

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

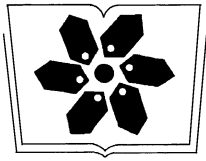
(Shengtai Xuebao)

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, 宗学凤, 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 $\delta^{13}\text{C}$ 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)
专论与综述	
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)
学术信息与动态	
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)

干旱河谷-山地森林交错带土壤水分与养分特征

刘 彬¹, 罗承德^{1,*}, 张 健¹, 杨万勤¹, 白景文², 刘 牧¹, 鞠佳伶¹

(1. 四川农业大学林学院, 四川 雅安 625014; 2. 中国科学院成都生物所, 四川 成都 610041)

摘要: 干旱河谷-山地森林交错带(EDM)在延伸亚高山森林生态功能,抑制干旱河谷上延等发挥着重要且不可替代的作用。研究了交错带邻近生态系统干旱河谷(DV)、亚高山森林(SF)以及交错带内(EDM I、EDM II、EDM) 3个土层(L1、L2、L3)土壤水分及养分特征,结果表明,(1) 相比于DV,EDM具有更好的土壤水环境,并为植物生长提供更多的可吸收磷,但未表现出更好的土壤氮素环境;SF则是山地垂直带谱中土壤水环境和养分环境最好的区域。(2) 交错带内由于主要植物种类及其群落结构组成不同,土壤水、肥环境仍存显著差异。(3) 海拔梯度上,L1中土壤水分与氨态氮相关性不显著,与其它养分均极显著相关($P < 0.01$)。L3中,速效养分均与土壤水分相关性不显著;剖面层次上,EDM和EDM I不同层次的土壤养分与土壤水均未表现出显著相关性,而在EDM II和SF却表现出显著相关。

关键词: 干旱河谷-山地森林交错带;水分;有机质;氮;磷

Soil nutritional properties and moisture gradient of the ecotone between dry valley and montane forest of the Minjiang River

LIU Bin¹, LUO Chengde^{1,*}, ZHANG Jian¹, YANG Wanqin¹, BAI Jingwen², LIU Mu¹, JU Jialing¹

¹ Faculty of Forestry, Sichuan Agriculture University, Ya'an 625014, China

² Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China

Abstract: The ecotone between dry valley and subalpine forest (EDM) does not only play principle and non-substitute roles in inhabiting the expansion of dry valle (DV) and extending the ecological functions of subalpine forest (SF), but also is one of the important residential areas for Zang and Qiang minorities, and is always the primary ecological restoration region after "5.12" Wenchuan Earthquake. The soil moisture and nutrient is one of the main limiting factors on plants growth in arid and semiarid areas, and is also the key issues in ecological restoration on earthquake-damaged ecosystem at EDM. Many previous studies have been documented the soil physical properties, plant photosynthesis characteristics, water use efficiency and nutrient use efficiency of native plants in this ecotone system. However, most of these researches have a comprehensive knowledge on EDM as an extending areas of dry valley according to the results from controlled experiments such as water controlling and nutrient supplying, little attention have been paid to soil nutrient properties along soil moisture gradient caused by natural physiognomy and climate (altitude, precipitation, species) as well as present vegetation. Therefore, the spatial heterogeneity of five plots (i. e. DV, SF, EDM I, EDM II, EDM) and three layers (i. e. L1, L2, L3) of soil were selected in the present study. Soil moisture (volumetric water content), was monitored using 6050X3K1 time-domain reflectometry (TDR) in a representative date. At the same time, soil nutrient characteristics, including soil organic matter (SOM), nitrate nitrogen (NN), ammonium nitrogen (AN), total nitrogen (TN), available phosphorus (AP), total phosphorus (TP), were also investigated respectively. The results indicate that, soil water content in the same layer have significant gradient spatial heterogeneity at different plots and increase with the increase of altitudes, showed the order as: DV < EDM < EDM I < EDM II < SF, but soil water content in different layers are non-significant in the same plot

基金项目: 国家“十一五”重大科技支撑计划课题(2006BAC01A11); 四川农业大学创新团队计划(00370501)

收稿日期: 2010-09-14; **修订日期:** 2010-11-27

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lcdya@163.com

except SF. And what's more, outside of EDM, total carbon was highest in the subalpine forest (16.59 mg/kg, 18.28 mg/kg, 10.06 mg/kg), at an intermediate level in the EDM (7.32 mg/kg, 3.30 mg/kg, 2.56 mg/kg), and it was lowest in the dry valley (4.24 mg/kg, 4.18 mg/kg, 4.92 mg/kg). Meanwhile, EDM, Comparing to DV, can supply more suitable soil phosphorus environment, but did not represent nitrogen accumulation. Furthermore, inside of EDM, the moisture and nutrition of soil showed significant difference due to the difference of plant species and communities structure. For soil profile of each pedon, soil water in L1, within the altitudinal gradient, observed significant correlation with nutrition except nitrate nitrogen ($P < 0.01$). The available nutrition all showed no significant correlation in L3. By contrast, the correlation between soil water and nutrition of different layer in the same site (i. e. EDM, EDM I) was not significant. Comprehensively understanding, soil is pivotal in determining the construction and the development of plants communities and is always a difficult scientific issue in restoration of fragile dry valley ecosystems due to their extreme climates. The research suggested that EDM has better soil water and some nutrient environment (e. g. phosphorus) than dry valley and has more frequent fluctuating and exchange of nutrients, which could play an ecological carrier function in inhabiting the expansion of dry valley. Though instantaneous measurements of soil nutrient along soil water gradient are essential, researches about the transformation and exchanging as well as redistributing of nutrient and water are also needed.

Key Words: ecotone between dry valley and subalpine forest; soil moisture; nutrient properties

水是干旱半干旱地区植物生长最重要的限制因子之一,土壤水环境更显著地影响土壤营养物质矿化、积累和吸收转运、微生物活动等^[1-2]。同时,Loreau 等^[2]认为,土壤养分可能掩盖了物种多样性与生态系统功能之间的关系成为物种多样性与群落生产力关系的幕后操纵者。以土壤水为介质的有机质、氮、磷等土壤养分流动转运、矿化积累是调控自然生态系统平衡的主导因素,影响植物群落物种组成和群落动态,并诱使植物个体和物种间对土壤有限资源的竞争^[2-4]。

干旱河谷-山地森林交错带(ecotone between dry valley and montane forest, EDM)是下缘环境极度恶化的干旱河谷与上缘亚高山森林形成的脆弱景观生态系统^[5]。作为典型的生态过渡区和环境变化的缓冲带,EDM 不仅能延伸亚高山森林生态系统在水源涵养、水土保持和小气候调节等重要的生态功能,而且有助于抑制干旱区上延^[5]。目前,EDM 受下延干旱河谷“缺氮少磷”、焚风效应等土壤和气候条件、以及交错带内人类活动的影响和干扰,生态功能日益退化。迄今为止,涉及干旱河谷-山地森林交错带的研究多偏重于以土壤物理性质、物种多样性及其生理生态、群落结构及其系统功能等为切入点和研究点进行人工控制土壤水分、施加外源养分,研究植物水(养)分的利用效率及相互影响程度^[6-8],还缺乏此自然生境综合因素影响下所形成的土壤水分及养分等基础性研究成果,这不利于阐述 EDM 土壤水分与养分环境形成机理与机制、土壤环境资源分配过程与规律,指导正在实施的干旱河谷植被恢复与植被调控。因此,有必要探讨 EDM 土壤水分及其有机质、氮、磷养分特征,以期为 EDM 物质循环、能量流动等深入研究奠定基础,为改善干旱河谷“缺氮少磷”的土壤现状、维系 EDM 系统结构和功能提供重要科学依据。

1 材料与方法

1.1 区域概况

EDM 位于岷江干旱河谷和亚高山森林生态系统交互作用形成的特殊生态应力区,处青藏高原东部高山峡谷区,龙门山断裂带中段,以汶川、理县、茂县、黑水、松潘县为核心。EDM 多属于山地季风气候,年降水量为 400—900 mm,年蒸发量 1100—1600 mm,年均温 5.9—11℃^[8-9]。受季风气候影响,EDM 干湿季差异显著,旱季水分亏缺期(11 月—翌年 3 月)日照强烈、空气干燥、水分赤字高(降雨量/蒸发量为 1/7.5);湿季水分补偿期(4—10 月)多云雾,气候暖湿;受海拔梯度和气候分异影响,区域内褐土、黄棕壤、棕壤共存,并以中生性耐旱植物形成的灌、草丛以及亚高山森林衍生过程中形成的次生林或人工次生林为主要植物群落^[9]。

1.2 样地设置

样地设于理县佳山 (N 31°32', E103°27'), 海拔 1350—4200 m, 坡向和坡度均一, 具有干旱河谷灌丛-山地阔叶林-山地针叶林-亚高山暗针叶林-高山草甸植被垂直分布带谱, 及山地燥褐土-山地褐土-黄棕壤-暗棕壤土壤分布带谱。基于实地勘察, 采用梯度格局兼顾植被垂直分布差异法则, 设置干旱河谷 (DV)、EDM、亚高山森林 (SF) 3 个面积分别为 20m × 30m 的样地, 同时, 设置面积分别为 20m × 30m 的 EDM I、EDM II 样地以比较交错带内不同群落下土壤水分和养分特征。每个样地按照“S”型设置 5 个重复; 按土壤剖面发生特征以及前期对该区主要建群种根系分布特征研究成果, 采集表层土 (0—10cm, L1)、过渡层 (10—20cm, L2)、根际层 (20—30cm, L3) 土样; 四分法取一份存于装有冰袋的泡沫箱中, 4℃ 冰箱保存, 一份装入自封袋, 风干。样地基本特征见表 1。

表 1 样地基本特征

Table 1 The basic characteristics of the plot

样地 Plot	海拔/m Altitude	坡度/坡向/(°) Slope/Aspect	土壤类型 Soil type	土壤深度/cm Soil depth	群落特征 Community characteristics
DV	1800	35/NE32	燥褐土	60—80	白刺花-杭子梢干旱河谷稀疏灌丛
EDM I	2000	35/NE45	褐土	80	青冈-多花蔷薇灌丛
EDM	2200	35/NE45	褐土	80—100	青冈天然次生林, 树龄 20a, 地被苔藓
EDM II	2386	30/NE25	棕壤	90	高山柳灌丛, 地被禾草、蒲公英等
SF	2610	30/NE35	暗棕壤	60—90	云杉-高山杜鹃群落, 树龄 20a, 地被莎草等

1.3 分析与测定

土壤体积含水量 (VWC) 采用 TDR 法于野外分层次测定 (与样品采集同步, 同日单次); 4℃ 保存的土样采用酚二磺酸比色法测定硝态氮 (NN), 氯化钾浸提-靛酚蓝比色法测定氨态氮 (AN); 风干土过 2 mm 筛, 采用 HCl-H₂SO₄ 双酸浸提法测定速效磷 (AP); 风干土过 0.25mm 筛, 采用重铬酸钾氧化-外加热法测定土壤有机质, 凯氏定氮法测定全氮 (TN), 钼锑抗比色法测定全磷 (TP)^[10]。

1.3 统计分析

采用单因素方差分析 (one way-ANOVA) 和 Duncan 多重比较检验样地、土层间测量值差异性, Pearson 双侧检验确定土壤水分含量与有机质、速效磷、氨态氮、全氮、全磷的相关性。

2 结果与分析

2.1 土壤水分含量及其梯度特征

不同样地的同一土层土壤含水量差异显著, 随着海拔高度的升高, 土壤含水量总体呈升高趋势, 仅在 EDM I (2000 m) 出现波动。SF 水分条件最好 (17.83%, 25.43%, 31.57%, L1 < L2 < L3), EDM II 次之 (13.53%, 15.67%, 14.7%, L1 < L3 < L2), EDM、EDM I 再次, DV 水分条件最差。EDM I 土壤水分条件 (6.16%, 7.26%, 5.8%, L3 < L2 < L1) 好于 EDM (4.3%, 4.9%, 3.86%, L3 < L2 < L1), 图 1。

2.2 有机质含量特征

由图 2a 可见, 在邻近生态系统中 (DV、EDM、SF) 中, L1 土层的有机质含量随海拔增加而升高, 差异显著 ($n=4$, $P<0.05$)。L2 和 L3 有机质含量在不同样地间差异显著; L2 有机质含量先降低后升高, 而在 L3 土层随土壤水含量显著降低, 这可能是因为亚高山森林 L3

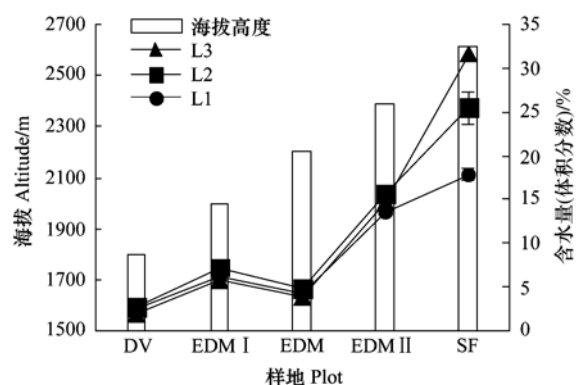


图 1 不同样地土壤水分垂直分布特征

Fig. 1 Characteristics of soil water in different site (volumetric water content, %)

土层石砾含量极高、土壤水多为由成土岩层渗出的地下水,参与厌氧微生物活动及植物残体分解较少等。在交错带内,不同样地的同一土层差异显著,以 EDM II 最高。同一土体中,有机质随土层深度的增加而减少,图 2b。

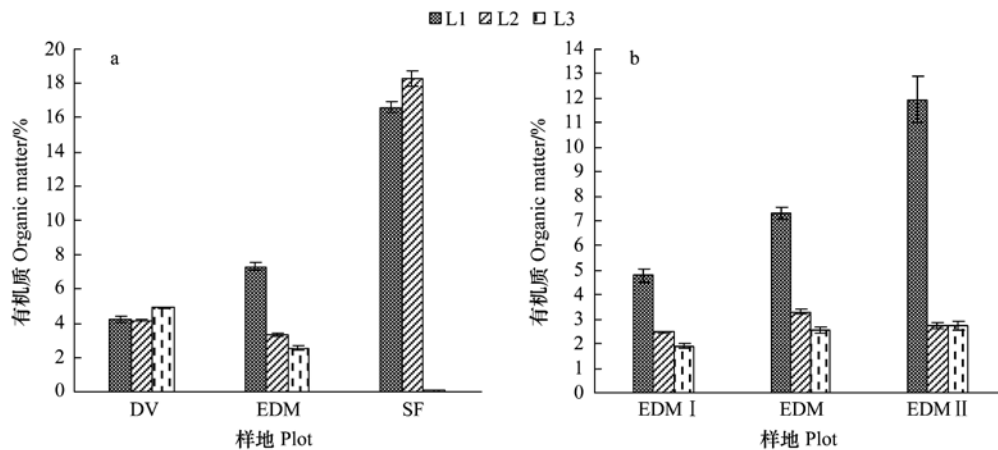


图 2 不同样地土壤有机质垂直分布特征

Fig. 2 Characteristics of soil organic matter in different sites

2.3 氮含量特征

在邻近生态系统中,DV 和 EDM 的 L1 土层 NN 差异并不显著,EDM 的 L2、L3 土层 NN 含量则显著低于 DV 和 SF,图 3(a);EDM 各个土层的 AN 含量均显著低于 DV 和 SF,仅其表层土的 TN 含量略高于 DV;可见,相比较于干旱河谷,EDM 并未表现出更好的土壤氮素环境。在交错带内,NN 仅在表层土表现出显著差异,以 EDM II 最高 (12.18 ± 0.57) mg/kg;AN 则有 L1、L3 表现出显著差异,仍以 EDM II 最高 ((6.87 ± 0.50) mg/kg);TN 在 L1 仍表现出显著差异,但在 EDM I 和 EDM II 却未表现出显著差异,这表明,尽管交错带内 3 个样地间非生物因子极其相似,但由于植物种类不同(表 1),氮素不同形态在各土层中(尤其是表层土)的含量会有显著差异,图 3b, d, f。

从土壤剖面层次看,NN 在 DV 中以 L3 含量最高 (14.65 ± 1.44) mg/kg,在其他样地中均表现为 L1 > L2 > L3。AN 在 EDM 不同土层差异不显著,并未随着土壤深度的增加而表现出规律性变化。TN 在交错带外(DV、SF),表现为过渡层含量最高,而在交错带内,EDM I 的过渡层含量较高,EDM II 的 L1 含量显著高于 L2、L3,EDM 则表现为 L1 > L2 > L3。

2.4 磷含量特征

方差分析表明,各样地的表层土间的速效磷差异均显著,而在 L2 层,EDM I 与 EDM II、EDM 差异不显著,处于 EDM 核心区域 EDM 与上边缘 EDM II 差异显著,而 DV 和 SF 均与 EDM 存在显著差异;L3 除 DV 和 EDM II 出现极低值差异不显著外,其各样地间均差异显著;由图 4a,b 可见,速效磷含量在所选样地中,峰值均出现在 EDM,这表明,EDM 可为植物生长提供更好的土壤磷环境。

在邻近的 3 个生态系统中,同一土层的全磷含量并未随海拔高度和水分梯度变化呈现出显著差异,仅 SF 与其他各样地差异显著,EDM 与 DV 差异不显著;SF 3 个土层全磷含量均最高,因此具有更高的磷素供应潜力。但值得注意的是,尽管 EDM 与 DV 同一土层土壤全磷含量差异不显著,但在交错带内 3 个样地中,EDM I 表层土全磷含量显著高于交错带内其他样地。

2.4 土壤水分与碳、氮、磷的相互关系

L1 中土壤水分与氨态氮相关性不显著,与其它养分均极显著相关 ($P < 0.01$)。L3 中,速效养分均与土壤水分相关性不显著。在同一样的剖面层次上,EDM 和 EDM I 不同层次的土壤养分与土壤水均未表现出显著相关性,而在 EDM II 和 SF 却表现出显著相关(表 2)。

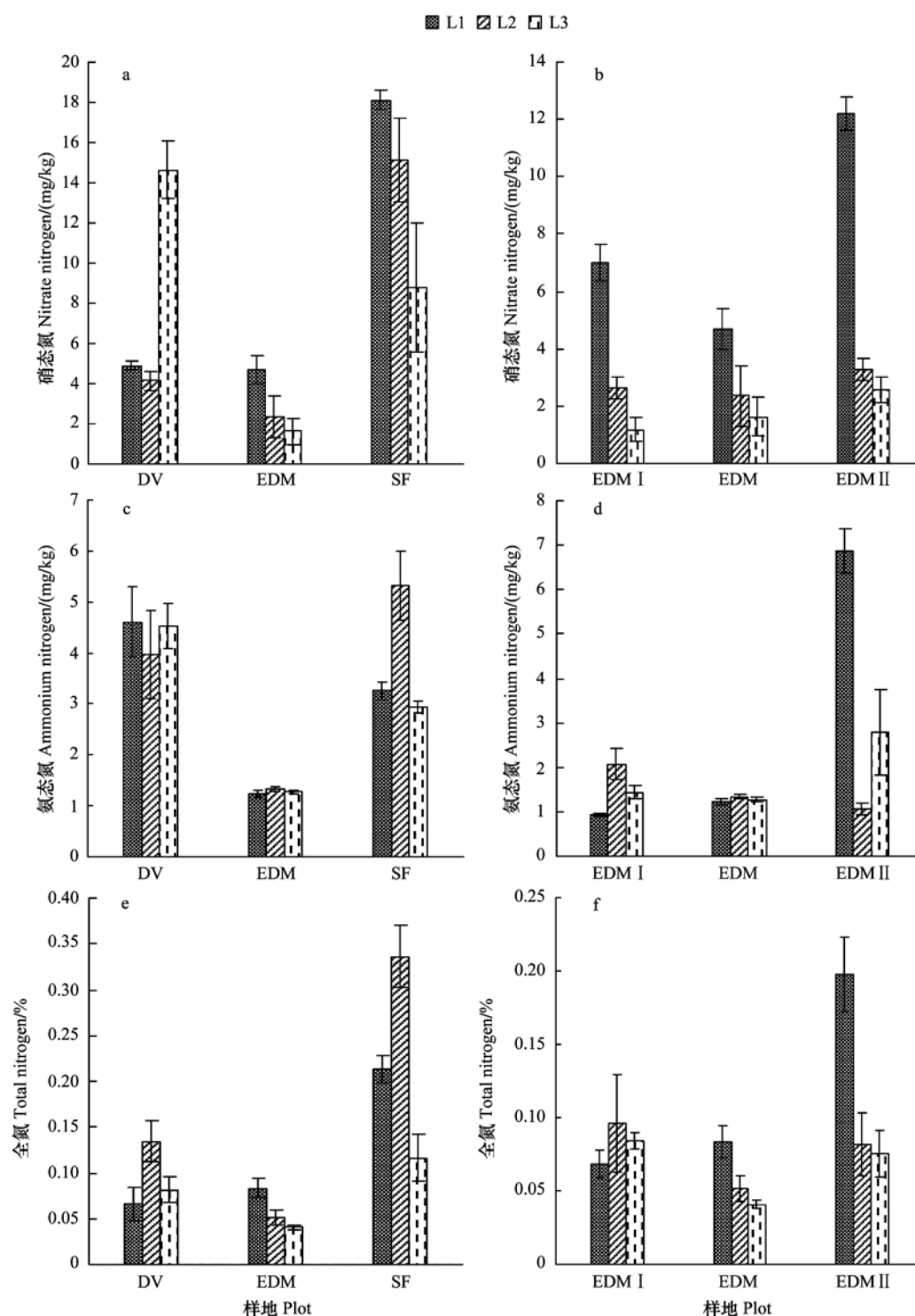


图3 不同样地土壤氮素垂直分布特征

Fig. 3 Characteristics of different nitrogen modality in different sites

3 讨论

3.1 土壤水分梯度的异质性

土壤水分受海拔高度、气候条件、土壤发育状况等环境因子以及定居植物种类、群落结构等生物因素影响而呈现一定的梯度变化。严代碧等^[6]研究理县阴坡干旱河谷及上延部分区域表明,土壤体积含水量随着海

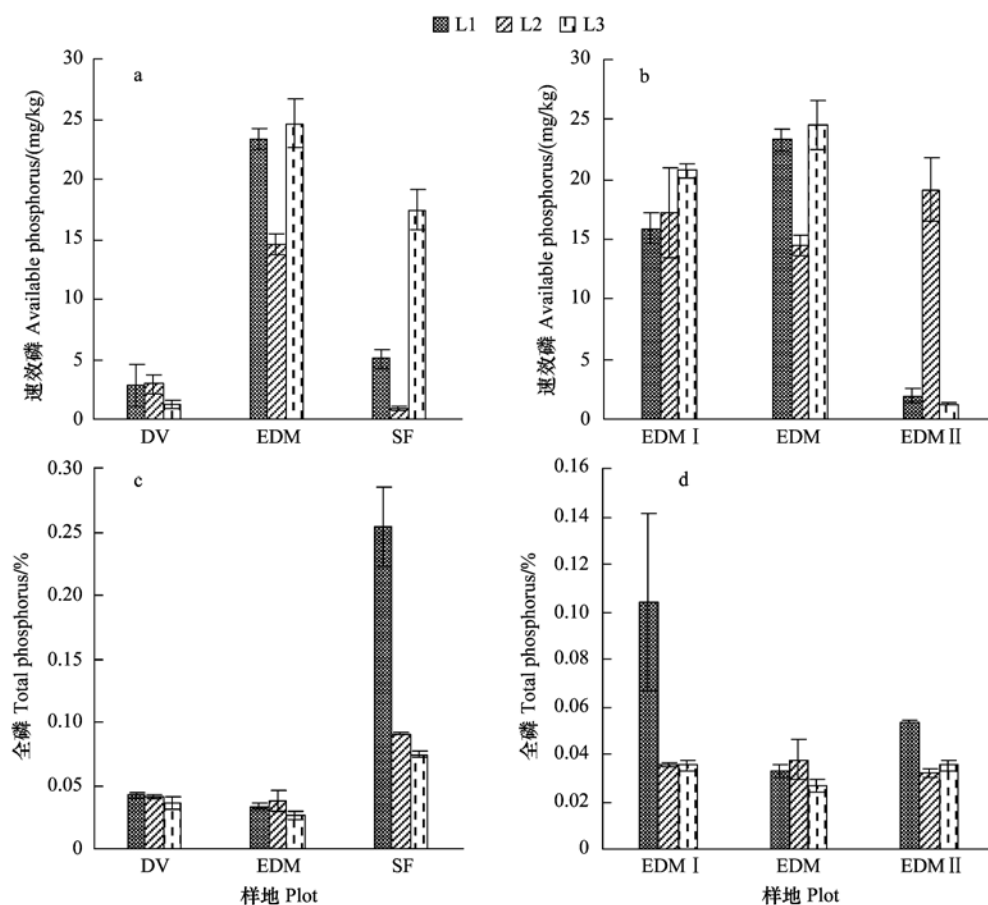


图 4 不同样地土壤速效磷、全磷垂直分布特征

Fig. 4 Characteristics of different phosphorus modality in different sites

表 2 不同样地土壤水分与碳、氮、磷的相关性

Table 2 The pearson correlation between soil valume water and carbon, nitrogen, phosphorus

土层/样地 Layer/Plot	有机质 Organic matter	氮 Nitrogen			磷 Phosphorus	
		硝态氮 NN	氨态氮 AN	全氮 TN	全磷 AP	全磷 TP
L1	0.954 **	0.950 **	0.368	0.948 **	-0.809 **	0.884 **
L2	0.813 **	0.814 **	0.399	0.731 **	-0.176	0.772 **
L3	-0.799 **	0.084	0.080	0.575 **	0.067	0.901 **
DV	-0.773 **	-0.957 **	-0.251	0.494	0.049	0.408
EDM I	-0.100	-0.044	0.477	-0.036	-0.318	-0.041
EDM	0.057	0.151	0.459	0.252	-0.909	0.445
EDM II	-0.884 **	-0.854 **	-0.886 **	-0.814 **	0.779 **	-0.882 **
SF	-0.784 **	-0.838 **	-0.058	-0.369	0.669 **	-0.704 **

* 表示在 95% 置信水平显著相关, ** 表示在 99% 置信水平极显著相关

拔梯度的上升而增加,与本研究结果一致(图 1)。包维楷等^[7]研究认为坡向和坡度是调节降雨量随着海拔高度的变化在坡面上空间尺度降水再分配过程的主要影响因素,阴坡土壤水分损失更小,中坡因离水源远及多发性自然灾害而水分条件较次。由表 1 可见,SF 和 EDM II 可能因坡度更小、离山顶积雪带更近、地下水丰富而水分条件更好。再者,Bakker 和 Bavel^[11]提出土壤-植物界面的水分再分配可能是造成土壤水分空间差异形成梯度的另一重要原因。SF 在有利的环境因子下形成郁闭度较高、动植物残体及凋落物层较厚的林分结构和土壤垂直结构,可有效减少水分蒸发。EDM II 是亚高山向交错带过渡地段,形成深厚的棕壤及物种多

样的高山柳灌丛植被,水分条件相对高于 EDM 其他几个样地。尽管 EDM 处于交错带核心区域,离亚高山森林更近,但其水分条件劣于 EDM I,可能与 EDM I 所处位置是干旱河谷上延降雨量最大的地段有关^[6]。尽管 EDM、EDM I 坡向坡度、土壤发育程度和结构均一致,但定居植物及其群落结构差异显著(表 1)。EDM 主要以 20a 高山栎为建群种形成次生林,而 EDM I 为高山栎-多花蔷薇形成大面积灌丛。用 Hirobe 等^[12]研究中所指的灌丛“沃岛效应”解释更为贴切,但 EDM I 灌丛“沃岛效应”与邻近生态系统 DV 间的土壤水分交换有待深入研究。

经典土壤物理学认为同一时刻土壤特性在不同空间位置上具有明显差异,土壤水分的空间异质性除表现在海拔梯度空间尺度,同一地点不同土层间也存在差异性^[13]。研究发现,除 SF 外,其各样地土层间差异并不显著。除重力作用导致土壤水下渗可能产生差异外,Burgess 等^[14-15]认为导致土层间水分差异主要作用的水分再分过程依赖于水势差,只有当湿土和干土层之间存在一定的水势差,水分再分配现象才能发生。本研究从表层土到根系主要分布的 30 cm 土层可能不足以导致产生水势差值,故与前人研究结果存在不一致之处。尽管如此,着重研究同一层次间水分梯度上的土壤养特征可排除同样地不同土层间土壤水的差异。而要深入研究 EDM 土壤养分对水分再分配的生态水文过程则需扩大土壤采样层次深度。

3.2 土壤水分与土壤养分的相互关系

Maestre 等^[16]指出在以全球气候变暖为主要特征的全球气候变化大背景下,水分限制可能在很多干旱与半干旱系统中变得更为严重。以水分是第一性,继而引发水分利用效率以及有机质、氮、磷等养分利用效率等资源分配与竞争^[17],并以定居植物生长状况为表征的水分及养分对水分的响应和协同作用可能是解释 EDM 在生长环境恶劣地区维持较强的生态系统结构、功能的重要科学依据。Amodor 等^[17]认为,土壤水和碳、氮等养分之间的有机耦合是通过水分状况调节土壤微生物过程及其与养分间的生态交互作用而实现。研究发现,在不同水分梯度下土壤有机质含量升高或降低,均存在显著相关性(表 2)。而 Minkinen 和 Laine^[18]认为土壤水增加所致的土壤还原环境可抑制微生物活性,从而减缓有机质氧化分解成 CO₂ 的释放态势。本研究 L1 和 L2 土层实测结果分析也证实此观点,但在 L3 土层,有机质随土壤含水量升高显著降低,与前人研究存在不一致。有机质在土壤中的染色作用到根分布的界限就停止,根对有机质积累更具有重要作用^[18]。谭波等^[19]研究发现,EDM 典型群落中,活性根的聚表分布较显著。尽管 EDM L3 土层水分含量较高,但土壤提供的水环境并未体现有机质积累正效应,这可能与在同样地不同土层土壤水分差异不显著的情况下,定居植物根系对土层结构发育更成熟的 0—20cm 土层的倾向性选择有关。相比较,EDM 土壤养分供应强度(氨氮、硝态氮、速效磷)及供应容量(全氮、全磷)在不同海拔梯度和水分梯度上未表现出同有机质含量相同的分布特征。Ohrui 等^[20]认为不同空间位置的土壤氮矿化格局可能因不同的有机氮库和水热条件而不同。L1 和 L2 土层硝态氮随着土壤含水量的增加含量升高,在干旱河谷的含量显著高于交错带,而交错带内各样地间差异不显著。Stanford 和 Epstein^[21]认为随着土壤水含量上升,氮矿化速率和总量持续升高和增加,随着土壤水含量的减少则反之,然而当土壤水含量高于最适值时有效氮的积累可能会因为反硝化作用和脱氮作用而减少。这说明,0—20cm 土层含水量并未达到限制硝态氮积累速率水平,而 20—30cm 土层中可能由于微生物活动减少,尽管土壤水环境改变,但不导致硝态氮积累速率的改变,因此 EDM 该土层硝态氮几乎不受邻近生态系统 DV、SF 及土壤湿度的影响。Powers^[22]认为硝态氮易受淋溶作用,氨态氮易被带负电荷的土壤粘粒和胶体所吸附。本研究中,不同水分梯度的 L1 土层,EDM 氨态氮含量受邻近生态系统影响较大,L2、L3 土层相对较弱,这可能与土壤水在一定范围内增加可增强活性铁铝及其交换离子的移动有密切关系,而不同样地间各土层土壤交换离子等迁移和转换等还需后续深入研究。同时,研究发现,EDM 及其邻近生态系统同一土层的氮存储(总氮含量)随着土壤水含量增加呈上升趋势。这与 Powers^[22]认为土壤水分可强烈控制着氮的释放,土壤湿度越大,对有效氮的转换限制作用越强等研究结果一致。此外,Binkley 和 Hart^[23]认为土壤水增加可能导致土壤有机质等酸性物质富集、铁铝离子增加,利于磷的吸附和积累。本研究发现,土壤速效磷含量并未表现出随水环境变化而显著变化的特征,仅 L1 层速效磷含量与土壤水分显著呈显著负相关(表 2)。处于水分

梯度中间值的 EDM 出现较高的速效磷含量,这表明 EDM 土壤环境给定居植物提供了更好的磷资源,增强了定居植物对恶劣环境胁迫的抵抗能力。

3.3 EDM 的生态屏障功能及其植被调控

一直以来,干旱河谷的生态恢复与治理是长江上游乃至西南地区生态安全的重要议题。以高新材料、生物与工程技术、耐旱物种的引进与推广等为主要恢复和治理手段,但并未达到预期的理想效果。刘彬等^[5]指出,交错带(EDM)具有抑制干旱河谷上延以及延伸亚高山森林生态系统的功能等重要且不可替代的作用。2000 年以来,交错带内广泛实施了退耕还林工程,在原有植被的基础上增加了大面积的退耕林地。这与本项实验所表明的干旱河谷-山地森林交错带相比干旱河谷具有更好的土壤水环境,并为植物生长提供更多可供吸收的磷相吻合。因此,交错带的生态功能保护和发挥成为抑制干旱河谷上延伸的重要生态屏障。但值得注意的是,目前该区正在实施退耕林的人工调控与管理,是解决盲目利用交错带土地资源进行造林后的生态遗留问题。实验表明,交错带内部样地间(EDM I, EDM, EDM II)由于主要植物种类及其群落结构组成不同(表 1),土壤水、肥环境仍存差异。可见,如何进行调控与管理,调控模式与物种的集成、优化将是维系 EDM 生态屏障功能的重要工作,也是该区未来研究的重要内容。

References:

- [1] Rubio A, Escudero A. Small-scale spatial soil-plant relationship in semi-arid gypsum environments. *Plant and Soil*, 2000, 220 (1/2): 13-150.
- [2] Loreau M, Naeem S, Inchausti P, Bengtsson J, Grime J P, Hector A, Hooper D U, Huston M A, Raffaelli D, Schmid B, Tilman D, Wadde D A. Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. *Science*, 2001, 294(5543): 804-808.
- [3] Dai W, Zhang R, Du Z B, Wang F. Soil fertility and species identity control community productivity in an experimental plant community in an area of subalpine mesadow. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2009, 33(1): 45-52.
- [4] Bedford B L, Walbridge M R, Aldous A. Patterns in nutrient availability and plant diversity of temperate North American wetlands. *Ecology*, 1999, 80: 2151-2169.
- [5] Liu B, Wu F Z, Zhang J, Yang W Q. Key issues in restoration on earthquake-damaged ecosystem at the ecotone between dry valley and montane forest of the Minjiang River. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(12): 5892-5898.
- [6] Yan D B, Yue Y J, Zheng S W, Wu Y B, Pan P, He F, Liu X L, Su Y M, Mu C L. Soil water content and its dynamics in arid river valley region in upper reaches of Mingjiang river. *Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition*, 2006, 30(4): 64-68.
- [7] He Q H, He Y H, Bao W K. Research on dynamics of soil moisture in arid and semiarid mountainous areas. *Journal of Mountain Science*, 2003, 21(2): 149-156.
- [8] Zhang R Z. Scientific investigation series of Hengduan Mountainous Areas in Tibetan Plateau: arid valley in Hengduan Mountainous Areas. Beijing: Science Press, 1992: 96-108.
- [9] Committee of Chorography of Mao-wen Qiang Nationality Autonomous County, Aba Zang and Qiang Nationality Autonomous District, Sichuan Province. Chorography of Mao-wen Qiang Nationality Autonomous County. Chengdu: Sichuan Dictionary Press, 1997: 74-101.
- [10] Liu G S. Soil Physical and Chemical Analysis and Description of Soil Profiles. Beijing: Standards Press of China, 1996: 31-40.
- [11] Baker J M, van Bavel C H M. Water transfer through cotton plants connecting soil regions of differing water potential. *Agronomy Journal*, 1998, 80: 993-997.
- [12] Hirobe M, Ohte N, Karasawa N, Zhang G S, Wang L H, Yosikawa K. Plant species effect on the spatial patterns of soil properties in the Mu-us desert ecosystem, inner mongolia, China. *Plant and Soil*, 2001, 234(2): 195-205.
- [13] Hua M, Wang J. Soil Physics. Beijing: Beijing Agriculture Press, 1992: 28-30.
- [14] Burgess S S O, Adams M A, Turner N C, White D A, Ong C K. Tree roots: conduits for deep recharge of water. *Oecologia*, 2001, 126(2): 158-165.
- [15] Burgess S S O, Pate J S, Adams M A, Dawson T E. Seasonal water acquisition and redistribution in the Australian woody phreatophyte, *Banksia prionotes*. *Annual of Botany*, 2000, 85(2): 215-224.
- [16] Maestre F T, Vallasares F, Reynolds J F. Is the change of plant-plant interactions with abiotic stress predictable? A meta-analysis of field results in arid environments. *Journal of Ecology*, 2005, 93(4): 748-757.
- [17] Amador J A, Gries H, Savin M C. Role of soil water content in the carbon and nitrogen dynamics of *Lumbricus terrestris* L. burrow soil. *Applied Soil Ecology*, 2005, 28(1): 15-22.

- [18] Minkinen K, Laine J. Long-term effect of forest drainage on the peat carbon stores of pine mires in Finland. *Canadian Journal of Forest Research*, 1998, 28(9): 1267-1275.
- [19] Tan B, Zhang J, Yang W Q, Wang M, Xue Q, Dong S G. The biomass and carbon stock of fine roots in the representative plantation in the ecotone between dry valleys and mountain forest in the Mingjiang river Basin. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 2008, 29(2): 18-22.
- [20] Ohrui K, Mitchell M J, Bischoff J M. Effect of landscape position on N mineralization and nitrification in a forester watershed in the Adirondack Mountains of New York. *Canadian Journal of Forest Research*, 1999, 29(4): 497-508.
- [21] Stanford G, Epstein E. Nitrogen mineralization-water relations in soils. *Soil Science Society of America Journal*, 1974, 38: 103-107.
- [22] Powers R F. Nitrogen mineralization along altitudinal gradient: Interactions of soil temperature, moisture, and substrate quality. *Forest Ecology and Management*, 1990, 30(1/4): 19-29.
- [23] Binkly D, Hart S C. The components of nitrogen availability assessments in forest soils. *Advances in Soil Science*, 1989, 10: 57-103.

参考文献:

- [3] 代巍,张荣,独占彪,王璠. 土壤肥力和物种属性决定亚高寒草甸实验群落的生产力. *植物生态学报*, 2009, 33(1): 45-52.
- [5] 刘彬, 吴福忠, 张健, 杨万勤. 岷江干旱河谷-山地森林交错带震后生态恢复的关键科学技术问题. *生态学报*, 2008, 28(12): 5892-5898.
- [6] 严代碧, 岳永杰, 郑绍伟, 吴永波, 潘攀, 何飞, 刘兴良, 宿以明, 幕长龙. 岷江上游干旱河谷区土壤水分含量及其动态. *南京林业大学学报 (自然科学版)*, 2006, 30(4): 64-68.
- [7] 何其华, 何永华, 包维楷. 干旱半干旱区山地土壤水分动态变化. *山地学报*, 2003, 21(2): 149-156.
- [8] 张荣祖. 青藏高原横断山区科学考察丛书——横断山区干旱河谷. 北京: 科学出版社, 1992: 96-108.
- [9] 茂汶羌族自治县地方志编纂委员会. 茂汶羌族自治县志. 成都: 四川辞书出版社, 1997: 74-101.
- [10] 刘光崧. 土壤理化分析与剖面描述. 北京: 中国标准出版社, 1996: 31-40.
- [13] 华孟, 王坚. 土壤物理学. 北京: 北京农业出版社, 1992: 28-30.
- [19] 谭波, 张健, 杨万勤, 汪明, 薛樵, 董生刚. 岷江干旱河谷-山地森林交错区典型人工林细根生物量及其碳储量特征. *四川林业科技*, 2008, 29(2): 18-22.

CONTENTS

Spatial pattern analysis of a <i>Rhododendron-Abies</i> 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 Wande, 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 <i>Populus tomentosa</i> 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 <i>Taxus chinensis</i> var. <i>mairei</i>	YU Jinghua, LI Dewen, PANG Haihe, et al (75)
Effect of simulated nitrogen deposition on the soil respiration of <i>Lithocarpus glabra</i> and <i>Castanopsis sclerophylla</i>	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 <i>Aquilaria malaccensis</i> and <i>Aquilaria sinensis</i> seedlings in response to different fertilizing methods	WANG Ran, LI Jiyue, ZHANG Fangqiu, et al (98)
Accumulation and tolerance of <i>Salix variegata</i> and <i>Pterocarya stenoptera</i> 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 (<i>Panthera tigris altaica</i>) 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 <i>Sitobion avenae</i> , <i>Sitobion graminum</i> and <i>Rhopalosiphum padi</i> (Homoptera: Aphididae) using electrical penetration graph (EPG)	MIAO Jin, WU Yuqing, YU Zhenxing, et al (175)
Toxic effects of <i>ent</i> -kaurane diterpenoids on soil ciliate communities	NING Yingzhi, DU Haifeng, WANG Hongjun (183)
Geostatistical analysis and sampling technique on spatial distribution pattern of <i>Dendroctonus valens</i> 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 emergy 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	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@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 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 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		

