

# 云南保山西庄山地流域土地利用方式与土壤肥力关系研究\*

沙丽清<sup>1</sup> 邱学忠<sup>1</sup> 甘建民<sup>1</sup> 许建初<sup>2\*\*</sup> 高富<sup>2</sup> 艾夕辉<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>中国科学院西双版纳热带植物园, 昆明 650223; <sup>2</sup>中国科学院昆明植物研究所, 昆明 650204)

**摘要** 以云南省保山地区西庄流域为例, 研究了自然因素及人为活动对土壤性质的影响。该流域的土壤通常 pH 较低, 缺乏有效磷和交换性阳离子。仅发育于石灰岩的土壤具适宜的 pH 和交换性阳离子量。海拔对土壤有机碳含量具显著影响。文中详细讨论了海拔、母质和土地利用方式等对土壤肥力及土壤侵蚀的影响。

**关键词** 土地利用方式, 土壤肥力, pH, 有机碳, 有效磷

**中图分类号** Q142.3 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2003)02-0009-03

**Relationship between land use and soil fertility in Xizhuang watershed, Baoshan, China.** SHA Liqing<sup>1</sup>, QIU Xuezhong<sup>1</sup>, GAN Jianmin<sup>1</sup>, XU Jianchu<sup>2</sup>, GAO Fu<sup>2</sup>, AI Xihui<sup>2</sup> (<sup>1</sup>Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China; <sup>2</sup>Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650204, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2003, 22(2): 9~11.

Preliminary results from the soil survey conducted in 1997 and 1998 showed that the soils in the Xizhuang watershed, near Baoshan, are generally poor in available phosphorus, have a low pH range, and are deficient in exchangeable cations. Only the soils originated from limestone have adequate pH and cation concentrations. Organic carbon contents are generally higher than in most other Himalayan watersheds and the presence of limestone and the elevation effect are key factors responsible for conserving soil carbon concentrations. A brief description of the biophysical setting is provided and the key factors that influence soil fertility-elevation, parent materials, and land use are identified.

**Key words** land use types, soil fertility, pH, organic carbon, available phosphorus.

## 1 引言

土壤乃万物之本, 是最为宝贵的自然资源之一。对土壤资源的合理利用和保护已成为全球的热点问题。在中国, 由于人口的快速增长, 人口密度大, 土地资源相对有限。城市向郊区的急剧扩张, 侵占大片良田。为获取更高的产量, 人们加大对土地の利用强度, 如果使用管理不当, 极易造成土壤肥力下降和土壤退化。

土地利用强度过大、农业向山区扩张、乱砍滥伐、过度放牧、大气污染、管理不当是造成土壤退化的主要原因。山区由于坡陡、水文过程作用强烈、土壤发育相对较浅等原因, 土壤退化易于发生。为了达到对土壤资源可持续利用的目的, 必须特别关注山地土壤资源的管理。该研究目的在于认识引起土壤退化的环境和社会经济过程, 制定防止土壤退化的管理措施, 改进退化土壤的恢复技术。要获得成功, 必须因

地制宜, 且所采取的措施能够被当地人所接受。

该文研究人类活动对资源的影响、资源的合理管理及可持续利用。在土壤方面, 主要研究土壤可持续利用、土壤退化和土壤管理之间的关系。1997~1998年, 对西庄土壤的肥力状况、影响土壤肥力的主要因子、减少土壤退化的措施及恢复土壤生产力的途径等研究。本文将着重讨论土地利用方式对土壤肥力的影响。

## 2 研究地区与方法

### 2.1 自然概况

西庄河流域位于云南省保山市西北方向28 km处(99°6'36"~12'36"E, 25°12'32"~16'34"N), 横断

\* 云南省科委国际科技合作项目(2000HC004)、国际山地中心(ICIMOD)、加拿大国际发展中心(IDRC)、瑞士联合发展署(SDC)的联合以及中国科学院昆明植物研究所知识创新工程项目资助。

\*\* 通讯作者

收稿日期: 2002-05-22 改回日期: 2002-07-13

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<sup>[2]</sup>。流域面积为34.6 km<sup>2</sup>,人口3 874人,人口密度为112人·km<sup>-2</sup>,主要产业结构为种植业,当地群众生活水平较低。年均气温15.5℃,≥10℃积温4 904.1℃,活动积温5 671.1℃,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%。流域内分布的主要成土母质为第四纪河流冲积物,奥陶纪的砂岩、页岩、石英岩、砂质板岩,寒武纪的石灰岩、砂岩及页岩。一碗水梁子是西庄流域的最高点,西庄河即发源于此。河流由东南方向进入保山坝子。西庄河的主要支流有李家河和清水河。在石灰岩分布的许多地区,河流从地表消失而成为地下河。流域内还有许多泉眼分布。流域内原始森林消失殆尽,取而代之主要是华山松(*Pinus armandi*)和云南松(*P. yunnanensis*)林。自20世纪50年代以来,杉木(*Cunninghamia lanceolata*)和旱冬瓜(*Alnus nepalensis*)也广为栽种。乱砍滥伐曾是造成土壤侵蚀、滑坡和土壤退化的主要原因。

## 2.2 方法

根据土地利用方式、海拔、土壤类型及母质,选取几条样带进行详细的调查。土壤样品采自0~20 cm土层,带至室内风干、磨碎、过筛后贮存备用。并用GPS记录坐标以作空间分析。按照参考文献<sup>[1]</sup>分析以下项目:pH,有机碳,全氮,有效氮,有效磷,交换性钙、Mg、K、Na、Al、氢离子,阳离子交换量,盐基饱和度等。用GPS测定采样点的坐标,并将坐标及其他信息输入ARC/INFO系统作空间分析。航片、地形图、地质图及野外观察作为决定采样点和描述地貌的基础。

## 3 结果与分析

### 3.1 土地利用

沿河岸低而平具灌溉条件的地方,通常用来种植水稻(*Oryza sativa*)、小麦(*Triticum aestivum*)、玉米(*Zea mays*)和土豆(*Solanum tuberosum*)。作物和茶园主要分布在2 200 m以下地区,仅土豆和荞麦(*Fagopyrum esculentum*)分布在2 200 m以上。2 600 m以上地区几乎全被森林覆盖。流域内的草场分布极少。

### 3.2 土壤类型

根据云南省土壤分类系统<sup>[3,4]</sup>,可以将流域内

的土壤分为5类,即:水稻土、新积土、红壤、黄棕壤和棕壤。各类土壤的分布面积见表1。因流域内海拔较高,气温低,因而流域内分布的水稻田极少,仅在流域的最低处有少许水稻土,面积仅占0.2%。新积土主要沿河流分布,通常具灌溉条件,种植小麦、玉米、土豆和蔬菜等。红壤分布于2 200 m以下,是流域内分布最广的土壤,也是主要的农业用地。经济作物、茶园和人工林主要分布在红壤上。黄棕壤主要分布在2 200~2 600 m,此区主要由森林覆盖,但也种植有少量的荞麦和土豆。棕壤分布在2 600 m以上,为森林所覆盖。

表1 西庄流域土壤类型及分布面积

Tab.1 Soil types and their areas in Xizhuang watershed

土壤类型	面积(hm <sup>2</sup> )	面积(%)
水稻土	6.0	0.2
新积土	112.8	3.3
红壤	1425.1	41.2
黄棕壤	1 352.8	39.1
棕壤	559.3	16.2

### 3.3 土壤肥力

#### 3.3.1 土壤类型、海拔、母质对土壤肥力的影响

土壤肥力可以用不同的方法来衡量。我们将首先给出西庄流域土壤肥力的概况,然后探讨海拔、坡向、母质、土地利用方式等对土壤肥力的影响。

西庄流域土壤肥力概况(表2)。土壤通常酸度很低,缺乏有效磷、交换性阳离子等养分。流域内的土壤养分变异较大,与喜马拉雅地区的其他流域相比,有机碳含量和盐基饱和度通常较高<sup>[5]</sup>。不同的土壤类型间具很大的肥力差异。黄棕壤和棕壤酸度较低,有机碳、全氮和有效氮含量高于其他土壤(表3)。海拔和母质是造成这种差异的主要原因。海拔和坡向的影响见表4,由于高海拔地区气温低(海拔每增加100 m,气温约下降0.6℃),有机质分解缓慢,积累大于分解。高海拔地区土壤的有机质含量高于低海拔地区的土壤。因为有机质含量影响阳离子交换量( $y = 0.0878x + 3.30$ ,  $R^2 = 0.447$ ),因此阳离子交换量也随海拔升高而增加。土壤酸度也随海拔升高而增加,这是因为海拔升高,降雨增大,对Mg等盐基离子的淋溶作用加强,盐基饱和度降低。坡向对土壤肥力无影响。土壤母质对土壤性质有显著影响(图1),发育于石灰岩的土壤pH较高,有效磷和交换性钙含量也较高。低海拔地区的土壤、红壤和黄棕壤的阳离子交换量较低,可以通过增加有机质的方法来改善。

表2 西庄流域土壤肥力

Tab.2 Soil fertility status in Xizhuang watershed

	范围	平均值	标准差
pH	3.67~6.77	4.42	0.53
有机碳(g·kg <sup>-1</sup> )	5.95~113.96	34.35	21.40
全氮(g·kg <sup>-1</sup> )	0.71~7.86	2.71	1.47
有效氮(mg·kg <sup>-1</sup> )	37.8~651.7	239.0	130.4
有效磷(mg·kg <sup>-1</sup> )	0.4~97.1	4.6	13.3
交换性钙(cmol·kg <sup>-1</sup> )	0.042~16.411	2.194	2.606
交换性镁(cmol·kg <sup>-1</sup> )	0.115~1.667	0.557	0.405
阳离子交换量(cmol·kg <sup>-1</sup> )	3.063~17.475	6.583	2.761
盐基饱和度(%)	4.15~99.44	49.95	30.00

表3 不同土壤类型间的肥力比较

Tab.3 Comparison among different soil types

	新积土	红壤	黄棕壤	棕壤
pH	4.86	4.44	4.33	4.00
有机碳(g·kg <sup>-1</sup> )	23.24	26.87	49.56	75.09
全氮(g·kg <sup>-1</sup> )	2.08	2.21	3.70	5.38
有效氮(mg·kg <sup>-1</sup> )	223.3	191.7	324.7	479.7
有效磷(mg·kg <sup>-1</sup> )	21.7	2.1	1.4	2.2
交换性钙(cmol·kg <sup>-1</sup> )	4.054	2.371	0.625	1.827
交换性镁(cmol·kg <sup>-1</sup> )	0.840	0.571	0.250	0.707
阳离子交换量(cmol·kg <sup>-1</sup> )	6.495	5.966	6.103	11.847
盐基饱和度(%)	80.93	53.3	30.2	30.4

表4 海拔、坡向对土壤肥力的影响

Tab.4 Effects of altitude and aspect on soil fertility

	<2 200 m 南 n=31	<2 200 m 北 n=26	>2 200 m 南 n=8	>2 200 m 北 n=13
阳离子交换量 (cmol·kg <sup>-1</sup> )	6.898	6.603	10.536	7.843
交换性镁 (cmol·kg <sup>-1</sup> )	0.484	0.621	0.423	0.573
盐基饱和度(%)	44.5	43.8	25.7	38.2
有机碳(g·kg <sup>-1</sup> )	38.63	39.91	74.47	57.61

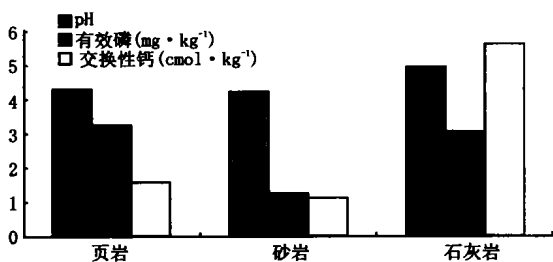


图1 母质对土壤性质的影响

Fig.1 Effect of parent material on soil properties

3.3.2 土地利用方式对土壤肥力的影响 土地利用方式对土壤肥力有影响(图2)。从图2可知,森林、灌木、草丛下的土壤通常有机碳和交换性铝离子含量高于农耕地。然而农耕地的有效磷含量通常高于森林下的土壤,这可能是因为土壤的酸度、交换性

铝离子含量不同的缘故,农地大量施用有机肥和化肥也是造成这种差异的主要原因。

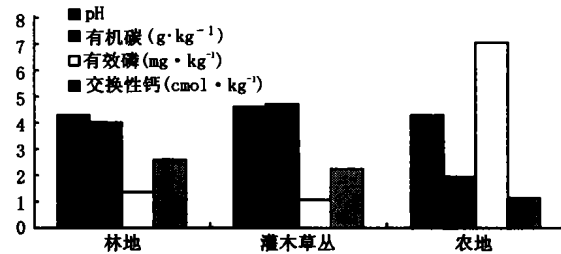


图2 土地利用方式对土壤性质的影响

Fig.2 Effect of land use on soil properties

人为活动对土壤肥力具有积极和消极两方面的影响。轮作、间作等对土壤的高强度利用,可以获得更大的收成,但必须高投入。只要作物从土壤中带走的及通过淋失和侵蚀损失的养分通过有机肥和化肥的施用而得以补充,这种系统就可以维持,土壤肥力也不至于下降。维持土壤的有机质显得尤为重要,因为其对土壤的理化性质具有重要作用,对土壤微生物的影响也很大。有机肥包括堆肥、厩肥、沤肥及绿肥等。维持土壤的pH在合适的范围(5.5~6.5),对于提高大量和微量元素的有效性是相当重要的。对于酸度过大和盐基离子缺乏的土壤,可以施用适量石灰。有些红壤、黄棕壤和棕壤属于酸度过大的土壤。古老而且遭受强烈淋溶的红壤,pH低,活性铁、铝离子含量高,P吸附能力强,P对植物的有效性低。在pH低于4.0时,由于游离铝离子的浓度高,还会产生Al的毒害。

3.3.3 土壤稳定性和土壤侵蚀的防治 通常表层土壤的有机质含量较底层高,侵蚀将导致土壤的流失,特别是相对肥沃的表层土壤,将产生大量的有机质及营养元素的损失。在不同的土地利用方式下,土壤侵蚀量不同(图3)。土壤侵蚀还会产生河道阻塞和水库、湖泊的淤积。水土保持是土壤管理的重要内容,防止水土流失的措施包括物理工程和生物工程。生物工程是常用的措施。在该项目中,种植固氮植物来保持水土。采用的种为山毛豆(*Tephrosia candada*)、合欢(*Albizia sp.*)、大羽豆(*Maorotrilium macropurpureum*)、猪屎豆(*Crotalaria mucronata*)、木豆(*Cajanus cajan*)和光叶紫花苕(*Vicia villosa*)等。同时,还采用核桃(*Juglans sigillata*)和桑树(*Morus alba*)与玉米、小麦间种组成混农林系统。

(下转第23页)

提高草坪草密度,增强草坪草的竞争能力,降低杂草的入侵机会及抑制杂草生长。同时修剪降低了叶层和枯草层厚度,增加了草坪的透气性,减少了病害和虫害发生的机会。

**4.2 增大播种量**,一方面增加了草坪草密度,缩短了草坪成坪时间,提高了草坪草与杂草的竞争能力,另一方面可使草坪草叶片变细,提高草坪的质地和美观性。

**4.3 使用抗旱品种**,一方面可节约水资源,降低管理费用;另一方面可避免中生植物-杂草的发生,如莎草科植物莎草、菊科植物紫菀等。

**4.4 春秋两季草坪杂草防除**应以双子叶杂草即阔叶杂草为主,特别是秋季应以菊科植物杂草为主,夏季则应单、双子叶杂草并重防治。对建植多年的草坪,

应加强对恶性杂草的防除,如狗牙根、马唐、酢酱草、紫菀、深绿蒿、苦山麦等。

#### 参考文献

- [1] 云南大学生物系.1980.植物生态学[M].北京:人民教育出版社,187~189.
- [2] 孙吉雄.1995.草坪学[M].北京:中国农业出版社,20~21.
- [3] 孙海群.2000.混播人工草地退化演替的研究[J].中国草地,(2):8~14.
- [4] 李敏.1993.草坪品种指南[M].北京:北京农业大学出版社.
- [5] 谢佐桂,王小菁,王小明,等.2000.深圳市公园绿地暖季型草坪秋季杂草的调查[J].草业科学,12(6):60~66.
- [6] 谭永钦,周兴苗,张国安,等.2001.武汉市区草坪主要杂草[J].杂草科学,(3):8~9.

**作者简介** 崔延堂,男,1961年生,陕西户县人,助研。主要从事植物生理生态方面的研究,发表论文12篇。

**责任编辑** 王伟

(上接第11页)

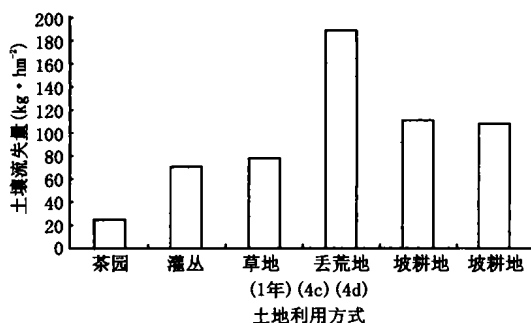


图3 不同土地利用方式下的土壤流失量(5月~11月,1998)  
Fig.3 Relationship between land use and soil erosion

## 4 结论

对西庄流域土壤的研究表明,有机碳含量高于喜马拉雅其他流域的土壤,原因是西庄流域石灰岩分布广,Ca有助于保持腐殖质,另外,流域高海拔地区的气温较低,也有利于有机质的积累。而在非石灰岩地区,土壤明显地缺乏有效磷和盐基离子,酸度也比较高。海拔、母质和土地利用方式等因素也对土壤性质产生影响。农耕地的有效磷含量普遍高于林地,但也属于缺P的范围。土壤酸度是一个不可忽视的问

题,特别是对于红壤、黄棕壤和棕壤。

以上这些的研究,对于我们认识山地流域人与自然关系动态是很有帮助的。基于这些资料,我们可以更好地认识土壤肥力,制定科学的施肥方法,帮助当地农民改进水土保持措施。

**致谢** 本文得到云南省保山水文水资源分局、保山市隆阳区林业局等合作单位的大力支持;在资料分析过程中得到加拿大不列颠哥伦比亚大学 Hans E. Schreier 教授的大力帮助。在此表示衷心感谢。

#### 参考文献

- [1] 刘光崧,蒋能惠,张连第.1996.土壤理化分析与剖面描述[M].北京:中国标准出版社.
- [2] 云南省保山市志编撰委员会.1993.保山市志[M].昆明:云南民族出版社.
- [3] 云南省土壤普查办公室.1980.土壤调查手册[M].昆明:云南人民出版社.
- [4] 云南省土壤普查办公室.1996.云南土壤[M].昆明:云南科技出版社.
- [5] Allen R, Schreier H.2000. The People and Resource Dynamics Project[M]. Kathmandu: ICIMOD.

**作者简介** 沙丽清,男,1963年生,硕士,副研究员。主要从事生态系统的生物地球化学研究,发表论文30余篇。

**责任编辑** 王伟