

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2013-0475

利用方式对兰州南部山区 林草地土壤特性的影响

吴永华¹, 钟芳²

(1. 兰州市园林科学研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 兰州市南北两山环境绿化工程指挥部, 甘肃 兰州 730046)

摘要:以兰州南部山区林草地不同利用方式——陡坡耕地、陡坡撂荒(1年、5年和10年)和撂荒辅以人工造林(30年)为对象,研究不同利用方式对林草地主要植被种类和盖度、土壤化学特性(有机质、全氮、碱解氮和速效钾等)和微生物量(碳、氮和磷)的影响。结果表明,不同利用方式下的植被种类、植被盖度差异较大,撂荒辅以人工造林(30年以上)物种丰富度和盖度最高,撂荒10年次之,撂荒1年最小且形成以蒿类为主的不稳定杂类草群落。土壤有机质、全氮、碱解氮和速效钾含量:撂荒辅以人工造林(30年)>撂荒10年>撂荒5年>撂荒1年>陡坡耕地;土壤速效磷、pH值和CaCO₃含量:陡坡耕地>撂荒1年>撂荒5年>撂荒10年>撂荒辅以人工造林(30年)。随耕地年限的增加,土壤微生物量碳和氮变化趋势相似,即:撂荒辅以人工造林(30年)>10年>撂荒5年>撂荒1年>陡坡耕地;土壤微生物量磷含量的变化趋势:撂荒辅以人工造林(30年)>陡坡耕地>撂荒10年>撂荒1年>撂荒5年。土壤微生物量碳、氮与有机质、全氮及碱性氮呈极显著正相关($P<0.01$),与碳酸钙、速效磷呈显著负相关($P<0.05$),微生物量磷与碳酸钙呈显著负相关($P<0.05$)。

关键词:土壤化学特性;土壤微生物量;利用方式

中图分类号:S812.2;S154.1

文献标识码:A

文章编号:1001-0629(2014)05-0803-08

Effects of utilization types on soil properties of forest-grassland in Lanzhou South Region

WU Yong-hua¹, ZHONG Fang²

(1. Institute of Garden Research of Lanzhou, Lanzhou 730070, China;

2. Green Project Headquarter of South-North Hills Environments of Lanzhou, Lanzhou 730046, China)

Abstract: Characteristics of plant species and coverage, soil chemical properties (soil organic matter, total nitrogen, available nitrogen and available potassium etc.) and microbial biomass [soil microbial biomass carbon (SMBC) and nitrogen (SMBN)] of different utilization types including sloping farmland (SF), abandoned (1, 5 and 10 year) and 30-year-abandoned with forestation (30AF) were investigated in Forest-grassland of Lanzhou South Region. The results showed that plant species and coverage had great difference for different utilization types. Utilization type of 30AF had the highest plant abundance and coverage, followed by 10 year abandoned (10AF) and 1-year abandoned (1AF) had least plant abundance and coverage and formed an unstable artemisia dominated community. Soil organic matter, total nitrogen, available nitrogen and available potassium contents decreased with the following orders: 30AF>SF>10AF>5AF>1AF, however, available phosphorus, pH and CaCO₃ contents decreased with the following orders: SF>

* 收稿日期:2013-08-18 接受日期:2014-03-24

基金项目:国家科技支撑计划项目——黄土丘陵—风沙区生态修复技术集成与试验示范(2011BAC07B05-5)

第一作者:吴永华(1967-),女,甘肃兰州人,高级工程师,本科,研究方向为植被与生态。E-mail:lzyky@126.com

通信作者:钟芳(1970-),女,广东潮州人,高级工程师,本科,研究方向为植被修复与土壤质地调控技术。

E-mail:green_zf@163.com

1AF>5AF>10AF>30AF. SMBC and SMBN decreased in following orders: 30AF>10AF>5AF>1AF>SF. Soil microbial biomass phosphorus (SMBP) decreased with the following orders: 30AF>SF>10AF>1AF>5AF. The Pearson correlation analysis indicated that SMBC and SMBN presented significant positive relationship($P<0.01$) with organic matter, total nitrogen, available nitrogen and remarkable negative relationship with available P and CaCO_3 ($P<0.05$). There was a significantly negative relationship between SMBP and CaCO_3 ($P<0.05$).

Key words: soil chemical properties; soil microbial biomass; utilization types

Corresponding author: ZHONG Fang E-mail: green_zf@163.com

水土保持是我国黄土高原地区土壤退化防治研究的重中之重。兰州南部山区属于典型的黄土丘陵区侵蚀环境^[1]。长期以来,存在着陡坡开垦、毁林造田现象,大片天然针阔混交林与灌草林地遭到人为破坏,生态环境持续恶化、土壤质量不断退化。不仅威胁到该区域的可持续发展,而且也影响到周边地区的生态环境。土壤的恢复与保育是植被建设和生态环境可持续发展的重要技术之一^[2-3]。土壤微生物是土壤中的活性成分,是土壤物质转化、养分循环和能量流动的主要驱动力,直接参与了有机质分解和养分循环等诸多重要过程。土壤微生物量可以灵敏地反映各环境因子、生物种类、土地利用模式及生态功能的变化过程,是表征土壤生态系统中物质转化和能量流动的重要参数,常被用来评价土壤品质和微生物群落状态与功能的变化^[4-6]。因此,研究黄土高原半干旱丘陵区土壤微生物量和土壤养分变化过程及其相关关系,对于认识该地区利用方式对土壤化学特性和土壤微生物量的影响以及生态恢复过程具有重要意义。

黄土丘陵区属于典型的被侵蚀环境,是国家生态建设和环境治理的重点区域,坡耕地撂荒是该区植被恢复的有效途径之一。因为该途径不但可以减少人为干扰,依靠植被的自然恢复能力,同时还可以有效保持水土,减少土壤侵蚀,通过土壤-植物耦合系统的功能来改善土壤质量^[7-8]。近年来,随着对微生物在整个生态系统中重要作用的认识,愈来愈多的研究集中于用土壤微生物参数来评价土壤肥力和质地^[9-12]。目前,针对黄土丘陵区坡耕地撂荒后的研究主要集中于植被演替、植物种类及其生物量变化、水分效应、土壤养分和土壤酶活性等方面,而针对坡耕地撂荒后土壤微生物量(碳、氮和磷)及其与土壤特征的相关性的研究相对较少。本研究针对目前兰州南部山区主要的土地利用方式,分析其对

土壤理化特性和土壤微生物量的影响,以期为该地土地资源利用、植被恢复、土壤改良和科学管理提供科学理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于甘肃省兰州市南部黄土丘陵区,面积 112 295.758 hm^2 。该区地形破碎,沟壑纵横,属黄土高原西部典型丘陵沟壑地貌,海拔 2 000~3 500 m,属北温带半干旱大陆性季风气候。年降水量 300~660 mm,年均蒸发量 900 mm,年日照时数 2 100~2 670 h,年总辐射 460.02~543.66 $\text{kJ}\cdot\text{cm}^{-2}$,年平均气温 2.5~6.4 $^{\circ}\text{C}$,极端最高气温 32.6 $^{\circ}\text{C}$,极端最低气温 -28 $^{\circ}\text{C}$,无霜期 46~65 d。地带性土壤以黄土母质和岩石风化残积母质上发育而成的栗钙土、灰钙土为主,少数为黑麻土和黄绵土。植被类型为北温带落叶阔叶林向干草原过渡的森林草原带。

1.2 样地设置

2011年6-7月,依据近30年兰州市南山区域的年平均降水观测数据,利用 ArcGIS 软件绘制出的南山区域降水梯度线,以林缘线附近(兴隆山、阿干镇、七道梁、尖山和关山等)现存的片林区域、陡坡耕地与撂荒地区域为采样区,选择海拔相似,坡向、坡位相近,坡度 $\geq 25^{\circ}$ 区域的陡坡耕地和不同年限(1年、5年和10年)的陡坡撂荒地及撂荒辅以人工造林(30年以上)为研究对象(表1),进行实地植被种类调查和土壤样品采集。样地土壤类型均为灰褐土、栗钙土、黄土母质。

1.3 样地植被种类调查及土壤样品采集

1.3.1 样地植被种类调查 按照不同的利用方式,每种方式共布设3个固定样地,每块样地布3个样方,样方面积 10 m \times 10 m,对样地内所有植物进行

表 1 样地基本情况
Table 1 Basic information of sample site

利用方式 Utilization type	降水量 Precipitation/ mm	坡向 Slope aspect	坡度 Slope degree	海拔 Altitude/ m	纬度 Latitude/N	经度 Longitude/E
坡耕地 Sloping farmland	400~550	北偏东 NE	25°~27°	2 260~2 270	35°52'53"~ 35°55'43"N	103°52'37"~ 104°00'24"E
撂荒 1 年 1-year-abandoned	400~550	北偏东 NE	25°~28°	2 200~2 254	35°52'28"~ 35°55'20"N	103°52'25"~ 104°01'24"E
撂荒 5 年 5-year-abandoned	400~550	北偏东 NE	25°~28°	2 200~2 250	35°52'17"~ 35°55'28"N	103°52'22"~ 104°01'23"E
撂荒 10 年 10-year-abandoned	400~550	北偏东 NE	25°~26°	2 260~2 290	35°52'28"~ 35°55'30"N	103°52'25"~ 104°01'29"E
撂荒辅以人工造林(30 年以上) 30-year-abandoned with forestation	400~550	北偏东 NE	25°~27°	2 220~2 300	35°52'17"~ 35°55'43"N	103°52'22"~ 104°01'29"E

调查,记录植物种名,目测植被盖度。

1.3.2 土壤样品采集 在各样点按“S”型选取 6 点,用土钻取 0—20 cm 土样,用四分法取适量分两份带回实验室分析。一份风干后用于土壤理化特性测定,另一份保存于 4 °C 冰箱用于微生物量测定。

1.4 土壤理化性质测定

土样风干后,分别过 1.00 和 0.25 mm 筛后测定土壤基本理化性质。按照常规法测定 pH 值;全 N 用半微量滴定法测定;有机质用重铬酸钾容量法测定;碱解 N 用碱解扩散法测定;用 1 mol · L⁻¹ 中性醋酸钠浸提土样后,用火焰光度计测速效 K;用 0.5 mol · L⁻¹ 碳酸氢钠提取土壤样品后,用钼蓝比色法测速效 P;用气量法装置测定 CaCO₃^[13-14]。

1.5 土壤微生物量测定

氯仿熏蒸法^[15]。称取过筛并经 7 d 预培养的新鲜土样(10.0 g)3 份,分别取其中一份放入 50 mL 烧杯中后置入干燥器,干燥器底部放置几张用水湿润过的滤纸、装有约 50 mL(1 mol · L⁻¹ NaOH)溶液的烧杯和一个装有约 50 mL 无乙醇氯仿的烧杯(内加少量无水 CaCl₂,抗暴沸),用少量凡士林完全密封干燥器后用真空泵抽至氯仿沸腾并保持至少 2 min。随后关闭干燥器阀门,在 25 °C 黑暗条件下放置 24 h 之后打开阀门,如果没有空气吸入声音,则表示干燥器漏气,应重新称样进行熏蒸处理。当干燥器不再吸入空气时,取出之前的 NaOH 溶液和无

乙醇氯仿烧杯。擦净干燥器底部,取出滤纸,用真空泵反复抽气,直到土壤闻不到氯仿气味为止。设未熏蒸土样为对照。

土样经氯仿熏蒸后用 0.5 mol · L⁻¹ K₂SO₄ 溶液提取,采用重铬酸钾硫酸加热法测定浸提液中的碳,采用凯氏定氮法测定浸提液中的氮,然后分别计算土壤微生物碳(SMBC)和土壤微生物氮(SMBN)^[15]。土样经氯仿熏蒸后用 0.5 mol · L⁻¹ NaHCO₃ 溶液提取,之后用钼蓝比色法测定提取液中的磷,然后计算土壤微生物磷(SMBP)^[16]。

$$\text{土壤微生物量碳}(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}) = \frac{E_c - E_{c_0}}{0.38} \quad (1)$$

$$\text{土壤微生物量氮}(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}) = \frac{E_c - E_{c_0}}{0.54} \quad (2)$$

$$\text{土壤微生物量磷}(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}) = \frac{E_c - E_{c_0}}{0.40} \quad (3)$$

式中, E_c 为熏蒸土壤浸提液中有机碳量含量, E_{c_0} 为不熏蒸土壤浸提液中有机碳量含量,0.38、0.58 和 0.40 均为校正系数。

1.6 数据处理与分析

用 Excel 和 SPSS 16.0 统计分析软件进行数据分析,并采用 LSD 法进行数据的显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同利用方式对植物种类及盖度的影响

对不同利用方式的植物种类及群落盖度调查

(表 2)表明,5 种利用方式的主要植物种类及群落盖度差异较大,其物种丰富度和群落盖度为撂荒辅以人工造林(30 年以上)地最高,以灌木为主,同时有小乔木(如油松、云杉和白桦)和草本植物分布,形成较为稳定的乔灌混交林群落。其次为撂荒 10 年地,

形成盖度较大的疏灌草地。而撂荒 1 年地植物种类较少,盖度相对较低,形成以蒿类为主的不稳定的杂类草群落。坡耕地由于人为继续种植百合(*Lilium*)、胡麻(*Sesamum indicum*)等,虽盖度较大,但长势却较差。

表 2 不同利用方式主要植物种类及盖度

Table 2 Main plant species and coverage under different utilization types

利用方式 Utilization type	主要植物种类 Main plant species	群落盖度 Vegetation coverage	备注 Note
坡耕地 Sloping farmland	百合 Lily, 胡麻 Flax	60%~70%	
撂荒 1 年 1-year-abandoned	青蒿 <i>Artemisia carviifolia</i> , 狗尾草 <i>Setaria viridi</i> , 虫实 <i>Corispermum declinatum</i>	20%~30%	
撂荒 5 年 5-year-abandoned	阿尔泰紫菀 <i>Heteropappus altaicu</i> , 铁杆蒿 <i>A. sacrorum</i> , 艾蒿 <i>A. argyi</i> , 赖草 <i>Leymus secalinus</i>	40%~50%	蔷薇 (<i>Rosa hugoni</i>) 和甘肃小檗 (<i>Eriksansuensis</i>) 零星分布
撂荒 10 年 10-year-abandoned	蔷薇 <i>R. hugonis</i> , 沙棘 <i>Hippophae rhamnoides</i> , 灰荀子 <i>Cotoneaster horizontalis</i> , 冷蒿 <i>A. frigida</i> , 唐松草 <i>Thalictrum petaloideum</i> , 铁杆蒿 <i>A. sacrorum</i> , 拔葵 <i>Smilax stans</i> , 艾蒿 <i>A. argyi</i> , 互叶醉鱼草 <i>Buddleja alternifolia</i>	60%~70%	山杨 (<i>P. simonii</i>) 零星分布
撂荒辅以人工造林 (30 年以上) 30-year-abandoned with forestation	油松 <i>Pinus tabulaeformis</i> , 云杉 <i>Picea asperata</i> 山杨 <i>P. simonii</i> , 白桦 <i>Betula platyphylla</i> , 水荀子 <i>C. multiflorus</i> , 灰荀子 <i>C. horizontalis</i> , 蔷薇 <i>R. hugonis</i> , 沙棘 <i>Hippophae rhamnoides</i> , 珍珠梅 <i>Sorbaria sorbifolia</i> , 茜草 <i>Rubia cordifolia</i> , 冷蒿 <i>A. frigida</i> , 艾蒿 <i>A. argyi</i> , 唐松草 <i>Thalictrum petaloideum</i> , 糙苏 <i>Phlomis mongolica</i>	>90%	1980 前油松 (<i>P. tabulaeformis</i>), 云杉 (<i>P. asperata</i>) 为人工引入

2.2 不同利用方式对土壤化学性质的影响

对研究区 5 种利用方式的土壤全氮、有机质、碱解氮和速效钾等理化性质测定结果(表 3)表明,土壤有机质含量撂荒辅以人工造林(30 年)最高,撂荒 10 年次之、坡耕地最低。撂荒辅以人工造林(30 年)与撂荒 10 年、5 年及 1 年、坡耕地之间均差异显著($P < 0.05$);撂荒 10 年与撂荒 5 年差异不显著($P > 0.05$),但与撂荒 1 年、坡耕地之间均差异显著($P < 0.05$);撂荒 5 年与撂荒 1 年、坡耕地之间均差异显著($P < 0.05$)。全氮、碱解氮、速效钾含量的变化与有机质相似,均表现出撂荒辅以人工造林(30 年)最高,撂荒 10 年次之、坡耕地最低的特点,撂荒辅以人工造林(30 年)与撂荒 10 年与撂荒 5 年、1 年、坡耕地之间均差异显著($P < 0.05$)。而 5 种不同利用方式的土壤速效磷含量由高低依次为坡耕地 > 撂荒 1 年 > 撂荒 5 年 > 撂荒 10 年 > 撂荒辅以人工造林(30

年);土壤 pH 值的变化与土壤速效磷含量相似,但撂荒 1 年最高,与坡耕地差异不显著($P > 0.05$),与撂荒辅以人工造林(30 年)差异显著($P < 0.05$)。CaCO₃ 在坡耕地中含量最高,随着撂荒年限的增加而不断减少,撂荒辅以人工造林(30 年)中 CaCO₃ 的含量最少,其中坡耕地中 CaCO₃ 的含量与撂荒 10 年、撂荒辅以人工造林(30 年)的含量差异显著($P < 0.05$)。

2.3 不同利用方式对土壤微生物量的影响

2.3.1 不同利用方式对土壤微生物量碳的影响

土壤微生物量碳是土壤有机质中活性较高的部分,它是土壤养分重要的源^[2,6,15-17]。5 种利用方式中,土壤微生物量碳中撂荒辅以人工造林(30 年)和撂荒 10 年的疏灌草地与其他 3 种利用方式间差异显著($P < 0.05$),表现出随植被恢复年限增加而增大的趋势(图 1)。恢复年限长,植被种类丰富,盖度大

(表 2),土壤环境较好(表 3)的撂荒辅以人工造林(30 年)后,土壤微生物量碳含量最高为 308.33 mg · kg⁻¹;撂荒 10 年的疏灌草地次之,为 234.05 mg · kg⁻¹;而植被种类简单、继续耕种土壤环境较

差的坡耕地(表 2、3)最少,只有 97.76 mg · kg⁻¹,为撂荒辅以人工造林(30 年)地的 32%。不同利用方式对土壤微生物量碳的变化趋势与土壤有机质的变化趋势一致。

表 3 不同利用方式对土壤化学特性的影响

Table 3 Effects of difference land-use types on soil chemical properties

土壤特性 Soil property	利用方式 Utilization types				
	坡耕地 Sloping farmland	撂荒 1 年 1-year- abandoned	撂荒 5 年 5-year- abandoned	撂荒 10 年 10-year- abandoned	撂荒辅以人工造林 (30 年以上) 30-year-abandoned with forestation
有机质 Organic matter/g · kg ⁻¹	16.814±1.766c	18.838±3.274c	25.739±2.118b	31.929±4.047b	63.928±11.742a
全氮 Total N/g · kg ⁻¹	1.1911±0.036 ocd	1.269 4±0.084 7c	1.543 4±0.079 9c	2.073 7±0.206 2ab	3.174 4±0.324 2a
碱解氮 Available N/mg · kg ⁻¹	62.441±4.609bc	70.845±13.291bc	85.041±10.119b	118.160±15.969b	207.130±42.317a
速效钾 Available K/mg · kg ⁻¹	131.27±35.55b	148.91±38.70b	163.45±35.45ab	172.37±29.99ab	204.12±22.85a
速效磷 Available P/mg · kg ⁻¹	17.653±5.436a	11.734±2.744a	8.358±2.431ab	3.708±1.480c	1.766±0.356d
pH	7.730 2±0.133 0ab	7.818 0±0.083 7a	7.642 4±0.085 1ab	7.624 0±0.094 0ab	7.546 2±0.128 8b
CaCO ₃ /g · kg ⁻¹	124.19±22.51a	123.29±29.25a	97.708±21.15ab	83.686±28.89b	65.925±42.44b

注:同行不同小写字母表示差异显著。

Note: Different lower case letters within the same row indicate significant difference at 0.05 level.

2.3.2 不同利用方式对土壤微生物量氮的影响

土壤微生物量氮是土壤有机氮中最为活跃的组分,在土壤氮循环与转化过程中起着重要的调节作用^[2,6,12,15-17]。对兰州南部山区林草地不同利用方式的土壤生物量氮含量测定结果(图 2)表明,恢复年限长,植被种类丰富,盖度大,土壤环境相对较好的撂荒辅以人工造林(30 年)和撂荒 10 年的疏灌草地,土壤微生物量氮含量分别达 69.79 和 54.64 mg · kg⁻¹,且两者差异显著(P<0.05);而恢复年限较短、人为干扰较大、土壤环境相对较差的撂荒 5 年、撂荒 1 年及坡耕地土壤微生物量氮含量较少,分别为 36.90、31.63 和 22.72 mg · kg⁻¹,撂荒 1 年与撂荒 5 年及坡耕地差异不显著(P>0.05),但撂荒 5 年与坡耕地之间差异显著。撂荒辅以人工造林(30 年)和撂荒 10 年的疏灌草地与撂荒 5 年、撂荒 1 年及陡坡耕地土壤微生物量氮含量差异显著(P<0.05)。不同利用方式下,研究区土壤微生物量氮含量的变化趋势与土壤碱解氮、全氮含量的变化趋势

一致。

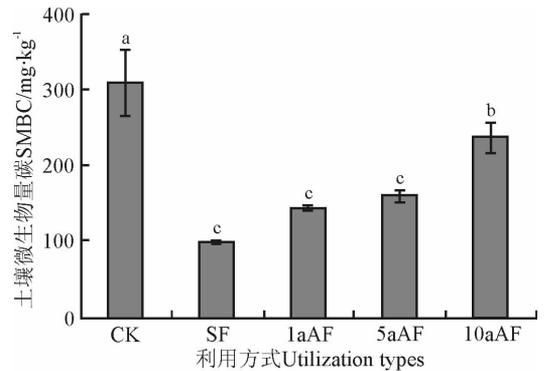


图 1 不同利用方式对土壤微生物量碳的影响

Fig. 1 Influence of land utilization type on SMBC

注:SF,陡坡耕地;1aAF,撂荒 1 年;5aAF,撂荒 5 年;10aAF,撂荒 10 年;CK,撂荒辅以人工造林(30 年)。不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: SF means Sloping farmland; 1aAF means 1-year-abandoned; 5aAF means 5-year-abandoned; 10aAF means 10-year- abandoned; CK means 30-year-abandoned with forestation; Different lower case letters mean significant difference at 0.05 level. The same below.

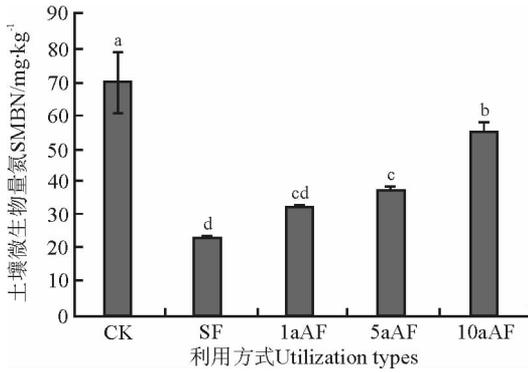


图2 不同利用方式对土壤微生物量氮的影响

Fig. 2 Influence of land utilization type on SMBN

2.3.3 不同利用方式对土壤微生物量磷的影响

土壤微生物量磷是土壤有机磷的重要组成部分,是有机磷中活性较高的部分,在调控土壤磷对植物的有效性方面有重要意义。不同利用方式土壤微生物量磷含量的变化趋势(图3)表现为撂荒辅以人工造林(30年)>陡坡耕地>撂荒10年>撂荒1年>撂荒5年。

土壤微生物量碳、氮含量的变化趋势不尽相似(图1、2)。土壤微生物量磷含量最高的撂荒辅以人工造林(30年)(63.74 mg·kg⁻¹)显著高于其他4种土地利用方式($P < 0.05$)。撂荒10年与陡坡耕地差异不显著($P > 0.05$),但显著高于撂荒1年和5年($P < 0.05$),撂荒5年和撂荒1年差异不显著($P > 0.05$)。

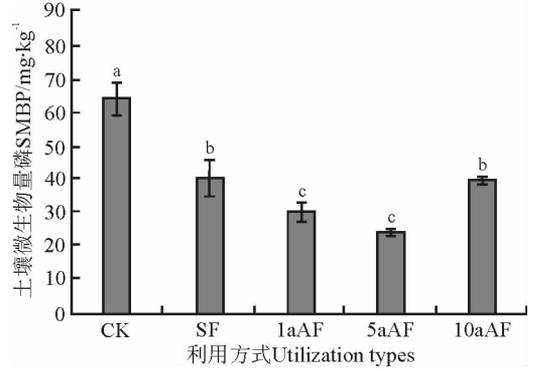


图3 不同利用方式对土壤微生物量磷的影响

Fig. 3 Influence of land utilization type on SMBP

表4 土壤微生物量与养分因子相关性分析

Table 4 Correlations among microbial biomasses and soil nutrient properties

项目 Item	pH	速效钾 Available K	全氮 Total N	碱解氮 Available N	有机质 Organic matter	碳酸钙 CaCO ₃	速效磷 Available P	微生物 量磷 SMBP	微生物 量氮 SMBN	微生物 量碳 SMBC
pH	1.000	-0.117	-0.252	-0.203	-0.241	0.024	0.270	-0.287	-0.241	-0.231
速效钾 Available K		1.000	0.243	0.134	0.186	0.220	-0.056	-0.046	0.001	0.278
全氮 Total N			1.000	0.853**	0.879**	-0.533*	-0.503*	0.293	0.554*	0.601**
碱解氮 Available N				1.000	0.965**	-0.647**	-0.411*	0.278	0.421*	0.696**
有机质 Organic matter					1.000	-0.647**	-0.392*	0.274	0.416*	0.673**
碳酸钙 CaCO ₃						1.000	0.038	-0.363*	0.161	-0.482*
速效磷 Available P							1.000	-0.167	-0.587**	-0.405*
微生物量磷 MBP								1.000	0.286	0.309
微生物量氮 MBN									1.000	0.643**
微生物量碳 MBC										1.000

注: * 表示相关达显著($P < 0.05$), ** 表示相示极显著($P < 0.01$)。

Note: Correlations coefficient labeled by * and ** indicate significance at 0.05 and 0.01 level, respectively.

2.4 土壤化学特性和土壤微生物量的相关性

进一步对该区域坡耕地、撂荒后和撂荒辅以人工造林(30年)的土壤化学特性(有机质、全氮、碱解氮、速效钾和速效磷)和土壤微生物量(SMBC、SMBN和SMBP)进行相关性分析(表4)。土壤微生物量碳与全氮、碱解氮、有机质、微生物量氮呈极显著正相关($P < 0.01$),与碳酸钙、速效磷呈显著负相关($P < 0.05$);微生物量氮与全氮、碱解氮、有机质均呈显著正相关($P < 0.05$),与速效磷呈极显著负相关($P < 0.01$);微生物量磷与碳酸钙呈显著负相关;速效磷与全氮、碱解氮和有机质均呈显著负相关;碳酸钙与碱解氮、有机质均呈极显著负相关,与全氮呈显著负相关($P < 0.05$);有机质与全氮、碱解氮均呈极显著正相关;而速效钾和pH值与其他因子相关性较小,均未达到显著水平($P > 0.05$)。

3 讨论与结论

随着撂荒年限的延长,植被种类、盖度差异较大。植被表现出裸地—荒草地—疏灌草地—乔灌混交林的正向演替趋势。撂荒初期(1年),植被以一、两年生植物为主,优势植物为青蒿、虫实和狗尾草,形成不稳定的短命杂类草群落;撂荒5年,多年生植物如铁杆蒿、阿尔泰紫菀和赖草等成为优势种,并零星分布有蔷薇和甘肃小檗等小灌木;撂荒10年,除多年生草本植物外,一些灌木如蔷薇、沙棘等已成为优势种,形成了相对较为稳定的疏灌草地;撂荒辅以人工造林(30年)地植被主要为山杨、白桦、水荀子、蔷薇、沙棘、珍珠梅、油松、委陵菜和唐松草等,形成该区域较为稳定的乔灌混交林。

随着撂荒年限的延长,土壤环境(土壤化学性质)趋好。土壤作为生态系统的组成成分和环境因子,为生态系统中生物的生长发育、繁衍生息提供了必要的环境条件^[10]。退耕区土壤生态系统的演变是十分复杂的过程,涉及诸多因素。目前,国内外有关荒漠生态系统研究表明,不同利用方式对土壤剖面理化性质影响很大^[18-19];如水田和林地的有机质、全氮含量均明显高于撂荒地、旱地,但林地有机质、全氮含量仅在表层(0—10 cm)高于水田,而撂荒地相比于旱地虽然全氮和有机质含量提高了,但仅限

于土壤表层。旱地全磷含量显著高于水田、撂荒地和林地,全磷含量、有效磷、全钾及有效钾含量则以水田最大,而撂荒地、林地全磷、有效磷、全钾和有效钾含量均小于旱地和水田,特别是林地表现出极小值。本研究表明,不同利用方式下,土壤特性表现出相似的变化趋势,即:有机质、全氮、碱解氮和速效钾含量表现为撂荒辅以人工造林(30年) > 撂荒10年 > 撂荒5年 > 撂荒1年 > 陡坡耕地;土壤速效磷、pH值和CaCO₃表现为坡耕地 > 撂荒1年 > 撂荒5年 > 撂荒10年 > 撂荒辅以人工造林(30年)。陡坡耕地土壤速效磷含量较高可能与人为耕作施肥等有关。

土壤生物学特性是影响土壤肥力的重要因子,不但对土壤的物质转化与能量流动起主导作用^[4,6,9,11],而且还能通过直接致病和间接调节土壤养分有效性等作用影响作物生长和进化进程^[9,12,15,17,20]。土壤微生物量碳一般为土壤有机质的1%~4%,是反映土壤碳库的重要指标,对评价土壤有机质和肥力状况有重要意义。土壤微生物量氮、磷也是土壤氮素、磷素重要的储备库。据估计,植物吸收的60%的氮和47%的磷分别来自于微生物氮、磷^[2]。因而,研究土壤微生物量对于揭示土壤养分特征和表征土壤肥力及土壤物质转化和能量流动有重要的理论参考价值。本研究表明,不同利用方式,土壤微生物量碳、氮和磷含量差异较大,表现出土壤微生物量碳含量随植被恢复年限的增加而增加的趋势。土壤微生物量碳和氮变化趋势相似,即:撂荒辅以人工造林(30年) > 撂荒10年 > 5年 > 撂荒撂荒1年 > 陡坡耕地;但土壤微生物量磷含量的变化趋势表现为撂荒辅以人工造林(30年) > 陡坡耕地 > 撂荒10年 > 撂荒1年 > 撂荒5年。这主要是由于不同利用方式导致植被类型及微环境特别是土壤微环境的不同。退耕年限越长,地上生物量积累越多,盖度大,植物残体和根系分泌物越多,有机质和养分含量越高。微生物量碳、氮及磷含量高,土壤生物活性大,土壤环境趋好。同时,本研究也表明,土壤微生物量碳、氮与有机质、全氮、碱性氮均呈极显著正相关($P < 0.01$),与碳酸钙、速效磷呈显著负相关($P < 0.05$);微生物量磷与碳酸钙呈显著负

相关($P < 0.05$)。但是,土壤微生物量磷的变化趋势和微生物量碳、氮的变化趋势并不一致,可能的原因是磷在土壤中的形态较为复杂,并且土壤磷素分

布受到成土母质中矿物成分、地貌、土地利用方式等多种因素的影响,几乎不受自然环境和植被的影响^[2]。其具体原因有待进一步的研究。

参考文献

- [1] 苏永祥,魏强,凌雷,柴春山,张广忠,于洪波. 兰州南部山区坡耕地与荒草坡地森林植被恢复技术及模式[J]. 中国水土保持, 2011(9):18-21.
- [2] 许明祥,刘国彬,赵允格. 黄土丘陵区土壤质量评价指标研究[J]. 应用生态学报, 2005, 16(10):1843-1848.
- [3] 龚子同,陈鸿昭,骆国保. 人为作用对土壤环境质量的影响及对策[J]. 土壤与环境, 2000, 9(1):7-10.
- [4] 姚拓,龙瑞军. 天祝高寒草地不同扰动生境土壤三大类微生物数量动态研究[J]. 草业学报, 2006, 15(2):93-99.
- [5] 刘占锋,傅伯杰,刘国华,朱永官. 土壤质量与土壤质量指标及其评价[J]. 生态学报, 2006, 26(3):901-913.
- [6] 张蕴薇,韩建国,韩永伟,牛忠联. 不同放牧强度下人工草地土壤微生物量碳、氮的含量[J]. 草地学报, 2003, 11(4):343-345.
- [7] 温仲明,焦峰,刘宝元. 黄土高原森林草原区退耕地植被自然恢复与土壤养分变化[J]. 应用生态学报, 2005, 16(11):2025-2029.
- [8] 马祥华,焦菊英,温仲明,白文娟,焦峰. 黄土丘陵沟壑区退耕地植被恢复中土壤物理特性变化研究[J]. 水土保持研究, 2005, 12(1):17-21.
- [9] Moscatelli M C, Fonck M, Angelis P, Larbi H, Macuz A, Rambelli A, Grego S. Mediterranean natural forest living at elevated carbon dioxide: Soil biological properties and plant biomass growth[J]. Soil Use Management, 2001, 17:195-202.
- [10] Jenny H. The Soil Resource[M]. New York: Springer-Verlag, 1980: 23-26.
- [11] 姚拓,马丽萍,张德罡. 我国草地土壤微生物生态研究进展及浅评[J]. 草业科学, 2005, 22(11):1-6.
- [12] 李正,刘国顺,敬海霞. 绿肥与化肥配施对植烟土壤微生物量及供氮能力的影响[J]. 草业学报, 2011, 20(6):126-134.
- [13] 南京农业大学. 土壤农化分析[M]. 第二版. 北京:农业出版社, 1988.
- [14] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京:科学出版社, 1983:15-56, 20-22, 75-101, 296-297.
- [15] Sparling G P. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health[A]. Pankhurst C, Doube B M, Gupta V V S R. Biological Indicators of Soil Health[M]. Wallingford, UK, New York: CAB International, 1997.
- [16] 姚槐应,黄昌勇. 土壤微生物生态学及其实验技术[M]. 北京:科学出版社, 2006.
- [17] 王丰. 武夷山不同海拔植被带土壤微生物量碳、氮、磷研究[D]. 南京:南京林业大学, 2008.
- [18] 郑杰炳,王子芳,谭显龙,李安乐,高明. 丘陵紫色土区土地利用方式对土壤剖面理化性质影响研究[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2008, 30(3):101-106.
- [19] 刘波,吴礼树,鲁剑巍,李小坤,苏伟. 不同耕作方式对土壤理化性质影响研究进展[J]. 耕作与栽培, 2010(2):1-3.
- [20] Lau J A, Lennon J T. Evolutionary ecology of plant-microbe interactions: soil microbial structure alters selection on plant traits[J]. New Phytologist, 2011, 192:215-224.

(责任编辑 武艳培)