

钱旭,廖小锋,谢元贵. 贵州喀斯特地区典型小流域土壤理化性质对不同土地利用类型的响应[J]. 江苏农业科学,2018,46(11):247-251.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.11.061

贵州喀斯特地区典型小流域土壤理化性质 对不同土地利用类型的响应

钱旭¹,廖小锋^{2,3},谢元贵^{3,4}

(1. 贵州省土地开发中心,贵州贵阳 550001; 2. 贵州科学院贵州省山地资源研究所,贵州贵阳 550001;

3. 贵州省山地资源研究所有限公司,贵州贵阳 550001; 4. 贵州科学院,贵州贵阳 550001)

摘要:为研究不同土地利用类型下贵州喀斯特地区典型小流域的土壤理化性质特征,以贵州喀斯特地区 3 个典型小流域[黔西南中低山丘陵喀斯特区典型小流域——安龙县兴隆镇排冗河小流域(代号为 QWSMH),黔东北低山丘陵喀斯特区典型小流域——江口县坝盘镇高墙河小流域(代号为 QENLH),黔北中山峡谷喀斯特区典型小流域——桐梓县高桥镇龙爪沟小流域(代号为 QNMG)]为研究对象,分析不同土地利用类型、不同土壤剖面层次的土壤理化性质。通过对典型小流域不同土地利用类型土壤 13 个理化性质指标进行测定和分析,探讨贵州喀斯特地区典型小流域土壤理化性质对不同土地利用类型的响应机制。结果表明,13 个理化性质指标对旱地、水田、林地的响应方式和响应强度不同,整体表现为林地和水田在土壤结构、质地、肥力上优于旱地。对不同土壤剖面层的分析结果显示,随着土层深度的加大,土壤容重和 pH 值逐渐升高,土壤总孔隙度、田间持水量、有机质含量与氮、磷、钾 3 种元素含量皆表现为随土层深度的加深而递减的趋势。不同喀斯特典型小流域土壤理化性质表现为 QENLH 土壤结构良好,肥力最好,而 QWSMH 土壤结构和肥力表现最差。相关性分析显示,土壤容重、非毛管孔隙度、pH 值间呈正相关,这 3 项指标与其余多数指标呈负相关,其余 10 个指标间呈正相关。研究结果可为人为干扰下喀斯特小流域土壤改良、石漠化的恢复与治理提供科学依据与理论基础。

关键词:土地利用类型;土壤理化性质;典型小流域;喀斯特地区;贵州

中图分类号: S153;S157 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)11-0247-05

生境的严酷性和生态的脆弱性是喀斯特环境的基本特征,贵州省位于中国西南喀斯特区域,由于长期受到土壤侵蚀

和人类强烈活动的干预,生态环境逐渐恶化,石漠化程度加重,水土流失加剧,使恢复治理成为一个大而慢的难题^[1-2]。土壤的理化性状是影响土壤肥力的内在条件,也是综合反映土壤质量的重要组成部分,土地利用和管理是影响土壤变化的最普遍、最直接的因素,了解不同土地利用类型下土壤理化性质的差异,是合理利用土地资源、发展持续农林业的前提^[3]。在小流域尺度,不同土地利用类型对土壤理化性质产生的影响不同^[4]。关于土地利用类型对土壤理化性质的影响,国内学者在南方红壤区、黄土高原区、干热河谷区等水土流失严重的地区进行了大量研究^[4-7],而对于土地利用类型与喀斯特小流域土壤理化性质关系的研究较少。事实上,对于人为干预下不同土地利用措施对喀斯特土壤环境影响的研

收稿日期:2017-07-21

基金项目:贵州省财政专项资金;贵州科学院创新人才团队建设项目(土地资源可持续利用创新人才团队);贵州省科技攻关计划(编号:黔科合 SY 字[2009]3084 号、黔科合 SY 字[2013]3169 号)。

作者简介:钱旭(1973—),男,贵州遵义人,硕士,高级工程师,主要从事土地整治方面的研究工作。Tel:(0851)86815564;E-mail:942216190@qq.com。

通信作者:谢元贵,硕士,副研究员,高级工程师,主要从事土地资源、水土保持及林学方面的研究工作。Tel:(0851)86824329;E-mail:yuanguixie@163.com。

influences the microbial community structure during manure composting with agricultural wastes [J]. Science of the Total Environment,2012,416:476-481.

[17] Zhang L, Sun X. Changes in physical, chemical, and microbiological properties during the two-stage co-composting of green waste with spent mushroom compost and biochar [J]. Bioresour Technol, 2014, 171(1):274-284.

[18] Zhang J N, Lü F, Shao L M, et al. The use of biochar-amended composting to improve the humification and degradation of sewage sludge [J]. Bioresource Technology, 2014, 168(3):252-258.

[19] Hua L, Wu W, Liu Y, et al. Reduction of nitrogen loss and Cu and Zn mobility during sludge composting with bamboo charcoal

amendment [J]. Environmental Science and Pollution Research International, 2009, 16(1):1-9.

[20] Morel T L, Conlin F, Cermon J, et al. In composting of agricultural and other wastes [M]. London: Elsevier Applied Science, 1985: 56-72.

[21] Vuorinen A H, Saharinen M H. Evolution of microbiological and chemical parameters during manure and straw co-composting in a drum composting system [J]. Agri Ecosys and Environ, 1997, 66(1): 19-29.

[22] Itavaara M, Vikman M, Venelampi O W. Composting of biodegradable packaging materials [J]. Compost Science and Utilization, 1997, 5(2):84-92.

究仍有待突破^[2,8], 研究其土壤理化性质特征将有利于喀斯特地区生态环境的保护和土地的可持续利用。

1 研究区概况

根据贵州喀斯特地区的分布情况, 选取黔西南中低山丘陵喀斯特区典型小流域——安龙县兴隆镇排冗河小流域(代号为 QWSMHH)、黔东北低山丘陵喀斯特区典型小流域——江口县坝盘镇高墙河小流域(代号为 QENLH)、黔北中山峡谷喀斯特区典型小流域——桐梓县高桥镇龙爪沟小流域(代号为 QNMG), 共计 3 个典型小流域作为研究对象。

桐梓县高桥镇龙爪沟小流域地理位置为 106°37′08″~106°40′17″E, 28°04′20″~28°01′59″N, 位于川黔南北构造带与东北向构造带的交接复合部位, 属于喀斯特低中山中切割侵蚀—溶蚀地貌, 有亚热带季风气候特征, 水田土种为紫泥田, 旱地为紫泥土, 其他区域的土种为硅铝质中层黄壤。

江口县坝盘镇高墙河小流域地理位置为 108°53′07″~108°56′36″E, 27°43′57″~27°47′07″N, 位于贵州高原向湘西丘陵过渡的斜坡地带, 属于喀斯特低中山深切割侵蚀—溶蚀地貌, 有亚热带季风气候特征, 水田土种为红泥田, 旱地土种为硅铝层薄层红壤和硅铝质厚层黄红壤。

安龙县兴隆镇排冗河小流域地理位置为 108°34′39.5″~108°34′39.5″E, 25°01′36″~25°8′01.36″N。地处南北盘江分水岭位置, 主要表现为喀斯特峰林盆地地貌, 有亚热带季风气候特征, 地下水系十分发达, 土壤以大眼泥田和薄层黄色石灰土为主。

研究区的自然植被主要为常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林, 种类较为丰富。桐梓县高桥镇龙爪沟小流域的植物主要为紫金牛科 (Myrsinaceae)、安息香科 (Styracaceae)、壳斗科 (Fagaceae)、里白科 (Gleicheniaceae)、禾本科 (Gramineae)、大戟科 (Euphorbiaceae)、菊科 (Asteraceae)、蔷薇科 (Rosaceae)、茜草科 (Rubiaceae) 和百合科 (Liliaceae) 等。江口县坝盘镇高墙河小流域的植物主要为金缕梅科 (Hamamelidaceae)、榆科 (Ulmaceae)、蚌壳蕨科 (Dicksoniaceae)、樟科 (Lauraceae)、蔷薇科 (Rosaceae)、鳞始蕨科 (Lindsaeaceae)、紫萁科 (Osmundaceae)、猕猴桃科 (Actinidiaceae)、葡萄科 (Vitaceae) 等。安龙县兴隆镇排冗河小流域的主要植物为苏铁科 (Cycas revoluta)、红豆杉科 (Taxaceae)、兰科 (Orchidaceae)、柏科 (Cupressaceae)、松科 (Pinaceae)、马尾树科 (Rhoipteleaceae)、苦木科 (Simaroubaceae)、紫葳科 (Bignoniaceae) 等。

2 试验方法

2.1 采样方法

根据研究区土地利用分布情况, 对该小流域进行广泛的实地调查, 选择不同地类的典型代表区, 包括水田 (PF)、旱地 (DF)、林地 (FF)。于 2015 年 10 月在选定的地类设置典型样地, 并在样地内随机挖取 3 个土壤剖面 (深度 50 ~ 100 cm), 分不同剖面层次取土样, 其中研究物理性质 (包括容重、最大田间持水量和土壤孔隙度) 的样品采用环刀法取样 (容积 200 cm³)。水田由上而下分为 3 个土层, 即耕作层 (PL)、犁底层 (PP) 和心土层 (SL)。旱地和林地由上而下分为 2 个土层, 即表土层或耕作层 (PL) 和心土层 (SL)。将土壤

样品密封并迅速带回实验室, 风干、磨碎、过筛后备用。

2.2 指标的测定方法

土壤理化性质的测定方法参照《土壤理化分析》^[9]。其中, 土壤总孔隙度 $P_t = (1 - D/\rho_s) \times 100\%$ 。式中: P_t 为土壤总孔隙度; D 为土壤容重; ρ_s 为土壤密度。毛管孔隙度 $P_c = \text{土壤田间持水量}(\%) \times D$; 非毛管孔隙度 $P_0 = P_t - P_c$ 。在土壤化学性质方面, 土壤全氮含量采用 KT260 凯氏定氮仪测定; 全磷含量采用 $\text{HClO}_4 - \text{H}_2\text{SO}_4$ 法测定; 全钾含量采用 $\text{HF} - \text{HClO}_4$ 消煮火焰光度法测定; 水解氮含量采用碱解扩散法测定; 速效磷含量采用钼锑抗比色法测定; 速效钾含量采用火焰光度法测定; 有机质含量采用重铬酸钾容量法测定; pH 值采用 pH 计测定。

数据处理与分析采用 Excel、SPSS 20.0 软件。

3 结果与分析

3.1 不同土地利用类型土壤的物理特征

3.1.1 土壤容重 土壤容重是土壤紧实度的敏感性指标, 也是表征土壤质量的重要参数, 土壤容重可以反映土壤的透水性和通气性^[2]。由图 1 可知, 土壤容重的变化幅度较小, 在 1.08 ~ 1.52 g/cm³ 间。在不同土地利用类型下, 土壤容重在部分小流域大致表现为旱地 > 水田 > 林地; 在不同土壤剖面, 土壤容重表现为随土壤深度的加深而增大, 即心土层 > 犁底层 > 耕作层; 3 个喀斯特小流域则表现为黔西南中低山丘陵喀斯特地区典型小流域 > 黔东北低山丘陵喀斯特地区典型小流域 > 黔北中山峡谷喀斯特地区典型小流域。

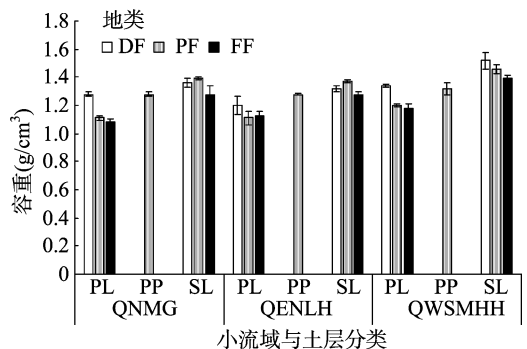


图1 不同土地利用类型土壤容重

3.1.2 土壤孔隙度 土壤孔隙度可以反映土壤的蓄水能力和通气性能, 可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^[10]。由图 2 可知, 土壤孔隙度总体变化较小, 在不同土地利用类型下, 土壤孔隙度在黔东北低山丘陵喀斯特地区典型小流域的部分土层表现为 $PF > FF > DF$, 在黔北中山峡谷与黔西南中低山丘陵喀斯特地区典型小流域的部分土层表现为 $FF > PF > DF$; 在不同的土壤剖面, 土壤孔隙度表现为随土壤深度的加深而减小, 即表现为 $PL > PP > SL$; 3 个喀斯特小流域土壤孔隙度整体表现为 $QNMG > QENLH > QWSMHH$ 。

3.1.3 田间持水量 土壤水分不仅是土壤系统养分循环与流动的载体, 而且积极参与土壤中物质的转化过程^[11]。田间持水量是表征土壤水分状况的一个指标, 是重要的土壤肥力要素与土壤的重要物理性质之一^[12]。由图 3 可知, 在不同土地利用类型下土壤田间持水量的变化方面, 黔北中山峡谷和

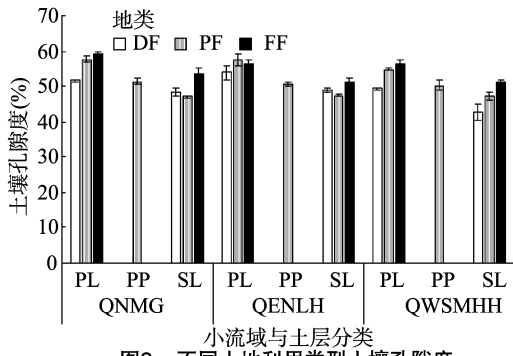


图2 不同土地利用类型土壤孔隙度

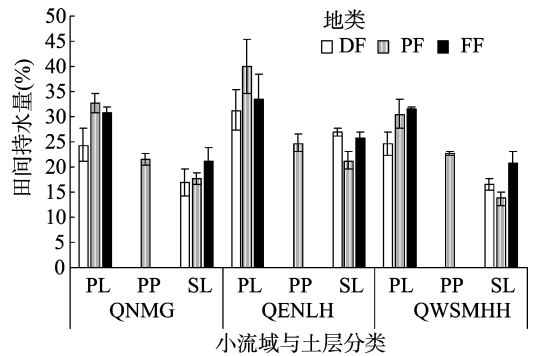


图3 不同土地利用类型土壤田间持水量

黔东北低山丘陵喀斯特地区典型小流域在耕作层表现一致,即表现为 $PF > FF > DF$;黔西南中低山丘陵喀斯特地区典型小流域在耕作层表现为 $FF > PF > DF$ 。在不同土壤剖面,土壤田间持水量表现为随土壤深度的加深而减小,即表现为 $PL > PP > SL$ 。3 个喀斯特小流域土壤田间持水量整体表现为 $QENLH > QNMG > QWSMHH$ 。

3.2 不同土地利用类型土壤的化学特征

3.2.1 土壤 pH 值 土壤酸碱性是土壤的重要属性,直接影响土壤中许多物理、化学及生物学的过程和性质^[13]。由表 1 可知,不同喀斯特小流域 pH 值的变化范围在 4.75 ~ 7.43 之

间,基本为酸性土壤,最大值为 QWSMHH 旱地的心土层,最小值为 QENLH 旱地的耕作层。在不同土地利用类型下土壤 pH 值的变化方面,黔北中山峡谷喀斯特地区典型小流域表现为 $FF > PF > DF$,黔东北低山丘陵喀斯特地区典型小流域表现为 $DF > PF > FF$ 。在不同的土壤剖面,土壤 pH 值与土壤容重的表现一致,随着土壤深度的加深而增加,即表现为 $PL < PP < SL$ 。3 个喀斯特小流域整体土壤 pH 值表现为 $QWSMHH > QNMG > QENLH$ 。

表 1 不同土地利用类型土壤 pH 值

小流域	旱地		水田			林地	
	耕作层	心土层	耕作层	犁底层	心土层	耕作层	心土层
QNMG	5.00 ± 0.19	5.79 ± 0.53	5.00 ± 0.23	5.56 ± 0.25	6.23 ± 0.15	5.79 ± 0.10	6.56 ± 0.12
QENLH	4.75 ± 0.36	5.52 ± 0.15	4.97 ± 0.02	5.45 ± 0.29	5.98 ± 0.35	5.10 ± 0.10	5.69 ± 0.27
QWSMHH	7.04 ± 0.04	7.43 ± 0.09	6.60 ± 0.05	6.87 ± 0.16	7.33 ± 0.10	6.57 ± 0.05	7.33 ± 0.18

3.2.2 土壤有机质含量 有机质是土壤中较活跃的组成部分,是土壤中具有结构和生物学特征的基本物质,有机质既是生命活动的条件,也是生命活动的产物^[13]。由图 4 可知,土壤有机质含量变化范围较大,在 5.09 ~ 44.82 g/kg 之间,最高值出现在 QENLH 林地的耕作层,最低值出现在 QNMG 水田的心土层。在不同土地利用类型下有机质含量的变化方面,QWSMHH 和 QNMG 表现类似,在耕作层表现为 $PF > DF$ 、 FF ,QENLH 表现为 $FF > PF > DF$ 。在不同的土壤剖面方面,有机质含量表现为随土壤深度的加深而减小,即表现为 $PL > PP > SL$ 。3 个喀斯特小流域有机质含量整体表现为 $QENLH > QWSMHH > QNMG$ 。

物生长过程中占有重要地位^[13]。

由图 5 可知,土壤全氮含量变化范围在 0.45 ~ 2.64 g/kg 之间,分别在水田的耕作层和心土层出现最大值和最小值。在不同土地利用类型下,耕作层全氮含量的变化表现为 $PF > FF > DF$ 。在不同的土壤剖面,全氮含量表现为随土壤深度的加深而减小,即 $PL > PP > SL$ 。3 个喀斯特小流域全氮含量整体表现为 $QENLH > QWSMHH > QNMG$ 。

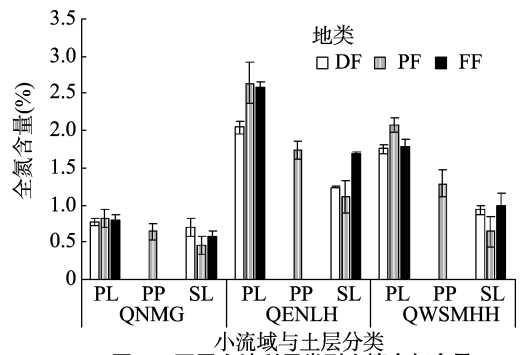


图5 不同土地利用类型土壤全氮含量

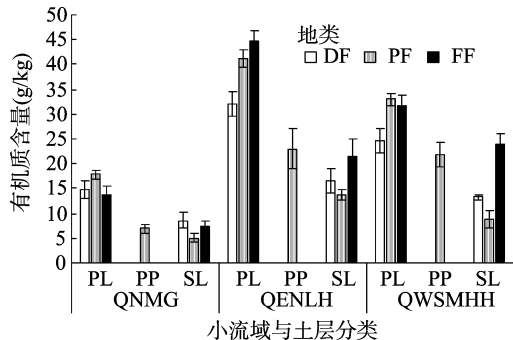


图4 不同土地利用类型土壤有机质含量

3.2.3 土壤氮磷钾含量 氮、磷、钾 3 种元素是植物生长所必需的三大营养元素,也是构成植物生命体的重要元素,在植

由图 6 可知,土壤全磷含量范围在 0.36 ~ 1.20 g/kg 之间,与全氮含量一致,2 个极值分别出现在水田的耕作层和心土层。QNMG 的耕作层全磷含量表现为 $FF > PF > DF$,QENLH 的耕作层全磷含量表现为 $PF > FF > DF$,QWSMHH 全磷含量在不同土地利用类型间的差异较小。在不同的土壤剖面,全磷含量表现为随土壤深度的加深而减小,即 $PL > PP >$

SL。3 个喀斯特小流域全磷含量整体上表现为 QENLH > QNMG > QWSMHH。

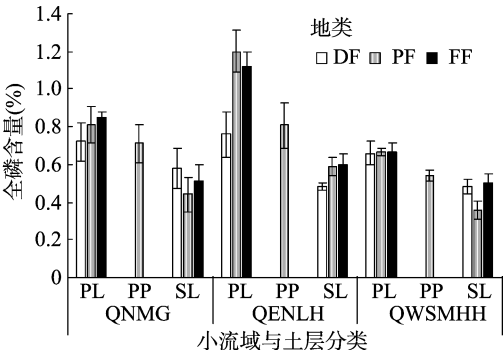


图6 不同土地利用类型土壤全磷含量

由图 7 可知,土壤全钾含量范围较大,在 11.24 ~ 59.36 g/kg 之间,与全氮含量一致,2 个极值分别出现在林地的耕作层和心土层。QNMG 土壤全钾含量表现为 FF > DF > PF,QENLH 小流域全钾含量在耕作层表现为 FF > PF > DF,QWSMHH 小流域表现为 PF > DF > FF。在不同土壤剖面,全钾含量随土壤深度的加深而减小,表现为 PL > PP > SL。3 个喀斯特小流域全钾含量整体表现为 QNMG > QENLH > QWSMHH。

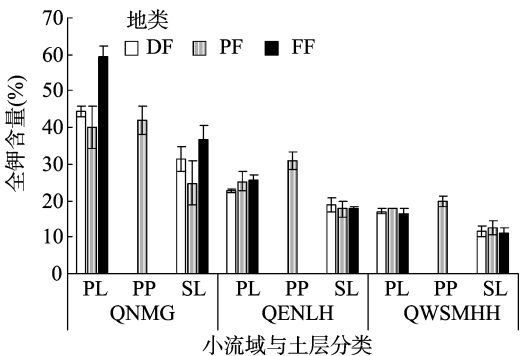


图7 不同土地利用类型土壤全钾含量

3.3 土壤理化性质之间的相关性分析

相关性分析可揭示土壤理化性质间的相关关系,由表 2 可知,土壤容重、非毛管孔隙度和 pH 值呈正相关,土壤容重与 pH 值呈极显著正相关($P < 0.01$),这 3 项指标与其他多数理化性质指标均呈显著负相关,土壤容重与土壤总孔隙度、田间持水量呈极显著负相关($P < 0.01$)。全钾含量与土壤其他化学指标之间的相关性不显著。土壤总孔隙度、毛管孔隙度、田间持水量、有机质含量、全氮含量、速效氮含量、全磷含量、速效磷含量、速效钾含量间呈显著正相关,尤其是毛管孔隙度和田间持水量的相关系数最高(0.972),其次为有机质和全

表 2 贵州喀斯特典型小流域土壤理化性质相关性

指标	相关系数											
	容重	总孔隙度	毛管孔隙度	非毛管孔隙度	田间持水量	pH 值	有机质含量	全氮含量	速效氮含量	全磷含量	速效磷含量	全钾含量
容重	1.000											
总孔隙度	-0.991 **	1.000										
毛管孔隙度	-0.793 **	0.749 **	1.000									
非毛管孔隙度	0.072	0.004	-0.659 **	1.000								
田间持水量	-0.903 **	0.871 **	0.972 **	-0.479 *	1.000							
pH 值	0.657 **	-0.591 **	-0.547 *	0.155	-0.603 **	1.000						
有机质含量	-0.563 **	0.523 *	0.832 **	-0.661 **	0.784 **	-0.266	1.000					
全氮含量	-0.498 *	0.445 *	0.805 **	-0.711 **	0.739 **	-0.301	0.953 **	1.000				
速效氮含量	-0.649 **	0.601 **	0.552 **	-0.150	0.620 **	-0.764 **	0.497 *	0.505 *	1.000			
全磷含量	-0.802 **	0.764 **	0.768 **	-0.293	0.834 **	-0.673 **	0.698 **	0.677 **	0.825 **	1.000		
速效磷含量	-0.587 **	0.523 *	0.692 **	-0.450 *	0.698 **	-0.630 **	0.751 **	0.803 **	0.739 **	0.763 **	1.000	
全钾含量	-0.538 *	0.564 **	0.057	0.554 **	0.222	-0.540 *	-0.278	-0.316	0.373	0.388	0.001	1.000
速效钾含量	-0.757 **	0.729 **	0.466 *	0.124	0.572 **	-0.791 **	0.191	0.195	0.748 **	0.703 **	0.498 *	0.765 **

注:“**”表示在 0.01 水平显著相关,“*”表示在 0.05 水平显著相关。
氮含量的相关系数(0.953)。

4 结论与讨论

典型小流域 13 个理化性质指标对旱地、水田、林地等土地利用类型的响应方式和响应强度不同,以同一土层为基础分析不同小流域土壤理化性质在不同土地利用类型下的变化情况,结果显示,林地和水田在土壤结构、质地、肥力上优于旱地。研究表明,不合理的毁林开垦和耕种破坏了土壤原有的结构,恶化了土壤质地,导致土壤容重增加,总孔隙度减少,不利于拦洪蓄水,使水土流失加重,土地退化,导致喀斯特土地石漠化^[14]。人为干扰是影响土壤理化性质的主导因素,不合理的干扰强度大,土壤理化性质退化严重,控制不合理的人为干扰及恢复结构良好的地上植被对改善土壤质量具有重要意

义^[15]。本研究得出,不同土地利用类型对喀斯特山区土壤容重、孔隙度、毛管持水力等物理性质具有一定影响,与尹刚强等关于湘中丘陵地区的研究结果^[16]一致;与陈超等对贵州省不同土地利用类型对土壤理化性质的研究结果^[5]不尽相同。
不同土壤剖面层的分析结果表明,不同土地利用类型下 3 个典型小流域土壤理化性质的变化呈现出一定的规律,即随着土壤层深度的加深,土壤容重和 pH 值逐渐升高,土壤总孔隙度和田间持水量逐渐降低,土壤有机质含量递减,氮、磷、钾 3 种元素大体表现为随土层深度的加深而递减,氮素表现出显著的随土层深度加深而递减的规律,而磷、钾 2 个元素的变化趋势则具有一定的波动性。各耕作层 pH 值明显低于犁底层和心土层,且低于各区域 pH 值的平均值,说明研究区土壤有一定的淋溶作用^[17]。土壤养分含量呈现明显的表聚性,

土壤有机质、全氮、全磷含量均存在从上往下依次递减的趋势,而水田的钾素含量呈现出自上而下先升高后降低的特点,造成这种现象的原因可能是由于腐殖质随着时间的推移,由表层逐渐向下分解、转化、累积,形成上层的有机质含量大于下层;而钾的迁移性较强,易随着水分向下淋溶,使得下层土壤钾素含量发生改变,同时由于犁底层的透水性较差,使得速效钾积聚在此层。三大营养元素在各土壤剖面层的变化趋势存在不同,造成这种现象的原因可能有以下 2 点:(1)不同地类、不同作物对水分或养分的吸收能力、利用比例的差异使得土壤理化性质出现不同;(2)旱地和水田的施肥种类及施肥量造成的差异^[18]。

黔东北低山丘陵喀斯特地区典型小流域田间持水量、有机质含量、全氮含量、全磷含量、速效氮含量、速效磷含量最高;黔西南中低山丘陵喀斯特地区典型小流域土壤总孔隙度、田间持水量、速效氮含量、全磷含量、全钾含量、速效钾含量最低。也就是说,在 3 个喀斯特地区典型小流域中,黔东北低山丘陵喀斯特地区典型小流域土壤结构最好,肥力最高,而黔西南中低山丘陵喀斯特地区典型小流域土壤结构和肥力表现最差。以黔北中山峡谷喀斯特地区高桥镇斋郎河、龙爪沟小流域为例,针对该小流域土壤肥力较差,养分含量不一,且存在一定的水土流失现象,建议对该小流域采取水土保持工程措施。如对坡地进行坡改梯,修建截流沟改变水流冲刷等措施;在水土流失严重的地段种植防护林,降低水土流失的风险。建议对该小流域的耕地适当施用有机肥,提高有机质含量;根据不同耕地养分的含量高低有针对性施肥,做到“因地制宜”,减少不必要的浪费,尽量降低化肥对生态环境的影响。黔东北低山丘陵喀斯特地区高墙河小流域土壤质量较高,肥力较强,应在保护好现有耕地的基础上适度开发,发展生态农业等特色产业,提高土地利用率。同时,采取水土保持措施降低水土流失的风险,提高耕地的保水保肥能力。黔西南中低山丘陵喀斯特地区排冗河小流域受水土流失的影响,土壤质量总体一般,农业生产力不高。建议对于该地区多种经营经济和草地,加强对自然林地的保护;通过坡改梯等土地利用类型,蓄水保土,减轻土壤侵蚀,改善土壤质量,提高产量。

相关性分析表明,土壤容重、非毛管孔隙度和 pH 值呈正相关,其余各指标呈负相关。土壤容重和土壤总孔隙度、田间持水量呈显著负相关,毛管孔隙度和田间持水量及有机质和全氮含量呈显著正相关。贵州喀斯特典型小流域土壤理化性质对不同土地利用类型的响应表明,与土壤的物理性质相比,土壤养分含量在不同土地利用类型下和不同小流域中的变化较为明显,原因可能是施肥是较为常用且明显影响土壤理化性质的方式,人为干扰中施肥对土壤化学性质的影响比改良土壤物理性质的影响大。有机质含量在林地的耕作层中最高,而在水田的心土层中最低的原因可能是林地的土表较为丰富的枯枝落叶,加厚了其腐殖质层,而水田土表的枯枝落叶较少,腐殖质自上而下地分解、转化、累积,使得林地耕作层的有机质含量较高,而水田的心土层含量最低。旱地因为普遍施过氮肥,因此土壤全氮含量整体高于其他利用方式的土壤,

而由于农作物对氮肥的吸收,因此造成表层(耕作层)的全氮含量低于底层。

参考文献:

- [1] Parise M, Closson D, Gutiérrez F, et al. Facing engineering problems in the fragile karst environment[J]. *Engineering Geology for Society and Territory*, 2014, 26(5): 479–482.
- [2] 田涟祎. 石漠化地区土壤性质对不同土地利用类型的响应研究[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2016.
- [3] 张源润, 董立国, 蔡进军, 等. 半干旱退化山区不同土地利用类型土壤理化性质的特征研究[J]. *水土保持通报*, 2009, 29(5): 65–68.
- [4] 唐炳哲, 何丙辉, 闫建梅. 川中丘陵区土地利用类型对土壤理化性质影响的灰色关联分析[J]. *应用生态学报*, 2016, 27(5): 1445–1452.
- [5] 陈超, 杨丰, 赵丽丽, 等. 贵州省不同土地利用类型对土壤理化性质及其有效性的影响[J]. *草地学报*, 2014, 22(5): 1007–1013.
- [6] 赵锦梅, 张德翌, 刘长仲, 等. 祁连山东段高寒地区土地利用类型对土壤性状的影响[J]. *生态学报*, 2012, 32(2): 548–556.
- [7] 巩杰, 陈利顶, 傅伯杰, 等. 黄土丘陵区小流域植被恢复的土壤养分效应研究[J]. *水土保持学报*, 2005, 19(1): 93–96.
- [8] Li Z Y, Jin Z J, Li Q. Changes in land use and their effects on soil properties in Huixian karst wetland system[J]. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2017, 26(2): 699–707.
- [9] 南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978.
- [10] 刘云鹏, 张社奇, 谷洁, 等. 不同土地利用类型对陕西黄河湿地土壤水分物理性质的影响[J]. *安徽农业科学*, 2011, 39(5): 2725–2728.
- [11] 黄晓强, 赵云杰, 信忠保, 等. 北京山区典型土地利用类型对土壤理化性质及可蚀性的影响[J]. *水土保持研究*, 2015, 22(1): 5–10.
- [12] 苏广实, 王世杰, 胡宝清, 等. 喀斯特小流域不同土地利用类型对土壤物理性状和微生物的影响——以广西都安澄江小流域为例[J]. *地球与环境*, 2013, 41(1): 29–36.
- [13] 杜昕. 长沙市不同土地利用类型对土壤理化性质及生态服务功能的影响[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2015.
- [14] 苏广实. 喀斯特小流域不同土地利用方式土壤物理性状分析[J]. *安徽农业科学*, 2012, 40(14): 8130–8132.
- [15] 李生, 任华东, 姚小华. 土地利用类型对桂西北石漠化地区土壤理化性质的影响[J]. *水土保持通报*, 2013, 33(3): 58–62, 190.
- [16] 尹刚强, 田大伦, 方晰, 等. 不同土地利用类型对湘中丘陵区土壤质量的影响[J]. *林业科学*, 2008, 44(8): 9–15.
- [17] 李建辉, 李晓秀, 张汪寿. 北运河下游不同土地利用类型下土壤剖面养分研究[J]. *安徽农业科学*, 2011, 39(19): 11881–11883, 11901.
- [18] 蔡义. 彰武县土壤养分变化状况及改良对策[J]. *现代农业科技*, 2011, 1(5): 280–282.