

文章编号: 1008-2786-(2009)6-676-07

藏东横断山区草地利用变化对土壤质量的影响

聂小军¹, 刘淑珍^{2*}, 刘海军³, 辜世贤², 张为首³

(1. 河南理工大学测绘与国土信息工程学院, 河南 焦作 454000; 2. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041;
3. 西藏自治区水利规划勘察设计研究院, 西藏 拉萨 850000)

摘要: 草地利用变化导致的土壤质量演变已经引起了全球广泛关注, 然而有关西藏高原这方面的研究目前还很少。为此, 探讨藏东横断山区草地转变成坡耕地后土壤质量变化。选择3种土地利用类型: 草地、短期耕作坡耕地、长期耕作坡耕地, 采集土壤表层样品, 并测定土壤理化性质。利用土壤退化指数(DI)与土壤质量综合指数(I_Q)评价了3种土地类型的土壤质量。结果表明: 草地垦殖后的短期耕作造成表层土壤容重、砂粒含量明显增大(容重: 从 1.11 g/cm^3 增大至 1.32 g/cm^3 ; 砂粒含量: 从43.3%增大至54.7%), 粘粒、粉粒含量明显减小; 长期耕作导致土壤表层厚度明显增加(从23.6 cm增加到30.6 cm), 有机质与全氮含量显著降低(分别降低29%、22%); 两种坡耕地全磷与全钾含量变化均不明显。短期、长期耕作坡耕地DI与 I_Q 均低于草地, 表明坡耕地土壤质量出现退化。利用DI与 I_Q 评价出来的短期耕作坡耕地与长期耕作坡耕地土壤质量退化程度不一致, 表明这两种指数不能等效地评价该区不同土地利用类型下的土壤质量。土壤质量综合指数被认为是评价本研究区土壤质量状况的一种更合理方法。据此断定, 长期耕作坡耕地土壤质量退化较严重。

关键词: 草地垦殖; 土壤质量; 土壤侵蚀; 土壤质量评价; 藏东横断山区

中图分类号: F301.24; S157.1

文献标识码: A

草地作为西藏自治区一种重要的土地资源, 关乎着该区农业的可持续发展。落后的农业生产方式与贫穷的现状导致该区牧民草地保护意识淡薄。草地利用方式的变化往往取决于牧民对经济利益最大化的追求^[1]。为了获取最大的经济利益, 一些陡峭山坡草地正在被不合理地开垦成坡耕地, 这种不合理的垦殖活动诱发了土壤侵蚀、土壤质量退化等一系列环境问题。许多研究报道了草地开垦为耕地的利用方式对土壤理化特性的影响^[2-7], 但有关西藏草地利用变化对土壤质量影响的研究很少^[7-8]。这方面科研成果的匮乏不利于该区草地退化的防治与

草地资源的持续利用。上述草地利用变化对土壤质量影响的研究^[2, 3, 5-8]基本上都是通过一一比较土壤理化特性变化的单因子评价方法来进行。虽然单因子评价方法能够诊断土壤质量的一些变化, 但是很难判别土壤综合质量变化, 也难以比较不同利用类型的土壤综合质量变化。为此, 许多研究者借助土壤退化指数与土壤质量综合指数来克服单因子评价的不足, 获得了土壤综合质量评价的满意结果^[4, 9-14]。

基于以上背景, 我们在藏东横断山区调查了一个典型水土流失区的草地、短期耕作坡耕地、长期耕

收稿日期(Received date): 2009-05-11; 改回日期(Accepted): 2009-08-12.

基金项目(Foundation item): 国家科技支撑计划项目“西藏藏东横断山区典型区域水土流失现状及防治技术”资助(2007BAC06B06-2)。[The study was supported by the Science and Technology Project of China. The soil and water loss situation and its related controlling techniques of the Eastern Tibet in the typical Hengduan Mountain Region (2007BAC06B06-02).]

作者简介(Biography): 聂小军(1977-), 男, 汉族, 山西省曲沃人, 博士, 副教授, 主要从事土地管理、土壤质量与水土保持研究。[Nie Xiaojun (1977-), male, the Han nationality, born in Quwo, Shanxi province. Ph.D., associate professor, mainly engaged in land management, soil quality and water and soil conservation.] E-mail: niexj2005@126.com

* 通讯作者(Author for correspondence): 刘淑珍(1942-), 女, 辽宁省大连市人, 研究员, 研究方向为水土保持和生态环境。[Liu Shuzhen (1942-), female, professor, Ph.D. supervisor, born in Dalian, Liaoning province, mainly engaged in water and soil conservation, ecology and environment.] E-mail: ls@imde.ac.cn

作坡耕地土壤质量状况, 以此来探讨草地转变成坡耕地的土地利用方式对土壤质量的影响, 并运用土壤退化指数与土壤质量综合指数来评价不同草地利用类型的土壤综合质量, 以期对藏东横断山区草地资源管理以及持续利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区位于西藏自治区昌都地区东北部江达县岗托镇矮西沟小流域 ($98^{\circ}27' \sim 98^{\circ}36' \text{E}$, $31^{\circ}28' \sim 31^{\circ}39' \text{N}$), 海拔 $3\,320 \sim 4\,940 \text{ m}$ 。该流域气候属高原温带半湿润性山地气候, 年降水量 $520 \sim 610 \text{ mm}$ (主要集中在 $5 \sim 9$ 月, 雨季降雨量占全年 $77.9\% \sim 95.8\%$), 年均温 4.5°C , 年日照时数在 $2\,180 \sim 2\,700 \text{ h}$, 年蒸发量 $1\,600 \sim 1\,700 \text{ mm}$, 冰冻期为 5 个月, 年均无霜期为 68 d。该流域为高山峡谷地貌, 土壤侵蚀强烈, 出露的岩层主要有三叠系上统灰白色砂板岩夹少许灰岩, 第四纪松散沉积物物质组成为古河床沉积形成的砂、卵石层, 岩体较为破碎, 风化强烈, 在暴雨季节, 常会引发泥石流。流域总面积 164.23 km^2 , 其中耕地面积 1.75 km^2 , 林地 67.20 km^2 , 草地 46.73 km^2 , 裸岩 19.07 km^2 。土壤类型主要有亚高山草甸土、棕壤、褐土。该区农作物主要有青稞 (*Securidaca Avenae Nudae*)、小麦 (*Triticum aestivum*)、大豆 (*Glycine max* (Linn.) Merr.)。

1.2 采样方法

矮西沟小流域坡耕地主要分布在海拔 $3\,400 \sim 3\,900 \text{ m}$, 基本上都处于山坡的下坡位置, 均是从原来的草地开垦而来。坡耕地土壤母质复杂, 以杂色砂页岩、石灰岩、多种变质岩及中酸性岩浆岩等的残坡积物为主, 土壤类型为褐土。耕地坡度较大, 主要介于 $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$; 坡长较短, 主要介于 $10 \sim 40 \text{ m}$ 。选择有 50 a 左右耕作历史的 7 块不同坡度 (7° 、 11° 、 14° 、 16° 、 18° 、 19° 、 24°) 的坡耕地来代表整个小流域长期耕作坡耕地。利用直径 6.8 cm 、筒长 50 cm 的取样筒在这些坡耕地的上、中、下 3 个坡位采集表层 (A 层到 AB 层) 土样, 然后混合作为每块耕地的代表样, 7 块耕地共采集 7 个混合样。该流域最近 3 年来新开垦了少量陡坡耕地, 所以我们从这些坡耕地中选择 3 块 25° 左右的坡耕地来代表短期耕作坡耕地。短期耕作坡耕地采样方法与长期耕作坡耕地采样方法相同, 共采集 3 个混合样。另外, 在所选取

的每块坡耕地附近采集草地样, 作为对照, 共采集对照点 10 个。

1.3 测定方法

实验室常规分析方法^[15]分析土壤理化特性。其分析项目与方法为: 土壤机械组成: 吸管法; 容重: 经典烘干法; 有机质: 重铬酸钾法; 土壤全氮: 凯氏法; 土壤全磷: 高氯酸-硫酸酸溶-钼锑抗比色法; 全钾: 氢氧化钠熔融-火焰分光光度计法; pH: 电位法。

1.4 土壤质量评价方法

土壤退化指数 (DI) 计算 为了定量描述不同土地利用下土壤退化的程度, 我们引进了土壤退化指数 (soil degradation index DI)^[16, 17]。土壤退化指数的计算首先是以某种土地利用类型为基准, 假设其他的土地利用类型都是由作为基准的土地利用类型转变而来, 然后计算土壤各个属性在其他土地利用类型与基准土地利用类型之间差异 (以百分数表示), 最后将各个属性的差异求和平均, 得到各土地利用类型的土壤退化指数, 公式如下

$$DI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(p_i - p'_i) / p'_i] \times 100\% \quad (1)$$

式中 DI 为土壤退化指数, p'_i 为基准土地利用类型下第 i 个土壤属性的值, p_i 为其他土地利用类型下第 i 个土壤属性的值; n 为选择的土壤属性数。土壤退化指数可以是正数也可以是负数, 负数表明土壤退化; 正数说明土壤质量提高。

土壤质量综合指数 (I_Q) 计算 土壤质量综合指数 (integrated fertility index, I_Q) 是土壤各指标因子的综合和集成^[18]。由于土壤肥力因子变化具有连续性性质, 故各评价指标采用连续性性质的隶属度函数, 并从主成分因子负荷量值的正负性来确定隶属度函数分布的升降性, 这与各因子对植被的效应相符合。土壤各项养分因子采用升型分布函数计算 (式 2), 土壤容重、砂粒含量采用降型分布函数计算 (式 3)

$$F(x_i) = (x_{ij} - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (2)$$

$$F(x_i) = (x_{\max} - x_{ij}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (3)$$

式中 $F(x_i)$ 为各肥力因子的隶属度值; x_{ij} 为各因子肥力值; x_{\max} 和 x_{\min} 分别为第 i 项肥力因子中的最大值和最小值。

由于土壤质量的各个因子状况与重要性不同, 通常用权重系数表示各因子的重要性程度, 利用 SPSS 软件计算肥力因子主成分的贡献率和累积贡献率, 利用主成分因子负荷量计算各肥力因子在土壤肥力中的作用大小, 确定其权重, 式 (4)

$$W_i = C_i / \sum_{i=1}^n C_i \tag{4}$$

式中 C_i 是第 i 项土壤质量因子的因子负荷量。

不同土地利用下的 I_Q 计算参考张庆费等 (1999)^[18] 的土壤肥力综合指标公式。对各个土壤质量的指标值采用乘法进行合成。各土地利用下土壤质量的综合指标值的计算公式为 (式 5)

$$I_Q = \sum_{i=1}^n W_i \times F(x_i) \tag{5}$$

式中 W_i 为各质量因子的权重向量, $F(x_i)$ 为各质量因子的隶属度值。

1.5 数据分析

利用 SPSS 软件进行数据统计, 单因素方差分析用来比较不同样地土壤理化特性的差异, 相关分析用来检验不同理化特性间的联系, 主成分分析用来评价土壤综合质量。

2 结果与讨论

2.1 土壤物理特性变化

2.1.1 土壤深度

短期耕作坡耕地表土深度 (剖面 BC 层以上) 为 23.7 cm, 几乎相等于草地表土深度 (23.6 cm), 但长期耕作坡耕地表土深度为 30.6 cm, 明显大于草地 ($p < 0.001$) (表 1)。

土壤表层深度变化与耕作历史有很大关系。在草地开垦成坡耕地后的短期内, 最初被犁耕破坏的草皮层以大块状草土结合体分散于坡耕地, 深耕难以进行, 因此这期间表土深度基本上保持草地水平。随着耕作年限的增加, 多次耕作使得大块状草土结合体逐渐被破碎, 深耕得以进行, 因此长期耕作坡耕地表土厚度明显增加。

2.1.2 容重、颗粒组成

与草地相比, 短期耕作坡耕地土壤容重在 $p = 0.10$ 的差异水平上明显增大, 从最初草地的 1.11

g/cm^3 增大至 $1.32 \text{ g}/\text{cm}^3$; 但长期耕作坡耕地土壤容重几乎没有变化 ($p > 0.10$) (见表 1)。粉粒 ($0.02 \sim 0.002 \text{ mm}$)、粘粒 ($< 0.002 \text{ mm}$) 含量只在短期耕作坡耕地上明显低于草地 ($p = 0.002$, $p = 0.001$), 而砂粒 ($2 \sim 0.02 \text{ mm}$) 含量在长期、短期耕作坡耕地上均明显高出草地 ($p = 0.006$, $p < 0.001$) (见表 1), 这表明短期耕作对土壤容重与质地的影响较大。

短期耕作坡耕地土壤容重、颗粒组分变化明显主要归因于土壤侵蚀。在本研究区, 坡耕地集中分布于山坡的下坡, 这个坡位水蚀最为强烈。在草地被开垦成坡耕地的初期, 土壤的草土紧实固结结构被破坏, 粗糙的表土直接面对强烈水蚀的冲刷与分选性搬运 (主要搬运粉粒与粘粒), 导致粉粒与粘粒含量明显降低, 砂粒比例明显增大, 进而造成容重增大。已有研究指出, 草地开垦后的耕作能破坏土壤原有结构, 使土壤易于侵蚀, 土壤容重增大^[3 6 19 20]。

长期耕作坡耕地虽然也受土壤侵蚀的影响, 但在长期农家肥施用与农作物残茬留田等有机质管理下, 有机质发挥了它降低土壤容重的作用^[21-23]。由于长期耕作增加了土壤表层厚度, 最初被破坏的草皮层中大量细粒组分逐渐向土壤深层分布, 这样就削弱了水蚀对表土粉粒与粘粒的搬运, 加之, 短期耕作土在长期的田间管理下不断熟化, 结果粉粒、粘粒含量经过短期耕作的明显降低后又回升, 最终导致它们在长期耕作坡耕地上变化不明显。

2.2 土壤化学特性变化

2.2.1 pH

从表 2 可以看出, 土壤 pH 在草地、短期与长期耕作坡耕地间变化不明显 ($p > 0.10$), 酸碱性接近中性, 这表明草地垦殖对土壤酸碱性的影响微弱。土壤 pH 的不明显变化与该区土壤的淋溶脱钙过程以及成土母质复杂 (石灰岩、中酸性岩浆岩等的残坡

表 1 草地、坡耕地土壤物理特性比较
Table 1 Comparison of soil physical properties between grassland and sloping farmland

土地利用类型	表土深度 (cm)	容重 (g/cm^3)	颗粒组分 Soil particle fraction (%)		
			2~ 0.02 mm	0.02~ 0.002 mm	< 0.002 mm
草地 Grassland	23.6 ± 1.5	1.11 ± 0.28	43.3 ± 3.4	35.9 ± 2.9	21.0 ± 2.0
短期耕作坡耕地	23.7 ± 2.0	1.32 ± 0.05	54.7 ± 1.4	29.2 ± 1.0	16.3 ± 1.0
长期耕作坡耕地	30.6 ± 2.9	1.08 ± 0.13	48.3 ± 4.0	32.3 ± 4.5	19.3 ± 2.7
$LSD_{0.05}$	0.000	0.072	0.000	0.006	0.003

积物)有关。

2.2.2 有机质、全氮

与草地土壤有机质含量 52.62 g/kg 相比, 短期、长期耕作坡耕地有机质含量为 45.94 37.30 g/kg 分别下降 13% ($p > 0.10$)与明显下降 29% ($p = 0.005$) (表 2)。类似于有机质, 土壤全氮含量在短期、长期耕作坡耕地分别下降 11% ($p > 0.10$)与明显下降 22% ($p = 0.02$) (表 2)。

短期、长期耕作坡耕地土壤有机质与全氮含量均低于草地, 这主要归因于耕作与土壤侵蚀。耕作通过破坏土壤团聚体结构与增加土壤通气加速了有机质分解, 从而使有机质含量降低。耕作后, 土壤丧失了草皮的保护, 水蚀加剧, 这也导致了有机质含量降低。径流剪力作用下的有机质脱离表土而流失与径流侵蚀导致的有机质矿化是水蚀对有机质影响的 2 个主要途径^[24]。由于土壤全氮与有机质含量之

间在草地向耕地转变的 2 个阶段始终存在显著 (草地两者间 $r = 0.89$ $p = 0.01$)或极显著 (短期耕作坡耕地两者间 $r = 0.89$ $p = 0.01$; 长期耕作坡耕地两者间 $r = 0.99$ $p < 0.001$) 正相关关系, 因此在有机质受耕作与土壤侵蚀的影响下, 全氮含量一致性地降低。大量的研究报道, 草地向耕地的转变会引起土壤有机质与全氮的明显损失^[2, 5-7]。在我们的研究中, 长期耕作坡耕地也表现出了有机质与全氮的明显损失。

2.2.3 全磷、全钾

与草地相比, 短期耕作坡耕地全磷含量微弱降低 ($p > 0.10$), 长期耕作坡耕地全磷含量增加, 但增加不明显 ($p > 0.10$) (见表 2)。全钾的变化趋势相反于全磷, 即短期耕作坡耕地全钾含量升高, 长期耕作坡耕地全钾含量降低, 但升高与降低的变化均不明显 ($p > 0.10$) (见表 2)。

表 2 草地、坡耕地土壤化学特性比较

Table 2 Comparison of soil chemical properties between grassland and sloping farmland

土地利用类型	pH	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)
草地	6.3 ± 0.9	52.62 ± 10.42	2.77 ± 0.51	0.82 ± 0.14	29.35 ± 6.47
短期耕作坡耕地	6.3 ± 0.3	45.94 ± 6.97	2.48 ± 0.29	0.76 ± 0.03	34.56 ± 1.30
长期耕作坡耕地	7.0 ± 0.7	37.30 ± 9.02	2.18 ± 0.44	1.00 ± 0.25	26.62 ± 6.44
LSD _{0.05}	0.105	0.019	0.061	0.044	0.040

2.3 土壤质量评价

2.3.1 土壤退化指数

从表 1、2 可以看出: 在不同类型样地间, 除了 pH 差异不显著外, 其他的土壤理化特性在 $p = 0.10$ 的水平上差异显著。基于此, 本文以草地为基准土地利用类型, 以容重、砂粒、有机质、全氮、全磷、全钾 6 个差异显著的指标作为选择的土壤属性来计算土壤退化指数。所选土壤属性没有包括细颗粒组分粉粒与粘粒, 是因为它们与参选属性砂粒反映出来的土壤退化信息一样。一般说来, 较高的土壤容重值表明土地有退化的趋势^[25], 同样, 较高的砂粒含量会造成土壤肥力下降, 所以在土壤退化指数计算中采用了容重与砂粒含量差值的相反数。利用公式 (1) 计算出来的短期、长期耕作坡耕地土壤退化指数分别为 -10% 与 -8%。

给出了不同土壤质量因子主成分分析的结果, 从因子主成分的贡献率来看, 第一二主成分的累计贡献率达到 70.61%, 已经基本上能完全代表原变量的信息, 所以计算中用第一二主成分来确定土壤质量

2.3.2 土壤质量综合指数

同样选择土壤容重、砂粒、有机质、全氮、全磷、全钾 6 个指标来计算土壤质量综合指数。图 1 表 3

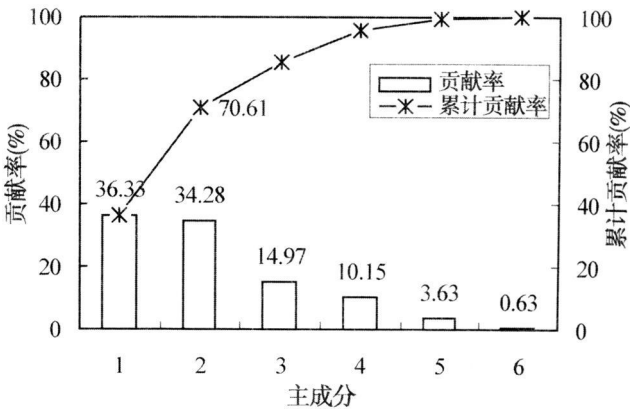


图 1 土壤质量因子主成分的贡献率及累计贡献率

Fig. 1 Variance of percent and cumulative percentage of principal soil quality components

因子权重,隶属度通过公式(2)与(3)来求出。根据公式(5),草地、短期、长期耕作坡耕地的土壤质量综合指数分别为0.77、0.42、0.33。以草地为基准可以看出,短期、长期耕作坡耕地土壤质量分别下降46%与57%。

2.3.3 评价结果比较

通过比较土壤退化指数与土壤质量综合指数所计算出来的结果,我们可以发现:草地被开垦成坡耕地后,短期与长期耕种都造成了土壤退化,但是这两种结果反映出来的土壤退化程度却明显不一致。运用土壤退化指数评价出来的结果表明,短期(-10%)与长期(-8%)耕作坡耕地土壤退化程度几乎相当,而运用土壤质量综合指数评价出来的结果是长期耕作坡耕地(-57%)土壤退化严重于短期耕作坡耕地(-46%),这说明土壤退化指数和土壤质量综合指数不能同样有效地评价本区不同土地利用类型的土壤质量。

评价结果的不一致归因于土壤退化指数没有考虑土壤质量因子的权重,而土壤质量综合指数是以土壤质量因子的权重为基础。在我们的研究中,运用土壤退化指数计算出长期耕作坡耕地有机质含量相对与草地基准下降了29%,而全磷含量相对于草地基准却增加了22%,由于没有考虑有机质与全磷对土壤质量贡献的权重,在加合各个因子的变幅时,全磷含量的增幅基本上抵消了有机质的降幅,从而导致计算出来的长期耕作坡耕地土壤退化指数明显变小,因此无法反映出土壤质量的实际变化。与之相比,运用土壤质量综合指数评价土壤质量变化时,由于主成分分析考虑了因子权重,这样就避免了不重要因子对重要因子的干扰。比如,通过主成分分

析,确定出来的有机质权重是0.21,而全磷权重仅为0.11,这样,有机质对土壤质量的重要影响就不会被全磷对土壤质量的不重要影响而抵消。

我们的这个发现不同于尹刚强等(2008)^[13]与Fu *et al.* (2003)^[26]的报道。他们运用这两种指数分别对湘中丘陵区与四川卧龙自然保护区不同典型土地利用方式的土壤质量进行评价,所得出的结果一致,而且这两种指数之间具有极显著的线性关系,说明土壤退化指数和土壤质量综合指数同样能有效地评价不同土地利用方式的土壤质量。这主要是因为他们的参选因子权重相差不大。尹刚强等(2008)^[13]所选择的8种指标权重的变异系数 $CV=11\%$,Fu *et al.* (2003)^[26]所选择的9种指标权重的变异系数 CV 同样也为11%。然而,本研究中所选择的6种指标权重的变异系数 $CV=26\%$,表明本研究所选因子对土壤综合质量的贡献差别很大,因此两种指数评价结果不一致。

基于以上讨论,我们认为运用土壤质量综合指数评价本研究区土壤质量变化合理,其结果可靠,即长期耕作坡耕地土壤质量退化严重。

3 结论

- 1. 草地垦殖后的短期耕作对土壤结构与质地的影响较大,造成表土容重、砂粒含量明显增大,粘粒、粉粒含量明显减小。
- 2. 草地垦殖后的长期耕作主要影响表土深度、有机质与全氮含量。
- 3. 土壤综合质量评价的结果表明,草地开垦为坡耕地后,土壤质量明显下降。土壤质量综合指数

表3 不同土地利用类型土壤质量因子隶属度及土壤质量因子主成分的负荷量和权重
Table 3 Membership function values of the soil quality factors in different land use types and values of component capacity and weight of principal soil quality factors

因子	隶属度			负荷量		权重		复合权重
	草地	短期耕作坡耕地	长期耕作坡耕地	第1主成分	第2主成分	第1主成分	第2主成分	
容重	0.87	0.00	1.00	0.497	0.434	0.166	0.131	0.15
砂粒	1.00	0.00	0.56	0.081	0.779	0.027	0.234	0.13
有机质	1.00	0.56	0.00	0.906	0.335	0.303	0.101	0.21
全氮	1.00	0.52	0.00	0.917	0.337	0.307	0.101	0.21
全氮	0.27	0.00	1.00	0.077	0.679	0.026	0.204	0.11
全钾	0.38	1.00	0.00	0.509	0.759	0.171	0.228	0.20

是评价藏东横断山区土壤质量状况的一种更合理的方法。

由此可见, 藏东横断山区草地开垦为坡耕地的利用方式应该尽快禁止。

参考文献 (References)

- [1] Zhou Wei, Yan Yan, Zeng Yunying *et al*. Effects of cultivation history and current grassland management on soil quality in northeastern Kansas [J]. *Wuhan University Journal of Natural Science* 2005, 10 (4): 767~ 773
- [2] Wu R. and H. Tiessen. Effect of land use on soil degradation in Alpine grassland soil, China [J]. *Soil Science Society of America Journal* 2002, 66: 1648~ 1655
- [3] Murphy, C. A., B. L. Foster, M. E. Ranspott *et al*. Grassland management effects on soil bulk density [J]. *Transactions of the Kansas Academy of Science* 2004, 107(1/2): 45~ 54
- [4] Murphy, C. A., B. L. Foster, M. E. Ranspott *et al*. Effects of cultivation history and current grassland management on soil quality in northeastern Kansas [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006, 61(2): 75~ 84
- [5] Li Xiaogang, Li Fenglin, Rengel Zed *et al*. Soil physical properties and their relations to organic carbon pools as affected by land use in an alpine pastureland [J]. *Geoderma*, 2007, 139: 98~ 105
- [6] Mostafaei Emadi, Mehdi Emadi, Majid Baghemejad *et al*. Effects of land use change on selected soil physical and chemical properties in north highland of Iran [J]. *Journal of Applied Sciences* 2008, 8 (3): 496~ 502
- [7] Yang Lili, Zhang Fusu, Mao Renzhao *et al*. Conversion of natural ecosystems to cropland increases the soil net nitrogen mineralization and nitrification in Tibet [J]. *Palaeogeography* 2008, 18 (6): 699 ~ 706
- [8] Wang Jun and Sha Liqin. Effects of land use on soil nutrients in Tibetan Region, northwest Yunnan, China [J]. *Journal of Northeast Forest University*, 2007, 35(10): 45~ 47, 66 [王君, 沙丽清. 滇西北藏区不同土地利用方式对土壤养分的影响 [J]. 东北林业大学学报, 2007, 35(10): 45~ 47, 66]
- [9] Gung Jie, Chen Liding, Fu Bojie *et al*. Effects of land use and vegetation restoration on soil quality in a small catchment of the Loess Plateau [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology* 2004, 15 (12): 2292~ 2296 [巩杰, 陈利顶, 傅伯杰, 等. 黄土丘陵区小流域土地利用和植被恢复对土壤质量的影响 [J]. 应用生态学报, 2004, 15(12): 2292~ 2296]
- [10] Liu Shiliang, Fu Bojie, Lu Yihong *et al*. Assessment of soil quality in relation to land use and landscape position on slope [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(3): 414~ 420 [刘世梁, 傅伯杰, 吕一河, 等. 坡面土地利用方式与景观位置对土壤质量的影响 [J]. 生态学报, 2003, 23(3): 414~ 420]
- [11] Li Yangbin, Gaoming Wei, Chaofu *et al*. Effects of Land Use on Soil quality in Karst hilly areas [J]. *Journal of Mountain Science*, 2003, 21(1): 41~ 49 [李阳兵, 高明, 魏朝富, 等. 土地利用对岩溶山地土壤质量性状的影响 [J]. 山地学报, 2003, 21(1): 41~ 49]
- [12] Long Jian, Deng Jian-qiong, Jiang Xin-rong *et al*. Effects of land-use types on restoration of soil quality on karst rocky desertification region in Guizhou Province [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25 (12): 3188~ 3195 [龙健, 邓肩琼, 江新荣, 等. 贵州喀斯特石漠化地区土地利用方式对土壤质量恢复能力的影响 [J]. 生态学报, 2005, 25(12): 3188~ 3195]
- [13] Yin Gangqian, Tian Dalun, Fang Xi *et al*. Effects of land use types on soil quality of the hilly area in central Hunan Province [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2008, 44(8): 9~ 15 [尹刚强, 田大伦, 方晰, 等. 不同土地利用方式对湘中丘陵区土壤质量的影响 [J]. 林业科学, 2008, 44(8): 9~ 15]
- [14] Qiu Liping, Zhang Xing-chang. Effects of land use on soil properties in Ziwuling region [J]. *Journal of Natural Resources* 2006, 21 (6): 965~ 972 [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~ 972]
- [15] Liu Gongsong, Jiang Nenghui, Zhang Liandi *et al*. Soil Physical and Chemical Analysis & Description of Soil Profiles [M]. Beijing: Chinese Standard Press, 1996 [刘光松, 蒋能慧, 张连第, 等. 土壤理化分析与剖面描述 [M]. 北京: 中国标准出版社, 1996]
- [16] Adejumo J. O. and Ekanade O. A comparison of soil properties under different land use types in a part of the Nigerian cocoa belt [J]. *Catena*, 1988, 15: 319~ 331
- [17] Islam K. R., Weil R. R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh [J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2000, 79: 9~ 16
- [18] Zhang Qingfei, Song Yongcheng. Relationship between plant community secondary succession and soil fertility in Tianlong, Zhengjiang Province [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(2): 174~ 178 [张庆费, 宋永昌, 由文辉. 浙江天童植物群落次生演替与土壤肥力的关系 [J]. 生态学报, 1999, 19(2): 174~ 178]
- [19] Hajabbas M. A., Jakalian A. and Karimzadeh H. R. Deforestation effects on soil physical and chemical properties, Lordegan, Iran [J]. *Plant and soil* 1997, 190: 301~ 398
- [20] Guo Xudong, Fu Bojie, Chen Liding *et al*. Effects of land use on soil quality in a hilly area—A case study in Zunhua County of Hebei Province [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 56(7): 447~ 455 [郭旭东, 傅伯杰, 陈立顶, 等. 低山丘陵区土地利用方式对土壤质量的影响——以河北遵化市为例 [J]. 地理学报, 2001, 56(7): 447~ 455]
- [21] Franzkebers A. J. Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth [J]. *Soil & Tillage Research*, 2002, 66: 197~ 205
- [22] Wall A., Heiskanen, J. Water retention characteristics and related physical properties of soil on afforested agricultural land in Finland [J]. *Forest Ecology and Management* 2003, 186: 21~ 32
- [23] Celik, I. Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey [J]. *Soil and Tillage Research*, 2005, 83: 270~ 277
- [24] Polyakov V., Lal R. Soil organic matter and CO₂ emission as affected by water erosion on field runoff plots [J]. *Geoderma*, 2008, 143: 216~ 222

- [25] Lowery B. , Swan J. , Schumacher T. , Jones A. Physical properties of selected soils by erosion class[J]. *Journal of Soil Water Conservation*, 1995, 50: 306~ 311
- [26] Fu Bojie, Liu Shiliang, Lu Y he, *et al.* Comparing the soil quality

changes of different land uses determined by two quantitative methods[J]. *Journal of Environmental Science*, 2003, 15(2): 167~ 172

Impacts of Grassland-use Change on Soil Quality in the Hengduan Mountain Region, Eastern Tibet

NIE Xiaojun¹, LIU Shuzhen², LIU Haijun³, GU Shixian², ZHANG Weishou³

(1 School of Surveying & Land Information Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China;

2 Institute of Mountain and Environment, Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Conservation, Chengdu 610041, China;

3 Institute of Water Resources Planning, Surveying, Design and Research, Lhasa 850000, China)

Abstract In spite of more concerns about soil quality evolutions induced by grassland-use change world widely little has been known about these evolutions in Tibetan Plateau at present. The objective of this study was to discuss the changes in soil quality owing to the conversion of grassland to sloping farmland in the Hengduan Mountains of eastern Tibet. Three adjacent land-use types including grasslands, sloping farmlands with a short-term cultivation history (about 3 years) and those with a long-term cultivation history (about 50 years) were studied. Soil profile sampling and physical and chemical properties determination were conducted, and then soil qualities of the three land types were evaluated by using DI (integrated soil quality index) and Q (soil degradation index). Results showed that compared to the grasslands, soil bulk density and sand content significantly increased (an increase from 1.11 g/cm³ to 1.32 g/cm³ and from 43.3% to 54.7%, respectively), and the contents of clay and silt declined significantly in the short-term sloping farmlands. Compared to those in the grasslands, surface soil depth notably increased (an increase from 23.6 cm to 30.6 cm), while SOM and total N contents obviously declined in the long-term sloping farmlands (29% and 22% decrease, respectively). Total P and K contents changed insignificantly in the two sloping farmlands. DI and Q of the two sloping farmlands were lower than those of the grasslands, suggesting soil quality degradation after the conversion from grasslands to sloping farmlands. Evaluation results to the soil quality of the two sloping farmlands by using DI and Q were inconsistent, confirming that the two methods were nonequivalent in evaluating soil quality levels under different land-use types. DI is regarded as a more reasonable method in evaluating the soil quality of this study area. Thereupon the conclusion that more serious soil degradation of the long-term sloping farmlands was drawn.

Key words grassland cultivation; soil quality; soil erosion; soil quality evaluation; the Hengduan Mountains of eastern Tibet