

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 22 期 Vol.33 No.22 **2013**

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 33 卷 第 22 期 2013 年 11 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 利用分布有/无数据预测物种空间分布的研究方法综述 刘芳,李晟,李迪强 (7047)
- 景观服务研究进展 刘文平,宇振荣 (7058)
- 土壤呼吸组分分离技术研究进展 陈敏鹏,夏旭,李银坤,等 (7067)

个体与基础生态

- 平茬高度对四合木生长及生理特性的影响 王震,张利文,虞毅,等 (7078)
- 不同水分梯度下珍稀植物四数木的光合特性及对变化光强的响应 邓云,陈辉,杨小飞,等 (7088)
- 水稻主茎节位分蘖及生产力补偿能力 隗溟,李冬霞 (7098)
- 基于辐热积法模拟烤烟叶面积与烟叶干物质产量 张明达,李蒙,胡雪琼,等 (7108)
- 耕作方式和秸秆还田对华北地区农田土壤水稳性团聚体分布及稳定性的影响 田慎重,王瑜,李娜,等 (7116)
- 不同光照强度下兴安落叶松对舞毒蛾幼虫生长发育及防御酶的影响 鲁艺芳,严俊鑫,李霜雯,等 (7125)
- 南方小花蝽在不同空间及笼罩条件下对西花蓟马的控制作用 莫利锋,鄧军锐,田甜 (7132)
- 浮游植物对溶解态 AI 的清除作用实验研究 王召伟,任景玲,闫丽,等 (7140)
- 卧龙巴郎山川滇高山栎群落植物叶特性海拔梯度特征 刘兴良,何飞,樊华,等 (7148)
- 春夏季闽江口和兴化湾虾类数量特征 徐兆礼,孙岳 (7157)
- 啃食性端足类强壮藻钩虾对贫营养湖三种大型海藻的摄食选择性 郑新庆,黄凌风,李元超,等 (7166)

种群、群落和生态系统

- 4 种农业措施对三化螟种群动态的控制作用 张振飞,黄炳超,肖汉祥,等 (7173)
- 黄土高原沟壑区森林带不同植物群落土壤氮素含量及其转化 邢肖毅,黄懿梅,安韶山,等 (7181)
- 基于诊断学的生态系统健康评价 蔡霞,徐颂军,陈善浩,等 (7190)
- 稻田生态系统中植硅体的产生与积累——以嘉兴稻田为例 李自民,宋照亮,姜培坤 (7197)
- 自由搜索算法的投影寻踪模型在湿地芦苇调查中的应用 李新虎,赵成义 (7204)
- 贺兰山不同海拔典型植被带土壤微生物多样性 刘秉儒,张秀珍,胡天华,等 (7211)
- 内蒙古典型草原灌丛化对生物量和生物多样性的影响 彭海英,李小雁,童绍玉 (7221)
- 黄土丘陵沟壑区 80 种植物繁殖体形态特征及其物种分布 王东丽,张小彦,焦菊英,等 (7230)
- 基于 MAXENT 模型的贺兰山岩羊生境适宜性评价 刘振生,高惠,滕丽微,等 (7243)
- 太湖湖岸带浮游植物初级生产力特征及影响因素 蔡琳琳,朱广伟,李向阳 (7250)

景观、区域和全球生态

艾比湖地区土壤呼吸对季节性冻土厚度变化的响应..... 秦 璐,吕光辉,何学敏,等 (7259)

田间条件下黑垆土基础呼吸的季节和年际变化特征..... 张彦军,郭胜利,刘庆芳,等 (7270)

资源与产业生态

光核桃遗传资源的经济价值评估与保护 张丽荣,孟 锐,路国彬 (7277)

棉花节水灌溉气象等级指标..... 肖晶晶,霍治国,姚益平,等 (7288)

研究简报

云南红豆杉人工林萌枝特性..... 苏 磊,苏建荣,刘万德,等 (7300)

赣中亚热带森林转换对土壤氮素矿化及有效性的影响..... 宋庆妮,杨清培,余定坤,等 (7309)

学术信息与动态

2013 年 European Geosciences Union 国际会议述评 钟莉娜,赵文武 (7319)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 276 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 30 * 2013-11



封面图说：山坡岩羊图——岩羊属国家二级保护动物,因喜攀登岩峰而得名,又名石羊。贺兰山岩羊主要分布于海拔 1500—2300m 的山势陡峭地带,羊群多以 2—10 只小群为主。生境适宜区主要为贺兰山东坡(宁夏贺兰山国家级自然保护区)的西南部,而贺兰山西坡(内蒙古贺兰山国家级自然保护区)也有少量分布。贺兰山建立国家级自然保护区以来,随着保护区环境的不断改善,这里岩羊的数量也开始急剧增长,每平方公里的分布数量现居世界之首,岩羊的活动范围也相应扩大到低山 900 米处的河谷。贺兰山岩羊生境选择的主要影响因子为海拔、坡度及植被。

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

DOI: 10.5846/stxb201207211037

邢肖毅, 黄懿梅, 安韶山, 张宏. 黄土高原沟壑区森林带不同植物群落土壤氮素含量及其转化. 生态学报, 2013, 33(22): 7181-7189.

Xing X Y, Huang Y M, An S S, Zhang H. Soil nitrogen concentrations and transformations under different vegetation types in forested zones of the Loess Gully Region. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(22): 7181-7189.

黄土高原沟壑区森林带不同植物群落 土壤氮素含量及其转化

邢肖毅¹, 黄懿梅^{1,*}, 安韶山², 张 宏¹

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院 农业部西北植物营养与农业环境重点实验室, 杨凌 712100;

2. 西北农林科技大学水土保持研究所 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 杨凌 712100)

摘要:为了探讨在黄土高原退耕还林还草过程中植物群落对土壤氮素含量及形态分布的影响,选择退耕历史较长的黄土高原沟壑区——安塞县洞子沟流域 8 种典型植物群落下 0—10cm 和 10—20cm 的土壤为对象,测定了土壤中有機氮、矿化氮、微生物量氮和硝态氮和铵态氮的含量。结果表明,从草本群落到乔灌木群落,土壤各形态氮素含量均增加,整体表现为乔灌木群落>灌木群落>草本群落。然而人工刺槐林的土壤氮素水平远低于自然恢复的乔灌木群落,甚至低于灌木群落。0—10cm 土层各形态氮素均低于 10—20cm 土层。硝态氮对植物群落的变化最为敏感,可作为土壤氮素水平的敏感指标。土壤有机质、pH、容重与氮素含量极显著相关,各种氮素间极显著正相关。各种氮素占总氮的比例对总氮的变化有着不同的响应,有机氮、可矿化氮和微生物量氮占总氮的比例相对稳定,硝态氮占总氮的比例随总氮含量的增加而增加,铵态氮占总氮的比例随总氮含量的增加而降低。

关键词:黄土沟壑区;植物群落;土壤氮素

Soil nitrogen concentrations and transformations under different vegetation types in forested zones of the Loess Gully Region

XING Xiaoyi¹, HUANG Yimei^{1,*}, AN Shaoshan², ZHANG Hong¹

1 Key Laboratory of Plant Nutrition and the Agri-environment in Northwest China, Ministry of Agriculture, College of Resource and Environmental Science, Northwest A&F University, Yanglin 712100, China

2 State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Agriculture of Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Northwest Agriculture and Forestry University, Yanglin 712100, China

Abstract: The “Grain for Green” project is essential for controlling soil erosion in the Gully Region of the Loess Plateau, which has one of the most serious water and soil loss problems in the world. Different vegetation types change the soil environment to different extents, influencing the biogeochemical cycles of materials, such as nitrogen (N). At present, a growing number of researchers are investigating the relationship between vegetation and N forms in natural ecological systems to provide a theoretical basis for ecological restoration in these areas. In this paper, the effect of vegetation types on the concentration and transformation of various soil N types (soil total N, organic N, N mineralizable within 14 d, microbial biomass N, nitrate N and ammonium N) in the Dongzigou Basin, Ansai, Shaanxi Province was investigated. Soil samples were collected from the 0—10 and 10—20 cm layers under eight typical vegetation types, including *Quercus liaotungensis*, *Acer buergerianum* Miq, *Platycladus orientalis*, *Robinia pseudoacacia*, *Syzygium aromaticum*, *Sophora davidii*, *Artemisia*

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41030532, 41101254); 西北农林科技大学基本科研费资助项目(QN2011020)

收稿日期:2012-07-21; **修订日期:**2013-06-21

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ymhuang1971@nwsuaf.edu.cn

giraldii Pamp. and *Artemisia sacrorum* Ledeb. The results showed that the six types of soil N as a whole gradually increased as vegetative succession proceeded from grass communities to more complex mixtures of trees, bushes and grasses. Overall, the maximal N concentration occurred under *Q. liaotungensis*, while the minimum occurred under *A. sacrorum* Ledeb. Soil total N ranged from 0.35 to 3.22g/kg at 0—10 cm, the maximum value being 9.2 times the minimal. For organic N, N mineralizable within 14 d, microbial biomass N, nitrate N and ammonium N, the maximum value was 9.3, 8.7, 6.4, 9.0 and 2.3 times the minimum, respectively. Soil N concentrations under artificial *R. pseudoacacia* forests were lower than those under natural successional vegetation. The various soil N concentrations all were higher at 0—10 cm than 10—20 cm. Nitrate N changed more quickly than the other N fractions; therefore, nitrate N could be used as a sensitive indicator of early changes in soil N during natural succession. Soil organic matter, pH, and bulk density were closely related to soil N. There was a significant positive correlation among the six N fractions; however, the ratio of each N fraction to total N responded differently to changes in total N. Specifically, the ratio of organic N, N mineralizable within 14 days, and microbial biomass N to total N did not change, regardless of the total soil N concentration. In contrast, the ratio of nitrate N to total soil N increased as the total soil N concentration increased, whereas the ratio of ammonium N to total N decreased. The ratio of nitrate N to total N was positively correlated with total N ($r=0.58$), while the ratio of ammonium N to total N was significantly negatively correlated with total N ($r=-0.83$). Further research is still required to explore the processes of vegetation change and N transformation.

Key Words: Loess Gully region; vegetation types; soil nitrogen

黄土高原是世界最大的黄土沉积区,是我国乃至世界上水土流失最严重、生态环境最脆弱的地区,退耕还林还草是解决该区水土流失问题的必然选择。实施退耕还林后,由于下垫面条件的改变,土壤理化性质发生了变化^[1],土壤条件的改善反过来又有效地促进了植被演替的进行^[2]。氮是各种植物生长和发育所需的大量营养元素,是调节陆地生态系统生产量、结构和功能的关键元素,往往成为群落初级和次级生产力的限制因子^[3]。土壤中氮素总量及各种形态氮素与作物生长有着密切的关系,可矿化氮的含量决定了土壤中用于植物生长的氮素的可利用性^[4],而氮的可利用性会限制植物对土壤氮素的利用效率^[5],且它与群落演替间存在反馈关系。退耕后植被自然恢复过程中,演替阶段的逐渐升高对氮素的累积产生了积极影响^[6-7]。探究不同植被群落对土壤氮素养分变化规律的影响是认识和评判植被恢复优劣的重要依据,对于指导植被恢复措施,加快植被恢复步伐意义重大,因此有必要进行深入的研究。

1 材料与方法

1.1 野外土壤样品采集

1.1.1 研究区域概况

洞子沟位于延河流域一级支流西川流域,地处安塞县南部楼坪乡,地理坐标为 109°7'34"—109°10'34"E、36°31'13"—36°35'26"N,海拔 1166—1490m,流域总面积 20.61km²。该区属于中温带大陆性半干旱季风气候,四季长短不等,干湿分明。年平均气温 8.8℃(极端最高温 36.8℃,极端最低温 -23.6℃),年平均降水量 505.3mm,年日照时数为 2395.6h,日照百分率达 54%,年无霜期 157d。主要自然灾害有:干旱、大风、冰雹、霜冻等,尤以干旱最为严重。土壤类型以黄绵土为主,间有复钙红粘土、典型黑垆土和冲积土,土地利用以林地为主,间或有草地。

1.1.2 供试土壤样地植被情况

供试土壤取自陕北安塞县南部楼坪乡洞子沟流域,采样点包括 8 种组成不同的典型植物群落,根据各个样地主要建群种名称,样点依次记录为辽东栎(*Quercus liaotungensis*),简称为 Ql,三角槭(*Acer buergerianum* Miq),简称为 AbM,侧柏(*Platycladus orientalis*),简称为 Po,刺槐(*Robinia pseudoacacia*),简称为 Rp,丁香(*Syzygium aromaticum*),简称为 Sa,狼牙刺(*Sophora davidii*),简称为 Sd,茺蒿(*Artemisia giraldii* Pamp),简称为

AgP, 铁杆蒿 (*Artemisia sacrorum* Ledeb), 简称为 AsL。其中刺槐林为人工林。采样点地理信息和植被情况如表 1 所示。

表 1 采样点地理信息和植被情况

Table 1 Geographic information and Vegetation situation of the sampling sites

样地名称 Site name	经度/(°) Longitude	纬度/(°) Latitude	海拔/m Altitude	坡向 Aspect	坡度/(°) Slope	坡位 Slope position	地貌 Landscape	群落名称 Name of community
辽东栎 (Ql)	109.174E	36.555N	1259	阴坡	28	下	坡地	辽东栎+土庄绣线菊、丁香、多花胡枝子+披针苔草
三角槭 (AbM)	109.153E	36.575N	1334	阴坡	21	中	坡地	三角槭+黄刺玫、黑栒子+披针苔草
侧柏 (Po)	109.163E	36.556N	1301	阳坡	30	下	坡地	侧柏+六道木、丁香+披针苔草
刺槐 (Rp)	109.167E	36.575N	1372	阳坡	8	上	峁顶	刺槐+狼牙刺、杠柳+铁杆蒿
丁香 (Sa)	109.162E	36.570N	1284	阳坡	35	中	坡地	丁香、虎榛子、黄刺玫+茺蒿、铁杆蒿
狼牙刺 (Sd)	109.166E	36.574N	1346	阳坡	27	下	坡地	狼牙刺+白羊草、达乌里胡枝子
茺蒿 (AgP)	109.158E	36.582N	1348	阴坡	25	中	坡地	茺蒿、铁杆蒿
铁杆蒿 (AsL)	109.158E	36.582N	1351	阴坡	30	上	峁顶	铁杆蒿

辽东栎 *Quercus liaotungensis*; 三角槭 *Acer buergerianum* Miq; 侧柏 *Platycladus orientalis*; 刺槐 *Robinia pseudoacacia*; 丁香 *Syzygium aromaticum*; 狼牙刺 *Sophora davidii*; 茺蒿 *Artemisia giraldii* Pamp; 铁杆蒿 *Artemisia sacrorum* Ledeb

1.1.3 样品采集方法

土壤样品采集于 2011 年 7 月,首先在洞子沟流域选定的样地内设置样方,样方大小视植被类型而定(乔木 10 m×10 m,灌木 5m×5 m,草地 2 m×2 m)。每种样地在野外设置两个重复,即 2 个样方,二者相隔约 100m²。然后在每个样方内以 S 形选取 5 个点,去除土层上枯落物,用土钻按 0—10 cm 和 10—20 cm 分层采集土壤样品,将采集的土样混合,密封后带回实验室内,仔细除去其中可见植物残体及土壤动物,一部分风干,一部分-20 ℃ 冷冻保存。

1.2 分析项目及测定方法

pH 用无 CO₂ 水浸提, pH 计测定, 容重用环刀法, 有机质用重铬酸钾外加热法, 总氮用半微量凯氏定氮法, 硝态氮、铵态氮用 KCl 浸提, 流动分析仪测定, 14d 可矿化氮用好气培养法, 具体参照《土壤农化分析, 第三版》^[8]。土壤微生物氮采用氯仿熏蒸浸提^[9]-碱性过硫酸钾氧化法^[10]测定, 即将新鲜土样的含水量调节到田间最大持水量的 50%, 预培养 1 周。培养后土样用氯仿熏蒸, 再用 0.5 mol/L K₂SO₄ 浸提(水土比为 4:1), 浸提液用碱性 K₂S₂O₄ 消煮, 紫外分光光度法测定。微生物量氮以氯仿熏蒸前后浸提液中总氮含量之差除以相应的转化系数(0.45)计算。

1.3 数据处理方法

数据采用 Microsoft Excel 2003 和 SAS 8.0 软件, 进行方差分析和相关性分析, 多重比较采用 SNK 法。

2 结果和分析

2.1 不同植物群落下土壤基本理化性质特征

如表 2 所示, 研究区域土壤呈弱碱性, 0—20cm 土壤 pH 介于 8.18—8.89 之间, 其中狼牙刺群落最高, 辽东栎群落最低, 土壤下层 pH 高于上层。土壤容重范围为 78.12—117.93 g/cm³, 同样以狼牙刺群落最高, 辽东栎群落最低, 且表现为下层高于上层。土壤有机质整体表现为从生长年限较短的草本群落到年限较长的辽东栎群落, 含量逐渐升高, 例如 0—10cm 土层, 有机质含量由 6.46g/kg 升至 71.53 g/kg, 其中铁杆蒿群落含量最低。土壤 C/N 呈现波动式变化, 0—10cm, 丁香群落最大, 刺槐最小, 分别为 14.77 和 9.60, 10—20cm 土层, 铁杆蒿群落最大, 三角槭最小, 分别为 14.52 和 10.00。

2.2 不同植物群落下土壤总氮特征

如图 1 所示, 从草本群落经灌草群落到乔灌草群落, 土壤总氮含量逐渐升高。0—10cm 土层, 总氮含量由

0.35 g/kg 升至 3.22 g/kg。八种植物群落间,总氮含量基本呈现两个层次,即草本、灌木群落和乔灌木群落。刺槐群落的总氮含量明显低于自然演替形成的乔灌木群落。除铁杆蒿群落外,10—20 cm 土层土壤总氮含量显著低于 0—10 cm 土层,而其随植被的演替规律和 0—10 cm 土层基本一致,从草本群落到乔灌木群落,土壤总氮含量由 0.36 g/kg 升至 1.82 g/kg。从茭蒿群落到辽东栎群落,上层土壤总氮比下层分别高出了 47%、84%、45%、34%、84%、87%、77%。

表 2 不同植被群落下的土壤基本理化性质

Table 2 Soil physicochemical properties under different vegetation types

植被群落 Vegetation types	土壤 pH Soil pH		土壤容重/(g/cm ³) Bulk density		土壤有机质/(g/kg) Organic matter		土壤 C/N Soil C/N	
	0—10cm	10—20cm	0—10cm	10—20cm	0—10cm	10—20cm	0—10cm	10—20cm
辽东栎(Ql)	8.18±0.5	8.50±0.4	78.12±9.8	82.36±6.5	71.53±4.6	36.34±5.7	12.89±0.6	11.57±0.9
三角槭(AbM)	8.34±0.7	8.58±0.7	83.42±8.2	98.61±9.8	59.52±5.6	25.90±2.3	12.30±1.3	10.00±0.9
侧柏(Po)	8.48±0.9	8.63±0.6	101.42±10.3	105.39±10.3	54.45±3.5	29.04±4.1	11.75±1.8	11.52±2.1
刺槐(Rp)	8.74±0.6	8.77±0.8	104.08±10.2	110.59±11.2	14.92±1.2	12.06±1.1	9.60±0.8	10.39±1.2
丁香(Sa)	8.64±0.4	8.70±0.6	105.31±11.4	107.83±10.3	31.09±2.6	18.36±2.5	14.77±2.1	12.61±0.7
狼牙刺(Sd)	8.81±0.4	8.89±0.9	113.57±12.5	117.93±13.5	11.06±1.9	7.19±0.8	9.72±1.4	11.58±0.8
茭蒿(AgP)	8.70±0.7	8.74±0.7	107.01±10.9	112.40±12.5	18.36±2.0	10.45±1.3	12.56±1.6	10.48±0.7
铁杆蒿(AsL)	8.76±0.5	8.78±0.6	111.19±11.2	117.48±12.6	6.46±0.9	7.11±0.8	14.45±1.3	14.52±0.9

2.3 不同植物群落下土壤有机氮特征

土壤有机氮含量变化规律同土壤总氮,草本群落到乔灌木群落,土壤有机氮含量逐渐升高,其中刺槐群落相较于其他乔灌木群落含量较低,狼牙刺群落低于丁香群落甚至草本群落(图 2)。0—10 cm 土层,有机氮在 0.34—3.16 g/kg 之间,10—20 cm 土层,变化范围为 0.36—1.80 g/kg。上层土壤有机氮含量整体显著高于下层,从茭蒿群落到辽东栎群落,土壤有机氮含量在上层比下层分别高出了 46%、83%、44%、32%、84%、85%、76%。

2.4 不同植物群落下土壤 14d 可矿化氮特征

如图 3 所示,从草本群落到乔灌木群落,土壤 14d 可矿化氮含量逐渐升高,其中刺槐群落和狼牙刺群落含量较低。14d 可矿化氮的含量在 0—10 cm 土层,从灌木群落的 11.6 mg/kg 增加至乔灌木群落的 100.9 mg/kg,增加较多;除铁杆蒿群落外,在 10—20 cm 土层均低于 0—10 cm 土层,随植被的变化规律和 0—10 cm 土层基本一致,变化范围为 7.4—71.0 mg/kg。从茭蒿群落到辽东栎群落,上层土壤矿化氮比下层土壤分别高出了 56%、165%、40%、35%、53%、60%、42%,以狼牙刺群落差异最大。

2.5 不同植物群落下土壤微生物量氮特征

由图 4 可以看出,土壤微生物量氮含量在 0—10 cm 土层,从铁杆蒿群落的 19.96 mg/kg 逐渐升高到辽东栎群落的 128.90 mg/kg,刺槐群落含量也较低,仅为 32.95 mg/kg。微生物量氮在丁香群落和侧柏群落之间并

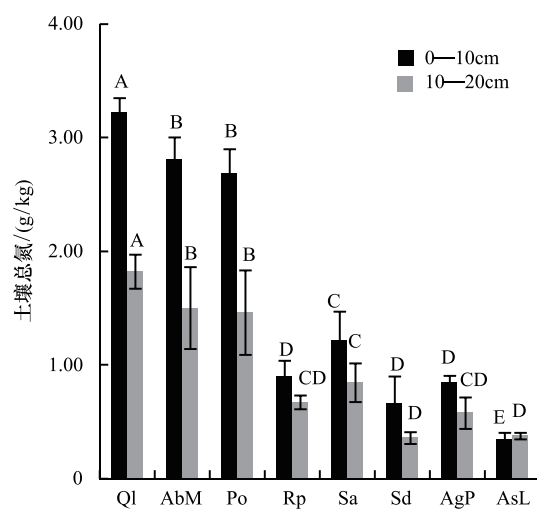


图 1 不同植被群落下土壤总氮含量

Fig. 1 Soil total N under different vegetation types

不同字母表示同一土层总氮在不同植被群落下差异显著 ($P < 0.05$) ; 辽东栎 *Quercus liaotungensis* (Ql); 三角槭 *Acer buergerianum* Miq (AbM); 侧柏 *Platycladus orientalis* (Po); 刺槐 *Robinia pseudoacacia* (Rp); 丁香 *Syzygium aromaticum* (Sa); 狼牙刺 *Sophora davidii* (Sd); 茭蒿 *Artemisia giraldii* Pamp (AgP); 铁杆蒿 *Artemisia sacrorum* Ledeb (AsL)

没有出现很大增幅,而是从乔灌木群落到顶级群落稳步增加。在 10—20cm 土层,辽东栎群落较大,其他植被群落之间整体差别不大。土壤微生物量氮在上下土层间的差异较其他形态氮素更大,如三角槭群落的上层比下层高出了 465%,说明植被类型对微生物量氮的影响主要发生在 0—10cm 土层,微生物量氮的表聚性更大。

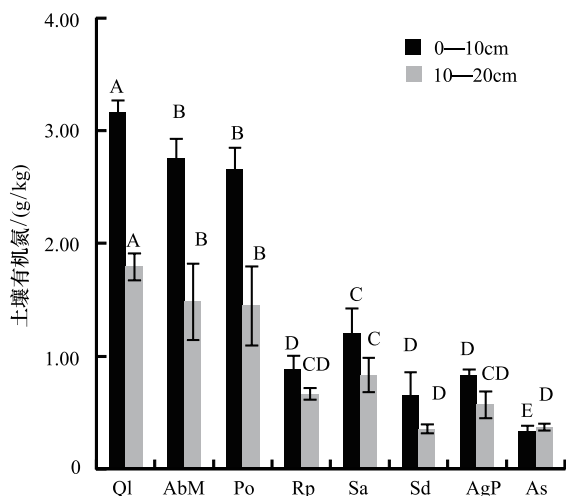


图 2 不同植被群落下土壤有机氮含量

Fig.2 Soil organic N under different vegetation types

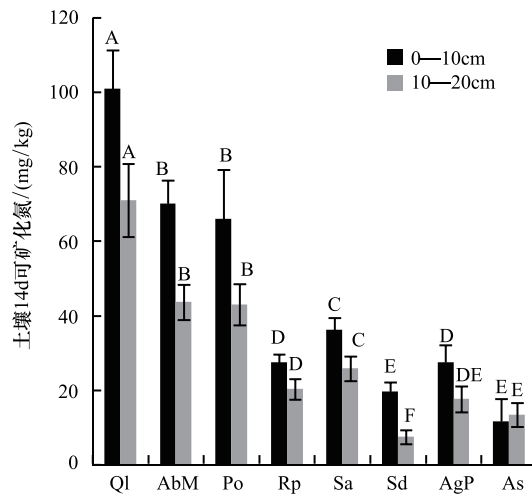


图 3 不同植被群落下土壤 14d 可矿化氮含量

Fig.3 Mineralizable N under different vegetation types

2.6 不同植物群落下土壤速效氮特征

如图 5 所示,硝态氮含量在 0—10cm 土层为 5.91—53.20 mg/kg 之间,其中,辽东栎和三角槭群落显著高于其他植被群落,其次是侧柏和刺槐群落,狼牙刺和铁杆蒿群落最小。10—20cm 土层中硝态氮含量显著低于上层,3 种自然恢复的乔灌木群落显著高于灌木群落和草本群落,而人工刺槐群落含量较低,仅为 2.98 mg/kg,与灌木群落和草本群落无显著性差异。从铁杆蒿群落到辽东栎群落,上层比下层分别高出了 70%、182%、274%、91%、354%、99%、214%、128%。

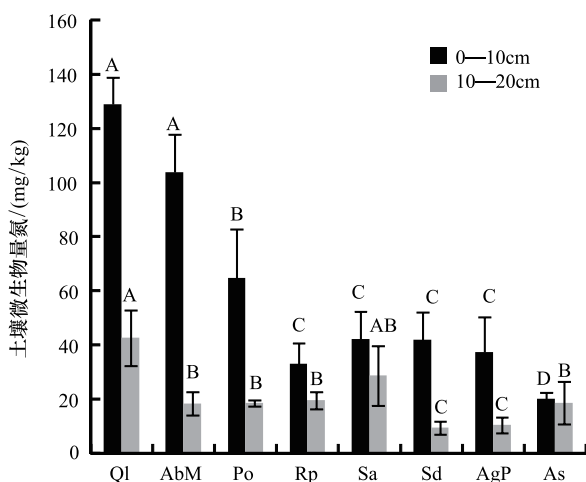


图 4 不同植被群落下土壤微生物量氮含量

Fig.4 Soil N_{mic} under different vegetation types

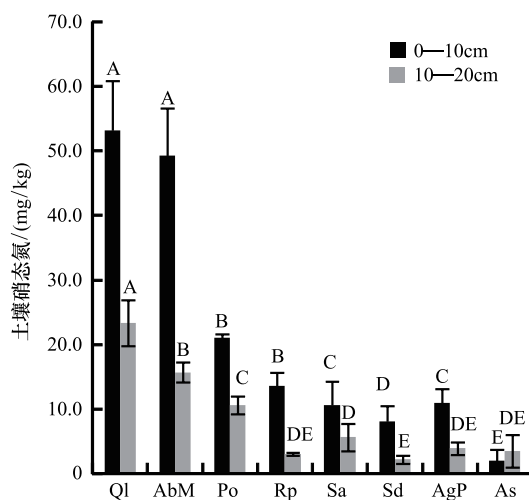


图 5 不同植被群落下土壤硝态氮含量

Fig.5 Soil NO₃-N under different vegetation types

铵态氮含量随草本群落到乔灌木群落,逐渐升高,相较于其他形态氮素,含量较低(图 6)。0—10cm 和 10—20cm 土层,铵态氮分别介于 1.35—3.17 mg/kg 和 1.07—2.76 mg/kg 之间。

2.7 土壤理化性质及氮素相关性

8 个采样点两个土层共 16 个土样的基本理化性质和氮素的相关分析结果如表 3 示:土壤有机质、pH、容重与总氮、有机氮、矿化氮、硝态氮和微生物量氮均极显著相关,而 C/N 与之无关。氮素各项指标之间极显著相关,决定系数(R^2)均介于 0.50—0.98 之间。土壤中各指标间的相关系数在 0—10cm 土层有所增大,而在 10—20cm 土层中,铵态氮和微生物量氮与其他氮素不相关。由此可见,表层土壤中,氮素之间的相关性更大。

由于矿化氮、硝态氮、铵态氮和微生物量氮均属于总氮,当简单地用它们的数值和总氮做相关分析时,其间存在的自相关关系会使得相关系数增大^[11],从而造成一定程度的过高估计。用各种氮素占总氮的百分比进行研究将更真实地反映各项氮素指标与总氮的关系,结果如表 4 所示,总氮中可矿化氮的比例基本恒定,矿化氮/总氮最大为 39.0mg/g,最小为 20.5 mg/g,前者约为后者的 2 倍,而总氮最大值为最小值的 9 倍,矿化氮最大值为最小值的 13.5 倍,即矿化氮/总氮的变化相较于总氮和矿化氮本身的变化幅度较小。有机氮和微生物量氮也表现出了同样的规律,它们在总氮中的比例分别介于 97.90%—99.26%和 1.22%—6.33%之间,微生物量氮与土壤总氮的比例与 Zhou 等^[12]人的研究基本一致。硝态氮/总氮与总氮显著正相关,铵态氮/总氮与总氮极显著负相关,说明总氮含量越高的土壤,其中硝态氮所占的比例越高,铵态氮的含量所占的比例越低。可见,总氮含量的变化对各形态氮素的影响程度并不相同。

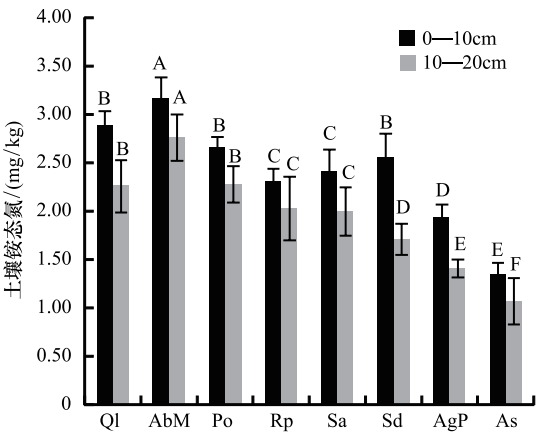


图 6 不同植被群落下土壤铵态氮含量
Fig.6 Soil NH₄⁺-N under different vegetation types

表 3 氮素相关关系
Table 3 Correlation coefficients of soil nitrogen

氮素形态 Nitrogen forms	总氮 TN	有机氮 Organic-N	矿化氮 Mineralization-N	硝态氮 Nitrate-N	铵态氮 Ammonium-N	微生物量氮 Microbial biomass Nitrogen (Mic-N)
有机质 organic matter	0.67 **	0.67 **	0.69 **	0.51 **	0.48	0.59 **
土壤 C/N Soil C/N	-0.11	-0.10	-0.08	-0.07	-0.20	0.06
pH	-0.70 **	-0.69 **	-0.74 **	-0.56 **	-0.43	-0.57 **
容重 Bulk density	-0.79 **	-0.78 **	-0.85 **	-0.65 **	-0.49	-0.61 **
总氮 TN	1	0.99 **	0.97 **	0.92 **	0.80 **	0.87 **
有机氮 Organic-N		1	0.97 **	0.91 **	0.80 **	0.87 **
14d 可矿化氮 14 d Min-N			1	0.91 **	0.76 **	0.83 **
硝态氮 Nitrate-N				1	0.78 **	0.92 **
铵态氮 Ammonium-N					1	0.71 **
微生物量氮 Mic-N						1

n = 16, * * 表示 P<0.01

表 4 各形态氮素占总氮比例与总氮相关关系

Table 4 Correlation coefficients of the ratio of soil nitrogen forms to total N and total N

各氮素占 总氮的比率 The ratio of nitrogen to total nitrogen	有机氮 Organic-N (97.9%—99.3%)	矿化氮/总氮 Mineralizable Nitrogen/T-N (2.1%—3.9%)	微生物量氮/总氮 Mic-N/T-N (1.2%—6.3%)	硝态氮/总氮 Nitrate-N/T-N (0.4%—1.8%)	铵态氮/总氮 Ammonium-N/T-N (0.1%—0.5%)
总氮 TN	-0.06	-0.15	-0.24	0.59 *	-0.83 **

3 讨论

3.1 植被演替群落对土壤氮素含量的影响

自 20 世纪 90 年代以来,黄土高原丘陵沟壑区进行了大规模的植被建设与土地利用调整,流域植被覆盖

度和土壤质量逐渐恢复和提高^[13],随着植被演替的逐步进行,土壤氮素得到了很大改善^[6]。本研究中,从草本群落到乔灌草群落,土壤各形态氮素含量逐渐升高,自然恢复的乔灌草群落土壤氮素含量最高,其次是灌草群落,草本群落最低,这与其他学者的研究成果相符^[14-15]。随着植被恢复的进行,植被覆盖度增加,植物生长产生的枯枝落叶和根系腐解物在土壤中积累、矿化,一方面把大部分无机营养元素归还土壤,另一方面改善了土壤的物理性质、质地和通气状况,从而导致微生物活动强度大,对氮素的固定、转化能力增强^[16]。另外,植物残体腐解过程中所产生的酸类物质还可以促进土壤中难溶性物质向有效性方向转化,从而促进氮素的增加^[7]。相较于自然恢复的乔灌草群落,人工刺槐林土壤氮素含量较低,可见虽然人工干扰使得植被演替进程变快,但是土壤氮素条件并没有得到相应的改善。有研究表明,人工林可通过次生演替在恢复土壤特性和维持土壤肥力方面发挥重要作用^[17],其对于土壤水文效应的增强甚至高于自然恢复过程^[18],而作为黄土高原水土流失区引种最成功的造林树种之一,刺槐林对于土壤氮素的改善远远不及自然恢复植被。这可能与人工林物种多样性的恢复十分缓慢^[19],枯落物层不明显,另外人为干扰会使得土壤持水性能下降^[20],从而影响氮素的累积有关。有学者发现,黄土高原人工植被群落已表现出生产力逐渐降低,群落衰退的现象^[21],阻碍了植被的恢复演替进程。因此,人工引种时,应遵循演替规律,因地制宜,而不应采取强制手段,盲目建造顶级群落,以免事倍功半,甚至对环境造成破坏。

不同氮素对植被演替的敏感性不同,0—20cm 土层,以硝态氮最为敏感,这与其他学者的研究成果一致。温仲明等^[2]研究发现在黄土高原森林边缘区,速效氮对植被恢复的响应强于总氮。彭文英等^[1]研究也发现土壤速效养分在植被恢复过程中增加的速度高于全量养分。这可能是因为 7 月份研究区域降雨较多^[22],氨化作用强烈^[7],铵态氮一方面直接转化为硝态氮,另一方面,其易于被微生物摄取^[23],间接导致硝态氮含量升高。

3.2 土壤氮素含量与土壤理化性质的关系

土壤有机质与各形态氮素极显著正相关,土壤容重和 pH 与之极显著负相关。这与王斌等^[24]的研究结果一致。土壤有机质是土壤氮素的基质,因此其含量与土壤氮矿化潜能显著正相关^[25]。土壤容重决定了土壤的通透性,容重升高使得土壤中 O₂ 含量降低,对微生物活动造成了不利影响^[26],因此对氮素的转化具有反作用。一般认为,土壤 pH 与氮矿化作用正相关,因为土壤 pH 值的升高增加了土壤有机质的可溶性,为微生物的活动提供了大量富含 C 和 N 基团的物质,从而促进了氮的矿化^[27]。而本研究区域内的土壤均为碱性,pH 越低的土壤,越接近中性,越有利于微生物增加活性,因此 pH 同氮素表现出了正相关关系。土壤各形态氮含量与土壤 C/N 无关,这与大多数学者的研究结果不符。研究普遍发现,土壤可矿化氮与 C/N 负相关^[25,28]。这是因为本研究区域,土壤 C/N 稳定且较低,0—10cm 土层介于 8.56—15.91 之间,碳含量相对不足,因此当 C/N 发生微小变化时,不足以影响微生物活动,从而使氮含量增加。

土壤中各项氮素指标之间均具有极显著的正相关关系,可见氮循环的各个环节是密切相关的,总氮含量的升高使得可矿化基质升高,进而引起微生物数量增多,活性增强,一方面自身固持的氮素增加,另一方面,转化得到的铵态氮、硝态氮含量增加。而由于 0—10cm 土层地上凋落物以及地下生物量、根系分泌物的含量都较 10—20cm 土层多,因此上层土壤中各项氮素之间的相关性更为明显。

3.3 氮循环过程中氮素转化特征

总氮中有机氮、可矿化氮和微生物量氮的比例较稳定。土壤可矿化氮和微生物量氮的影响因素很多,包括环境因子、土壤性质、植被和凋落物状况等,当这些因素改变时,土壤会调节其氮素转化过程,使其比例相对稳定,说明土壤有一定的自稳机制。就土壤湿度而言,大多数学者认为湿度是氮素矿化的最重要的环境因子^[29],对氮矿化速率有着强烈的影响^[30],同时强烈地影响着微生物量氮含量^[31]。本研究中可矿化氮和微生物量氮占总氮的比例与土壤湿度的关系并不明显,比如 0—10cm 土层,茭蒿、铁杆蒿群落和辽东栎群落的土壤矿化氮/总氮差别不大,而其含水量却相差一倍有余。可见,当环境发生一定程度的改变时,尽管土壤各形态氮素含量发生了变化,但其占总氮的比例保持稳定。

硝态氮/总氮随总氮含量的升高而升高,而铵态氮则相反,随总氮的升高有所降低。氨化作用和硝化作用是氮素循环中的重要过程,对氮的形态和比例、氮的有效性、氮的淋失和反硝化作用有显著影响^[32]。结合实验室好气培养条件下矿化氮/总氮恒定的结果,说明总氮含量越高的土壤,其硝化作用较氨化作用更强烈,氨化作用、硝化作用对不同土壤氮素环境有着不同的响应。这可能与氮转化微生物区系有关,需要进一步论证。上述现象最终导致土壤中无机氮多以硝态氮的形式存在,这对于氮素在土壤中的留存不利。一般而言,森林土壤的铵态氮浓度通常高于硝态氮浓度^[33],这是生态系统保持氮素的一种机制^[34]。可见,森林生态系统的破坏对于氮素的转化机制产生了不利影响。

4 结论

随着植被由草本群落演替至顶级辽东栎群落,土壤氮素含量逐渐增加,整体表现为乔灌木群落>灌木群落>草本群落。然而,人工建造的刺槐林,虽然同样为乔灌木群落,但是土壤氮素含量并不高,甚至低于灌木群落,可见人工恢复林在土壤氮素的恢复方面不及自然恢复群落。硝态氮相较于其他形态氮素,对植被的恢复最为敏感,可作为土壤氮素含量的敏感指标,而铵态氮含量最为稳定。

氮素循环的各个环节密切相关,氮素指标之间相关性显著,且在表层表现尤为明显。有机氮、可矿化氮和微生物量氮占总氮的比例比较恒定,不会因总氮的变化而产生较大波动,而硝态氮占总氮的比例随总氮含量的增加而增加,铵态氮占总氮的比例随总氮含量的增加而降低,可见土壤中各种氮素对总氮含量变化的响应程度不同。

References:

- [1] Peng W Y, Zhang K L, Chen Y, Yang Q K. Research on soil quality change after returning farmland to forest on the Loess sloping croplands. *Journal of Natural Resources*, 2005, 20(2): 272-278.
- [2] Wen Z M, Jiao F, Hao X H, Jiao J Y. Spontaneous succession and its impact on soil nutrient on abandoned farmland in the northern edge of the forest zone on the Loess Plateau. *Acta Prataculturae Sinica*, 2007, 16(1): 16-23.
- [3] Li M F, Cao Y S, Qi Y C, Geng Y B. Effect of Land-use Change on the Contents of C & N in Temperate Grassland Soils. *Grassland of China*, 2005, 27(1): 1-6.
- [4] Kobler R L, Rouppet B, Westfall D G, Peterson G A. Evaluation of an in situ net soil nitrogen mineralization method in dryland agroecosystem. *Soil Science Society of America Journal*, 1997, 61(3): 504-508.
- [5] Reich P B, Grigal D F, Aber J D, Gower S T. Nitrogen mineralization and productivity in 50 hardwood and conifer stands on diverse soils. *Ecology*, 1997, 72(2): 335-347.
- [6] Zhang X P, Yang G H, Ren G X, Feng Y Z. Effects of vegetation restoration on soil physical-chemical properties and activities of soil enzyme in the gully region of the Loess Plateau. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2010, 28(6): 64-68.
- [7] Maithani K, Arunachalam A, Tripathi R S, Pandey H N. Nitrogen mineralization as influenced by climate, soil and vegetation in a subtropical humid forest in northeast India. *Forest Ecology and Management*, 1998, 109: 91-101.
- [8] Bao S D. *Agricultural Soil Analysis* (3rd edited). Beijing: China Agriculture Press, 2007: 20-65.
- [9] Brookes P C, Landman A, Pruden G, Jenkinson D S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen, a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 1985, 17: 837-842.
- [10] Yang R, Zhao M X, Zhou J B. Effects of different conditions on the determination of total nitrogen in solution by persulfate oxidation method. *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agricultural and Forest (Nat. Sci. Ed)*, 2005, 33(12): 107-111.
- [11] Li S X. Ways and strategies for increasing fertilizer nitrogen efficiency in dryland soil. *Acta Pedologica Sinica*, 2002, (39): 56-76.
- [12] Zhou J B, Li S X. Relationship between soil microbial biomass C and N and mineralizable nitrogen in some arable soils on Loess Plateau. *Pedosphere*, 1998, 8(4): 349-354.
- [13] Ma Y H, Guo S L, Yang Y L, Wang X L, Yang G. Influence of vegetation types on soil organic at Yanggou Catchment in the Loess Hilly-gully region. *Journal of Natural Resources*, 2007, 22(1): 97-106.
- [14] Zhang C E, Chen X L. Characteristics of soil enzymatic activity and nutrient of pasture from abandoned field in different years on the Loess Hilly areas. *Acta Agrestia Sinica*, 1997, 5(3): 195-200.
- [15] Jia S H, Li R X, Li Y S. Soil organic carbon and nitrogen dynamics during the re-vegetation process in the arid desert region. *Journal of Plant Ecology*, 2007, 31(1): 66-74.
- [16] Rutigliano F A, Castaldi S, D'Ascoli R, Papa S. Soil activities related to nitrogen cycle under three plant cover types in Mediterranean environment. *Applied Soil Ecology*, 2009, 43: 40-46.
- [17] Lamb D. Large-scale ecological restoration of degraded tropical forest lands: The potential role of timber plantations. *Restor Ecol*, 1998, 6(3): 271-279.
- [18] Zhang Y D, Zhao C M, Liu S R. Woodland hydrological effects of spruce plantations and natural secondary series in sub-alpine region of western Sichuan. *Journal of Natural Resources*, 2004, 19(6): 761-768.

- [19] Wu Y, Liu Q, Qiao Y K, Pan K W, Zhao C M, Chen Q H. Species diversity changes in sub-alpine coniferous forest of different restoration stages and their effects on soil properties. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, 25(6): 648-655.
- [20] Pang X Y, Liu Q, Liu S Q, Wu Y, Lin B, He H. Effect of human-induced disturbance on soil physical properties of subalpine coniferous forest in western Sichuan. *Chinese Journal of Applied & Environmental Biology*, 2002, 8(6): 583-587.
- [21] Wu Q X. The mechanism and function of forest on the soil and water conservation. Beijing: Science Press, 2005: 14.
- [22] Wu Q X, Yang W Z. Loess Plateau vegetation construction and sustainable develop. Beijing: Science Press, 1998: 3.
- [23] Jackson L E, Schimel J P, Firestone M K. Short-term partitioning of ammonium and nitrate between plants and microbes in an annual grassland. *Soil Biology and Biochemistry*, 1989, 21: 409-411.
- [24] Wang B, Chen Y M, Zhou Z Y. Study of soil nitrogen mineralization at different altitude on western slope of Helan mountains, China. *Journal of desert research*, 2007, 27(3): 483-490.
- [25] Chu H Y, Paul G. Soil microbial biomass, nutrient availability and nitrogen mineralization potential among vegetation-types in a low arctic tundra landscape. *Plant Soil*, 2010, 329: 411-420.
- [26] Jonathan D. Nitrogen mineralization potential in important agricultural soils of Hawai'i. *Soil and crop management*, 2006, 15: 1-5.
- [27] Curtin D, Campbell C A, Jalil A. Effects of acidity on mineralization: pH-dependence of organic matter mineralization in weakly acidic soils. *Soil. Biol. Biochem*, 1998, 30(1): 57-64.
- [28] Wang C H, Xing X R, Han X G. Advances in study of factors affecting soil N mineralization in grassland ecosystems. *Chinese journal of applied ecology*, 2004, 15(11): 2184-2188.
- [29] Li G C, Han X G, Huang J H, Tang J W. A review of affecting factors of soil nitrogen mineralization in forest ecosystems. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(7): 1187-1195.
- [30] Evans C A, Miller E K, Friedland A J. Nitrogen mineralization associated with birch and fir under different soil moisture regimes. *Can J For Res*, 1998, 28: 1890-1898.
- [31] Zhou J B, Chen Z J, Li S X. Contents of soil microbial biomass nitrogen and its mineralized characteristics and relationships with nitrogen supplying ability of soils. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(10): 1718-1725.
- [32] Montagnini F, Buschbacher R. Nitrification rates in two undisturbed tropical rain forests and three slash-and-burn sites of the Venezuelan Amazon. *Biotropica*, 1989, 2: 9-14.
- [33] Li G C, Han X G, Huang J H, Wang C Y. Dynamics of soil inorganic nitrogen in middle mountain moist evergreen broadleaf forest under different disturbance intensities in Ailao mountain. *Chinese journal of applied ecology*, 2003, 14(8): 1251-1256.
- [34] Ratnam J, Sankaran M, Hanan N P, Grant R C, Zambatis N. Nutrient resorption pattern of plant functional groups in a tropical savanna: variation and functional significance. *Oecologia*, 2008, 157: 141-151.

参考文献:

- [1] 彭文英, 张科利, 陈瑶, 杨勤科. 黄土坡耕地退耕还林后土壤性质变化研究. *自然资源学报*, 2005, 20(2): 272-278.
- [2] 温仲明, 熊峰, 赫晓慧, 焦菊英. 黄土高原森林边缘区退耕地植被自然恢复及其对土壤养分变化的影响. *草业学报*, 2007, 16(1): 16-23.
- [3] 李明峰, 曹云社, 齐玉春, 耿元波. 温带草原土地利用变化对土壤碳氮含量的影响. *中国草地*, 2005, 27(1): 1-6.
- [6] 张笑培, 杨改河, 任广鑫, 冯永忠. 黄土高原南部植被恢复对土壤理化性状与土壤酶活性的影响. *干旱地区农业研究*, 2010, 28(6): 64-68.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版). 北京: 中国农业出版社, 2007, 20-65.
- [10] 杨绒, 赵满兴, 周建斌. 过硫酸钾氧化法测定溶液中全氮含量的影响条件研究. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2005, 33(12): 107-111.
- [11] 李生秀. 提高旱地土壤氮肥利用效率的途径和对策. *土壤学报*, 2002, (39): 56-76.
- [13] 马玉红, 郭胜利, 杨雨林, 王小利, 杨光. 植被类型对黄土丘陵区流域土壤有机碳氮的影响. *自然资源学报*, 2007, 22(1): 97-108.
- [14] 张成娥, 陈小利. 黄土丘陵区不同撂荒年限自然恢复的退化草地土壤养分及酶活性特征. *草地学报*, 1997, 5(3): 195-200.
- [15] 贾晓红, 李荣新, 李元寿. 干旱沙区植被恢复汇总土壤碳氮变化规律. *植物生态学报*, 2007, 31(1): 66-74.
- [18] 张远东, 赵常明, 刘世荣. 川西亚高山人工云杉林和自然恢复演替系列的林地水文效应. *自然资源学报*, 2004, 19(6): 761-768.
- [19] 吴彦, 刘庆, 乔永康, 潘开文, 赵常明, 陈庆恒. 亚高山针叶林不同恢复阶段群落物种多样性变化及其对土壤理化性质的影响. *植物生态学报*, 2001, 25(6): 648-655.
- [20] 庞学勇, 刘庆, 刘世全, 吴彦, 林波, 何海. 人为干扰对川西亚高山针叶林土壤物理性质的影响. *应用与环境生物学报*, 2002, 8(6): 583-587.
- [21] 吴钦孝. 森林保持水土机理及功能调控技术. 北京: 科学出版社, 2005: 14.
- [22] 吴钦孝, 杨文治. 黄土高原植被建设与持续发展. 北京: 科学出版社, 1998: 3.
- [24] 王斌, 陈亚明, 周至于. 贺兰山西坡不同海拔梯度上土壤氮素矿化作用的研究. *中国沙漠*, 2007, 27(3): 483-490.
- [28] 王常慧, 邢雪荣, 韩兴国. 草地生态系统中土壤氮素矿化影响因素的研究进展. *应用生态学报*, 2004, 15(11): 2184-2188.
- [29] 李贵才, 韩兴国, 黄建辉, 唐建维. 森林生态系统土壤氮矿化影响因素研究进展. *生态学报*, 2001, 21(7): 1187-1195.
- [31] 周建斌, 陈竹君, 李生秀. 土壤微生物量氮含量、矿化特性及其供氮作用. *生态学报*, 2001, 21(10): 1718-1725.
- [33] 李贵才, 韩兴国, 黄建辉, 王长耀. 哀牢山中山湿性常绿阔叶林不同干扰强度下土壤无机氮的变化. *应用生态学报*, 2003, 14(8): 1251-1256.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.22 Nov., 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- The review of methods for mapping species spatial distribution using presence/absence data LIU Fang, LI Sheng, LI Diqiang (7047)
- A research review of landscape service LIU Wenping, YU Zhenrong (7058)
- Progress on techniques for partitioning soil respiration components and their application in cropland ecosystem CHEN Minpeng, XIA Xu, LI Yinkun, MEI Xurong (7067)

Autecology & Fundamentals

- Effect of different stubble height treatments on the annual growth index and physiological characteristics of *Tetraena mongolica* in two growing seasons WANG Zhen, ZHANG Liwen, YU Yi, et al (7078)
- Photosynthetic characteristics of an endangered species *Tetrameles nudiflora* under different light and water conditions DENG Yun, CHEN Hui, YANG Xiaofei, et al (7088)
- The compensation capacity of tillering and production of main stem nodes in rice WEI Ming, LI Dongxia (7098)
- Simulation of leaf area and dry matter production of tobacco leaves based on product of thermal effectiveness and photosynthetically active radiation ZHANG Mingda, LI Meng, HU Xueqiong, et al (7108)
- Effects of different tillage and straw systems on soil water-stable aggregate distribution and stability in the North China Plain TIAN Shenzhong, WANG Yu, LI Na, et al (7116)
- Effects of the *Larix gmelinii* grown under different light intensities on the development and defensive enzyme activities of *Lymantria dispar* larvae LU Yifang, YAN Junxin, LI Shuangwen, et al (7125)
- Biological control efficiency of *Orius similis* Zheng (Hemiptera: Anthocoridae) on *Frankliniella occidentalis* (Pergande) under different spatial and caged conditions MO Lifeng, ZHI Junrui, TIAN Tian (7132)
- Preliminary study on scavenging mechanism of dissolved aluminum by phytoplankton WANG Zhaowei, REN Jingling, YAN Li, et al (7140)
- Leaf-form characteristics of plants in *Quercus aquifolioides* community along an elevational gradient on the Balang Mountain in Wolong Nature Reserve, Sichuan, China LIU Xingliang, HE Fei, FAN Hua, et al (7148)
- Comparison of shrimp density between the Minjiang estuary and Xinhua bay during spring and summer XU Zhaoli, SUN Yue (7157)
- The feeding selectivity of an herbivorous amphipod *Ampithoe valida* on three dominant macroalgal species of Yundang Lagoon ZHENG Xinqing, HUANG Lingfeng, LI Yuanchao, et al (7166)

Population, Community and Ecosystem

- Effects of four different agricultural prevention and control measures on rice yellow stem borer *Tryporyza incertulas* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) ZHANG Zhenfei, HUANG Bingchao, XIAO Hanxiang, et al (7173)
- Soil nitrogen concentrations and transformations under different vegetation types in forested zones of the Loess Gully Region XING Xiaoyi, HUANG Yimei, AN Shaoshan, et al (7181)
- Ecosystem health assessment based on diagnosis CAI Xia, XU Songjun, CHEN Shanhao, et al (7190)
- The production and accumulation of phytoliths in rice ecosystems: a case study to Jiaxing Paddy Field LI Zimin, SONG Zhaoliang, JIANG Peikun (7197)
- Application of a free search-based projection pursuit model in investigating reed in wetlands LI Xinhua, ZHAO Chengyi (7204)

- Soil microbial diversity under typical vegetation zones along an elevation gradient in Helan Mountains
..... LIU Bingru, ZHANG Xiuzhen, HU Tianhua, et al (7211)
- Effects of shrub encroachment on biomass and biodiversity in the typical steppe of Inner Mongolia
..... PENG Haiying, LI Xiaoyan, TONG Shaoyu (7221)
- Research on diaspore morphology and species distribution of 80 plants in the hill-gully Loess Plateau
..... WANG Dongli, ZHANG Xiaoyan, JIAO Juying, et al (7230)
- Habitat suitability assessment of blue sheep in Helan Mountain based on MAXENT modeling
..... LIU Zhensheng, GAO Hui, TENG Liwei, et al (7243)
- Characteristic of phytoplankton primary productivity and influencing factors in littoral zone of Lake Taihu
..... CAI Linlin, ZHU Guangwei, LI Xiangyang (7250)
- Landscape, Regional and Global Ecology**
- Responses of soil respiration to changes in depth of seasonal frozen soil in Ebinur Lake area, arid area of Northwest China
..... QIN Lu, LV Guanghui, HE Xuemin, et al (7259)
- Seasonal and annual variation characteristic in basal soil respiration of black loam under the condition of farmland field
..... ZHANG Yanjun, GUO Shengli, LIU Qingfang, et al (7270)
- Resource and Industrial Ecology**
- Economic evaluation and protection of *Amygdalus mira* genetic resource ZHANG Lirong, MENG Rui, LU Guobin (7277)
- Meteorological grading indexes of water-saving irrigation for cotton XIAO Jingjing, HUO Zhiguo, YAO Yiping, et al (7288)
- Research Notes**
- Sprouts characteristic structure of *Taxus yunnanensis* plantation SU Lei, SU Jianrong, LIU Wande, et al (7300)
- The effects of forest conversion on soil N mineralization and its availability in central jiangxi subtropical region
..... SONG Qingni, YANG Qingpei, YU Dingkun, et al (7309)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的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;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 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

本期责任副主编 杨志峰

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 33 卷 第 22 期 (2013 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 22 (November, 2013)

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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@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 90.00 元