

Studies on Erodibility of Sloping Farmland on Red-Yellow Soils in Southwest China*

Qing Zhu¹, Zhenggang Chen^{1#}, Jian Li¹, Song Lu², Yanhua Xiong³

¹Guizhou Soil and Fertilizer Institute, Guiyang

²Guizhou University, Guiyang, China

³No.7 Middle School of Guiyang, Guiyang

Email: zhuqing_gy@tom.com, #gzchzg@126.com

Received: Jun. 6th, 2012; revised: Jun. 30th, 2012; accepted: Jul. 10th, 2012

Abstract: With Wischemeier and Williams's design formulas, nomograph and USA Universal Soil Loss Equation (USLE) *K*-value table, the study to typical sloping farmland on red-yellow soils in southwest showed that the mean *K*-values of A, B and C layer were 0.262 - 0.476, 0.308 - 0.578 and 0.237 - 0.595 (table 3), respectively. The *K*-value and variation coefficient were very different with different utilization methods, and Sharply and Williams's calculation formula in EPIC model was relatively constant and accurate, as the suitable utilization method. The *K*-value of A layer trended down with age, and the whole A layer had a serious harm of soil erosion with strong erodibility and weak anti-erodibility. The *K*-values of A, B and C layer turned down 1.29% - 13.80%, 1.29% - 13.80% and 1.26% - 10.82% with different planting systems and land use types in 4 years, and the whole layer turned down 3.17% - 11.64%. The drops in *K*-value of different planting systems and land use types were not same: Excepted terracing treatment, others drop more than CK, and grass > rotation > fruit forest > grass and crop intercropping > hedgerow > mixed forests. Planting trees and grasses was conducive to improve the erodibility and the quality of the sloping farmland. The maize intercropped and relay intercropped with other plants could improve the coverage and species of the sloping farmland, could also improve the erodibility of the sloping farmland.

Keywords: Red-Yellow Soils; Sloping Farmland; Erodibility

西南地区红黄壤坡耕地可蚀性研究*

朱青¹, 陈正刚^{1#}, 李剑¹, 卢松², 熊燕华³

¹贵州省土壤肥料研究所, 贵阳

²贵州大学, 贵阳

³贵阳市第七中学, 贵阳

Email: zhuqing_gy@tom.com, #gzchzg@126.com

收稿日期: 2012年6月6日; 修回日期: 2012年6月30日; 录用日期: 2012年7月10日

摘要: 针对西南地区典型红黄壤坡耕地, 采用同时 Wischemeier、Williams 的计算公式、诺谟图查值、美国通用水土流失方程(USLE)*K* 值表查值法开展土壤可蚀性研究, 结果表明: A、B、C 土层的 *K* 总平均值分别在 0.222~0.369、0.329~0.413、0.430~0.560 和 0.405~0.595 之间(见表 3)。各种方法计算出来的 *K* 值差距甚大, 变异系数差别也很大, 用 Sharply A. 与 Williams J. R. 提出的公式计算出的 *K* 值变异系数小, 相对稳定和精确, 是红黄壤坡耕地 *K* 值计算的适宜方法; 红黄壤坡耕地 A 层的 *K* 值随着

*基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目“绿肥作物生产与利用技术集成研究及示范”(200803029, 201103005); 贵州省国际科技合作计划“绿肥作物生产与利用技术集成研究”(黔科合外 G 字[2010]7035 号); 贵州省国际科技合作计划“坡地水土保持复合植物群落结构的研究(黔科合外 G 字[2011]7031 号); 农业工程中心项目“贵州省农业资源与环境工程技术研究中心建设”(黔科合农 G 字[2009]4001 号)。

#通讯作者。

年份的增长,呈下降的趋势,整个土层可蚀性强、抗侵蚀弱,侵蚀的危害大。通过4年不同种植制度和利用类型的影响,不同土层的 K 值都下降,其中A层下降1.26%~12.34%,B层下降1.29%~13.80%,C层下降1.26%~10.82%,A、B、C三层平均下降3.17%~11.64%。不同种植制度和利用类型坡耕地 K 值下降幅度不一样,除工程梯化处理外,草地、分带轮作、经果林、粮草间作、植物篱、混交林处理的 K 值下降幅度都高于农民习惯,下降幅度从高到低的排列顺序是:草地 > 分带轮作 > 经果林 > 粮草间作 > 植物篱 > 混交林。种树种草,有利于坡耕地可蚀性的改善和耕地质量的提高。玉米与其它植物间套作,提高覆盖度和增加生物种类,也有利于坡耕地可蚀性的改善。

关键词: 红黄壤; 坡耕地; 土壤可蚀性

1. 引言

西南地区气候温和,光热充足,雨量充沛,植物种类繁多,物产丰富,是我国重要的粮食作物和经济作物基地^[1]。贵州是我国西南地区的一个多山省份,山地和丘林占97%,贵州省国土厅土地详查结果:贵州耕地面积490.35万 hm^2 ,占全国耕地面积的3.67%,旱耕地占耕地面积69.53%,6度~25度的坡耕地占耕地面积61.17%,水土流失严重,全省水土流失面积占全省总面积41.6%。因此贵州开展了坡耕地水土流失的治理和研究工作,包括土壤侵蚀、养分流失等的研究工作^[2,3],但传统的研究都是采用径流小区法对土壤侵蚀和养分流失开展研究,比较费时费工,得出的结果是小区的水土流失情况,不能对全省的水土流失进行预测预报,为了研究红黄壤坡耕地水土流失预测预报模型,需开展相关指标研究。

土壤可蚀性是评价土壤侵蚀敏感程度的重要指标,也是进行土壤侵蚀预报的重要参数^[4]。因此关于土壤可蚀性的研究,一直是国内外学者关注的重要领域。Olson和Wischmeier于1963年提出了土壤可蚀性 K 指标,即用标准小区上单位降雨侵蚀力所引起的土壤流失量的多少来表征土壤性质对侵蚀的影响作用大小^[5]。美国学者Calvin等^[6]、意大利学者Zanchi^[7]通过研究土壤可蚀性的季节变化,提出了用月平均气温计算土壤可蚀性值逐月变化的公式。Bajracharya等^[8]的研究表明,土壤可蚀性值变化同降雨侵蚀力的相关性很小。Wall等^[9]的研究指出,土壤可蚀性季节变化与土壤性质的季节变化密切相关。我国学者也开展了土壤可蚀性的观察研究工作。雷庭武等^[10]分析了细沟侵蚀产沙随购长得变化关系,从理论上推导出了计算现有WEPP可蚀性参数估计误差的计算方法。缪驰

远等^[11]以东北典型土区鹤北流域为研究区,利用沉降法对不同土地利用方式下土层至母质的土壤样品进行粒径分布规律的研究,并基于粒径及有机质碳分布特征,计算了土样的可蚀性。张科丽等^[12]运用野外观测资料,研究计算了黄土高原地区土壤可蚀性的指标值。张金池等^[13]采用传统统计学和地统计学相结合的方法,利用EPIC模型中可蚀性 K 值算法,研究了小流域尺度下土壤可蚀性 K 值空间变异特征及不同植物类型对其影响。闫丽娟等^[14]建立了一个以物理概念为基础的细沟侵蚀预报模型。吴昌广等^[15]采用几何平均粒径修正模型对山峡库区土壤可蚀性 K 值进行估算。朱冰冰等^[16]利用EPIC公式计算了不同开垦区和退耕年限的土壤可蚀性 K 值,对黄土高原典型自然恢复区子午岭林区土地退化恢复过程中土壤可蚀性的动态变化进行了系统研究。

根据以上文献综述可知,在国内国外土壤可蚀性研究领域,采用的计算方法不同,得出的土壤可蚀性千差万别。为了了解一个地区的土壤可蚀性及其影响因素,需要开展具体研究。本文针对西南地区典型红黄壤坡耕地,采用同时Wischmeier、Williams的计算公式、诺谟图查值、美国通用水土流失方程(USLE) K 值表查值法开展土壤可蚀性研究,为西南地区红黄壤坡耕地水土流失预测预报和防治提供科学依据。

2. 材料与方法

2.1. 研究区概况

本研究在中国西南地区的贵州省罗甸县兴隆乡(E106°8'10"~E106°37'10"; N35°33'10"~N35°34'50")进行。该研究区海拔为600~630 m,坡度为11.3°~34.7°。该区山丘连绵,地形破碎,主要土壤类型有红壤、黄

红壤、石灰土。研究区内耕地面积 53.2 hm²，其中稻田 12.0 hm²，旱地 41.2 hm²，旱地中又以坡耕地较多。平均温度 19℃，全年无霜期 335 d，光照较充足，年日照时数 1507.4 h，日照百分率约 34%，年总热量达 434 KJ/cm²，年均降水量 1200 mm，但降水集中，大暴雨日数多，季节分配不匀，导致干旱的出现和严重的水土流失发生。

2.2. 田间试验

2.2.1. 田间试验设计

2002 年根据中国水利部水土保持试验规范的要求，在贵州省罗甸县兴隆乡境内的三岔河西侧山坡的旱坡耕地上建立径流小区观测场，开始监测裸坡耕地的水土流失情况。小区坡度为 21°，坡向朝南，小区投影面积为 105 m²(21 m × 5 m)，四周用水泥隔板隔开，隔板高 45 cm，厚 5 cm，埋深 20 cm。底部下端设置集流槽和集流池。集流槽上缘为一水平面，宽 10 cm，集流槽下缘为档土墙，槽体中部为倾斜的陡槽，将径流和泥沙通过集流口导入集流池中。集流槽和集流池用塑料板盖好，以防止降水进入其中，并与三级分水箱装置相连，以分流测定径流与土壤冲刷量。观测区安装有自记式雨量计，自动气象观测仪。

设置处理 9 个，分别为：

C1：混交林(桉树、灌木、杂草混长在坡面上)；

C2：农民习惯(传统顺坡种植对照，玉米顺坡种植在整个坡面上)；

C3：分带轮作(玉米 - 大豆 - 红薯 - 油菜横坡分带轮作)；

C4：经果林(采用人工措施对坡耕地进行梯化，梯化后的台地坡度 5°，种植李树)；

C5：工程梯化(采用人工措施对坡耕地进行梯化，梯化后的台地坡度 5°，种植玉米)；

C6：粮草间作(玉米 - 紫苜蓿等距离相间横坡条带种植)；

C7：植物篱(玉米 - 黄花横坡条带种植，黄花带共 3 带)；

C8：草地(菊苣生长在整个坡面上)；

C9：裸地(对照，常年无植被覆盖)。

2.2.2. 田间试验施肥量

各处理施肥情况列于表 1。在玉米播种前，把磷

Table 1. Rates of fertilizers added to different treatments of the field trials (kg/hm²)
表 1. 田间试验各处理施肥量(kg/hm²)

处理	圈肥	化肥
C2, C3, C4, C5, C6, C7	18,000 (N 90.000, P 19.620, K 89.640)	尿素 587(N 270.00) 过磷酸钙 656(P 45.85) 氯化钾 175(K 87.17)
C1, C9	0	0

注：试验所施用的肥料为：尿素(N: 46%)，过磷酸钙(P₂O₅: 16%)，氯化钾(K₂O: 60%)，圈肥(N: 5 g/kg, P: 1.09 g/kg, K: 4.98 g/kg)。

肥、钾肥和圈肥作为基肥施用。氮肥作为追肥。除 C1，C9 处理外，所有处理的施肥、灌溉、病虫害防止、作物收获等一切农事活动均相同。

2.2.3. 试验作物

玉米(农大 108)，4 月直播，9 月收获，株行距除了农民习惯种植处理是 0.5 m × 0.75 m 双株种植外，其余的是 0.25 m × 0.5 m 单株种植。大豆(黔豆 1 号)、油菜(黔油 10 号)、红薯(本地)的株行距均为 0.25 m × 0.5 m 单株种植。大豆 4 月直播，7 月收获；油菜 11 月直播或移栽，4 月收获；红薯 7 月移栽，10 月收获。紫苜蓿(维多利亚)为多年生植物，于 2003 年 3 月条播，相间在玉米的行间，用种量 11.25 kg/ha，行距 0.5 m，2~5 月割 2~3 次。黄花(本地品种)为多年生植物，于 2003 年 3 月移栽，株行距 0.25 m × 0.32 m，双行为一条植物篱带，植物篱带与带之间间隔 6 m，4~6 月收获 2~3 次。菊苣为多年生植物，于 2003 年 2 月种植，株行距 0.25 m × 0.4 m，3~5 月割 2~3 次。李树(布朗李)，株行距 3 m × 4.2 m 于 2003 年 3 月移栽，每年修剪 1 次，已开始挂果。混交林的桉树于 1991 年种植，品种采用直干桉，第一年采用 1.5 m × 1.5 m 的株行距，第二年每隔 4 行间伐 2 行直干桉，种植 2 行香根草和紫穗槐。以后直干桉让其自然生长，香根草和紫穗槐每年割 1 次。到 2002 年直干桉已有 11 年的树龄，香根草和紫穗槐已有 10 年。

2.3. 样品采集

土壤样品在玉米播种前和收获后各采集一次。泥砂样品在每次土壤侵蚀发生时采集。径流样品在每次径流发生时采集。

2.4. 田间试验测定项目与方法

野外数据测定：土壤流失量：每次土壤流失发生

测定泥砂量,取泥沙样烘干(105℃, 24 h)、称重,计算单位面积土壤流失量;径流量:每次径流发生时测定径流量,取 500 ml 量筒实测径流样,计算单位清径流量与土壤流失量;土壤水分稳渗速率:作物收获后,在各小区的中部用双渗透环法测定。

化验室样品分析测试:机械组成-吸管法;土壤水稳性团粒-约得尔法;土壤微团聚体-水沉降法;有机质-高温外热重铬酸钾氧化-容量法。

2.5. 数据分析

所有数据在录入计算机后运用统计软件 SPSS 10.0 以及 Microsoft Excel 2003 进行各种分析统计。

2.6. 土壤的可蚀性指标确定与计算

土壤的可蚀性 K 值计算:公式(1):采用 Wischemeier 和 smith^[14]提出的代数关系式。

式中: OM ——有机质含量%; M ——粉粒含量% × (粉粒含量 + 砂粒含量%); S ——土壤结构系数(1:极细颗粒, 2:细颗粒, 3:中粗颗粒, 4:土块); P ——土壤渗透性等级(1:快速, 2:中到快, 3:中, 4:慢速, 5:慢, 6:极慢)。

公式(2):采用 Sharply A.与 Williams J. R.^[15]在 EPIC 模型中提出的复杂而精确的 K 值计算式。

式中: S ——土壤中砂粒(砂粒粒径为 0.1~2.0 mm)含量(%); I ——土壤中粉粒(粉粒粒径为 0.002~0.1 mm)含量(%); L ——土壤中粘粒(粘粒粒径为 <0.002 mm)含量(%); C ——土壤有机碳质含量(%); $N = 1 - S/100$ 。

土壤的可蚀性 K 值确定:

1) 采用 Wishmeier 和 Smith^[17]根据近万个小区资料,总结出与土壤质地、结构、有机质含量和土壤渗透性有关的 K 值诺谟图,进行查值。

2) 采用美国通用水土流失方程(USLE)^[18,19]中的可蚀性因子 K 值表(见表 2)查值。

3. 结果与分析

3.1. 不同方法测定的红黄壤坡耕地可蚀性 K 值及其求取方法评价

用公式(1)、公式(2)、查图、查表四种方法计算的红黄壤坡耕地裸地的 K 值结果: A、B、C 土层的 K 0.430~0.560 和 0.405~0.595 之间(见表 3)。各种方法计算出来的 K 值差距甚大,其中以查表所得的 K 值最

Table 2. Soil erodibility K in USLE (ton.acre.h/100 acre.ft.tonf.in)
表 2. USLE 中的可蚀性因子 K 值 (ton.acre.h/100 acre.ft.tonf.in)

土壤质地	有机质含量(%)			土壤质地	有机质含量(%)		
	0.5	2	4		0.5	2	4
沙	0.11	0.07	0.04	壤土	0.85	0.76	0.65
细沙	0.36	0.31	0.22	粉沙质壤土	1.08	0.94	0.74
极细沙	0.94	0.81	0.63	粉土	1.34	1.16	0.94
壤质沙土	0.27	0.22	0.18	沙质粘壤土	0.60	0.56	0.47
壤质细沙土	0.54	0.45	0.36	粘壤土	0.63	0.56	0.47
壤质极细沙土	0.99	0.85	0.67	粉沙质粘壤土	0.83	0.72	0.58
沙质壤土	0.60	0.54	0.43	沙质粘土	0.31	0.29	0.27
细沙质壤土	0.78	0.67	0.54	粉质粘土	0.56	0.52	0.43
极细沙质壤土	1.05	0.92	0.74	粘土	0.65	0.47	0.29

Table 3. K values of yellowish red soils (ton.acre.h/100 acre.ft.tonf.in)
表 3. 不同方法测定的红黄壤可蚀性因子 K 值(ton.acre.h/100 acre.ft.tonf.in)

年份	土层	K_1	K_2	K_3	K_4
2002	A	0.227	0.381	0.430	0.560
	B	0.369	0.413	0.550	0.595
	C	0.226	0.407	0.560	0.595
2003	A	0.290	0.357	0.440	0.405
2004	A	0.271	0.339	0.430	0.405
2005	A	0.259	0.335	0.430	0.405
2006	A	0.222	0.329	0.430	0.560
	B	0.246	0.357	0.500	0.560
	C	0.247	0.395	0.550	0.595
平均	A	0.262	0.366	0.438	0.467
	B	0.308	0.376	0.525	0.578
	C	0.237	0.401	0.555	0.595
总平均		0.266	0.376	0.483	0.520
变异系数 CV%		17.87	7.61	11.80	16.84

注: K_1 : 由公式(1)所求得; K_2 : 由公式(2)所求得; K_3 : 由诺谟图查得; K_4 : 由 USLE 中的可蚀性因子 K 值表查得。

$$K = \frac{[2.1 \times 10^{-4} (12 - OM) M^{1.14} + 3.25(S - 2) + 2.5(P - 3)]}{100} \quad (1)$$

$$\{0.2 + 0.3 \exp[0.0256S(1 - 0.01I)]\} (I / (L + I))^{0.3} \times (1.0 - 0.25C / (C + \exp(3.72 - 2.95C))) \times (1.0 - 0.7N / (N + \exp(-5.51 + 22.9N))) \quad (2)$$

大,其次是查图法和公式(2),公式(1)计算的 K 值最小。几种方法所得的 K 值的变异系数差别很大,变异系数从高到低的排列为:公式(1) > 查表>诺谟图 > 公式(2)。这说明公式(2)所计算出来的 K 值相对稳定和精确。

公式(1)是通过测定土壤机械组成、有机碳含量和土壤渗透性,计算土壤可蚀性 K 值,方法简单,数据较好反映出坡耕地土壤可性的年际变化和空间变化,但 K 值变异系数大。公式(2)是通过测定土壤机械组成、有机碳含量,采用 Sharply A.与 Williams J. R.^[15] 在 EPIC 模型中提出的复杂而精确计算公式计算的 K 值,计算稍微复杂,但数据较为精确, K 值变异系数小,能很好反映出坡耕地土壤可性的年际变化和空间变化。查图法和查表法是通过测定土壤土壤机械组成、有机质含量,通过查图和查表,直接读出 K 值,方法简单,但数据不是很精确, K 值变异系数小,数据不能好反映红黄壤坡耕地的年际变化和空间变化。通过公式(1)、公式(2)、查图法、查表法计算红黄壤坡耕地的 K 值,结果表明:采用公式(2),也就是采用 Sharply A.与 Williams J. R.在 EPIC 模型中提出的公式计算 K 值是红黄壤坡耕地的 K 值计算的较为适宜的方法。

3.2. 红黄壤坡耕地可蚀性 K 值的变化规律

3.2.1. 红黄壤坡耕地的时间变化规律

土壤的 A 层是整个土体最为活跃的土层,最受各种因素影响,又是最受关注的层次,因此对该土壤 A 层的 K 值进行动态监测。用公式(2)(Sharply A.与 Williams J. R.在 EPIC 模型中提出的计算公式)计算 2002 年~2006 年裸地 A 层土壤 K 值,用 Excel 2003 作图(见图 1),结果显示,红黄壤坡耕地 A 层的 K 值随着年份的增长,呈下降的趋势。经过 4 年,红黄壤坡耕地 A 层的 K 值下降 13.65%,平均每年下降 3.41%。

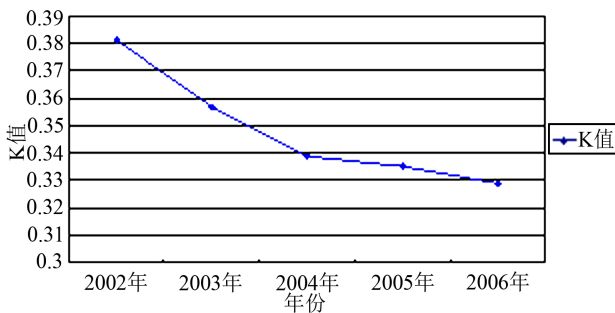


Figure 1. K change of top yellowish red soil with time
图 1. 红黄壤表土层可蚀性 K 值的时间变化

通过计算 2002 年、2006 年 A、B、C 三层土壤的 K 值,用 Excel 2003 作图(见图 2),B 层和 C 层土壤 K 值都较 A 层土壤有所提高,B 层土壤提高 8.39%~8.51%,C 层土壤提高 6.82%~20.61%。红黄壤坡耕地 A 层较薄,很容易被侵蚀完毕,而 B 层和 C 层的土壤 K 值较高,说明红黄壤坡耕地整个土层可蚀性强、抗侵蚀弱,侵蚀的危害大。

3.2.2. 不同种植制度和利用类型下红黄壤坡耕地可蚀性 K 值特征

采用公式(2)计算 2003 年和 2006 年不同种植制度和利用类型坡耕地 A、B、C 土层的 K 值,结果(见表 4),2003 年混交林 A 层土壤的较农民习惯减少 11.84%,其它处理与农民习惯差别不大。不同种植和利用类型坡耕地 B、C 土层的 K 值则差别不大。

通过 4 年不同种植制度和利用类型的影响,不同种植制度和利用类型坡耕地的不同土层的 K 值都下

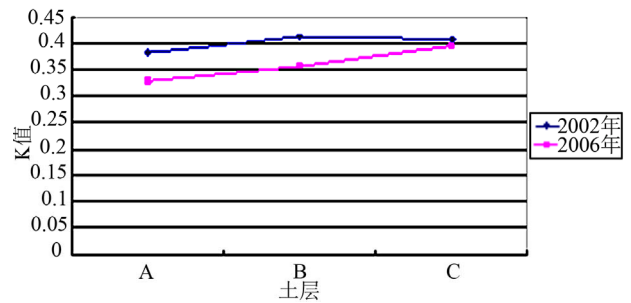


Figure 2. K change of yellowish red soil in layers
图 2. 红黄壤土层可蚀性 K 值变化

Table 4. K value of yellowish red soil under different cropping systems and land utilizations (ton.acre.h/100 acre.ft.tonf.in)
表 4. 不同种植制度和利用类型下红黄壤坡地的 K 值 (ton.acre.h/100 acre.ft.tonf.in)

年份	土层	农民习 惯C2	分带 轮作C3	经果林 C4	工程梯 化C5	粮草间 作C6	植物篱 C7	草地 C8	混交林 C10
2003	A	0.380	0.393	0.391	0.398	0.371	0.373	0.389	0.335
	B	0.389	0.413	0.405	0.400	0.389	0.380	0.407	0.392
	C	0.397	0.411	0.426	0.400	0.391	0.405	0.408	0.394
2006	A	0.350	0.354	0.371	0.393	0.347	0.351	0.341	0.317
	B	0.384	0.356	0.378	0.386	0.362	0.367	0.353	0.367
	C	0.392	0.380	0.380	0.381	0.364	0.365	0.370	0.374
4年下 降(%)	A	7.89	9.92	5.12	1.26	6.47	5.90	12.34	5.37
	B	1.29	13.80	6.67	3.5	6.94	3.42	13.26	6.38
	C	1.26	7.54	10.82	4.75	6.91	9.88	9.31	5.08
平均	ABC	3.48	10.42	7.54	3.17	6.77	6.40	11.64	5.61

降, 其中 A 层下降 1.26%~12.34%, B 层下降 1.29%~13.80%, C 层下降 1.26%~10.82%, A、B、C 三层平均下降 3.17%~11.64%。

不同种植制度和利用类型坡耕地 K 值下降幅度不一样, 在 A 层, 只有分带轮作和草地处理 K 值下降幅度高于农民习惯处理 2.03~4.45 个百分点。B 层和 C 层, 除工程梯化处理外, 草地、分带轮作、经果林、粮草间作、植物篱、混交林处理的 K 值下降幅度都高于农民习惯, 下降幅度从高到低的排列顺序是草地 > 分带轮作 > 经果林 > 粮草间作 > 植物篱 > 混交林。A、B、C 三层平均结果: 除工程梯化处理外, 草地、分带轮作、经果林、粮草间作、植物篱、混交林处理的 K 值下降幅度都高于农民习惯, 下降幅度从高到低的排列顺序是草地 > 分带轮作 > 经果林 > 粮草间作 > 植物篱 > 混交林。这说明, 在红黄壤坡耕地上, 增加生物多样性, 提高覆盖度的措施都有利于坡耕地土壤可蚀性 K 值的改善。

混交林处理由于在 2003 年初始测定的时候, 已经有 12 年的树龄, 土壤可蚀性已经得到改善, 土壤可蚀性 K 值测定初始值较低, 导致 K 值下降幅度不是很大。有意思的是经果林与工程梯化处理, 同样在人工措施打乱土层、土壤可蚀性 K 值初始值较高情况下, 经果林和工程梯化的土壤可蚀性 K 值下降幅度差别较大, 高 3.86~6.07 个百分点。草地的 K 值下降幅度较农民习惯高 8.16 个百分点。在红黄壤坡耕地上, 将种植粮食作物改为种树种草, 有利用土壤可蚀性的改善和耕地质量的提高。

在西南地区坡耕地上, 玉米是主要粮食作物和饲料作物, 在不影响玉米产量的条件下, 探索玉米与其它植物的间套模式, 防止土壤侵蚀, 是西南地区红黄壤坡耕地持续利用的有效途径。本试验中, 粮草间作、植物篱、分带轮作由于提高了覆盖度和增加生物种类, 土壤可蚀性 K 值(A、B、C 三层平均覆盖度)下降幅度高于农民习惯 2.92~6.94 个百分点, 可见粮草间作、植物篱、分带轮作也有利于坡耕地 K 值的改善。工程梯化和农民习惯由于单纯种植粮食作物, 覆盖度低, 不利于坡耕地可蚀性的改善, 应当改进。

4. 讨论与结论

1) 土壤可蚀性是评价土壤侵蚀敏感程度的重要

指标, 也是进行土壤侵蚀预报的重要参数^[4]。从国内国外土壤可蚀性研究情况来看, 采用的计算方法都不一样, 得出的土壤可蚀性千差万别^[5-7]。本文针对西南地区典型红黄壤坡耕地, 采用同时 Wischemeier、Williams 的计算公式、诺谟图查值、美国通用水土流失方程(USLE) K 值表查值法开展土壤可蚀性研究, 几种方法计算出来的 K 值差距甚大, 变异系数差别也很大, 用 Sharply A. 与 Williams J. R. 在 EPIC 模型中提出的计算公式计算的 K 值变异系数小, 相对稳定和精确, 是红黄壤坡耕地 K 值计算的适宜方法。

2) 裸露红黄壤坡耕地土壤 A、B、C 土层的可蚀性 K 值分别为 0.329~0.381、0.357~0.413、0.401~0.407。红黄壤坡耕地整个土层的可蚀性 K 值强^[20,21], 随着年份的增长, 有下降的趋势。

3) 通过 4 年不同种植制度和利用类型的影响, 坡耕地不同土层的 K 值都下降, A、B、C 三层平均下降 3.17%~11.64%。不同种植制度和利用类型坡耕地 K 值下降幅度不一样, 除工程梯化处理外, 草地、分带轮作、经果林、粮草间作、植物篱、混交林处理的 K 值下降幅度都高于农民习惯, 下降幅度从高到低的排列顺序是草地 > 分带轮作 > 经果林 > 粮草间作 > 植物篱 > 混交林。

4) 在红黄壤坡耕地上, 增加生物多样性, 提高覆盖度的措施都有利于坡耕地土壤可蚀性 K 值的改善, 在 25 度的陡坡耕地上, 改种植粮食作物为种树种草, 有利于坡耕地可蚀性的改善和耕地质量的提高; 在 25 度以下的缓坡耕地上, 玉米与其它植物的间套作, 提高覆盖度和增加生物种类, 如采用粮草间作、植物篱、分带轮作等种植制度, 可改善坡耕地可蚀性。工程梯化和农民习惯由于单纯种植粮食作物, 覆盖度低, 不利于坡耕地可蚀性的改善, 应当改进。

参考文献 (References)

- [1] 涂仕华. 西南地区作物系统养分管理研究(2)[M]. 成都: 四川大学出版社, 2012.
- [2] 陈正刚, 朱青, 王文华, 李剑. 南方红黄壤区经济植物篱配合平衡施肥的水土保持效应研究[J]. 水土保持研究, 2006, 13(5): 248-251.
- [3] 陈正刚, 李剑, 朱青. 贵州山区坡耕地钾素输入与输出研究[J]. 水土保持学报, 2009, 23(4): 20-23.
- [4] 张科利, 彭文英, 杨红丽. 中国土壤可蚀性值及其估算[J]. 土壤学报, 2007, 1(1): 7-13.
- [5] T. C. Olson, W. H. Wischemeier. Soil erodibility evaluation for

- soils on the runoff and erosion stations. Society of American Proceedings, 1963, 27(5): 590-592.
- [6] K. M. Calvin, E. C. Cade. Soil erodibility variation during the year. Transactions of the ASAE, 1983, 26(5): 1102-1104.
- [7] C. Zanchi. Influenza dell azione battente della pioggia edei rescel-laniento nel processo erosivo e variazioni dell erodibilita del suolo nei diversi periodi atagoniali. Annali Istituto Sperimentale Studio e Difesa Suolo, 1983, 14: 347-358.
- [8] R. M. Bajracharya, R. Lal. Seasonal soil loss and erodibility variation on a Miamian silt loam soil. Soil Science Society of America Journal, 1992, 56(5): 1560-1565.
- [9] G. J. Wall, W. T. Dickinson, R. P. Rudra, et al. Seasonal soil erodibility variation in Southwestern Ontario. Canadian Journal of Soil Science, 1988, 68(2): 417-424.
- [10] 雷庭武, 张晴雯, 姚春梅等. WEPP 模型中细沟可蚀性参数估计方法误差的理论分析[J]. 农业工程学报, 2005, 21(1): 9-12.
- [11] 缪驰远, 刘保元, 刘刚, 张天宇. 东北典型黑土区剖面粒径分布特征及其可蚀性研究[J]. 水土保持学报, 2008, 22(3): 18-23.
- [12] 张科丽, 蔡永明, 刘保元, 江忠善. 黄土高原地区土壤可蚀性及其应用研究[J]. 生态学报, 2001, 21(10): 1687-1695.
- [13] 张金池, 李海东, 林杰等. 基于小流域尺度的土壤可蚀性 K 值空间变异[J]. 生态学报, 2008, 28(5): 2199-2206.
- [14] 闫丽娟, 余新晓, 雷廷武等. 坡面流输沙能力与土壤可蚀性参数对细沟土壤侵蚀过程影响的有限元计算模型研究[J]. 土壤学报, 2009, 46(2): 192-199.
- [15] 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.
- [16] 朱冰冰, 李占斌, 李鹏等. 土地退化/恢复中土壤可蚀性动态变化[J]. 农业工程学报, 2009, 25(2): 56-61.
- [17] W. H. Wischmeier, D. D. Smith. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. Agriculture Hand book 537, 1978: 58.
- [18] A. N. Sharply, J. R. Williams. EMPC—Erosion/productivity impact calculator: 1. Model documentation. US Department of Agriculture Technical, 1990.
- [19] W. H. Wischmeier, D. D. Smith. Predicting rainfall erosion losses. USDA Agriculture Handbook, US Department of Agriculture, 1978: 21-22.
- [20] 史学正, 于东升. 用田间实测法研究我国亚热带土壤的可蚀性 K 值[J]. 土壤学报, 1997, 34(4): 399-405.
- [21] 郭志民, 陈永宝, 陈志伟. 土壤可蚀性特征及其 K 值图制作研究[J]. 山西水土保持, 2002, 1: 15-17.