

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

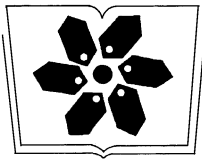
Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 22 期 Vol.32 No.22 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 22 期

2012 年 11 月 (半月刊)

目 次

CO ₂ 浓度和温度升高对噬藻体 PP 增殖的联合作用	牛晓莹,程 凯,荣茜茜,等 (6917)
1956—2009 年内蒙古苏尼特左旗荒漠草原的降水格局	陈 军,王玉辉 (6925)
两个污水处理系统的能值与经济综合分析	李 敏,张小洪,李远伟,等 (6936)
退化草地阿尔泰针茅种群个体空间格局及关联性	赵成章,任 珩 (6946)
地表覆盖栽培对雷竹林凋落物养分及其化学计量特征的影响	刘亚迪,范少辉,蔡春菊,等 (6955)
福州酸雨区次生林中台湾相思与银合欢叶片的 12 种元素含量	郝兴华,洪 伟,吴承祯,等 (6964)
“雨花露”水蜜桃主要害虫与其捕食性天敌的关系	柯 磊,施晓丽,邹运鼎,等 (6972)
大兴安岭林区 10 小时滞可燃物湿度的模拟	胡天宇,周广胜,贾丙瑞 (6984)
陕北风沙区不同植被覆盖下的土壤养分特征	李文斌,李新平 (6991)
南方型杨树人工林土壤呼吸及其组分分析	唐罗忠,葛晓敏,吴 麟,等 (7000)
黑河下游土壤水盐对生态输水的响应及其与植被生长的关系	鱼腾飞,冯 起,刘 蔚,等 (7009)
树木胸径大小对树干液流变化格局的偏度和时滞效应	梅婷婷,赵 平,倪广艳,等 (7018)
外来植物紫茎泽兰入侵对土壤理化性质及丛枝菌根真菌(AMF)群落的影响	于文清,刘万学,桂富荣,等 (7027)
基于 Landsat TM 的热带精细地物信息提取的模型与方法——以海南岛为例	王树东,张立福,陈小平,等 (7036)
雪被去除对川西高山冷杉林冬季土壤水解酶活性的影响	杨玉莲,吴福忠,杨万勤,等 (7045)
不同土壤水分处理对水稻光合特性及产量的影响	王唯逍,刘小军,田永超,等 (7053)
木蹄层孔菌不同居群间生长特性、木质素降解酶与 SRAP 标记遗传多样性	曹 宇,徐 晔,王秋玉 (7061)
加拿大一枝黄花入侵对土壤动物群落结构的影响	陈 雯,李 涛,郑荣泉,等 (7072)
间作对玉米品质、产量及土壤微生物数量和酶活性的影响	张向前,黄国勤,卞新民,等 (7082)
接种 AM 真菌对玉米和油菜种间竞争及土壤无机磷组分的影响	张宇亭,朱 敏,钱岩相注,等 (7091)
大亚湾冬季不同粒级浮游生物的氮稳定同位素特征及其与生物量的关系	柯志新,黄良民,徐 军,等 (7102)
太湖水华期间有毒和无毒微囊藻种群丰度的动态变化	李大命,叶琳琳,于 洋,等 (7109)
锌胁迫对小球藻抗氧化酶和类金属硫蛋白的影响	杨 洪,黄志勇 (7117)
基于国家生态足迹账户计算方法的福建省生态足迹研究	邱寿丰,朱 远 (7124)
能源活动 CO ₂ 排放不同核算方法比较和减排策略选择	杨喜爱,崔胜辉,林剑艺,等 (7135)
基于生境等价分析法的胶州湾围填海造地生态损害评估	李京梅,刘铁鹰 (7146)
县级生态资产价值评估——以河北丰宁县为例	王红岩,高志海,李增元,等 (7156)
专论与综述	
丛枝菌根提高宿主植物抗旱性分子机制研究进展	李 涛,杜 娟,郝志鹏,等 (7169)
城市土壤碳循环与碳固持研究综述	罗上华,毛齐正,马克明,等 (7177)
基于遥感的光合有效辐射吸收比率(FPAR)估算方法综述	董泰锋,蒙继华,吴炳方 (7190)
光衰减及其相关环境因子对沉水植物生长影响研究进展	吴明丽,李叙勇 (7202)
浮游动物化学计量学稳态性特征研究进展	苏 强 (7213)
研究简报	
2010 年两个航次獐子岛海域浮游纤毛虫丰度和生物量	于 莹,张武昌,张光涛,等 (7220)
基于熵值法的我国野生动物资源可持续发展研究	杨锡涛,周学红,张 伟 (7230)
残落物添加对农林复合系统土壤有机碳矿化和土壤微生物量的影响	王意锟,方升佐,田 野,等 (7239)
人工湿地不同季节与单元之间根际微生物多样性	陈永华,吴晓芙,张珍妮,等 (7247)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 338 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 36 * 2012-11



封面图说: 水杉农田防护林中的小麦熟了——水杉曾广泛分布于北半球,第四纪冰期以后,水杉属的其他种类全部灭绝,水杉却在中国川、鄂、湘边境地带得以幸存,成为旷世奇珍,野生的水杉是国家一级保护植物。由于水杉耐水,适应力强,生长极为迅速,其树干通直挺拔,高大秀颀,树冠呈圆锥形,姿态优美,自发现后被人们在中国南方广泛种植,不仅成为了湖边、道路两旁的绿化观赏植物,更成为了农田防护林的重要树种。此图中整齐划一的水杉防护林像忠实的哨兵一样,为苏北农村即将成熟的麦田站岗。

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

DOI: 10.5846/stxb201110111494

李文斌, 李新平. 陕北风沙区不同植被覆盖下的土壤养分特征. 生态学报, 2012, 32(22): 6991-6999.

Li W B, Li X P. Soil nutrient characteristics under different vegetations in the windy and sandy region of northern Shaanxi. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(22): 6991-6999.

陕北风沙区不同植被覆盖下的土壤养分特征

李文斌, 李新平*

(西北农林科技大学, 杨凌 712100)

摘要:选取了陕北定边县板凳滩风沙区四种典型植被覆盖下的风沙土壤,对其基本养分含量进行了测定。分析不同类型植被覆盖下的土壤养分含量特征、土壤养分含量层次特征以及土壤各层次养分含量之间的相关性,为风沙区土壤生态恢复重建及侵蚀土壤质量的恢复保育提供了科学依据。结果表明:(1)不同植被覆盖下的土壤对有机质、全氮、速效氮、速效磷的保持能力均为:小蒿草>羊草>沙蒿>苦豆子>无植被;对全磷的保持能力,各植被覆盖条件下差异不显著,但小蒿草覆盖下含量最高,羊草最低,且低于无植被;从土壤对全钾的保持能力来看,羊草覆盖下的全钾含量最高,小蒿草最低。(2)不同植被覆盖下的土壤养分含量层次变化除全磷和全钾变化微弱外,土壤有机质、全氮、速效氮、速效磷、速效钾含量均随着土层深度的增加而逐渐下降,且降低速度基本呈现出小蒿草>羊草>沙蒿>苦豆子>无植被。(3)不同植被覆盖下的土壤各层次养分含量之间的相关性以羊草最为密切,大体呈显著中度及以上正相关;沙蒿和苦豆子覆盖下的相关性稍弱,基本呈中度正相关;而小蒿草覆盖下的相关系数正负均有,相关性较为复杂。

关键词:风沙土壤;植被覆盖;养分;层次;相关性

Soil nutrient characteristics under different vegetations in the windy and sandy region of northern Shaanxi

LI Wenbin, LI Xinping*

Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China

Abstract: The study chose Aeolian sandy soils under four typical vegetations in the Bandeng Beach of Dingbian County in Northern Shaanxi as its subjects and assayed their fundamental nutrients. And by analyzing nutrient content characters in different soil layers under the different vegetations depending on its measurement results of the soil nutrients, it probed into the nutrient patterns in different soil layers underneath the different vegetations as well as the correlations among the nutrient in the different soil layers under the different vegetations so as to provide scientific basis for restoring soil ecologies of sandy lands and rehabilitating and conserving eroded soils. Its results indicated: (1) the capacities of the soils underneath the different vegetations to retain organic matter, total nitrogen, available nitrogen and available phosphorus all ranked in the order of *Kobresia pygmaea* > *Leymus chinensis* > *Artemisia destororum* Spreng > *Sophora alopecuroides* L > no vegetation coverage. The capacities of the soils under the different vegetations to retain phosphorus did not significantly differ, but the soil phosphorus content under *Kobresia pygmaea* was the highest and the soil phosphorus content under *Leymus chinensis* was the lowest, even lower than that without any vegetation coverage. In light of the capacities of the soils under the different vegetations to retain total potassium the potassium total under *Leymus chinensis* was the highest, the potassium total under *Kobresia pygmaea* was the lowest. (2) Under the different vegetations, except for the phosphorous and potassium totals in

基金项目:陕西省国土资源厅重点项目

收稿日期:2011-10-11; 修订日期:2012-02-22

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xinpinglei79@sina.com

the different soil layers, which slightly differed, the soil organic matter contents, nitrogen totals, available nitrogen and phosphorus, and potassium contents in the different soil layers gradually decreased as the soil layers went deeper and the rates of their decreases ranked in the order of *Kobresia pygmaea* > *Leymus chinensis* > *Artemisia desteriorum Spreng* > *Sophora alopecuroides* L > no vegetation covering. (3) the nutrients in the different soil layers under *Leymus chinensis* appeared most closely correlated, moderately at least or significantly positively, the nutrients in the different soil layers under *Artemisia desteriorum Spreng* and *Sophora alopecuroides* appeared slightly weakly correlated, approximately moderately positively, and the correlation coefficients among the nutrients in the different soil layers under *Kobresia pygmaea* appeared mixed, positively or negatively correlated.

Key Words: aeolian sandy soil; vegetation coverage; nutrient; layer; correlation

植被是土壤-植被系统中十分重要的因素,具有拦蓄降雨、减少径流、固持土壤、防止侵蚀、改良土壤和改善生态环境等作用。在土壤为植被提供生长所需养分的同时,植被反过来保护土壤,防止土壤肥力流失,两者相互依赖。植被破坏,土壤生态环境也就遭到破坏,还可能造成灾难性的环境变化,所以植被恢复是干旱、半干旱地区防风固沙和生态恢复与重建的主要途径^[1]。随着我国生态工程的进一步开展,人工植被建设强度也势必加大^[2]。陕北风沙地区气候干旱,生态环境脆弱,地表植被覆盖变化研究对于该地区环境保护和生态建设具有重要的指示意义。近年来,陕西省风沙区植被覆盖率在逐年改善,重在维护。本文针对陕北定边县板凳滩风沙区土壤-植被系统进行了调查,并选取了四种典型植被覆盖下风沙土壤,对其基本养分分布及层次特征进行了初步研究,为进一步了解风沙区植被特征,深入探讨风沙区植被与土壤养分层次关系提供了参考依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

定边县板凳滩地处陕西省西北部、榆林市最西端,是黄土高原与内蒙古鄂尔多斯荒漠草原过渡地带,位于东经 107°15′—108°22′,北纬 36°49′—37°53′。地域辽阔,中部白于山横亘,辐射南北,将全县分为两大地貌类型:南部为丘陵沟壑区,占总面积的 61%,黄土层深厚,地貌破碎,间有较大的梁、塬、涧地;北部为沙滩地区,占总面积的 39%,沙丘起伏,沙带纵横,间有大面积盐碱地、旱滩地和小面积的湖沼等地。属温带半干旱大陆性季风气候。主要气候特点是:春多风、夏干旱、秋阴雨、冬严寒,日照充足,风沙频繁,雨季迟且雨量年际变化大,年平均气温 7.9℃,年平均日照 2743.3 h,年平均降雨量 316.9 mm,年平均无霜期 141 d 左右,绝对无霜期 110 d。采样区域坐标处的海拔分别为:西北角 1373.9 m,东北角 1373.8 m;西南角 1391.2 m,东南角 1392.4 m;整体地势南高北低,北部地势平坦,地表为风沙盐碱滩,面积约占整个项目区的 1/3 左右。南部地貌为风成堆积沙丘,沙丘一般高 3—10 m,地表平坦,沙丘呈新月形或长条形连续分布,间或有数块小草原,面积约为项目区的 3/4 左右。半固定、固定沙丘居多,且植被覆盖率较高,主要以苦豆子、沙蒿、羊草、小蒿草四种类型为主,分布较为密集,具有典型性。

1.2 取样及分析方法

1.2.1 取样方法

2010 年 7 月份,对陕北定边县板凳滩风沙区进行了布点采样,选取了 4 个具有代表性的植被覆盖区域,且每个区域内有其典型的优势植被(优势植被占 80% 以上),连同流动沙丘(无植被)共 5 个区域,每个区域 3 个样点,共 15 个样点的采集,每个样点同时采取 3 个重复样品,取样采用挖取土壤剖面法,剖面深度 0—70 cm,用机械采样法采集 0—5 cm, 5—15 cm, 15—40 cm, 40—70 cm 土样,将所采土壤样品装入土壤密封袋,送回实验室风干,然后磨细,过 1.0.25 mm 筛保存,随后进行土壤化学性质分析。

1.2.2 分析方法

室内分析于 2011 年 3 月份进行,分层处理 0—70 cm 土壤样品,测定项目主要有土壤有机质、全氮、速效

氮、全磷、速效磷、全钾和速效钾。稀释水采用烘干法;有机质采用重铬酸钾法;全氮采用凯氏定氮法;全磷采用钼锑抗比色法;全钾采用 NaOH 熔融法;速效氮采用碱解扩散法;速效磷采用碳酸氢钠法;速效钾采用火焰光度法;获取数据后采用 Excel 和 DPS 软件进行了处理分析。

2 结果与分析

2.1 土壤-植被系统演替特征

2.1.1 土壤发育形成与分布特征

定边县板凳滩属陕北农牧交错带,地处鄂尔多斯高原向黄土高原过渡地带,在区域地质构造上,属鄂尔多斯台向斜陕北台凹,其地层发育属华北地台型,是一块十分古老的地台,无岩浆活动,地震较少。鄂尔多斯高原沙地风成沙的形成始于早更新世末、中更新世早期,在中更新世中期、早全新世、中全新世及晚全新世。气候曾转为暖湿,流沙面积缩小和固定,沙地土壤发育。2009 年 10 月份,经定边县水资源管理办公室电探股在对项目区进行电法勘探后,在项目区北边和南边各布置了一个勘探孔,具体情况如下:北 1 号,凿井深度 135 m,第四纪黄土覆盖层约 10 m 左右,揭露下白垩系环河组约 125 m,岩层为红色的砂岩、页岩互层,颗粒较粗,孔隙率较大。南 2 号,凿井深度 103.71 m,第四纪黄土覆盖层为 13 m,揭露下白垩系环河组约 90 m。地层同上。

本研究进行的同时,根据项目需要,对板凳滩整个项目区的野外地形、植被类型、土壤类型也进行了调查,下面以开挖的 42 个剖面为主要依据、同时结合野外调查,绘制出板凳滩的土壤类型图,在分类图中,西北角有沙丘存在,为了图形的完整性,将其忽略;其他类型的土壤都是严格按照分类指标绘制的。

根据图 1 可统计得出石灰干润砂质新成土的面积为 15.55 km²,占调查区总面的 45.62%;弱盐潮湿砂质新成土的面积为 4.83 km²,占调查区总面的 16.27%;钠质潮湿砂质新成土的面积为 6.67 km²,占调查区总面的 22.47%;石灰潮湿砂质新成土的面积为 4.65 km²,占调查区总面的 15.64%。

2.1.2 地形地貌与植被分布特征

在土壤-植被系统的演替过程中,植被是构成资源的主要因素之一。一定地域上的植被状况,不但直接左右着土壤演替方向,也直接影响着土地利用程度和土壤熟化程度。按微地貌形态特征,项目区地貌可划分为固定沙丘、半固定-移动沙丘以及滩地。

(1) 半固定沙丘-移动沙丘区 植被覆盖度在 40% 以下,主要分布在项目区的中西部区域。沙丘多成垄状、条带状分布,迎风坡宽缓,而背风坡则形成明显的陡坎。风积沙极为松散,极易吹蚀。高大沙梁顶部基本无植被,在低洼处偶尔分布有沙柳等半灌木。

(2) 固定沙丘区 项目区的大部分为固定沙丘区,主要分布在项目区西部、南部。沙丘较低,地面起伏较小,沙丘多呈长条状、垄状分布。地表多有一层黑色有机质结皮,风沙不易吹蚀,植被覆盖度较高,植被覆盖度一般为 80% 以上;固定沙丘主要植被有苦豆子、羊草、狗尾草、茅草、杂类草等草本植物,苦豆子为多年生豆科草本植物,株高 20—50 cm,根茎发达,茎直立,上部多分枝。每年 4 月中旬萌发,6—7 月中旬开花,7 月下旬—8 月中旬果实成熟,生育期 125—142 d。属中旱生、耐轻盐碱植物,地上部分小;地下部分大,主要生于沙质土壤上,耐沙埋、抗风蚀,具有良好的沙生特点。羊草为禾本科多年生草本植物,主要分布在 20 cm 以上的土层中,株高 50—100 cm,生长年限长达 10—20a。羊草抗寒、抗旱、耐盐碱、耐土壤瘠薄,适应范围很广。多生于

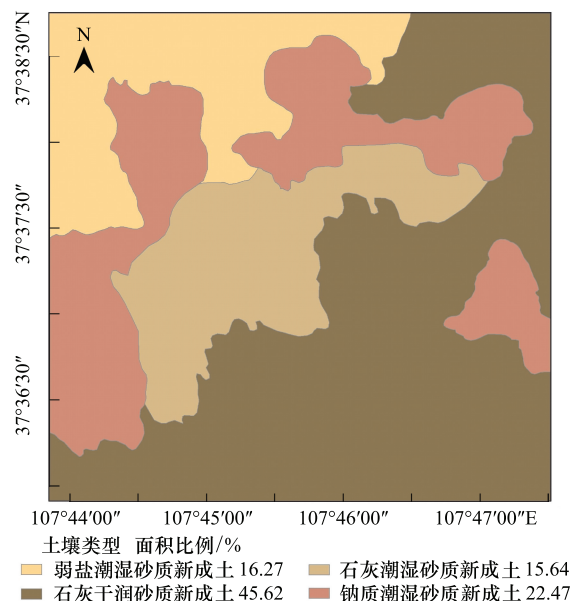


图 1 板凳滩土壤类型分布图

Fig. 1 The distribution of soil types in Bandeng Beach

开阔平原、起伏的低山丘陵、河滩及盐碱低地。同时还有沙蒿、沙柳、红柳等半灌木和灌木,零星可见小叶杨、旱柳和沙枣等乔木。沙蒿为一从基部多分枝的半灌木,株高 29—43 cm,根系发达。3 月下旬至 4 月上旬开始生长,8 月下旬停止生长,7—9 月份为花期,9 月至 11 月上旬结果,10 月份叶脱落,生长期 200 d 左右。沙蒿为超旱生沙生植物,沙蒿在我国生长在荒漠和半荒漠地区,在沙地的生草过程中,它是演替初期的先锋植物。

(3) 滩地区 多分布在项目区中北部。滩地地势平坦,形成漠草原,非常适合于农民耕种和放牧。地面有盐渍土分布,植被多为矮小的蒿草等。滩地上植被类型比较多样,但固沙植被沙蒿等较少,以草本类植被占主体,主要植被为各种小蒿草,偶尔见有杨树和旱柳分布。小蒿草种类很多,大部分为一年生草本,植株高低不等;大部分全株黄绿色,有臭气;茎直立,具纵条纹;上部分枝,基部及下部叶在花期枯萎;中部叶卵形,长 4.5—7 cm。花期 8—10 月份,果期 10—11 月份。生于山坡、林缘、荒地。分布于全国各地。

在滩地与沙丘连接处,常有木本和灌木出现,如柳树、沙棘、柠条等,在流动沙地上有沙米、沙旋复花、牛心朴、鸡爪芦苇、沙竹;半固定风沙土上有籽蒿、油蒿、泡泡豆,固定风沙土除油蒿外,尚有臭柏灌丛、踏郎半罐丛、泡泡豆和苦豆子等;滩地分布有草甸植被,主要寸草、苔草、芨芨草、碱茅以及假苇和佛子毛等;盐生植被主要有碱蓬、盐爪爪、白刺等。除上述自然植被外,还存在极小面积的栽培植被,如玉米、土豆等。

2.2 不同土壤-植被系统演变影响下的风沙区土壤养分特征

在土壤-植被系统演变过程中,植被和土壤互为环境因子。土壤的理化性质、土壤种子库的特性等影响着植被发生、发育和演替的速度,同时也因植被的演变而发生改变。土壤的性质与植物群落组成结构和植物多样性有着密切的关系,植被覆盖类型影响着土壤养分循环。通过研究风沙区土壤养分变化,对于了解各个植被群落土壤肥力和营养元素循环机制有重要意义^[3],多年来一直是生态研究的热点。

2.2.1 风沙区不同植被覆盖下的表层土壤养分特征

在土壤-植被系统中,植被的类型对土壤的发生与形成有着重要作用。不同植被的枯落物的质和量、根分泌物以及营养吸收不同,影响土壤微生物生物量和活性。一方面,植物生长产生的大量凋落物和根系腐解物在土壤中积累、矿化,把大部分无机营养元素归还给土壤;另一方面,植物残体腐解过程中所产生的酸类物质又促进土壤中难溶性物质向有效性方向转化,有的供植物吸收利用^[4]。同时植被的增加,使土壤中的腐殖酸不断积累,土壤中的植物根系增多和其呼吸加强,再加上土壤改善后,微生物的活动加强,土壤中有机酸增多,这样就使土壤的 pH 值降低而不断酸化,促进了腐殖质的熟化,增加了土壤养分含量^[5]。

由图 2 可以看出,在土壤-植被系统发生与演变的影响下,陕北风沙区不同植被覆盖下的表层(0—25 cm)土壤有机质、全氮含量呈相同趋势,均呈现小蒿草>羊草>沙蒿>苦豆子>无植被。且对于全氮含量,小蒿草与其他植被覆盖呈极显著差异;对于有机质含量,小蒿草与其他植被覆盖呈显著差异;对于土壤全磷含量,各个植被覆盖下差异不显著,但还是以小蒿草植被覆盖下含量居高,苦豆子次之,羊草最低,且低于无植被覆盖。由此可以推测,羊草覆盖下的土壤磷素流失较为严重。但是从土壤全钾含量来看,恰恰与全磷相反,羊草覆盖下的全钾含量最高,小蒿草最低。从纵向来看,小蒿草对土壤有机质、全氮、全磷的保持能力均达到最佳,但是对全钾的保持能力却最差,羊草对土壤全钾的保持能力最好,对有机质、全氮也保持较高水平,但是对全磷保持能力却较差。沙蒿、苦豆子对土壤各个养分的保持能力均处于中等较低水平。

对于风沙区土壤表层速效养分含量,由表 1 可以看出:速效氮保持了和全氮养分相同的特征,养分含量呈现为小蒿草>羊草>沙蒿>苦豆子>无植被,小蒿草覆盖下速效氮含量最高,且达到极显著水平。对于土壤速效磷,和速效氮类似,小蒿草覆盖下含量最高,达显著水平。土壤速效钾在羊草覆盖下含量最高,小蒿草次之,达极显著水平,总体来说,土壤速效养分大体保持了全量的变化特征。

2.2.2 风沙区不同植被覆盖下的土壤养分层次变化趋势

在风沙区土壤形成发育过程中,植被稀少,有机质积累有限,矿化迅速,养分固持能力弱,使区域土壤普遍表现出肥力低下的特征^[6]。植被覆盖不同致使进入土壤的凋落物存在差异。凋落物作为土壤的外源有机物质,进入土壤后其分解不但会增加土壤有机碳、改变土壤理化性质、增加土壤微生物数量、改变土壤微生物群

落结构,也会对土壤有机碳矿化产生影响^[7-8]。大量研究表明,土壤养分在大部分土壤中变化趋势都是随着土层深度的增加而减少的。

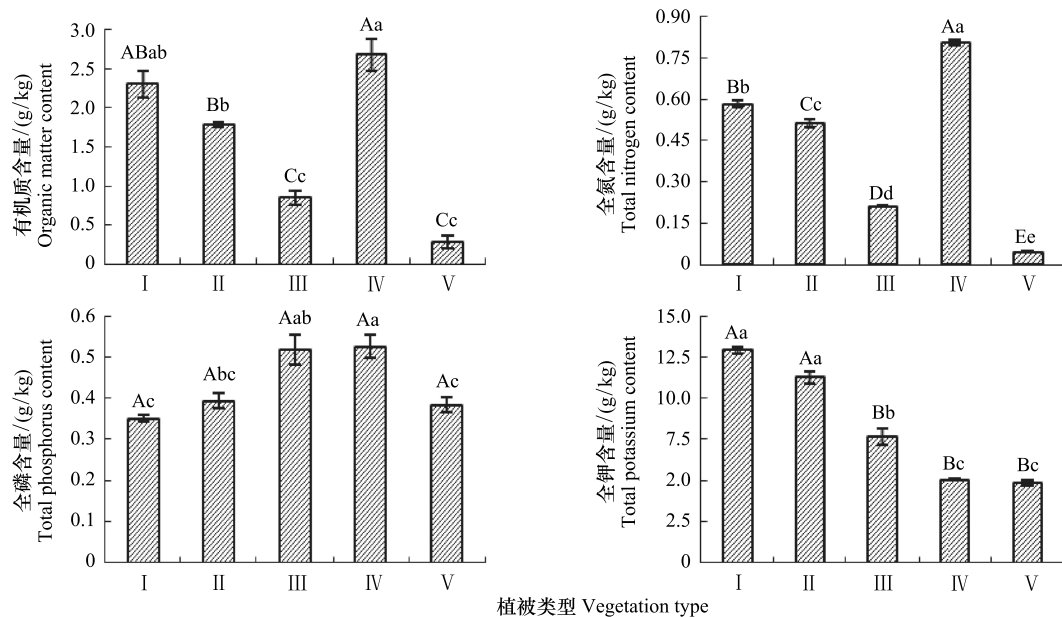


图2 不同植被覆盖下的土壤全量养分含量特征

Fig. 2 Content characters of the total nutrients under different vegetations

I 羊草 *Leymus chinensis*; II 沙蒿 *Artemisia desertorum* Spreng; III 苦豆子 *Sophora alopecuroides* L; IV 小蒿草 *Kobresia pygmaea*; V 无植被 No vegetation; 不同大写和小写字母分别表示各处理间在 0.01 和 0.05 水平差异显著

表1 不同植被覆盖下的土壤速效养分含量特征

Table 1 Content characters of the available nutrients under different vegetations

植被类型 Vegetation type	速效氮/(mg/kg) Avail. nitrogen	速效磷/(mg/kg) Avail. phosphorus	速效钾/(mg/kg) Avail. potassium
羊草 <i>Leymus chinensis</i>	45.26±1.13Bb	9.91±0.35Aab	323.25±19.24Aa
沙蒿 <i>Artemisia desertorum</i> Spreng	39.21±1.62Bb	9.24±0.33Ab	121.79±5.95BCc
苦豆子 <i>Sophora alopecuroides</i> L	13.82±1.54Cc	6.08±0.66Bc	62.90±1.02Cd
小蒿草 <i>Kobresia pygmaea</i>	70.64±2.46Aa	11.14±0.24Aa	180.16±8.17Bb
无植被 No vegetation	7.78±1.85Cc	2.76±0.07Cd	58.90±2.89Cd

由图2可以看出,随着风沙区植被的长期积累演变,风沙土壤中有机质、全氮、速效氮、速效磷、速效钾含量均随着土层深度的增加而逐渐下降。且下降趋势在上层40 cm几乎成直线下降趋势,在40 cm往下变化趋于平缓。但土壤全磷和全钾含量却随着土层深度的增加保持微弱变化,整体趋于平均水平。小蒿草植覆盖下的土壤有机质、全氮、全磷、速效氮、速效磷含量整体均保持着较高水平,且基本呈现出小蒿草>羊草>沙蒿>苦豆子>无植被,羊草覆盖下的土壤全钾、速效钾含量保持着较高水平,其余植被覆盖下较为平均。

2.2.3 风沙区不同植被覆盖下的土壤各层次养分含量之间的相关关系

在风沙区土壤-植被系统演变过程中,土壤养分含量受植被类型因素影响。当植被群落发生变化,土壤养分的累积和分布也发生变化,土壤养分对植被变化较为敏感,不同植被水平特征与土壤养分特征存在明显的正相关关系^[9]。周自玮等^[10]研究种植多年生牧草后的土壤发现,有机质显著高于耕地和裸地。董智等^[11]在风沙化土地种植6种牧草均可使土壤有机质碱解氮、速效磷、速效钾含量增加,且具有显著差异。

从表2可以看出,羊草覆盖下的风沙土壤各层次养分含量之间相关性较为密切,有机质与全氮、速效氮、速效磷、速效钾均呈极显著正相关关系。全氮和速效氮、速效磷、速效钾也均呈极显著正相关关系。全磷全钾

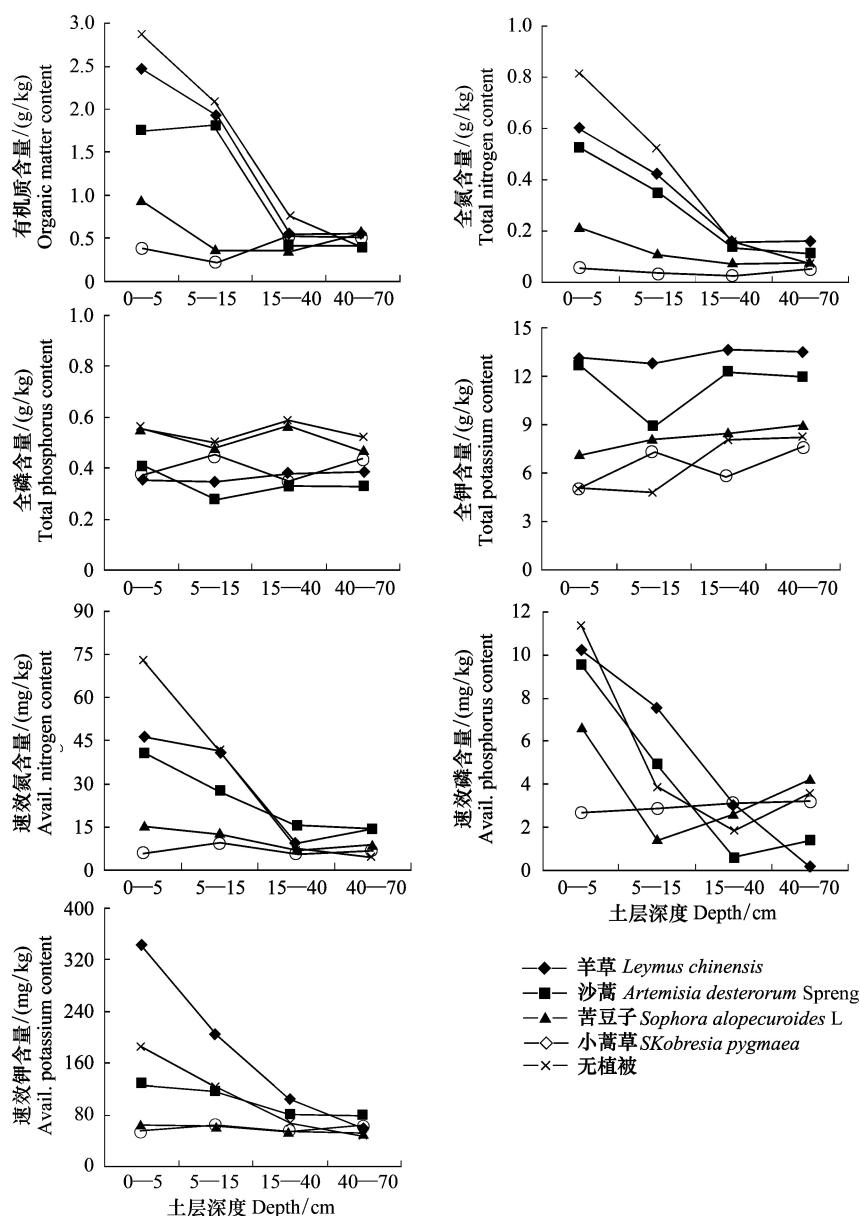


图3 不同植被覆盖下的土壤养分含量层次特征

Fig. 3 Nutrient patterns in different soil layers under different vegetations

之间,以及速效氮、速效磷、速效钾之间相互均呈显著正相关关系。同时,有机质和全氮均与全磷、全钾呈中度负相关关系。

从表3可以看出,沙蒿覆盖下的风沙土壤有机质只与速效钾呈极显著正相关关系,与全氮、速效氮呈显著正相关关系。全氮和速效氮、速效磷、速效钾也均呈极显著正相关关系。全磷和全钾与其他养分之间无显著相关性。速效氮、速效磷、速效钾相互之间的相关性均呈显著正相关关系。同时,全钾与有机质、全氮、速效钾呈负相关关系。

从表4可以看出,苦豆子覆盖下的风沙土壤有机质只与速效磷呈极显著正相关关系,与其余养分无显著相关性。全氮和全钾、速效氮、速效钾之间呈显著正相关关系。全钾与速效氮之间呈显著负相关关系,与其余养分无显著相关性。速效养分之间仅有速效氮与速效钾之间呈显著正相关关系。同时,全钾与其余养分之间均呈现负相关关系。

表 2 羊草覆盖下的土壤各层次养分含量之间的相关关系

Table 2 Correlations among the nutrient in the different soil layers under *Leymus chinensis*

相关系数 Correlation coefficient	有机质 Organic matter /(g/kg)	全氮 Total nitrogen /(g/kg)	全磷 Total phosphorus /(g/kg)	全钾 Total potassium /(g/kg)	速效氮 Avail. nitrogen /(mg/kg)	速效磷 Avail. phosphorus /(mg/kg)	速效钾 Avail. potassium /(mg/kg)
有机质/(g/kg) Organic matter	1	0.99 **	-0.8	-0.81	0.99 **	0.97 **	0.96 **
全氮/(g/kg) Total nitrogen		1	-0.73	-0.75	0.97 **	0.96 **	0.98 **
全磷/(g/kg) Total phosphorus			1	0.95 *	-0.83	-0.8	-0.66
全钾/(g/kg) Total potassium				1	-0.88 *	-0.73	-0.62
速效氮/(mg/kg) Avail. nitrogen					1	0.92 *	0.91 *
速效磷/(mg/kg) Avail. phosphorus						1	0.97 **
速效钾/(mg/kg) Avail. potassium							1

表 3 沙蒿覆盖下的土壤各层次养分含量之间的相关关系

Table 3 Correlations among the nutrient in the different soil layers under *Artemisia desertorum* Spreng

相关系数 Correlation coefficient	有机质 Organic matter /(g/kg)	全氮 Total nitrogen /(g/kg)	全磷 Total phosphorus /(g/kg)	全钾 Total potassium /(g/kg)	速效氮 Avail. nitrogen /(g/kg)	速效磷 Avail. phosphorus /(g/kg)	速效钾 Avail. potassium /(g/kg)
有机质/(g/kg) Organic matter	1	0.92 *	0.13	-0.46	0.89 *	0.87	0.97 **
全氮/(g/kg) Total nitrogen		1	0.51	-0.08	1.00 **	0.98 **	0.98 **
全磷/(g/kg) Total phosphorus			1	0.82	0.57	0.6	0.35
全钾/(g/kg) Total potassium				1	0	0.03	-0.25
速效氮/(mg/kg) Avail. nitrogen					1	0.99 **	0.97 **
速效磷/(mg/kg) Avail. phosphorus						1	0.95 *
速效钾/(mg/kg) Avail. potassium							1

从表 5 可以看出,小蒿草覆盖下的风沙土壤有机质与全氮、速效氮、速钾呈极显著正相关关系,与全钾呈显著负相关关系。全氮和速效氮、速效钾之间呈极显著正相关关系。全钾与有机质、全氮、速效氮之间均呈显著负相关关系,速效养分之间均呈显著正相关关系,其中速效氮与速效钾达到极显著正相关关系。

随着土壤-植被系统的发生与演变,风沙区土壤中各养分之间必然有着密切的关系。整体来看,羊草覆盖下的土壤各层次养分含量之间的相关性较为密切,大体呈显著中度及以上正相关,仅有机质和全氮均与全磷、全钾呈中度负相关关系。而沙蒿覆盖下的土壤各层次养分含量之间的相关性大部分呈正相关,仅全钾与有机质、全氮、速效钾呈负相关关系,相关性多数为中度以上负相关。苦豆子覆盖下的土壤各层次养分含量之间的相关性稍差,全钾与其余养分均呈负相关关系,其余养分之间整体呈中度偏低的负相关关系。小蒿草覆盖下的土壤各层次养分含量之间的相关系数正负均有,相关性较为复杂。

3 结论

(1) 在风沙区土壤发生与演变过程中,不同植被覆盖下的风沙土壤有机质、全氮、速效氮含量呈现相同趋

势,均出现小蒿草>羊草>沙蒿>苦豆子>无植被,对于土壤全磷含量,各个植被覆盖下差异不显著,但还是以小蒿草植被覆盖下居高,苦豆子次之,羊草最低,且低于无植被覆盖,但是从土壤全钾含量来看,羊草覆盖下最高,小蒿草覆盖下最低。

表 4 苦豆子覆盖下的土壤各层次养分含量之间的相关关系

Table 4 Correlations among the nutrient in the different soil layers under *Sophora alopecuroides* L

相关系数 Correlation coefficient	有机质 Organic matter /(g/kg)	全氮 Total nitrogen /(g/kg)	全磷 Total phosphorus /(g/kg)	全钾 Total potassium /(g/kg)	速效氮 Avail. nitrogen /(g/kg)	速效磷 Avail. phosphorus /(g/kg)	速效钾 Avail. potassium /(g/kg)
有机质/(g/kg) Organic matter	1	0.86	0.23	-0.69	0.71	0.97**	0.5
全氮/(g/kg) Total nitrogen		1	0.35	-0.95*	0.93*	0.74	0.84
全磷/(g/kg) Total phosphorus			1	-0.5	0.05	0.33	0.07
全钾/(g/kg) Total potassium				1	-0.89*	-0.56	-0.87
速效氮/(mg/kg) Avail. nitrogen					1	0.51	0.96**
速效磷/(mg/kg) Avail. phosphorus						1	0.28
速效钾/(mg/kg) Avail. potassium							1

表 5 小蒿草覆盖下的土壤各层次养分含量之间的相关关系

Table 5 Correlations among the nutrient in the different soil layers under *Kobresia pygmaea*

相关系数 Correlation coefficient	有机质 Organic matter /(g/kg)	全氮 Total nitrogen /(g/kg)	全磷 Total phosphorus /(g/kg)	全钾 Total potassium /(g/kg)	速效氮 Avail. nitrogen /(g/kg)	速效磷 Avail. phosphorus /(g/kg)	速效钾 Avail. potassium /(g/kg)
有机质/(g/kg) Organic matter	1	1.00**	-0.13	-0.94*	0.99**	0.82	0.99**
全氮/(g/kg) Total nitrogen		1	-0.11	-0.92*	1.00**	0.86	0.99**
全磷/(g/kg) Total phosphorus			1	0.42	-0.12	0.04	-0.01
全钾/(g/kg) Total potassium				1	-0.90*	-0.63	-0.87
速效氮/(mg/kg) Avail. nitrogen					1	0.90*	0.99**
速效磷/(mg/kg) Avail. phosphorus						1	0.89*
速效钾/(mg/kg) Avail. potassium							1

从纵向来看,小蒿草对土壤有机质、全氮、全磷的保持均达到最佳,但对全钾的保持却最差,羊草对土壤全钾保持最好,对有机质、全氮也保持较高水平,但是对全磷却保持较差。沙蒿、苦豆子对各养分的整体保持能力均处于中等较低水平。总体来说,土壤速效养分含量大体保持了全量养分的变化特征。

(2)随着风沙区植被的长期积累演变,风沙土壤中有机质、全氮、速效氮、速效磷、速效钾含量均随着土层深度的增加而逐渐下降。且下降趋势在上层 40 cm 几乎成直线下降趋势,在 40 cm 往下变化趋于平缓。但土壤全磷和全钾含量却随着土层深度的增加保持微弱变化,整体趋于平均水平。小蒿草植被覆盖下的土壤有机质、全氮、全磷、速效氮、速效磷含量整体均保持着较高水平,且基本呈现出小蒿草>羊草>沙蒿>苦豆子>无植被,羊草覆盖下的土壤全钾、速效钾保持着较高水平,其余植被覆盖下较为平均。

(3)在风沙区土壤-植被系统演变的影响下,风沙土壤中各养分之间必然有着密切的关系。整体来看,羊草覆盖下的土壤各层次养分含量之间的相关性较为密切,大体呈显著中度及以上正相关,仅有机质和全氮均与全磷、全钾呈中度负相关关系。而沙蒿覆盖下的土壤各层次养分含量之间的相关性大部分呈正相关,仅全钾与有机质、全氮、速效钾呈负相关关系,相关性多数为中度以上负相关。苦豆子覆盖下的土壤各层次养分含量之间的相关性稍差,全钾与其余养分均呈负相关关系,其余养分之间整体呈中度偏低的负相关关系。小蒿草覆盖下的土壤各层次养分含量之间的相关系数正负均有,相关性较为复杂。

References:

- [1] Liu J Z, Chen Y N, Chen Y J, Zhu H Y, Kou M J. Quantitative analysis of the degradation of desert riparian ecosystem. *Ecology and Environmental Sciences*, 2010, 19(1): 131-139.
- [2] Li Z S, Yang X H, Yu C T, Ci L J, Cheng W L. Comparative study of soil moisture and salt spatial distribution in small scale between natural and artificial vegetations in Kubuqi Desert. *Ecology and Environmental Sciences*, 2010, 19(8): 2072-2078.
- [3] Chang C, Xie Z Q, Xiong G M, Zhao C M, Shen G Z, Lai J S, Xu X W. Characteristics of soil nutrients of different vegetation types in the Three Gorges reservoir area. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(11): 5978-5985.
- [4] Sheng W T, Yang C D. Research on effect of ameliorating soil properties by undergrowth vegetation of China Fir. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(4): 377-385.
- [5] Zhou H C, Ren H, Xiang Y C, Peng S L, Li P. The change of soil in the process of vegetation restoration in Nan'ao Island, Guangdong. *Tropical Geography*, 2001, 21(2): 104-107.
- [6] Xiao H L, Xiao S C, Dong Z B, Zou S B, Song Y X. Soil types and their distribution pattern in the Kumtagh desert. *Journal of Desert Research*, 2010, 30(4): 837-843.
- [7] Luo Y J, Zhao G, Gao M, Wei C F, Zhao L R. Organic carbon distribution in aggregates and soil organic carbon mineralization in different vegetation covering. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2010, 24(6): 117-122.
- [8] Zhao X, Li J J, Li H J. Effects of vegetation restoration type on soil carbon, nitrogen, and microbial quantity in Guandi Mountain. *Chinese Journal of Ecology*, 2010, 29(11): 2102-2110.
- [9] Nie S M, Gao L, Yan Z J. Study on vegetation characteristics and soil nutrition of Kubuqi Desert. *Pratacultural Science*, 2010, 27(8): 23-28.
- [10] Zhou Z W, Meng G T, Mao R, Bi Y F. Study on ability of water conservation and soil improvement of three perennial forage species. *Chinese Journal of Grassland*, 2008, 30(1): 66-71.
- [11] Dong Z, Li H L, Reng G Y, Liu G, Ma L. Study on soil amelioration effect of planting grasses in wind-sandy land of Yellow River Floodplain. *Chinese Journal of Grassland*, 2008, 30(3): 84-87.

参考文献:

- [1] 刘加珍,陈亚宁,陈永金,朱海勇,寇明娟. 荒漠河岸生态系统退化机理的定量分析. *生态环境学报*, 2010, 19(1): 131-139.
- [2] 李朝生,杨晓晖,于春堂,慈龙骏,成文连. 库布齐沙漠自然植被与人工植被土壤水盐的空间异质性比较研究. *生态环境学报*, 2010, 19(8): 2072-2078.
- [3] 常超,谢宗强,熊高明,赵常明,申国珍,赖江山,徐新武. 三峡库区不同植被类型土壤养分特征. *生态学报*, 2009, 29(11): 5978-5985.
- [4] 盛炜彤,杨承栋. 关于杉木林下植被对改良土壤性质效用的研究. *生态学报*, 1997, 17(4): 377-385.
- [5] 周厚诚,任海,向言词,彭少麟,李萍. 南澳岛植被恢复过程中不同阶段土壤的变化. *热带地理*, 2001, 21(2): 104-107.
- [6] 肖洪浪,肖生春,董治宝,邹松兵,宋耀选. 库姆塔格沙漠地区土壤及分布特征. *中国沙漠*, 2010, 30(4): 837-843.
- [7] 罗友进,赵光,高明,魏朝富,赵丽荣. 不同植被覆盖对土壤有机碳矿化及团聚体碳分布的影响. *水土保持学报*, 2010, 24(6): 117-122.
- [8] 赵溪,李君剑,李洪建. 关帝山不同植被恢复类型对土壤碳、氮含量及微生物数量的影响. *生态学杂志*, 2010, 29(11): 2102-2110.
- [9] 聂素梅,高丽,闫志坚. 库布齐沙漠植被特征与土壤营养状况的研究. *草业科学*, 2010, 27(8): 23-28.
- [10] 周自玮,孟广涛,毛熔,毕玉芬. 三种多年生牧草保水能力及土壤改良作用的研究. *中国草地学报*, 2008, 30(1): 66-71.
- [11] 董智,李红丽,任国勇,刘刚,马琳. 黄泛平原风沙化土地种植牧草改良土壤效果研究. *中国草地学报*, 2008, 30(3): 84-87.

CONTENTS

The combined effects of elevated CO ₂ and elevated temperature on proliferation of cyanophage PP	NIU Xiaoying, CHENG Kai, RONG Qianqian, et al (6917)
Precipitation pattern of desert steppe in Inner Mongolia, Sunite Left Banner: 1956—2009	CHEN Jun, WANG Yuhui (6925)
Emergy and economic evaluations of two sewage treatment systems	LI Min, ZHANG Xiaohong, LI Yuanwei, et al (6936)
Individual spatial pattern and spatial association of <i>Stipa krylovii</i> population in Alpine Degraded Grassland	ZHAO Chengzhang, REN Heng (6946)
Litter characteristics of nutrient and stoichiometry for <i>Phyllostachys praecox</i> over soil-surface mulching	LIU Yadi, FAN Shaohui, CAI Chunju, et al (6955)
Characteristics of leaf element concentrations of twelve nutrients in <i>Acacia confusa</i> and <i>Leucaena glauca</i> in secondary forests of acid rain region in Fuzhou	HAO Xinghua, HONG Wei, WU Chengzhen, et al (6964)
Relationships between main insect pests and their predatory natural enemies in “Yuhualu” juicy peach orchard	KE Lei, SHI Xiaoli, ZOU Yunding, et al (6972)
Simulating 10-hour time-lag fuel moisture in Daxinganling	HU Tianyu, ZHOU Guangsheng, JIA Bingrui (6984)
Soil nutrient characteristics under different vegetations in the windy and sandy region of northern Shaanxi	LI Wenbin, LI Xinpeng (6991)
Partitioning of autotrophic and heterotrophic soil respiration in southern type poplar plantations	TANG Luozhong, GE Xiaomin, WU Lin, et al (7000)
Soil water and salinity in response to water deliveries and the relationship with plant growth at the lower reaches of Heihe River, Northwestern China	YU Tengfei, FENG Qi, LIU Wei, et al (7009)
Effect of stem diameter at breast height on skewness of sap flow pattern and time lag	MEI Tingting, ZHAO Ping, NI Guangyan, et al (7018)
Invasion of exotic <i>Ageratina adenophora</i> Sprengel. alters soil physical and chemical characteristics and arbuscular mycorrhizal fungus community	YU Wenqing, LIU Wanxue, GUI Furong, et al (7027)
Models and methods for information extraction of complex ground objects based on LandSat TM images of Hainan Island, China	WANG Shudong, ZHANG Lifu, CHEN Xiaoping, et al (7036)
Effects of snow pack removal on soil hydrolase enzyme activities in an alpine <i>Abies faxoniana</i> forest of western Sichuan	YANG Yulian, WU Fuzhong, YANG Wanqin, et al (7045)
Effects of different soil water treatments on photosynthetic characteristics and grain yield in rice	WANG Weixiao, LIU Xiaojun, TIAN Yongchao, et al (7053)
Growth characteristics, lignin degradation enzyme and genetic diversity of <i>Fomes fomentarius</i> by SRAP marker among populations	CAO Yu, XU Ye, WANG Qiuyu (7061)
Effects of the invasion by <i>Solidago canadensis</i> L. on the community structure of soil animals	CHEN Wen, LI Tao, ZHENG Rongquan, et al (7072)
Effects of intercropping on quality and yield of maize grain, microorganism quantity, and enzyme activities in soils	ZHANG Xiangqian, HUANG Guoqin, BIAN Xinmin, et al (7082)
Influence of mycorrhizal inoculation on competition between plant species and inorganic phosphate forms	ZHANG Yuting, ZHU Min, XIAN Yanxiangwa, et al (7091)
The stable nitrogen isotope of size-fractionated plankton and its relationship with biomass during winter in Daya Bay	KE Zhixin, HUNG Liangmin, XU Jun, et al (7102)
Dynamics of toxic and non-toxic <i>Microcystis</i> spp. during bloom in the large shallow hypereutrophic Lake Taihu	LI Daming, YE Linlin, YU Yang, et al (7109)
Activities of antioxidant enzymes and Zn-MT-like proteins induced in <i>Chlorella vulgaris</i> exposed to Zn ²⁺	YANG Hong, HUANG Zhiyong (7117)
Ecological footprint in Fujian based on calculation methodology for the national footprint accounts	QIU Shoufeng, ZHU Yuan (7124)
The comparison of CO ₂ emission accounting methods for energy use and mitigation strategy: a case study of China	YANG Xiai, CUI Shenghui, LIN Jianyi, et al (7135)
Ecological damage assessment of Jiaozhou Bay reclamation based on habitat equivalency analysis	LI Jingmei, LIU Tieying (7146)
The value assessment of county-level ecological assets: a case in Fengning County, Hebei Province	WANG Hongyan, GAO Zhihai, LI Zengyuan, et al (7156)
Review and Monograph	
Molecular basis for enhancement of plant drought tolerance by arbuscular mycorrhizal symbiosis: a mini-review	LI Tao, DU Juan, HAO Zhipeng, et al (7169)
A review of carbon cycling and sequestration in urban soils	LUO Shanghua, MAO Qizheng, MA Keming, et al (7177)
Overview on methods of deriving fraction of absorbed photosynthetically active radiation (FPAR) using remote sensing	DONG Taifeng, MENG Jihua, WU Bingfang (7190)
Research progress on influencing of light attenuation and the associated environmental factors on the growth of submersed aquatic vegetation	WU Mingli, LI Xuyong (7202)
The framework of stoichiometry homeostasis in zooplankton elemental composition	SU Qiang (7213)
Scientific Note	
Abundance and biomass of planktonic ciliates in the sea area around Zhangzi Island, Northern Yellow Sea in July and August 2010	YU Ying, ZHANG Wuchang, ZHANG Guangtao, et al (7220)
Research of wildlife resources sustainable development based on entropy method in China	YANG Xitao, ZHOU Xuehong, ZHANG Wei (7230)
Influence of residue composition and addition frequencies on carbon mineralization and microbial biomass in the soils of agroforestry systems	WANG Yikun, FANG Shengzuo, TIAN Ye, et al (7239)
Seasonal changes in microbial diversity in different cells of a wetland system constructed for municipal sewage treatment	CHEN Yonghua, WU Xiaofu, ZHANG Zhenni, et al (7247)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 22 期 (2012 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 22 (November, 2012)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:1000717	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		



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