

北京山区典型土地利用方式对土壤理化性质及可蚀性的影响

黄晓强, 赵云杰, 信忠保, 覃云斌, 易扬

(北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083)

摘要:延庆县地处北京市西北部,作为北京生态环境建设工程的重要组成部分,是北京五大风沙口之一,此区属于生态环境脆弱地带,加之人类对土地资源的不合理利用,导致了严重的土壤侵蚀性问题。针对北京市延庆县山区不同土地利用类型的土壤,通过室内测试分析,并运用统计和相关分析等方法,对研究区农田、果园、苗圃幼林地、山地灌木林和土路 5 种土地利用类型下土壤可蚀性及其理化性质进行研究,结果表明:各土地利用类型中,山地灌木林的土壤总孔隙、土壤贮水能力、土壤饱和持水量和有机质显著大于其它土地类型($P < 0.05$)。不同土地利用方式的土壤可蚀性 K 值存在差异,由大到小依次表现为:土路(0.047 4) > 农田(0.043 5) > 果园(0.042 1) > 苗圃幼林地(0.040 8) > 山地灌木林(0.034 2)。对土壤可蚀性和土壤理化性质进行相关性分析结果表明:土壤可蚀性与砂粒、粉粒含量、黏粒含量、非毛管孔隙、土壤贮水能力和容重相关性较好($P < 0.05$),可作为土壤可蚀性评价的指标。

关键词:北京山区; 土地利用方式; 理化性质; 可蚀性

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2015)01-0005-06

Influence of Typical Land Use Types on Soil Physico-chemical Properties and Erodibility in Beijing Mountainous

HUANG Xiaoqiang, ZHAO Yunjie, XIN Zhongbao, QIN Yunbin, YI Yang

(School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Yanqing County as one of Beijing's five sand sources is located in the northwest of Beijing. It is an important part of the Beijing ecological environment construction project. This area belongs to fragile zone, which has been influenced by human irrational use of land, leading to the serious soil erosion problems. Through laboratory test and analysis, and using different methods such as statistics and correlation analysis, soil erodibility and its physicochemical properties of five kinds of land use types (Farmland, Orchards, Nurseries of young forest, Mountain shrub forest and Dirt road) in Beijing mountainous of Yanqing County were studied. The results showed that among different land use types, total porosity, water holding capacity of the soil, soil saturated water content and organic matter of mountain shrub forest soil were significantly higher than those of other land types ($P < 0.05$). Different land use types have the K value differences, which was followed in descending order: Dirt road (0.047 4) > Farmland (0.043 5) > Orchards (0.042 1) > Nurseries of young forest (0.040 8) > Mountain shrub forest (0.034 2). The correlation analysis on soil erodibility and soil physical and chemical properties showed that the soil erodibility K value was closely related to the factors such as silt content, clay content, noncapillary porosity, soil water storage capacity and bulk density correlation ($P < 0.05$), which can be used as evaluation indices of soil erodibility.

Keywords: Beijing mountains; land use; soil physico-chemical properties; erodibility

收稿日期: 2014-03-28

修回日期: 2014-04-08

资助项目: 北京高等学校“青年英才计划”(YETP0753); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(TD2011-2); 水利部黄土高原水土流失过程与控制重点实验室开放课题资助项目(201301)

第一作者: 黄晓强(1988—), 男, 山西朔州人, 硕士研究生, 研究方向: 水土保持与荒漠化防治。E-mail: hxqiang2013@126.com

通信作者: 赵云杰(1968—), 男, 山东潍坊人, 实验师, 主要从事水土流失治理与规划研究。E-mail: xinzhongbao@126.com

土壤侵蚀是全球性的生态环境问题之一,土壤侵蚀现象的持续发生不仅使土壤质量不断下降,而且还会引起水体环境恶化等一系列生态问题^[1-3]。土壤可蚀性是衡量土壤自身抗侵蚀能力大小的重要因子之一,也是土壤遭受侵蚀破坏难易的一种定量量度指标,反映了土壤对侵蚀外营力剥蚀和搬运的易损性和敏感性,是影响土壤流失量的内在因素,也是定量研究土壤侵蚀的基础。因此,如何准确地研究评价土壤可蚀性,对认识侵蚀规律,进行水土流失预报和土地生产力评价都具有重要意义。研究表明^[4-7]土壤可蚀性的大小与土壤的理化性质密切相关。而土地利用方式是影响土壤理化性质的重要因素之一,不同的土地利用方式下,土壤理化性质有所差异,特别受到人为扰动时,土壤物理、化学和微生物等方面发生明显差异^[8]。迄今为止,关于不同土地利用下的土壤理化性质已有许多报道^[8-9],而关于土壤可蚀性的研究则主要集中在黄土高原等地区宏观或面上的调查与分析评价方面,很少报道关于北京的土壤可蚀性的研究,特别是针对北京山区典型土地利用下土壤可蚀性的研究更是凤毛麟角。因此,本研究以延庆县典型土地利用方式下的土地为研究对象,对土壤理化性质及其可蚀性进行研究,揭示研究区表土土壤理化性质及土壤可蚀性差异及其内在联系,为该地区的水土流失的综合治理、区域土地结构调整及土地的持续利用提供科学依据。

1 研究区概况

研究区域位于北京延庆县大榆树镇上辛庄村东山区(160°03′—160°05′E、40°26′—40°28′N),延庆县处于内蒙古高原和河北坝上地区与北京平原区的过渡地带,其北、东、南三面环山,是首都西北部的重要生态屏障,是环北京生态环境建设工程的重要组成部分^[10]。该地区地形起伏较大,沟壑纵横,土壤质地均匀,垂直节理明显,抗蚀能力较差。属于大陆性季风气候,是暖温带与中温带、半干旱到半湿润的过度地带。春季气温回升快,昼夜温差大。夏季酷暑炎热,降水集中。春季日照时数最多,其次为夏季和秋季。降水量集中在夏季6—8月,7月下旬到8月上旬为降雨高峰。主要土壤类型为褐土和潮土,受地貌、水文的影响形成了许多土壤亚类,主要土壤亚类有褐潮土、潮褐土、潮土、普通褐土、碳酸盐褐土、褐土性土、草甸沼泽土等。该地区植物资源比较丰富,研究区内乔木以蒙古栎(*Quercus mongolica*)为主,部分地段伴生山杨(*Populus davidiana* Dote)和椴树(*Tilia tuan*);灌木以绣线菊属(*Spiraea*)、榛属(*Corylus*)、荆条(*Vitex negundo* L. var *heterophylla*)等为主;草本有披针叶苔草(*Carex tristachya*)、黄精属(*Polygonatum*)及菊科(*Asteraceae*)的多种植物^[11]。样地基本情况详见表1。

表 1 样地基本情况

土地利用方式	地形	海拔/m	坡度/(°)	经度	纬度	盖度/%	优势种
果园	台地	582.0	0	160°3′54.840″	40°26′38.472″	60	杏,苔草
土路	坡地	576.8	6	160°3′54.677″	40°26′50.821″	5	苔草,艾蒿
山地灌木林	山坡	669.5	15	160°4′11.266″	40°27′5.160″	80	荆条,绣线菊,苔草,毛榛
农田	梯田	569.8	0	160°3′48.498″	40°26′50.700″	40	玉米
苗圃幼林	河谷平地	560.0	0	160°3′51.510″	40°26′44.148″	60	圆柏

2 研究方法

2.1 调查方法

根据土地利用、地形和土壤等特性,采用全面覆盖、突出重点的原则,参考 GoogleEarth 遥感数据,于 2012 年在北京延庆县大榆树镇上辛庄村东山区取具有代表性样点 15 个,分别为农田(3 个)、果园(3 个)、苗圃幼林地(3 个)、山地灌木林(3 个)和土路(3 个)。采样利用 GPS 定位导航寻找设定样地,记录其经纬度、高程、土地利用方式等信息。每块样地采集 3 个环刀土样、对应铝盒土样并挖取 0—20 cm 的土壤样品,充分混合均匀后用四分法取出适量。为防止野外

土样蒸发,影响土壤水分测量精度,野外用便携电子秤(精确到 0.01)测定铝盒土样重,采样及测定均于一个月内完成。

2.2 数据处理

采集的土样剔除可见的动、植物残体和石块,风干后带回实验室过 0.25 mm 和 2 mm 筛储存,用于分析测量土壤理化性质及其土壤可蚀性指标。土壤机械组成采用比重计法测定;饱和导水率采用环刀法测定;土壤容重和土壤含水量采用烘干法测定;有机碳(TOC)含量采用重铬酸钾氧化外加加热法测定,均取 3 次实测数据平均值作为试验结果。

土壤可蚀性 K 值采用以下计算公式为:

$$K = \{0.2 + 0.3 \exp[-0.0256 \text{SAN}(1 - 0.01 \text{SIL})]\} \left(\frac{\text{SIL}}{\text{CLA} + \text{SIL}} \right)^{0.3} \left(1.0 - \frac{0.25C}{C + \exp(3.72 - 2.95C)} \right) \left(1.0 - \frac{0.7 \text{SN}_1}{\text{SN}_1 + \exp(-5.51 + 22.9 \text{SN}_1)} \right)$$

式中:SAN——砂砾含量(%);SIL——粉砂粒含量(%);CLA——黏粒含量(%);C——有机碳含量;SN₁ = 1 - SAN/100^[12];K——国际制时乘以 0.131 7。

土壤各种持水量指标采用以下公式:

$$W_i = 10000 P_i h$$

$$W_o = 10000 P_o h$$

$$W_c = 10000 P_c h$$

式中:W_i 土壤饱和持水量(t/hm²);W_o——土壤贮水能力(t/hm²);W_c——毛管持水量(t/hm²);h——土层厚度(m),这里均为 5 cm;P_i——土壤总孔隙度(%);P_o——土壤非毛管孔隙度(%);P_c——土壤毛管孔隙度^[13]。

2.3 数据分析

所有数据采用 Microsoft Excel 和 SPSS 19.0 软件进行数据分析。采用单因素方差分析(one-way ANOVA)和最小显著差异法(LSD)比较不同数据组间的差异,用 Pearson 相关系数评价不同因子间的相关关系。

表 2 不同土地利用下的土壤水物理特性

土地利用	自然含水率/%	土壤容重/(g·cm ⁻³)	饱和导水率/(mm·min ⁻¹)	毛管孔隙度/%	非毛管孔隙度/%	总孔隙度/%	毛管持水量/(t·hm ⁻²)	土壤贮水能力/(t·hm ⁻²)	土壤饱和持水量/(t·hm ⁻²)
果园	13.64±4.67a	1.22±0.09a	0.70±0.35a	35.97±9.88a	4.55±1.82a	40.53±10.30c	179.86±49.38a	22.77±9.08a	202.63±51.51ac
土路	13.96±1.15a	1.52±0.16b	0.30±0.52a	15.69±12.22b	4.46±2.86a	20.15±12.81b	78.43±61.11b	22.30±14.30a	100.74±64.03b
山地灌木林	6.76±2.64b	1.08±0.16c	1.59±0.60c	32.34±4.93a	16.77±4.43b	49.10±5.25a	161.68±24.64a	83.83±22.14b	245.51±26.23d
农田	18.56±6.53c	1.12±0.07c	1.01±0.25a	35.33±3.97a	5.88±2.51a	41.21±3.94c	176.67±19.84a	29.39±12.54a	206.06±19.69c
苗圃幼林	8.78±1.96b	1.31±0.07a	0.70±0.35a	37.21±2.33a	4.01±1.47a	41.22±2.61c	186.06±11.66a	20.03±7.33a	206.08±13.07c

注:同列不同小写字母表示差异在 0.05 水平显著,下表同。

方差分析显示,土路、苗圃幼林地与果园土壤容重值显著高于山地灌木林($P < 0.05$),而农田与山地灌木林土壤容重值差异不显著,其中土路容重最大,平均为 1.52 g/cm³,这是由于土路长期受到人为踩踏和车辆碾压造成的,苗圃幼林地容重仅次于土路,为 1.31 g/cm³,比山地灌木林和农田高了 17.56% 和 13.74%,这是由于苗圃幼林下植物稀少,凋落物量小,造成土壤板结,这样的土壤透气性和透水性差,土壤容易干燥,水土流失比较严重^[17];从土壤孔隙度来看,土壤总孔隙度均值由大到小依次表现为:山地灌木林(49.10%) > 苗圃幼林地(41.22%) > 农田(41.21%) > 果园(40.53%) > 土路(20.15%),不同土地利用下土壤总孔隙度差异显著,分别比山地灌木林总孔隙度降低了 7.88%, 7.89%, 8.57% 和 28.95%。土壤非毛管孔隙数量大小能体现土壤渗透和滞留水分能力强弱^[18],一般非毛管孔隙度大于 10%,能够有效地改善土壤结构。对土壤非毛管孔隙度而言,山地灌木林显著高于其他土地利用类型,达 64.94% ~ 76.09%,而其他 4 种土地利用类型差异不显著。一般认为,结构性良好、通气性强的土壤,孔隙度分布在

3 结果与分析

3.1 不同土地利用方式对土壤理化性质的影响

3.1.1 不同土地利用下土壤容重及孔隙度 容重值是衡量土壤肥力高低的重要指标之一,它能综合反映土壤结构、松紧状况、孔隙状况和土内生物的活动^[14];土壤孔隙度是反映土壤蓄水和通气性能,并能够有效地调节土壤中水、肥、气、热环境,是评价土壤结构的重要指标之一。土壤容重越小,孔隙度越大,说明土壤结构越好,越有利于水分的保持与渗透^[15-16]。

由表 2 可知,不同土地利用下,土壤容重及孔隙状况呈现不同的变化趋势。从土壤容重方面来看,研究区土壤容重由大到小依次表现为:土路(1.52 g/cm³) > 苗圃幼林地(1.31 g/cm³) > 果园(1.22 g/cm³) > 农田(1.12 g/cm³) > 山地灌木林(1.08 g/cm³),分别比山地灌木林林地土壤容重提高了 40.74%, 21.30%, 12.96%, 3.70%。

40%~50%之间,非毛管孔隙度大于 10%,而非毛管孔隙度与毛管孔隙度比例在 1:2~1:4^[19-20]。与此相比,研究区土壤总孔隙度均大于 40%(土路除外),而非毛管孔隙度与毛管孔隙度的比例在 1:2~1:4 之间,除山地灌木林,其他均不在良好比例范围内,由此可知,山地灌木林的土壤通气性、透水性和涵养水源能力显著优于其他土地利用类型。

3.1.2 不同土地利用下土壤自然含水率 土壤含水量是表征土壤水分状况的一个指标,土壤水分是土壤物质迁移的载体,也是土壤能量转化的重要物质基础,对土壤形成发育过程及肥力水平高低等有重要影响。由表 2 可知,不同土地利用类型土壤自然含水率由大到小依次表现为:农田(18.56%) > 土路(13.96%) > 果园(13.64%) > 苗圃幼林地(8.78%) > 山地灌木林(6.76%),这是由于农田、土路和果园受人为干扰严重,改变土壤表层物理性质,提高土壤中的黏粒含量,有利于其吸附更多水分^[21]。与农田相比,山地灌木林、苗圃幼林地和果园分别显著下降了 63.58%, 52.70% 和 24.78%。由此可见,不同土地利用方式对土壤含水量有较大的影响。解文艳等^[22]研

究发现,随着土壤含水量的增大,土壤入渗能力呈降低趋势,而表层土壤入渗能力的增强则有利于调蓄径流,防止土壤侵蚀的发生^[23]。因此,山地灌木林能够有效地提高土壤入渗能力,减少土壤侵蚀量。

3.1.3 不同土地利用下土壤持水能力 土壤所吸持的水分包含两部分:土壤颗粒物的分子引力引起所吸持的水分和土壤孔隙中毛细管引力所吸持的水分^[24]。因此,土壤持水能力要从毛管孔隙和非毛管孔隙的作用来看,毛管孔隙中的水分可以长时间保持在土壤中,用于植物根系吸收和土壤蒸发;从土壤蓄水能力看,非毛管孔隙能较快容纳降水并及时下渗涵养水源^[18],是评价森林土壤水源涵养能力的重要指标^[24]。由表 2 可以看出,研究区山地灌木林土壤饱和和持水量与土壤贮水能力均显著大于其他土地利用类型,分别为 245.51 t/hm² 和 83.83 t/hm²;土路土壤饱和和持水量与毛管持水量均最低,分别为 100.74 t/hm² 和 78.43 t/hm²,与其他土地利用类型均存在显著差异($P<0.05$),说明山地灌木林的水源涵养能力与水源调节能力明显优于其他土地利用类型,而土路土壤通透性能较差,土壤较为紧实,通气透水性最差,易造成水土流失。

3.1.4 不同土地利用下饱和导水率 饱和导水率是坡地产流产沙的重要因素,对坡地土壤入渗性能和抗侵蚀能力具有重要影响^[25-26]。由表 2 可知,研究区不同土地利用下表土饱和导水率由大到小依次表现为:山地灌木林(1.59 mm/min) $>$ 农田(1.01 mm/min) $>$ 苗圃幼林地(0.70 mm/min)=果园(0.70 mm/min) $>$ 土路(0.30 mm/min),其中山地灌木林为自然植被,人为干扰少,而其他土地利用类型受人为干扰严重,山地灌木林饱和导水率与其他土地利用类型相比差异显著($P<0.05$),而其他土地利用类型土壤饱和导水率差异不显著,说明在空间变异较小的流域内,人为干扰对土壤饱和导水率有显著的影响,这与易扬在黄土丘陵区对不同土地利用类型土壤水分物理性质研究结果一致^[8]。由此可知,山地灌木林林地表土通气透水能力优于其他土地利用类型,能够增强坡地土壤入渗性能和抗侵蚀能力。

3.1.5 不同土地利用方式对土壤有机质的影响 土壤有机质是土壤的重要组成部分,影响、制约着土壤性质,保持和提高土壤有机质含量可以促进团聚体的形成并保持其稳定性,同时还是土壤微生物生命活动所需能量的来源^[27],其含量是评价土壤肥力和土壤质量的一项重要指标。

由图 1 可知,不同土地利用方式对土壤有机质含量由大到小依次表现为:山地灌木林(3.68 g/kg) $>$ 果园(0.94 g/kg) $>$ 土路(0.8 g/kg) $>$ 农田(0.76

g/kg) $>$ 苗圃幼林地(0.4 g/kg)。山地灌木林林地表层土壤腐殖质较为丰富,根系发达,因而其有机质含量显著高于其他土地利用类型($P<0.05$),平均为 3.68 g/kg,而苗圃幼林地土壤有机质含量显著低于其他土地利用类型($P<0.05$),仅为 0.4 g/kg,这主要由于北京山区苗圃幼林地主要集中在河谷平原地区,地表凋落物量和根系量较少,同时植被对土壤的修复能力和有机质的积累还没有形成明显的效应,因而其有机质含量最低。果园、农田和土路之间土壤有机质含量差异不显著,分别比山地灌木林低了 291.49%,384.21%和 360%,虽然管理过程中给果园和农田进行施肥,但均以无机肥为主,因此并不利于土壤有机质的积累,同时,管理过程中进行了翻耕,改变了土壤温度、湿度、孔隙状况和土壤微生物的活性环境,使土壤变得疏松,更适合微生物活动,从而加速土壤有机质的分解、消耗过程,致使其有机质比山地灌木林较低。土路的植被丰富度和覆盖度最低,再加上长期受人为踩踏的影响,土壤有机质含量仅为 0.8 g/kg。

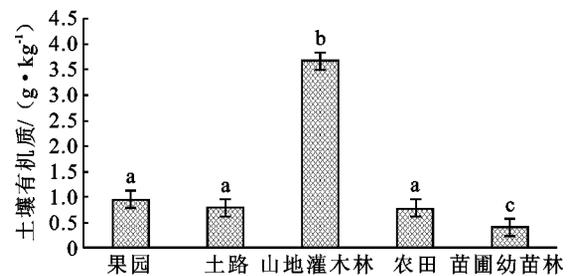


图 1 研究区表土有机质含量

3.2 典型土地利用方式对土壤可蚀性的影响

土壤粒径分布影响着土壤的肥力状况,水力特性及土壤侵蚀等,是重要的土壤物理特性之一。研究区各土地利用类型土壤砂粒含量为 24%~48%,粉粒含量为 33.7%~53%,黏粒含量为 16.2%~23%,按粒级组成划分土壤质地,均属粉砂质黏壤土。不同土地利用方式能够改变土壤表层物理性质,进一步导致土壤表层的可蚀性的不同,数据详见表 3。土壤可蚀性是评价土壤是否易受侵蚀营力破坏的性能,也是土壤对侵蚀营力分离和搬运作用的敏感性^[28]。

表 3 不同土地利用方式下的土壤可蚀性 K 值差异

土地利用	砂粒/%	粉粒/%	黏粒/%	土壤可蚀性 K
果园	30.7±0.09bc	49.5±0.31b	19.8±0.30bc	0.0421
土路	24.0±0.13b	53.0±0.12b	23.0±0.13a	0.0474
山地灌木林	37.5±1.16ac	46.3±0.47b	16.2±0.39b	0.0342
农田	27.1±0.11bc	50.9±0.11b	22.0±0.08c	0.0435
苗圃幼林地	48.0±0.17a	33.7±0.19a	18.3±0.53bc	0.0408

注:砂粒粒径为 0.1~2 mm,粉粒粒径为 0.002~0.1 mm,黏粒粒径为<0.002 mm。

采用 EPIC 经验公式,对不同土地利用方式下土壤的可蚀性 K 值进行比较,结果详见表 3。上路土壤可蚀性 K 值最大,达 0.047 4,山地灌木林最小,为 0.034 2,不同土地利用下土壤可蚀性 K 值由大到小依次表现为:土路(0.047 4) > 农田(0.043 5) > 果园(0.042 1) > 苗圃幼林地(0.040 8) > 山地灌木林(0.034 2)。由表 4 可知,研究区土壤可蚀性 K 值变化范围为 0.031 6~0.053 3,极差为 0.021 7,表明 K 值的变幅不大。均值 0.046 0 与中位数 0.047 1 比较接近,表明 K 值的分布比较均匀。CV 值介于 0.1~1 之间,说明土壤可蚀性 K 值属于中等变异,可能是因为该研究区域土壤质地、地形、气温及植被等因素存在差异造成的。 K 值的大小表示土壤抗侵蚀能力的强弱, K 值越大,抗侵蚀能力越弱;反之, K 值越小,抗侵蚀能力越强^[29]。与其他土地利用类型相比,山地灌木林抗蚀能力表现为最强,这是由于山地灌木林林地具有良好的群落组成和土壤理化性质,加之植被根系穿插的作用^[30],而土路土壤紧实且表面几乎无植被覆盖,表层土壤无植被根系穿插,易导致水土流失;农田则土地裸露部分较多,抗侵蚀能力弱;果园和苗圃幼林林地种群单一,植被覆盖少,地表凋落物量和根系量较少,抗侵蚀能力较弱。除植被和人为干扰对不同的土地利用方式影响不同外,土壤机械组成和结构的未定性差异,进

一步导致不同土地利用方式下土壤可蚀性的差异。

表 4 土壤可蚀性 K 值基本统计学特征

平均值	中位数	最大值	最小值	标准差	极差	偏度	变异系数
0.046	0.0471	0.0533	0.0316	0.0051	0.0217	-1.3261	0.1102

3.3 土壤可蚀性影响因子分析

不同土地利用方式会造成改变土壤表层的理化性质的改变,进一步造成表层土壤的可蚀性有所差异。本文对土壤可蚀性和土壤理化性质进行相关性分析(表 3),结果表明:土壤可蚀性与砂粒、粉粒含量和自然含水率达到极显著性水平,这与李鹏等在干热河谷地区对不同土地利用方式下的土壤可蚀性研究一致^[5];与黏粒含量、非毛管孔隙、土壤贮水能力和容重具有显著性水平,表明黏粒含量增加时,会阻碍土壤水分下渗,堵塞土壤孔隙,导致土壤渗透能力变差^[31],使坡地产流产沙,土壤侵蚀增大,而非毛管孔隙与土壤贮水能力增大,能够及时容纳降水并下渗涵养水源,不易造成坡地产流产沙,降低土壤可蚀性。而与其他理化性质未达到显著水平,不会对土壤侵蚀能力产生直接影响。杨帆等在北京市延庆县对不同土地利用方式下的土壤可蚀性研究发现^[30],土壤可蚀性与有机质含量达到显著负相关,而本文土壤可蚀性与有机质含量未达到统计学上的显著水平,这可能是由于研究区域有机质含量过低,采样量不足有关。

表 5 土壤可蚀性与理化性质之间的相关性分析

	砂粒	粉粒	黏粒	可蚀性	毛管孔隙	非毛管孔隙	毛管持水量	土壤贮水能力	自然含水率	总孔隙	饱和持水量	有机质	容重	饱和导水率
砂粒	1	-0.954**	-0.603**	-0.966**	0.104	0.318	0.104	0.318	-0.395*	0.221	0.221	-0.034	-0.287	0.227
粉粒		1	0.336*	0.997**	-0.087	-0.362*	-0.087	-0.362*	0.437**	-0.225	-0.225	0.021	0.335*	-0.220
黏粒			1	0.380*	-0.097	-0.036	-0.097	-0.036	0.077	-0.095	-0.095	0.050	0.010	-0.127
可蚀性				1	-0.082	-0.358*	-0.082	-0.358*	0.442**	-0.219	-0.219	-0.023	0.329*	-0.214

注: ** 指极显著性水平 0.01, * 指显著性水平 0.05, 样本数为 45 个。

4 结论

研究区山地灌木林土壤总孔隙、土壤贮水能力、土壤饱和持水量和有机质显著大于其他土地类型($P < 0.05$),土壤通气性、透水性和涵养水源能力显著优于其它土地利用类型。山地灌木林的土壤可蚀性 K 值最小,为 0.034 2,土壤抗侵蚀能力强。相对于山地灌木林,其他土地利用方式下的土壤可蚀性明显增加,土壤可蚀性 K 值由大到小依次为:土路(0.047 4) > 农田(0.043 5) > 果园(0.042 1) > 苗圃幼林地(0.040 8),表明人为活动会对土壤的可蚀性造成强烈影响,应尽可能的减少人为活动对土地的扰动,从而提高土地抗侵蚀能力。不同土地利用方式会造成土壤表层的

理化性质的改变,进一步造成表层土壤的潜在可蚀性差异,表明土壤可蚀性与土壤理化性质之间可能存在一定相关性。研究发现,土壤可蚀性与砂粒、粉粒含量、黏粒含量、非毛管孔隙、土壤贮水能力和容重相关性较好($P < 0.05$),可作为土壤可蚀性评价的指标,具有可行性。另外,研究土壤可蚀性在考虑土壤的内在性质(如质地、有机质等)和暂时性质(容重、含水率、团聚体密度等)的同时,还应结合更多外在因素(坡度、降雨和土地利用等)对土壤可蚀性的影响^[32]。

参考文献:

- [1] 张科利,蔡永明,刘宝元,等. 土壤可蚀性动态变化规律研究[J]. 地理学报, 2001, 56(6): 673-681.
- [2] 李月臣,刘春霞,赵纯勇,等. 三峡库区(重庆段)土壤侵

- 蚀敏感性评价及其空间分宜特征[J]. 生态学报, 2009, 29(2):788-796.
- [3] 李春梅, 汪美华, 王红亚. 贵州麦岗水库沉积物的矿物磁性特征及其土壤侵蚀意义[J]. 地理研究, 2010, 29(11): 1972-1979.
- [4] 赵洋毅, 周运超, 段旭. 黔中石灰岩喀斯特表层土壤结构与土壤抗蚀抗冲性[J]. 水土保持研究, 2008, 15(2): 42-46.
- [5] 李鹏, 李占斌, 郑郁. 不同土地利用方式对干热河谷地区土壤可蚀性的影响[J]. 水土保持研究, 2011, 18(4):16-19.
- [6] 李鹏, 李占斌, 郑郁. 不同海拔对干热河谷地区土壤理化性质及可蚀性的影响[J]. 水土保持通报, 2011, 31(4): 103-107.
- [7] 张旭贤, 高华端, 孙利军, 等. 不同海拔对干热河谷不同碳酸盐岩坡耕地土壤侵蚀特征研究[J]. 中国水土保持, 2013(9):42-46.
- [8] 易扬, 信忠保, 覃云斌, 等. 黄土丘陵区不同土地利用类型土壤水物理性质研究[J]. 水土保持研究, 2013, 20(5):45-48.
- [9] 邹碧, 王刚, 杨富权. 黄土丘陵区不同华南热带区不同恢复阶段人工林土壤持水能力研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2010, 18(4):343-349.
- [10] 肖辉杰, 丁国栋, 贾瑞燕, 等. 京郊荒滩生态恢复初期植被与土壤环境的变化:以延庆县为例[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(5):202-206.
- [11] 吕瑞恒, 刘勇, 于海群, 等. 北京山区不同林分类型土壤肥力的研究[J]. 北京林业大学学报, 2009, 31(6):159-163.
- [12] Wischmeier W H, Johnson C B, Cross B V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1971, 26(6):189-193.
- [13] 李庆云, 余新晓, 信忠保, 等. 黄土高原典型流域不同土地利用类型土壤物理性质分析[J]. 水土保持研究, 2010, 17(6):106-114.
- [14] Liu Binhui, Xu Ming, Henderson M, et al. Taking China temperature: Daily range, warming trends, and regional variations, 1955—2000 [J]. Journal of Climate, 2004, 17(22):4453-4462.
- [15] 赵世伟, 周印东, 吴金水. 子午岭北部不同植被类型土壤水分特征研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(4):119-122.
- [16] Brejda J J, Moorman T B, Karlen D L, et al. Identification of regional soil quality factors and indicators: I. Central and southern high plains [J]. Soil Science Society of America Journal, 2000, 64(6):2115-2124.
- [17] 李攀. 浅议苗圃土壤改良[J]. 林业科技情报, 2012, 44(1):26-27.
- [18] 王丽, 梦丽, 张金池, 等. 不同植被恢复模式下矿区废弃地土壤水分物理性质研究[J]. 中国水土保持, 2010(3):54-57.
- [19] 姜培坤, 周国模, 钱新标. 侵蚀型红壤植被恢复后土壤养分含量与物理性质的变化[J]. 水土保持通报, 2004, 18(1):12-14.
- [20] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京:中国农业出版社, 2000:66-80.
- [21] 曹鹤, 薛立, 谢腾芳, 等. 华南地区八种人工林的土壤物理性质[J]. 生态学杂志, 2009, 28(4):620-625.
- [22] 解文艳, 樊贵盛. 土壤含水量对土壤入渗能力的影响[J]. 太原理工大学学报, 2004, 35(3):272-275.
- [23] 李天阳, 何丙辉, 田家乐, 等. 重庆璧山5种典型农林混作模式土壤理化性质及水分入渗特性[J]. 水土保持学报, 2013, 27(4):103-108.
- [24] 苏杨, 朱健, 王平, 等. 土壤持水能力研究进展[J]. 中国农学通报, 2013, 29(14):140-145.
- [25] 廖凯华, 徐绍辉, 程桂福. 大沽河流域土壤饱和导水率空间变异特征[J]. 土壤, 2009, 41(1):147-151.
- [26] 张扬, 赵世华, 华娟. 宁南山区草地植被恢复方式对土壤饱和导水率的影响[J]. 水土保持通报, 2010, 30(1):27-30.
- [27] 王清奎, 汪思龙, 冯宗炜, 等. 杉木人工林土壤有机质研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(10):1947-1952.
- [28] Bouyoucos G J. The clay ratio as a criterion of susceptibility of soils to erosion[J]. Journal of American Society of Agronomy, 1935, 27:738-741.
- [29] 朱明勇, 谭淑端, 顾胜利, 等. 湖北丹江口水库库区小流域土壤可视性特征[J]. 土壤通报, 2010, 42(2):434-436.
- [30] 杨帆, 张洪江, 程金花, 等. 北京市延庆县不同土地利用方式下的土壤可蚀性研究[J]. 水土保持通报, 2013, 33(6):19-23.
- [31] Aggelopoulou K, Pateras D, Fountas S, et al. Soil spatial variability and site specific fertilization maps in an apple orchard[J]. Precision Agriculture, 2011, 12(1):118-129.
- [32] 吴昌广, 曾毅, 周志翔, 等. 三峡库区土壤可蚀性 K 值研究[J]. 中国水土保持科学, 2010, 8(3):8-12.