

西庄河流域土地利用方式对土壤肥力影响的研究

高富¹, 沙丽清², 许建初¹

(1: 中国科学院昆明植物研究所, 云南 昆明 650204; 2: 中国科学院昆明生态研究所, 云南 昆明 650223)

摘要: 采用野外调查、取样和实验分析相结合的方法对云南省保山市西庄河山地流域内 4 种主要土地利用方式(林地、耕地、茶园、灌丛)的土壤理化性质进行对比研究, 讨论了不同土地利用方式对土壤肥力的影响, 结果表明, 不同的土地利用方式对土壤肥力具有比较明显的影响: 土壤有机质和全氮质量分数变化从大到小依次为灌丛>林地>茶园>耕地; 磷、钾元素表现为耕地>茶园>林地>灌丛; 土壤阳离子交换量表现为耕地>茶园>灌丛>林地; 盐基饱和度表现为耕地>灌丛>林地>茶园; 农业耕作活动对表层土壤物理性质影响明显。

关键词: 西庄河流域; 土地利用方式; 土壤肥力; 土壤物理性质; 土壤化学性质

中图分类号: S158; F301.24 文献标识码: A

Effects of Land Use Types on Soil Fertility in Xizhuang Watershed

GAO Fu¹, SHA Li-qing², XU Jian-chu¹

(1: Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650204, China;

2: Kunming Institute of Ecology, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China)

Abstract: Soil physical and chemical properties under the four main types of land use (forest land, farmland, tea garden and bush land) in the Xizhuang watershed, Baoshan, Yunnan province, has been studied through field soil sampling and laboratory analysis. Effects of different land use types on soil fertility have been discussed in this paper. The results show that the different land uses will have obvious effects on soil fertility. Both soil organic matter and total nitrogen content decline in a sequences from bush land, forest land and tea garden to farm land; phosphorus and potassium content decline in a sequences from farmland, tea garden and forest land to bush land; cation exchange capacity (CEC) from farmland, tea garden and bush land to forest land; and base saturation percentage (BSP) from farm land, bush land and forest land to tea garden. Farming practices have significant impacts on the physical and chemical properties of topsoil.

Key words: watershed; land use type; soil fertility; soil physical properties; soil chemical properties

本文通过对云南保山西庄河流域耕地(farmland)、林地(forest land)、灌丛(bush land)、茶园(tea garden)等 4 种不同土地利用方式下的土壤肥力进行研究, 分析不同土地利用方式与土壤肥力之间的相互关系, 以期为山地流域土地资源合理利用、生态环境治理提供科学依据。

1 材料与方

1.1 研究地点概况

本流域位于云南省保山市西北方向 28 km 处, 99°6'36"~99°12'36" E, 25°12'32"~25°16'34" N, 横断山区南段, 属怒江水系, 受印度洋西南季风气候影响较大, 为亚热带高原山区气候^[1]。按海拔高程、温度和降雨量, 可以细分为南亚热带、北亚热带和温带等 3 个亚气候带。据保山气象站的资料, 年均气温 15.5 ℃, ≥ 10 ℃积温 4904.1 ℃,

活动积温 5671.1 ℃; 年均雨量 966.5 mm, 干湿季明显, 雨季降水占全年降水量的 82.4%, 旱季降水占全年降水量的 17.6%; 年相对湿度 75%。

流域地形西高东低, 呈梯形缓坡逐渐递降, 南北两侧山峰相对, 村庄及农田散布于两侧山峰间的低地; 地貌属于溶蚀侵蚀地形、中山陡坡地貌; 流域最高峰为西北部的分水岭(一碗水梁子)高程达 3000 m, 最低处位于东南部的流域出口处(西庄)高程 1690 m, 相对高差 1310 m; 流域土壤属于同一母质上发育的淋溶土纲^[2], 呈带状分布。流域面积为 34.6 km², 人口达 3874 人, 人口密度为 112 人/km²; 主要产业结构为种植业, 当地群众生活水平较低。

1.2 研究方法

反映土壤肥力的指标很多, 本研究选取了土

基金项目: 国际山地综合发展中心(ICIMOD)“小流域人与资源动态关系”基金项目

作者简介: 许建初(1965-), 男, 硕士, 研究员, 硕士生导师。

收稿日期: 2000-05-14

表 1 四种典型土地利用方式下的土壤取样地的微环境

土地利用方式	海拔高度/m	坡向	坡度/°	坡长/m	各层样品数/n	各层采集深度/cm
茶园	2 000	N	8	25	3	0~10; 10~20
灌丛	2 050	S	19	>200	3	0~10; 10~20
耕地	1 760	N	12	80	3	0~10; 10~20
林地	1 890	S	15	>100	3	0~10; 10~20

壤物理性质(体积质量、渗透率、孔隙度)和化学性质(pH 值、有机质、矿质营养、阳离子交换量 CEC 和盐基饱和度 BSP)中的部分项目作为测度不同土地利用方式下土壤肥力的指标。土壤物理性质分析样品取圆柱形原状土,分别采自有代表性的 4 种利用方式地块(表 1);土壤物理性质的测定采用《森林土壤定位研究方法》中的常规方法^[3];土壤孔隙度由体积质量结果推算,红壤密度取 2.7^[4];土壤养分分析样品,以混合法取样,在流域内根据植被、母质、海拔、坡向等 4 个因子,采集 0~20 cm 土层的样品共 114 个。

土壤化学性质按下列方法测定:pH 采用电极法测定,有机质采用 KCr_2O_7 容量法,全氮为凯氏半微量蒸馏法,有效氮采用碱解扩散法,有效磷为 $HCl-NH_4F$ 浸提、钼锑抗比色法,交换性 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 采用 NH_4OAc 浸提、AAS 法,CEC 和 BSP 是通过交换性阳离子与交换性 H^+ 和 Al^{3+} 计算得到。

2 结果与分析

2.1 土地利用方式对土壤物理性质的影响

土壤渗透率、土壤体积质量和土壤孔隙度状况是土壤物理性质的重要指标,反映了土壤中的水分和空气条件,对土壤肥力的影响较大,而且直接影响到根系穿插能力、微生物活动和土壤中物质转化过程及植被生长状况。土地利用方式对表层土壤物理性质影响显著。茶园、灌丛、耕地、林地等 4 种不同土地利用方式下,0~10 cm 层的土壤渗透率变化顺序为林地>茶园>耕地>灌丛;10~20 cm 层的土壤渗透率呈现同样的变化规律(表 2)。不同利用方式下的土壤体积质量大小顺序依次为耕地>灌丛>茶园>林地,这个顺序

反映了不同土地利用方式下的土壤肥力状况,因为土壤体积质量大小与土壤肥力状况呈负相关关系^[4]。

2.2 土地利用方式对土壤化学性质的影响

土地利用方式不同,则地表覆盖度以及人为干扰影响程度也不同,从而,土壤中的养分贮量和养分有效性也不同^[5]。流域内受到耕作、管理活动影响最大的是耕地和茶园;灌丛和林地受人为扰动较小,土壤中有有机质积累较丰富,养分贮量及养分有效性都较大,土壤自然肥力较高。

2.2.1 土壤 pH 值

土壤酸碱性的形成决定于盐基淋溶和盐基积累过程的相对强度,受母质、生物气候及农业措施等条件的制约,它是土壤肥力的重要影响因子之一。

流域地处亚热带高原山区气候带,年平均雨量达 966.5 mm,土壤淋溶过程大于盐积过程,土壤普遍呈酸性。在具体的土地利用方式下,土壤酸性强弱有所区别(表 3)。全流域范围 114 个土壤样品的分析结果表明,pH 值变化区间为 3.7~6.77,单从氢离子浓度看,最低浓度和最高浓度相差 4 个数量级,而全国各类土壤溶液氢离子浓度仅相差 7 个数量级^[6]。由此可见,流域土壤 pH 值变异极大。氢离子浓度大小不仅影响土壤性质,而且制约土壤中植物养分有效性的发挥。耕地、林地、茶园和灌丛不同利用方式下土壤 pH 值分别为 4.65、4.34、4.26、4.42。

2.2.2 有机质

土壤有机质质量分数变化是土壤质量与土壤持续能力的重要表现^[7]。土壤管理与利用方式直接

表 2 不同土地利用方式下的土壤物理性质

层次/cm	物理性质	茶园	灌丛	耕地	林地
0~10	土壤渗透率/(mm·min ⁻¹)	2.36	1.59	1.61	8.97
	土壤体积质量/(g·cm ⁻³)	1.21	1.22	1.32	1.20
	土壤孔隙度/%	56.34	48.61	49.86	53.24
10~20	土壤渗透率/(mm·min ⁻¹)	2.01	1.57	1.59	7.98
	土壤体积质量/(g·cm ⁻³)	1.33	1.35	1.41	1.28
	土壤孔隙度/%	54.31	44.02	43.24	52.32

各种土壤的样品数均为 3 个;表中所列数值是测定的数学平均值

表 3 不同土地利用方式下的土壤肥力特点

土地利用方式	样本数 /n	pH	有机质 /($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	有机碳 /($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	全氮 /($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	碳氮比	有效氮 /($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	有效磷 /($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	交换性钾 /($\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$)	阳离子交换量 /($\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$)	盐基饱和度 /%
耕地	25	4.65	30.65	17.77	1.67	10.52	160.095	15.444	0.418	75.343	9.127
林地	52	4.34	68.87	39.98	3.06	12.91	256.716	1.451	0.39	58.793	7.276
茶园	11	4.26	44.15	25.61	2.13	11.85	198.037	2.888	0.401	69.117	4.491
灌丛	26	4.42	73.79	42.8	3.26	12.92	297.068	1.191	0.354	60.505	7.597

影响土壤有机物质的输入和输出。植被特点和植被变化对土壤有机质质量分数动态变化影响显著，如草原开垦为农田后，土壤有机碳损失约为30%~50%^[8]。

通过对流域耕地、林地、茶园和灌丛等4种利用方式下的土壤取样分析，土壤有机质平均质量分数大小顺序为：灌丛>林地>茶园>耕地（表3）。由于灌丛土壤样品采自海拔1750~2860 m之间的草地或稀树灌丛，有机质层没有被人为破坏，如铲草皮、收集枯枝落叶等活动较少发生在灌丛地面上，因此有机质层积累较厚，土壤有机质平均质量分数略高于林地土壤。林地土壤样品采自海拔1770~2850 m之间的有林地或疏林地，其52个样品的分析结果表明，在林地环境条件下，土壤有机质质量分数变化最大，最高质量分数达到17.54%，最低为1.026%。这可能与位于海拔2600 m以上的国有林地禁止采伐、收集薪材等活动有关，故其有机质层厚，土壤有机质质量分数高；而低海拔的私人林地或集体林地有机质层薄，土壤有机质质量分数低。海拔较低的林地中，土壤剖面的有机质层薄，这一方面是由于海拔低处气温较高，枯枝落叶分解较快，另一方面是由于旱季期间居民在林地内收集落叶，用来沤制厩肥或作为薪材，因而林地土壤有机质平均质量分数较灌丛土壤有机质质量分数低。耕地多分布在海拔2000 m以下，频繁的耕作活动加快了土壤有机质分解；25个耕地土壤样品分析结果表明，其土壤平均有机质质量分数最低，为3.065%。茶园主要分布在1720~2190 m之间，茶叶是流域产业结构的一个重要方面，也是流域居民经济收入的重要来源之一。因此，茶园土壤肥力状况被关注较多。茶园中施用大量有机厩肥或在茶园行间开沟埋压绿肥和植物落叶，例如，某些农户有机肥施用量达到15 t/hm²；这是茶园土壤有机质质量分数高于耕地土壤的原因。茶树生长的合适pH值范围在4.5~6.5之间；由于在茶园中大量使用以华山松（*Pinus armandi*）、云南松（*P. yunnanensis*）落叶为主要成分的有机肥料，使土壤pH值降至3.97~4.58

之间，因此茶园土壤应适当改良，增加其pH值。

2.2.3 N、P、K等营养元素特点

氮、磷、钾是植物的必需营养元素，是土壤肥力的重要物质基础。不同利用方式下的土壤养分质量分数测定结果（表3）表明：与耕地土壤相比，其它3类土壤的全氮和有效氮质量分数较高。这可能是与样品采集时间有关，耕地土壤分析样品取样时间是1998年10月份，此时大春作物玉米刚收获，作物在生长季节中对土壤营养元素的大量吸收，是导致土壤中养分贮量减少的原因。对于磷、钾，在淋失过程大于盐积过程的条件下，耕地土壤中有效磷和交换性钾质量分数偏高的现象，与作物生产过程中的施肥有关。对灌丛、林地和耕地利用方式下的土壤养分测定结果的分析比较可知，由于作物生长的吸收，会使土壤肥力下降；要维持土壤健康^[9]，维持其持续的生产能力，必须及时施肥，保持土壤养分平衡。

2.2.4 CEC和BSP特点简析

阳离子交换量（CEC）和盐基饱和度（BSP）是重要的土壤肥力因子。在生物气候环境条件大致相同的情况下，CEC和BSP可以作为判断土壤肥力高低的依据。耕地、林地、茶园和灌丛土壤交换性阳离子大小顺序为耕地>茶园>灌丛>林地；而盐基饱和度大小顺序为耕地>灌丛>林地>茶园。CEC和BSP与土壤养分有效性及土壤pH值关系密切。

3 讨论

土壤的理化性质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^[2]。土地利用和管理是影响土壤变化的最普遍、最直接、最深刻的因素^[10]。了解不同土地利用方式导致土壤物理化学性质的差异，是合理利用土地资源、改进土地利用方式、发展持续农业的前提。

（1）以上分析的表明，土地利用方式对土壤物理性质有较大的影响，尤其是对表层土壤物理性质的影响很显著。0~10 cm层土壤渗透率，林地土壤是耕地土壤的5.57倍，茶园土壤的3.8倍；而该层土壤体积质量，耕地土壤是林地土壤的1.1

倍, 茶园土壤的 1.09 倍; 这说明林地土壤 (有机质层较厚的林地) 具有良好的蓄水、透气性; 耕地、茶园等耕作土壤, 施入足够的有机肥, 有助于改善其物理性质, 增强土壤肥力。

(2) 土壤化学性质受地质、母质、气候、生物活动等自然因素和人为干扰等因素的影响。在母质、气候条件基本一致的区域内, 它主要表现为受生物和人类活动的影响。在本研究中, 研究对象都或多或少地受到人为干扰。耕地和茶园土壤, 由于施肥、灌溉等农事活动, 增加了土壤的养分质量分数, 同时作物生长期间从土壤中吸收养分以形成作物经济产量, 客观上降低了土壤养分质量分数。因此, 对于耕作土壤的保护和管理, 应注意土壤养分输入和输出的平衡, 特别是易淋失的磷钾等元素的补充。同时应加强土壤改良工作, 以保护土壤持续的生产能力, 保护农业持续发展的基础。

致谢: 承蒙杨永平、淮虎银、李嵘和纪运恒等同志提出修改意见, 特致谢意!

参考文献:

- [1] 云南省保山市志编撰委员会. 保山市志 [M]. 昆明: 云南民族出版社, 1993. 36-39.
- [2] 云南省土壤肥料工作站, 云南省土壤普查办公室. 云南土壤 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 1996. 229.
- [3] 张万儒, 许本彤. 森林土壤定位研究方法 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1986. 30-45.
- [4] 南京大学, 中山大学, 北京大学, 等. 土壤学基础与土壤地理学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1980. 103; 302.
- [5] GANGLU, KAN-ICHI SAKAGAMI, HARUO TANAKA, *et al.* Role of Soil Organic Matter in Stabilization of Water Stable Aggregates in Soils under Different Types of Land Use [J]. *Soil Sci_Plant Nutri*, 1998, 44(2): 147-155.
- [6] 北京林学院. 土壤学(上册) [M]. 北京: 中国林业出版社, 1982. 206.
- [7] 李忠佩, 王效举. 红壤丘陵区土地利用方式变更后土壤有机碳动态变化的模拟 [J]. *应用生态学报*, 1998. 9(4): 365-370.
- [8] 李凌浩. 土地利用变化对草原生态系统土壤碳贮量的影响 [J]. *植物生态学报*, 1998, 22(4): 300-302.
- [9] 张桃林, 潘剑君, 赵其国. 土壤质量研究进展与方向 [J]. 1999, 土壤, 1:1-7.
- [10] 刘良悟, 周建民, 刘多森. 农牧交错带不同利用方式下草原土壤的变化 [J]. *土壤*, 1998, 5:225-229.