豫西低山丘陵区不同土地利用方式对陡坡地土壤理化性状的影响

刘沛松[1,2],王健胜[1],楚纯洁[1],蒋有绪[2],郭泉水[2],文祯中[1]

(1.平顶山学院低山丘陵区生态修复重点实验室,河南 平顶山 467000;
2.中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 北京 100091)

摘 要: 对豫西低山丘陵区陡坡地 5 种土地利用方式(人工草地、自然荒草地、柏树林地、人工女贞林地和桃树林地)下土壤部分理化性状对土地利用变化的响应进行了比较研究。结果表明,人工干扰活动会加速陡坡地土壤质量退化。5 种土地利用方式间土壤理化指标除速效磷含量外均呈显著性差异($P<0.05$),近自然状态的柏树林土壤有机碳、全氮、碱解氮、C/N、全磷、速效磷、速效钾含量和土壤电导率均最高,全钾含量也较高,仅次于人工草地,pH 值接近于 7;人工草地、人工女贞林地有机碳、全氮、碱解氮、全磷含量和土壤电导率较低,与其他用地方式间差异显著($P<0.05$)。陡坡地植被郁闭度和盖度对土壤全钾含量的影响较大,林地速效钾含量高于草地。因此,在豫西低山丘陵区 35°以上陡坡地不宜作为人工草地和人工景观林地,建议将柏树作为生态恢复的优先选择树种。

关键词: 豫西低山丘陵区;陡坡地;土地利用方式;土壤理化性状

中图分类号: S158.3 **文献标志码**: A **文章编号**: 1000-7601(2014)01-0208-05

Effect of different land use types on soil properties of steep slope in low hilly areas of western Henan

LIU Pei-song[1,2], WANG Jian-sheng[1], CHU Chun-jie[1], JIANG You-xu[2], GUO Quan-shui[2], WEN Zhen-zhong[1]

(1. *The Key Laboratory of Ecological Restoration in Low Mountain and Hilly Areas, Pingdingshan University, Pingdingshan, Henan* 467000, *China*; 2. *Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing* 100091, *China*)

Abstract: Some soil properties of steep slope under five typical land use types(nature wild grassland, cypress forest, peach trees, artificial forest of privet and cultivated grassland) in low hilly areas of western Henan were studied. And the response of soil properties to land use was also discussed. The results showed that the artificial disturbance would accelerate soil quality degradation of steep slope, and the ecological restoriation with the suitable tree species is important for steep slope. Except the available P, all soil properties indexes of five land use types have the significant difference($P<0.05$). Among the five land use type, the nature-approximate cypress forest is best on soil qualities index, its soil qualities index including organic C, total N, hydrolyzale N, C/N, total P, available K content and electrical conductivity were highest of all, and its total K content only rank second to that of cultivated grassland, and its pH value was close to 7 as well. The artificial forest of privet and the cultivated grassland were better on organic C, total N, hydrolyzale N, total P content and soil conductivity, and it also showed the significant difference with other land use types($P<0.05$). The vegetation's canopy and the coverage density on the steep slope would greatly affect the total K content of soil, and the total K content of forest land is higher than that of grassland. Therefore, this research suggests the cultivated grassland or landscape forest was not the suitable land use type for the steep slope land above 35° in low hilly areas of western Henan, and cypress is the first selection tree species for the ecological restoration.

Keywords: low hilly areas of western Henan; steep slope land; land use types; soil properties

收稿日期:2013-07-05
基金项目:国家林业局林业公益性行业科研专项 (201004044); 平顶山学院高层次人才博士科研启动项目(BSQD－2009003)
作者简介:刘沛松(1973—),男,陕西武功人,博士,副教授,主要从事低山丘陵区生态恢复与土壤生态学领域的研究。E-mail: peisongliu@163.com。
通信作者:蒋有绪(1932—),男,江苏南京人,中国科学院院士,博士,研究员,博士生导师,长期从事森林生态环境与保护领域的研究。E-mail: jyx320521@163.com。

土壤性质决定着土壤生物和地上植被的丰度和多样性[1],同时人类对土地的利用方式可影响土壤性质的变化及生态环境可持续发展进程。合理的土地利用方式能改善土壤结构和环境,提高土壤抗蚀能力[2],改变径流方式[3],增加土壤含水率[4],增加生物多样性[5],减少碳排放[6],改善生态环境。反之,则会引起土壤质量下降和退化,降低电导率、有机质及全氮含量,增加土壤容重,水土流失加剧,生物多样性降低,增加碳排放,生态环境恶化[2,6-8]。由于长期的农耕活动干扰,豫西低山丘陵地区原生植被几乎破坏殆尽,水土流失严重,生态环境脆弱。自 1998 年以来该区先后实施了大规模的天然林保护工程和退耕还林工程,植被恢复效果明显,森林覆盖率显著提高。但至今针对该区域土地利用方式与生态修复之间的关系上缺乏深入的了解。为此,本研究以豫西低山丘陵区作为研究对象,探讨了不同土地利用方式对低山丘陵区陡坡地土壤部分理化性状的影响,以期了解陡坡地土壤理化性状和植被类型的相互关系,为豫西低山丘陵区土壤质量的调控及生态恢复提供理论依据。

1　研究区概况与研究方法

1.1　研究区概况

研究区位于河南省平顶山市境内的低山丘陵区,地理位置 E112°14′ ~ 113°45′,N33°08′ ~ 34°20′,该区属于暖温带和亚热带气候交错的边缘地区,具有明显的过渡性特征。土壤类型以褐土、潮土、黄棕壤土为主。年均气温 14.2℃ ~ 14.9℃,≥10℃年积温 4 735℃,无霜期 225 d,平均太阳辐射总量 115.9 × 10^4 kJ·m^{-2},年平均日照时数为 2 232.2 h;光照充足,四季分明。降水量集中且不稳定,年际变化大,平均年降水量 810 mm,其中 70% 以上集中在 7—9 月份,高温期与雨季同步。本研究主要以易发生水土流失的陡坡地为研究对象。

1.2　测定方法

2009 年 7 月对处于海拔 130 ~ 145 m、坡度约 35° 且坡位相近的 5 种不同土地利用方式陡坡地土壤进行调研,研究对象为由自然荒草地改变用途后分别为种植 6 a 的人工草地、6 a 的人工女贞林地、6 a 的桃树林地、34 a 的柏树林地和一直保持原貌的自然荒草地,并以自然荒草地为对照样地,作为该区域几种土地利用方式的初始状态。人工草地和人工女贞林种植前均对土壤深翻 50 cm,桃树林直接挖坑栽植。每种土地利用方式分别选择 3 个典型样地,用 GPS 定位,坡度和坡向用便携式罗盘仪测量。每类样地分别在坡中位置沿等高线选取 3 ~ 4 个样方作为重复,样方标准按照林地 20 m × 20 m,草地 1 m × 1 m 设置,各样方按照“S”形选取 5 个取样点,采集 0 ~ 20 cm 土层土壤,混合为一个样品带回实验室备用。5 种不同土地利用方式样地基本特征见表 1。

表 1　样地描述

Table 1　Description of sampling plots

土地利用方式 Land use types	坡度/° Slope	坡向 Aspect	海拔/m Elevation	乔木密度 Tree density	主要灌木、草本种类 Species of herbs and shrubs	郁闭度或盖度 Canopy or coverage density
自然荒草地 Nature wild grassland	35	北 North	133	—	荆条、野生黄刺玫、悬钩子等;金狗尾、艾蒿、阿尔泰狗旺花、红茎马唐、芒草、茵陈蒿	0.25
柏树林地 Cypress forest	35	东北 Northeast	129	3 m × 2 m	荆条、酸枣等;茏茏草、苔草、羊胡子草、旋覆花、四叶　、香丝草、野苜蓿、紫花地丁、苦苣菜等	0.75
桃树林地 Peach trees	35	东北 Northeast	133	2 m × 2 m	少量白茅、艾蒿、红茎马唐、芒草、茵陈蒿等	0.6
人工女贞林地 Artificial forest of privet	34	北 North	142	2 m × 2 m	少量天堂草、狗牙根等	0.4
人工草地 Cultivated grassland	34	西北 Northwest	135	—	葱兰、红花酢浆草、天堂草、少许白茅	0.9

将野外带回的土壤样品剔除可见的动、植物残体和石块并风干,四分法取样过 0.25 mm 和 1 mm 筛储存,用于分析测量土壤理化性质。在实验室按常规测定分析方法进行处理,逐一测定每个样品的土壤电导率、pH 值、有机碳、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾等。采用电导仪测定电导率,pH 计测定 pH 值,凯氏定氮仪测定全氮含量,有机碳含量用重铬酸钾氧化外加热法,碱解氮含量用碱解扩散法测定,全磷含量用碳酸钠熔融 – 钼锑抗比色法测定,速效磷含量采用 Olsen 法测定,全钾、速效钾含

量采用火焰光度法测定[9]。

用单因素方差分析(ANOVA)检验不同土地利用方式之间的差异。如果有显著性差异进一步采用 *LSD* 进行多重比较。以上数据用 EXCEL 处理作图和 DPS 软件分析。

2 结果与分析

2.1 不同土地利用方式对土壤有机碳含量的影响

不同土地利用方式下土壤有机碳含量存在很大差异(表 2)。土壤表层(0 ~ 20 cm)有机碳含量表现为柏树林地 > 自然荒草地 > 桃树林地 > 人工草地 > 人工女贞林地,不同土地利用方式间差异显著($P < 0.05$)。其中,柏树林地土壤有机碳含量达到 39.25 $g \cdot kg^{-1}$,34 a 期间比对照自然荒草地提高了 81.29%;种植 6 a 的桃树林地、人工女贞林和人工草地含量较低,尤其人工女贞林土壤有机碳仅为 3.58 $g \cdot kg^{-1}$,三种用地相对自然荒草地分别下降了 35.84%、74.18%和 83.46%。

表 2 不同土地利用方式陡坡地的土壤理化指标

Table 2 Soil properties of steep slope under different land use types

项 目 Items	自然荒草地 Nature wild grass land	柏树林 Cypress forest	桃树林 Peach trees	人工女贞林 Artificial forest of privet	人工草地 Cultivated grass land
有机碳 Organic C/($g \cdot kg^{-1}$)	21.65 ± 1.50b	39.25 ± 2.78a	13.89 ± 0.18c	3.58 ± 0.56d	5.57 ± 1.38d
全氮 Total N/($g \cdot kg^{-1}$)	1.67 ± 0.13b	2.86 ± 0.17a	1.77 ± 0.18b	0.45 ± 0.09c	0.64 ± 0.04c
碱解氮 Hydrolyzed N/($mg \cdot kg^{-1}$)	165.98 ± 20.43b	323.83 ± 50.60a	360.81 ± 41.39a	39.42 ± 8.59c	58.00 ± 9.56c
C/N	13.28 ± 1.30a	13.91 ± 0.31a	7.93 ± 0.90c	8.24 ± 0.63bc	9.58 ± 0.72b
全磷 Total P/($g \cdot kg^{-1}$)	3.95 ± 0.07a	4.39 ± 0.19a	2.87 ± 0.19b	1.62 ± 0.04d	2.22 ± 0.61c
有效磷 Available P/($mg \cdot kg^{-1}$)	24.16 ± 1.44a	26.87 ± 4.89a	20.59 ± 0.79a	22.07 ± 3.22a	22.72 ± 2.73a
全钾 Total K/($g \cdot kg^{-1}$)	3.54 ± 0.22c	5.83 ± 0.84ab	5.82 ± 0.01ab	4.99 ± 0.43b	6.30 ± 0.43a
速效钾 Available K/($mg \cdot kg^{-1}$)	117.10 ± 10.42b	460.68 ± 47.28a	143.02 ± 24.40b	150.73 ± 15.25b	118.41 ± 27.88b
pH 值 pH value	7.89 ± 0.13a	6.93 ± 0.42bc	6.79 ± 0.56c	7.75 ± 0.20ab	8.17 ± 0.43a
电导率 Soil EC/($dS \cdot m^{-1}$)	0.76 ± 0.05b	2.74 ± 0.07a	2.25 ± 0.08a	0.77 ± 0.03b	0.68 ± 0.07b

注:不同小写字母表示差异达显著水平($P < 0.05$)。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference at level of 0.05.

2.2 不同土地利用方式对土壤全氮、速效氮含量的影响

土壤表层全氮含量表现为柏树林地 > 桃树林地 > 自然荒草地 > 人工草地 > 人工女贞林地(表 2)。其中,柏树林地与其他用地方式之间差异显著($P < 0.05$),而自然荒草地与桃树林之间、人工草地与人工女贞林之间差异不显著($P > 0.05$)。柏树林地和桃树林地土壤全氮含量分别比对照自然荒草地增加了 71.26%和 5.99%,而人工草地和人工女贞林地分别比对照自然荒草地下降了61.68%和 73.05%。

5 种用地方式土壤表层碱解氮含量表现为桃树林地 > 柏树林地 > 自然荒草地 > 人工草地 > 人工女贞林地(表 2)。桃树林地与柏树林地间无显著差异($P > 0.05$),但均与其他用地方式间差异显著($P < 0.05$);人工草地与人工女贞林地间也无显著性差异,但与其他用地方式间有显著性差异($P < 0.05$)。桃树林地土壤碱解氮含量略高于柏树林地,这可能与桃树果园施用氮肥有关。与对照自然荒草地相比,桃树林地和柏树林地土壤碱解氮含量分别增加了 117.38%和 95.10%,而人工草地和人工女贞林分别下降了 65.06%和 76.25%。说明在豫西低山丘陵区陡坡地,无论土壤全氮还是碱解氮含量受人为干扰较大。

2.3 土地利用方式对土壤 C/N 的影响

不同土地利用方式的土壤 C/N 差异较大(表 2)。陡坡地 5 种用地方式土壤 C/N 表现为柏树林地 > 自然荒草地 > 人工草地 > 人工女贞林 > 桃树林地。柏树林和自然荒草地均与其他用地方式之间差异达显著水平($P < 0.05$),桃树林地与除人工女贞林地之外的其他用地方式间也差异显著($P < 0.05$)。与对照自然荒草地相比,柏树林地土壤 C/N 提高了 0.63,人工草地、人工女贞林地和桃树林地 C/N 分别降低了 3.70、5.04 和 5.35。可见,受外界干扰小的植被土壤 C/N 较高,也说明柏树林地和自然荒草地土壤微生物活性弱,土壤中有机质的分解和氮素的矿化程度较低;桃树林地土壤微生物活性高,有机质分解和氮素的矿化程度较高。

2.4 土地利用方式对土壤全磷、速效磷含量的影响

陡坡地土壤表层全磷含量表现为柏树林 > 自然荒草地 > 桃树林地 > 人工草地 > 人工女贞林地(表

2)。柏树林、自然荒草地、人工女贞林地均与其它用地方式间差异显著($P<0.05$)。34 年期间柏树林土壤全磷含量比对照自然荒草地增加了11.14%,而 6 年期间由自然荒草地转变为桃树林地、人工草地和人工女贞林土壤全磷含量分别下降了 27.34%、43.80%和 58.99%。

土壤速效磷含量表现为柏树林地 > 自然荒草地 > 人工草地 > 人工女贞林地 > 桃树林地(表 2),不同土地利用方式间差异不显著,但植被恢复时间长、人工干扰少的自然荒草地和柏树林地较高。

2.5　土地利用方式对土壤全钾、速效钾含量的影响

陡坡地土壤表层全钾含量表现为人工草地 > 柏树林地 > 桃树林地 > 人工女贞林地 > 自然荒草地。人工草地、柏树林和桃树林坡地相互间差异不显著($P>0.05$),但与人工女贞林、自然荒草地之间的全钾含量差异性达到显著水平($P<0.05$);自然荒草地与其他用地方式之间差异均达显著水平($P<0.05$)。相比对照自然荒草地,人工草地、柏树林、桃树林和人工女贞林土壤全钾含量分别提高了 77.97%、64.69%、64.41%和 40.96%,而这四种土地利用方式地面盖度或郁闭度分别依次为 0.9、0.75、0.6、0.4 和 0.25(表 1),均高于自然荒草地。可见,有较大植被郁闭度和盖度的陡坡地地面,减少了因雨水冲刷而造成的水土流失,保持着较高全钾含量。

陡坡地土壤速效钾含量表现为柏树林地 > 人工女贞林地 > 桃树林 > 人工草地 > 自然荒草地。可见,林地的速效钾含量大于草地,以柏树林地尤为明显,其速效钾含量是其余用地方式的 3 倍以上,其余用地方式间则差异不显著。

2.6　土地利用方式对土壤 pH 值和电导率的影响

不同土地利用方式土壤 pH 值差异明显(表 2),且表现为人工草地 > 自然荒草地 > 人工女贞林地 > 柏树林地 > 桃树林地。人工草地、自然荒草地的土壤 pH 值呈弱碱性,均与柏树林、桃树林差异显著($P<0.05$);桃树林和柏树林土壤 pH 值较低,与人工草地差异极显著($P<0.01$),可能与柏树林大量的凋落物和植物的死根腐烂的过程中产生较多的有机酸,以及与对桃树林土壤施肥有关。相比对照自然荒草地,人工草地 pH 值增加了 0.28,人工女贞林地、柏树林地和桃树林地分别下降了 0.14、0.96 和 1.10。可见,人工林地比草地可更有效地降低土壤碱性。

5 种不同土地利用方式土壤的电导率表现为柏树林地 > 桃树林地 > 人工女贞林地 > 自然荒草地 > 人工草地,柏树林和桃树林地土壤的电导率是人工女贞林、自然荒草地和人工草地电导率的 3 倍以上;人工草地、自然荒草地和人工女贞林土壤电导率相互之间差异不显著。说明林地土壤电导率高于草地,且以柏树林和桃树林较为明显。

3　讨　论

从本研究结果看,在 5 种土地利用方式中,柏树林地土壤有机碳含量、全氮含量、C/N、全磷含量、速效钾含量、电导率均最高,与其他用地方式之间的差异显著($P<0.05$),速效磷含量也最高,但与其他用地方式差异不显著,pH 值接近中性,碱解氮含量仅次于最高的桃树林地、全钾含量仅次于最高的人工草地。因此,建议把柏树作为豫西低山丘陵区生态恢复的优先选择树种。有研究也认为,以柏树林为主的次生林土壤有机碳含量最丰富,生态系统中的碳元素以枯枝、落叶等凋落物以及植物死根等形式大量回归土壤,在生态系统中对碳素起着明显碳汇作用,也在保持土壤氮素和钾素方面有着明显的营养优势[10]。但也有柏树林土壤全磷含量最低的报道[10-11],可能是由于柏树林土壤中大量的枯枝落叶凋落物使得木质素含量较高,抑制了磷素的释放[12]。人工草地和人工女贞林地的土壤有机碳、全氮、碱解氮、全磷含量及土壤电导率都最低,且与其他用地方式之间的差异显著($P<0.05$),所以不建议在陡坡地推广种植。Marques[13]也认为,人工草地恢复土壤有机碳和增加其有效性的能力较差,在时空上也有很大差异,人工林次之。

不同土地利用方式下陡坡地土壤各理化指标差异显著,且引起差异性的因素很多。土壤中有机碳和氮分别是微生物的能量来源和细胞结构的要素。不同土地利用方式诱发了土壤有机碳含量的差异[14]。凋落物是土壤表层有机碳的主要来源[15]。土壤中全氮含量除与有机质(碳)含量有关外,还与植被状况、气候、土壤质地、地形地势、土地利用等因素有关[16-17]。植被凋落物及其分解速率引起土壤 C/N 的变化,从而影响土壤微生物的呼吸和 CO_2 的释放[18],进而影响土壤有机碳与全氮的积累[19]。Prescott 认为,当土壤 C/N 小于 25∶1 时,土壤中的氮素会出现净矿化,是微生物分解的最佳值[20]。本试验 C/N 均低于此值,说明该区微生物活性强。相关研究认为,经济林果地、农田、草地和林地的土壤 C/N值依次递增[21-22],也与本研究结论一致。

柏树林地和自然荒草地土壤全磷和速效磷含量均较高,全磷含量最低的是人工草地和人工女贞林

地,速效磷含量最低的是桃树林。主要原因是柏树林地和自然荒草地的人为干扰小,基本是一个封闭的生态系统,物质能量可以自我循环利用,因而磷素含量较高;而自然荒草陡坡地经人为活动干扰开垦后建成的人工草地和人工女贞林地容易发生水土流失,引起土壤磷素的减少,因而全磷含量最低;尽管桃树林郁闭度较高,水土流失量小,且有人工施磷肥的补充,但是果实对土壤速效磷吸收、累积和利用较多,经采摘后带出造成系统内磷素不可逆的减少,加上果枝修剪和枯枝落叶的带出,不能返还土壤,因而速效磷含量最低。

不同土地利用方式陡坡地土壤全钾含量高低与水土流失有关,土壤速效钾含量高低与植被消耗利用有关。土壤全钾含量受地面植被覆盖度和坡面粗糙度的影响较大,地面植被郁闭度或盖度大的全钾含量高。由于钾素流动性较强,在坡度较大的陡坡地尤为突出,在同等坡度条件下,植被覆盖度就成了影响土壤全钾含量的重要因子。自然荒草地转变为其他 4 种土地利用方式后,增加了地面覆盖度和下垫面粗糙度,减少了陡坡地钾素的流失。例如人工草地盖度和柏树林的郁闭度均高于其他土地利用方式,土壤全钾含量就高。所以,植被郁闭度和盖度对土壤全钾含量的影响较大。

试验结果显示,林地土壤速效钾含量大于草地,柏树林土壤速效钾含量最高,自然荒草地和人工草地速效钾含量最低。可能由于草地对速效钾消耗利用量比林地高引起,即陡坡地土壤全钾含量高低与水土流失有关,土壤速效钾含量高低与植被消耗利用有关。柏树林土壤速效钾含量最高的主要原因是否还与土壤容重、孔隙度、团聚体、光照、温度、湿度等有关,有待进一步研究。

柏树林和桃树林的 pH 值最小。是因为柏树林郁闭度大,具有大量的凋落物和植物的死根,而这些物质在腐烂的过程中产生了较多的有机酸,腐殖质增多,土壤有机质和氮素含量高,引起土壤酸化,pH 值降低;桃树林土壤的施肥也会引起 pH 值明显降低,这些均与前人研究结论一致[10]。

土壤电导率与土壤性质密切相关,可反映土壤品质与物理性质,能反映土壤的盐分浓度、土壤溶液离子总量[23]、水分状况、有机质含量、土壤质地和孔隙率等多种性质[24]。林义成[24]建议将土壤电导率作为对作物盐害的诊断指标,认为土壤全盐量、土壤含水量、土壤质地是影响土壤溶液电导率的因素,土壤有机质含量对土壤溶液电导率影响不明显。本研究结果认为,不同土地利用方式土壤电导率大小排序与有机质含量的排序不一致,不能完全反映有机质含量高低。

人类生产活动加速了土壤质量的退化,选择合理的土地利用方式是抑制土壤退化,提高土壤质量的有效措施。一方面,采用合理的植被恢复类型抑制和减缓土壤退化进程。本试验的自然荒草地转变为柏树林 34 年期间,避免了较多土壤养分的损失。相对于对照自然荒草地,柏树林 0 ~ 20 cm 土层有机碳含量、全氮含量、碱解氮含量、碳氮比值(C/N)、全磷含量、速效磷含量、全钾含量、速效钾含量和电导率分别提高了 81.29%、71.26%、95.10%、0.63、11.14%、11.22%、64.69%、293.41% 和 1.98 dS/m;pH 值下降了 0.96,趋近于 7。吴秀坤[25]也发现,土地利用方式由自然林地转变为农用地后显著地($P < 0.05$)降低了土壤 TOC 的含量。另一方面,土地在自然或近自然状态下被开垦后,向其他土地利用方式转变必然导致土壤质量的退化。本试验中自然荒草地转变为人工女贞林和人工草地 6 a 期间,土壤的有机碳含量、全氮含量、碱解氮含量、碳氮比值(C/N)、全磷含量下降幅度较大,人工女贞林地分别降低了 83.46%、73.05%、76.25%、5.04、58.99% 和 8.65%;人工草地分别下降了 74.18%、61.68%、65.06%、3.70、43.80% 和 5.96%,速效磷含量下降不明显。林地土壤电导率高于草地,pH 值低于草地。有研究表明,林地开垦导致土壤碳截存降低[22],森林砍伐后土壤碳氮养分含量[2]显著降低,导致土壤退化,均与本研究结论一致。

参 考 文 献:

[1] Birkhofer K, Schoning I, Alt F, et al. General relationships between abiotic soil properties and soil biota across spatial scales and different land-use types[J]. Plos One,2012,7(8):1-8.

[2] 郭旭东,傅伯杰,陈利顶,等.低山丘陵区土地利用方式对土壤质量的影响——以河北省遵化市为例[J].地理学报,2001,56(4):447-455.

[3] 傅伯杰,陈利顶,马克明.黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境的影响——以延安市羊圈沟流域为例[J].地理学报,1999,54(3):241-245.

[4] 王国梁,刘国彬,党小虎.黄土丘陵区不同土地利用方式对土壤含水率的影响[J].农业工程学报,2009,25(2):31-35.

[5] 刘梦云,常庆瑞,安韶山.不同土地利用方式土壤生态效应设计研究[J].土壤通报,2006,37(1):144-148.

[6] 李 颖,黄贤金,甄 峰.江苏省区域不同土地利用方式的碳排放效应分析[J].农业工程学报,2008,24(增刊):102-107.

[7] 杨 敏,陈国建,魏兴萍,等.巫山县坡改梯地区不同土地利用方式下土壤质量研究[J].中国水土保持,2013,(8):54-56,74.

(下转第 229 页)

[11] 白肇烨,许国昌,孙学筠,等.中国西北天气[M].北京:气象出版社,1988:230-240.
[12] 施　能,马　丽,袁晓玉,等.近 50a 浙江省气候变化特征分析[J].南京气象学院学报,2001,24(2):207-213.
[13] Livezey R E, Chen W Y. Statistical filed significance and its determination by Monte Carlo techniques[J]. Monthly Weather Review, 1983,111(1):46-59.
[14] 周石清,陈建江,耿峻岭.单因子方差分析法对三屯河年均流量序列的周期分析[J].新疆水利,2001,122(3):25-29.
[15] 王媛媛,张　勃.陇东地区近 51a 气温时空变化特征[J].中国沙漠,2012,32(5):1402-1407.
[16] 杨晓玲,丁文魁,杨金虎,等.河西走廊东部近 50 年气候变化特征及区内 5 站对比分析[J].干旱地区农业研究,2011,29(5):259-268.
[17] 杨晓玲,丁文魁,刘明春,等.河西走廊东部近 50 年气温变化特征及其对比分析[J].干旱区资源与环境,2011,25(8):76-81.
[18] 李玲萍,李岩瑛,刘明春.石羊河流域 1961—2005 年蒸发皿蒸发量变化趋势及原因初探[J].中国沙漠,2012,32(3):832-841.
[19] 林新沛.标准回归系数的准确理解[J].中山管理评论,2005,13(2):533-548.
[20] 刘尚辉.多元回归中各因素对回归贡献大小的分析方法与实现[J].数理医药学杂志,2005,18(6):524-525.

(上接第 212 页)

[8] 王　莉,张　强,牛西午,等.黄土高原丘陵区不同土地利用方式对土壤理化性质的影响[J].中国生态农业学报,2007,15(4):53-56.
[9] 鲍士旦.土壤农化分析[M].第三版.北京:中国农业出版社,2000:14-188.
[10] 徐　波,朱雪梅,刘　倩,等.川中丘陵区不同土地利用方式下土壤养分特征研究——以中国科学院盐亭紫色土农业生态试验站小流域为例[J].西南农业学报,2011,24(2):663-668.
[11] 李　东,王子芳,郑杰炳.紫色丘陵区不同土地利用方式下土壤有机质和全量氮磷钾含量状况[J].土壤通报,2009,40(2):310-314.
[12] Osono T, Takeda H. Accumulation and release of nitrogen and phosphorus in relation lignin decomposition in leaf of 14 tree species[J]. Ecological Research, 2004,19:593-602.
[13] Marques J D D, Luizao F J, Teixeira W G, et al. Variations of dissolved organic carbon and soil physical properties under different land uses in central Amazonia[J]. Revista Brasileira De Ciencia Do Solo, 2012,36(2):611-622.
[14] Viana E T, Batista M A, Tormena C A, et al. Physical properties and organic carbon of an oxisol affected by different land use and soil management systems[J]. Revista Brasileira De Ciencia Do Solo, 2011,35:2105-2114.
[15] 石箭华,孟广涛,李品荣,等.滇中不同植物群落土壤团聚体组成及养分特征[J].水土保持学报,2011,25(4):183-187.
[16] 邱莉萍,张兴昌.子午岭不同土地利用方式对土壤性质的影响[J].自然资源学报,2006,21(6):965-976.
[17] 高雪松,邓良基,张世熔.不同利用方式与坡位土壤物理性质及养分特征分析[J].水土保持学报,2005,19(2):53-58.
[18] 彭少麟,李跃林,任　海,等.全球变化条件下的土壤呼吸效应[J].地球科学进展,2002,17(5):705-712.
[19] 李鉴霖,江长胜,郝庆菊,等.缙云山土地利用方式对土壤有机碳及全氮的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2013,41(11):1-8.
[20] Prescott C E, Chappell H N, Vesterdal L. Nitrogen turnover in forest floors of coastal douglas-fir at sites differing in soil nitrogen capital[J]. Ecology, 2000,81(7):1878-1886.
[21] 马玉红,郭胜利,杨雨林,等.植被类型对黄土丘陵区流域土壤有机碳氮的影响[J].自然资源学报,2007,22(1):97-105.
[22] 徐　鹏,江长胜,郝庆菊,等.缙云山土地利用方式对土壤活性有机质及其碳库管理指数的影响[J].环境科学,2013,34(10):4009-4016.
[23] 郭彩华.土壤溶液常规分析中离子含量和电导率之间的关系[J].科技情报开发与经济,2006,16(14):153-154,165.
[24] 林义成,丁能飞,傅庆林,等.土壤溶液电导率的测定及其相关因素的分析[J].浙江农业学报,2005,17(2):83-86.
[25] 吴秀坤,李永梅,李朝丽,等.纳版河流域土地利用方式对土壤总有机碳以及活性有机碳的影响[J].生态环境学报,2013,22(1):6-11.