中群落密度变化

Fig. 3 The changes in community density during restoration

表1 植被恢复过程中群落多样性变化

Table 1 The changes in diversity of community during restoration

恢复时间 Restoration time/a	层 Layer	Patrick 丰富度指数 $R$	Shannon-Wiener 多样性指数 $H'$	Simpson 优势度指数 $C$	Pielou 均匀度指数 $J$
1	草本层 HL	$22 \pm 3.3a$	$2.46 \pm 0.12a$	$0.89 \pm 0.03a$	$0.79 \pm 0.02a$
	灌木层 SL	—	—	—	—
	乔木层 TL	—	—	—	—
	加权值 D	$5.72 \pm 0.51A$	$0.64 \pm 0.04A$	$0.97 \pm 0.03A$	$0.21 \pm 0.01A$
2	草本层 HL	$32 \pm 4.64a$	$2.38 \pm 0.11a$	$0.85 \pm 0.04a$	$0.68 \pm 0.03a$
	灌木层 SL	$9 \pm 0.72b$	$1.96 \pm 0.07b$	$0.82 \pm 0.06a$	$0.89 \pm 0.05b$
	乔木层 TL	$1 \pm 0.03c$	—	—	—
	加权值 D	$10.98 \pm 1.65B$	$1.09 \pm 0.16B$	$0.92 \pm 0.14B$	$0.39 \pm 0.06B$
4	草本层 HL	$43 \pm 6.88a$	$2.52 \pm 0.40a$	$0.91 \pm 0.15a$	$0.68 \pm 0.11a$
	灌木层 SL	$7 \pm 0.46b$	$1.63 \pm 0.11b$	$0.78 \pm 0.05b$	$0.91 \pm 0.06b$
	乔木层 TL	$1 \pm 0.02c$	—	—	—
	加权值 D	$13.36 \pm 1.74B$	$1.05 \pm 0.05B$	$0.92 \pm 0.05B$	$0.40 \pm 0.02B$
6	草本层 HL	$47 \pm 4.70a$	$2.50 \pm 0.12a$	$0.91 \pm 0.05a$	$0.68 \pm 0.02a$
	灌木层 SL	$7 \pm 0.58b$	$1.47 \pm 0.07b$	$0.73 \pm 0.04b$	$0.82 \pm 0.04b$
	乔木层 TL	$2 \pm 0.04c$	$0.34 \pm 0.02c$	$0.19 \pm 0.01c$	$0.49 \pm 0.02c$
	加权值 D	$14.90 \pm 2.24C$	$1.17 \pm 0.06C$	$0.51 \pm 0.03C$	$0.62 \pm 0.03C$
8	草本层 HL	$45 \pm 4.50a$	$2.63 \pm 0.13a$	$0.91 \pm 0.05a$	$0.73 \pm 0.04a$
	灌木层 SL	$6 \pm 0.42b$	$1.54 \pm 0.08b$	$0.74 \pm 0.04b$	$0.86 \pm 0.04b$
	乔木层 TL	$3 \pm 0.15c$	$0.69 \pm 0.03c$	$0.50 \pm 0.02c$	$0.99 \pm 0.05c$
	加权值 D	$14.64 \pm 2.56C$	$1.40 \pm 0.07C$	$0.66 \pm 0.03C$	$0.89 \pm 0.04C$

小写字母表示不同层存在显著差异 ( $P < 0.05$ ), 不同大写字母者为不同恢复阶段间差异显著 ( $P < 0.05$ )

### 3.4 土壤特征变化

在植被演替过程中,土壤容重在  $0.64\text{--}1.29\text{g/cm}^3$  之间变化,平均为  $0.86\text{g/cm}^3$  (ANOVA:  $F_{4,10} = 14.973$ ;  $P < 0.05$ )。土壤含水量由初期的  $(16.1 \pm 1.59)\%$  增加到后期的  $(38.91 \pm 5.91)\%$ 。土壤有机碳和全氮分别为介于  $4.66\text{--}70.65\text{g/kg}$ 、 $3.13\text{--}5.85\text{g/kg}$ ,土壤有机质和全氮含量表层大于下层。土壤碳氮比介于  $1.49\text{--}12.09$  (ANOVA:  $F_{4,10} = 12.48$ ;  $P = 0.001$ )。土壤含水量、有机碳和全氮在乔木灌丛群落阶段时达到最大值 (ANOVA:  $F_{4,10} = 16.731$ ;  $P < 0.05$ 、 $F_{4,10} = 13.612$ ;  $P < 0.05$  和  $F_{4,10} = 16.643$ ;  $P < 0.05$ ) (表2)。

表2 植被恢复过程中土壤特征变化

Table 2 The changes in soil characteristics during restoration

恢复阶段 Restoration time/a	土层深度 Soil depth/cm	土壤容重 Bulk density /(g/cm <sup>3</sup> )	土壤含水量 SWC/%	有机碳 SOC /(g/kg)	全氮 Total N /(g/kg)	碳氮比 C/N ratio
1	0—10	1.12 ± 0.09a	18.38 ± 2.76a	14.44 ± 2.02a	3.64 ± 0.29a	3.97 ± 0.38a
	10—30	1.23 ± 0.09b	16.59 ± 2.32b	9.07 ± 1.27b	3.46 ± 0.25ab	2.62 ± 0.21a
	30—50	1.29 ± 0.08c	13.34 ± 1.20c	4.66 ± 0.37c	3.13 ± 0.21a	1.49 ± 0.13b
	平均	1.21 ± 0.06A	16.10 ± 1.59A	7.61 ± 0.72A	3.41 ± 0.28A	2.23 ± 0.37A
2	0—10	0.73 ± 0.07a	23.40 ± 4.21a	19.50 ± 2.87a	4.14 ± 0.39a	4.71 ± 0.71a
	10—30	0.81 ± 0.06b	20.27 ± 2.84b	10.11 ± 1.11b	3.83 ± 0.28b	2.64 ± 0.23b
	30—50	0.97 ± 0.04c	20.21 ± 2.63b	9.93 ± 0.85b	3.82 ± 0.28b	2.60 ± 0.22b
	平均	0.84 ± 0.04B	21.29 ± 2.98AB	13.18 ± 1.58AB	3.93 ± 0.31AB	3.35 ± 0.33AB
4	0—10	0.71 ± 0.04a	33.61 ± 5.71a	50.13 ± 9.95a	5.16 ± 0.49a	9.71 ± 1.41a
	10—30	0.83 ± 0.12b	27.64 ± 4.15b	32.22 ± 5.28b	4.56 ± 0.38a	7.06 ± 0.67b
	30—50	0.93 ± 0.09c	25.98 ± 3.12b	27.24 ± 3.40c	4.40 ± 0.29a	6.19 ± 0.52b
	平均	0.82 ± 0.04B	29.08 ± 2.85B	36.53 ± 6.58B	4.71 ± 4.06B	7.76 ± 0.85B
6	0—10	0.64 ± 0.03a	34.23 ± 6.16a	51.99 ± 10.09a	5.22 ± 0.51a	9.95 ± 1.22a
	10—30	0.72 ± 0.04b	23.83 ± 3.34b	20.79 ± 2.95b	4.18 ± 0.33b	4.97 ± 0.38b
	30—50	0.77 ± 0.04b	23.14 ± 2.55b	18.72 ± 2.66b	4.11 ± 0.29b	4.55 ± 0.34b
	平均	0.71 ± 0.04B	27.06 ± 2.41B	30.49 ± 5.09B	4.51 ± 0.38B	6.77 ± 0.95B
8	0—10	0.69 ± 0.03a	40.45 ± 7.52a	70.65 ± 14.06a	5.85 ± 0.70a	12.09 ± 1.81a
	10—30	0.71 ± 0.04ab	38.34 ± 5.56b	64.32 ± 10.03b	5.63 ± 0.53a	11.42 ± 1.40ab
	30—50	0.79 ± 0.05a	37.94 ± 5.16b	63.12 ± 9.97b	5.59 ± 0.49a	11.28 ± 1.24b
	平均	0.73 ± 0.04B	38.91 ± 5.91C	66.03 ± 11.56C	5.69 ± 0.62C	11.60 ± 1.37C

小写字母表示土层间存在显著差异( $P < 0.05$ ),不同大写字母者为不同恢复阶段间差异显著( $P < 0.05$ )

#### 4 结论与讨论

植被恢复与群落演替具有密切的关系,植被恢复的实质是群落演替的过程。植被的恢复遵循群落演替的一般规律,群落的种类组成由简单到复杂,演替的各个阶段由不同生活型的种类占据着优势<sup>[18]</sup>。研究表明,森林植被恢复除依赖于先锋种子的传播之外,干扰过后的残存植被组分(如存活树木个体、土壤种子库、萌生植株等)对于群落次生演替具有重要的作用<sup>[19-20]</sup>,而且土壤肥力和物理结构能够显著的影响人为干扰后的植被恢复速度<sup>[19]</sup>。祁连山退化林地自封育以来,植被群落物种数明显增多、多样性增大、结构复杂化,在较短时间内实现了由草本植物优势群落向乔木优势群落的演替过程。这是因为演替是从草甸群落开始,而非来自裸地或弃耕地,因此,在群落内保留了大量原生地带性植被的种子库和零星分布的残遗植株等繁殖体,而且研究区的土壤条件没有遭受严重破坏,从而为植被的自然恢复提供了必要的物质基础。在封育禁牧状态下,由于干扰因素消失,形成了比较稳定的群落环境,残存植被组分和各种繁殖体在适宜的温度、光照和水分因子综合作用下,迅速萌发和生长,并逐步的改善群落土壤条件,由于通气良好,温度、湿度和酸碱度适中,土壤矿化率产生较多的有效氮素,使得前期物种增加较快,物种成员发生更替现象。另外,群落演替导致的土壤水分和养分变化也是影响物种更替和植被快速恢复的重要环境因子,土壤基质的稳定性提高,使更多物种的繁殖体得以散布和定居,促进恢复演替的顺利进行,进而有可能使次生演替在较短时间内发生,但这种演替的过程受原先群落的影响,速度一般要比原生演替快5—10倍<sup>[21]</sup>。

植被恢复梯度上,由于各个物种在群落或生态系统中的作用并非是等同的,某些关键物种或优势种的生态功能对群落的作用是不可替代的,它们在群落中的地位和作用对群落演替和环境演变起主导作用<sup>[22-23]</sup>。由于恢复初期的群落垂直结构比较单一,在光照作用下水分蒸发旺盛,群落内以耐旱性的草本植物为主,随着恢复时间的延长,以蔷薇科为主的落叶灌木实生苗在恢复的第2年逐渐萌生出现,并得到了较为快速的生长,

改变了群落的光照和水分条件,而当光照成为植物生长的限制因素时,不同大小植株间的非对称竞争就有可能发生<sup>[9]</sup>,高大的灌木抑制了矮小草本植株的生长,草本层植物密度在增大一段时间后又逐渐减少,草本植物逐步被处于优势竞争地位的灌木取代。随后,阳性先锋树种白桦和山杨也开始萌生,并凭借其对环境的适应能力快速生长,群落垂直高度迅速增大,高大的乔木层片对太阳光照进行了削减,群落内遮阴效应增大,温度降低,林下层大量喜光的中早生的草本物种和灌木植物逐渐消失,被喜阴耐湿草本和灌木植物代替,同时白桦和山杨逐渐成为暂时适应该区域生境条件的优势种群。可以看出,白桦和山杨是祁连山地森林群落恢复的先锋乔木植物,其特殊的适应机制和生长特性对群落演替进程和群落环境的改变具有重要的作用。

物种多样性作为群落的基本特征,既表征群落的组成结构,也是对环境状况的指示<sup>[22]</sup>。植物多样性的恢复是退化生态系统恢复与重建的重要内容与标志<sup>[24]</sup>,但植物多样性并不能完全代表群落的稳定性,仅是群落稳定性的必要条件,群落(或生态系统)的稳定性体现在更多方面或者多种生物组织层次意义上的多样性,例如生态系统、群落、种群、个体、甚至基因水平上的多样性<sup>[25]</sup>。研究区相对稳定的顶极群落是以青海云杉为建群种的植被类型,发现的以桦木和山杨为主的乔木灌丛混交群落,虽然多样性指数较大,但该阶段只是退化林地演替到白桦山杨混交群落的幼林期,仅是演替系列中的一个先锋阶段。这与范玮熠等<sup>[26]</sup>得出的白桦是黄土高原子午岭地区典型的先锋树种的研究结果相同。但就稳定性而言,许多研究表明,由于气候变化和人为干扰等多种因素,白桦山杨混交群落存在极大的不稳定性<sup>[27]</sup>,因此,必须结合群落优势种群的年龄结构才能比较真实地评价该群落的稳定性状态。与以往研究不同,所发现的受干扰林地,实现了由草本群落向乔木群落的快速恢复过程,这在于旱半干旱山区是极其罕见的。但这种在短时间内恢复的效果具有一定特殊性和不确定性,这可能与该地区相对湿润的气候条件以及人为抚育措施密不可分,很显然这种先期乔木群落仍然需要在更长的时间尺度上演替到顶极的复杂物种组成阶段。

总之,不同程度的人为干扰对植物群落的影响不容置疑,但是在封育保护下植物极强的可塑性使它们仍然能够实现自我的快速恢复。因此,对于由人为不合理利用造成的生态系统退化和物种多样性丧失,较早停止人为破坏,实施各种保护措施,使物种的传播、散布、定居和繁殖等生态过程得以在稳定的环境下进行,将有可能在相对较短时间内实现区域退化生态系统的恢复。

**致谢:**感谢殷翠琴和达光文高级工程师鉴别植物;兰州大学尚占环博士对写作给予帮助。

## References:

- [ 1 ] Connell J H, Slatyer R O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *American Naturalist*, 1977, 111, 1119-1144.
- [ 2 ] Grubb P J. The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biological Reviews*, 1977, 52, 107-145.
- [ 3 ] Noy-Meir I, Vander Maarel E. Relations between community theory and community analysis in vegetation science: some historical perspectives. *Vegetatio*, 1987, 69, 5-15.
- [ 4 ] Pickett S T A, Collins S L, Armesto J J. A hierarchical consideration of causes and mechanisms of succession. *Vegetatio*, 1987, 69, 109-114.
- [ 5 ] Walker B. Conserving biodiversity through ecosystem resilience. *Conservation Biology*, 1995, 9, 747-752.
- [ 6 ] Tilman D. Secondary succession and pattern of dominance along experimental nitrogen gradients. *Ecological Monographs*, 1987, 57, 189-214.
- [ 7 ] Tilman D. *Plant Strategies and the Dynamics and Structure of Plant Communities*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1988: 360.
- [ 8 ] An S Q, Wang Z F, Zhu X L, Liu Z L, Hong B G, Zhao R L. Effects of soil factors on the secondary succession of forest community. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(1): 45-50.
- [ 9 ] Wang S X, Wang X A, Li G Q, Guo H, Zhu Z H. Species diversity and environmental interpretation in the process of community succession in the Ziwu Mountain of Shaanxi Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(6): 1638-1647.
- [ 10 ] Lugo A E. The apparent paradox of reestablishing species richness on degraded lands with tree monocultures. *Forest Ecology and Management*, 1997, 99, 9-19.
- [ 11 ] Patricia M. Holmes shrubland restoration following woody alien invasion and mining: Effects of top soil depth, seed source, and fertilizer addition. *Restoration Ecology*, 2000, 9(1): 71-84.

- [12] Ma J B, Zhang P D, Li X R. The cause and protection strategy to natural shrub degradation in HanQuangou Valley. *Pratacultural Science*, 2007, 24(4): 23-26.
- [13] Hu F C, Yu T M, Duan J H, Ma G G. Vertical distribution character and protective measures of the north-slope vegetation on the east part of Qilian Mountains. *Pratacultural Science*, 2007, 24 (1):13-16.
- [14] Da G W. Study on dynamics succession pattern of secondary forest in Hanquangou valley of Gansu Province. *Pratacultural Science*, 2009, 26(6): 41-46.
- [15] Dang H Z, Zhao Y S, Chen X W, Li J J, Da G W, Zhu Y W. Soil water characteristics in *Picea crassifolia* forestry lands in Qilian Mountains. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(7): 1148-1152.
- [16] Gao X M, Huang J H, Wan S Q, Chen L Z. Ecological studies on the plant community succession on the abandoned cropland in TAIBAISHAN, Qinling Mountains II the community diversity feature of the succession series. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(6): 619-625.
- [17] Gao B J, Zhang Z Z, Li Z Y. Influence of the Closed Forest on Plant Community Structure and Diversity. *Journal of Beijing Forestry University*, 1992, 14(2): 46-53.
- [18] Ren H, Du W B, Wang J, Yu Z Y, Guo Q F. The natural restoration of degraded rangeland ecosystem in Heshan hill land. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(9): 3593-3600.
- [19] Chazdon R L. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 2003, 6, 51-71.
- [20] Guariguata M R, Ostertag R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management*, 2001, 148, 185-206.
- [21] Müller-Dumbois D, Ellenberg H. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. New York: John Wiley and Sons, 1974.
- [22] Zhang J Y, Zhao H L, Zhang T H, Zhao X Y. Dynamics of species diversity of communities in restoration processes in Horqin sandy land. *Acta Phytocologica Sinica*, 2004, 28(1): 86-92.
- [23] Zang R G, Ding Y. Ecological restoration of tropical forest vegetation. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(12): 6292-6304.
- [24] Li Y Y, Shao M A. The change of plant diversity during natural recovery process of vegetation in Ziwuling area. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(2): 252-260.
- [25] Wang G H. Further thoughts on diversity and stability in ecosystems. *Chinese Biodiversity*, 2002, 10(1): 126-136.
- [26] Fan W Y, Wang X A, Guo H. Analysis of plant community successional series in the Ziwuling area on the Loess Plateau. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(3): 706-714.
- [27] An L J, Zhu Z H, Wang X A, Guo H. Stability analysis of major communities in Malan forest region of Ziwuling Mountain. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2007, 27(5): 0859-0863.

#### 参考文献:

- [8] 安树青,王峥峰,朱学雷,刘志礼,洪必恭,赵儒林. 土壤因子对次生森林群落演替的影响. *生态学报*, 1997, 17(1): 45-50.
- [9] 王世雄,王孝安,李国庆,郭华,朱志红. 陕西子午岭植物群落演替过程中物种多样性变化与环境解释. *生态学报*, 2010, 30(6): 1638-1647.
- [12] 马金宝,张培栋,李新荣. 旱泉河流域天然灌丛退化成因及保育对策. *草业科学*, 2007, 24(4): 23-26.
- [13] 胡发成,于天明,段军红,马更尕. 祁连山东部北坡植被垂直分布特征及保护措施. *草业科学*, 2007, 24(1): 13-16.
- [14] 达光文. 旱泉河流域次生林演替过程中种群格局动态. *草业科学*, 2009, 26(6): 41-46.
- [15] 党宏忠,赵雨森,陈祥伟,李进军,达光文,朱有文. 祁连山青海云杉林地土壤水分特征研究. *应用生态学报*, 2004, 15(7): 1148-1152.
- [16] 高贤明,黄建辉,万师强,陈灵芝. 秦岭太白山弃耕地植物群落演替的生态学研究 II. 演替系列的群 $\alpha$ 多样性特征. *生态学报*, 1997, 17(6): 619-625.
- [17] 高宝嘉,张执中,李镇宇. 封山育林对植物群落结构及多样性的影响. *北京林业大学学报*, 1992, 14(2): 46-53.
- [18] 任海,杜卫兵,王俊,余作岳,郭勤峰. 鹤山退化草坡生态系统的自然恢复. *生态学报*, 2007, 27(9): 3593-3600.
- [22] 张继义,赵哈林,张铜会,赵学勇. 科尔沁沙地植被恢复系列上群落演替与物种多样性的恢复动态. *植物生态学报*, 2004, 28(1): 86-92.
- [23] 臧润国,丁易. 热带森林植被生态恢复研究进展. *生态学报*, 2008, 28(12): 6292-6304.
- [24] 李裕元,邵明安. 子午岭植被自然恢复过程中植物多样性的变化. *生态学报*, 2004, 24(2): 252-260.
- [25] 王国宏. 再论生物多样性与生态系统的稳定性. *生物多样性*, 2002, 10(1): 126-136.
- [26] 范玮熠,王孝安,郭华. 黄土高原子午岭植物群落演替系列分析. *生态学报*, 2006, 26(3): 706-714.
- [27] 安丽娟,朱志红,王孝安,郭华. 子午岭马栏林区主要森林群落的稳定性分析. *西北植物学报*, 2007, 27(5): 0859-0863.

# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 1 January, 2011 (Semimonthly)

## CONTENTS

- Spatial pattern analysis of a *Rhododendron-Abies* virginal forest near timberline on the eastern edge of Qinghai-Tibetan Plateau, China ..... MIAO Ning, LIU Shirong, SHI Zuomin, et al ( 1 )
- Changes of liana species diversity in different restoration stages of monsoonal broad-leaved evergreen forest ..... LI Shuaifeng, SU Jianrong, LIU Wandu, et al ( 10 )
- Investigation on spatio-temporal pattern of cyanobacterial community structure by T-RFLP during overwinter and recruitment period in Taihu Lake ..... GU Tingting, KONG Fanxiang, TAN Xiao, et al ( 21 )
- Food sources of fish and macro-invertebrates in a tropical seagrass bed at Xincun Bay, Southern China ..... FAN Minling, HUANG Xiaoping, ZHANG Dawen, et al ( 31 )
- Spatial pattern of Scleractinian coral Population Structure in Weizhou Island, Beihai, Guangxi ..... LIANG Wen, ZHANG Chunhua, YE Zuchao, et al ( 39 )
- Property of root distribution of triploid *Populus tomentosa* and its relation to root water uptake under the wide-and-narrow row spacing scheme ..... XI Benye, WANG Ye, JIA Liming, et al ( 47 )
- Soil nutritional properties and moisture gradient of the ecotone between dry valley and montane forest of the Minjiang River ..... LIU Bin, LUO Chengde, ZHANG Jian, et al ( 58 )
- Signal chemical salicylic acid mitigates the negative effects of drought on photosynthesis and membrane lipid peroxidation of purple majesty ..... YI Xiaolin, YANG Bingxian, ZONG Xuefeng, et al ( 67 )
- Effects of supplementary UV-B radiation on life cycle forms and the accumulation of taxanes of *Taxus chinensis* var. *mairei* ..... YU Jinghua, LI Dewen, PANG Haihe, et al ( 75 )
- Effect of simulated nitrogen deposition on the soil respiration of *Lithocarpus glabra* and *Castanopsis sclerophylla* ..... LI Kai, JIANG Hong, YOU Meina, et al ( 82 )
- Changes of phenolic acids in the soil of replanted apple orchards surrounding Bohai Gulf ..... SUN Haibing, MAO Zhiqian, ZHU Shuhua ( 90 )
- Growing dynamic root system of *Aquilaria malaccensis* and *Aquilaria sinensis* seedlings in response to different fertilizing methods ..... WANG Ran, LI Jiyue, ZHANG Fangqiu, et al ( 98 )
- Accumulation and tolerance of *Salix variegata* and *Pterocarya stenoptera* seedlings to cadmium ..... JIA Zhongmin, WEI Hong, SUN Xiaocan, et al ( 107 )
- Dynamics of vegetation structure and soil properties in the natural restoration process of degraded woodland on the northern slope of Qilian Mountains, northwestern China ..... ZHAO Chengzhang, SHI Fuxi, DONG Xiaogang, et al ( 115 )
- Relationship between temperature and  $\delta^{13}\text{C}$  values of C3 herbaceous plants and its implications of WUE in farming-pastoral zone in North China ..... LIU Xianzhao, WANG Guoan, LI Jiazhu, et al ( 123 )
- Carbon dynamics of fine root (grass root) decomposition and active soil organic carbon in various models of land use conversion from agricultural lands into forest lands ..... RONG Li, LI Shoujian, LI Xianwei, et al ( 137 )
- Prey biomass of the Amur tiger (*Panthera tigris altaica*) in the eastern Wanda Mountains of Heilongjiang Province, China ..... ZHOU Shaochun, ZHANG Minghai, SUN Haiyi ( 145 )
- The impact of conservation projects on giant Panda Habitat ..... ZHANG Yubo, WANG Mengjun, LI Junqing ( 154 )
- Fluctuation of soil fauna community during defoliation decomposition under lime and EM treatment ..... GAO Meixiang, ZHANG Xueping ( 164 )
- Comparative of feeding behaviors of *Sitobion avenae*, *Sitobion graminum* and *Rhopalosiphum padi* (Homoptera: Aphididae) using electrical penetration graph (EPG) ..... MIAO Jin, WU Yuqing, YU Zhenxing, et al ( 175 )
- Toxic effects of *ent*-kaurane diterpenoids on soil ciliate communities ..... NING Yingzhi, DU Haifeng, WANG Hongjun ( 183 )
- Geostatistical analysis and sampling technique on spatial distribution pattern of *Dendroctonus valens* population ..... PAN Jie, WANG Tao, ZONG Shixiang, et al ( 195 )
- Variation analysis of protein subunits of soybean germplasms of different eco-types in Shanxi ..... WANG Yanping, LI Guiquan, GUO Shujin, et al ( 203 )
- Effects of fertilization and plastic film mulched ridge-furrow cultivation on yield and water and nitrogen utilization of winter wheat on dryland ..... LI Tingliang, XIE Yinghe, REN Miaomiao, et al ( 212 )
- The changing characteristics of potential climate productivity in Gansu Province during nearly 40 years ..... LUO Yongzhong, CHENG Ziyong, GUO Xiaoqin ( 221 )
- Spatial assessment and zoning regulations of ecological importance based on GIS for rural habitation in Changgang Town, Xinguo county ..... XIE Hualin, LI Xiubin ( 230 )
- Influences of rural households' income differences on living energy consumption and eco-environment: a case study of Jiangnan Plain, China ..... YANG Zhen ( 239 )
- Spatial differences and its driving factors of energy indices on cultivated land eco-economic system in Hebei Province ..... WANG Qian, JIN Xiaobin, ZHOU Yinkang, et al ( 247 )
- Effects of land use on distribution and protection of organic carbon in soil aggregates in karst rocky desertification area ..... LUO Youjin, WEI Chaofu, LI Yu, et al ( 257 )
- Review and Monograph**
- Implication and limitation of landscape metrics in delineating relationship between landscape pattern and soil erosion ..... LIU Yu, LÜ Yihe, FU Bojie ( 267 )
- Ecological reclamation and restoration of abandoned coal mine in the United States ..... ZHANG Chengliang, B. Larry Li ( 276 )
- Managing farmland soil food web: principles and methods ..... CHEN Yunfeng, HU Cheng, LI Shuanglai, et al ( 286 )

# 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 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 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 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 1 期 (2011 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA  
(Semimonthly, Started in 1981)  
Vol. 31 No. 1 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

**主 编** 冯宗炜  
**主 管** 中国科学技术协会  
**主 办** 中国生态学会  
中国科学院生态环境研究中心  
地址:北京海淀区双清路 18 号  
邮政编码:100085

**出 版** 科 学 出 版 社  
地址:北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717

**印 刷** 北京北林印刷厂  
**发 行** 科 学 出 版 社  
地址:东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717  
电话:(010)64034563  
E-mail:journal@cspg.net

**订 购** 全国各地邮局  
**国外发行** 中国国际图书贸易总公司  
地址:北京 399 信箱  
邮政编码:100044

**广告经营** 京海工商广字第 8013 号  
**许 可 证**

**Edited** by Editorial board of  
ACTA ECOLOGICA SINICA  
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China  
Tel:(010)62941099  
www.ecologica.cn  
Shengtaixuebao@rcees.ac.cn

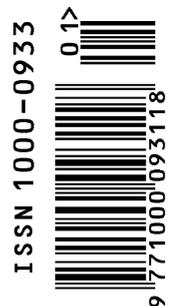
**Editor-in-chief** FENG Zong-Wei  
**Supervised** by China Association for Science and Technology  
**Sponsored** by Ecological Society of China  
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS  
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

**Published** by Science Press  
Add:16 Donghuangchenggen North Street,  
Beijing 100717, China

**Printed** by Beijing Bei Lin Printing House,  
Beijing 100083, China

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

**Domestic** All Local Post Offices in China  
**Foreign** China International Book Trading  
Corporation  
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元