

长江上游滇东北山区坡耕地水土流失 与可持续利用研究简介^{*}

杨子生

(云南大学地球科学系 昆明 650091)

提 要 介绍了“滇东北山区坡耕地水土流失与可持续利用研究”的研究的思路、内容和方法,以及所取得的研究成果。

关键词 长江上游 滇东北山区 坡耕地 水土流失 土壤流失方程 可持续利用

分类号 《中图法》S157.1, F301.2

1 研究的背景、目的与意义

1.1 滇东北山区是长江上游水土流失最严重的区域之一,直接影响到长江中下游地区的水患

长江上游是指湖北宜昌以上的长江流域,涉及青海、西藏、云南、贵州、陕西、甘肃、四川、重庆、湖北 9 个省(市)的 338 个县,流域面积约 $100.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[1]。近 40 多年来,由于大量毁林开荒、陡坡垦殖、滥砍乱伐森林、过度放牧、盲目开采矿山等诸多不合理的土地利用方式,使流域内水土流失面积和强度越来越大。据调查统计,50 年代本区水土流失面积 $29.95 \times 10^4 \text{ km}^2$,目前已扩大到 $39.3 \times 10^4 \text{ km}^2$,占流域面积的 39.1%,年均土壤侵蚀量 $15.68 \times 10^8 \text{ t}$ ^[2]。据此计算,流失区平均侵蚀模数约达 $3990 \text{ t/km}^2 \cdot \text{a}$ 。上游携带大量泥沙的洪水,沿上游一泄而下,在中下游地区沉积下来,抬高河床,淤积湖泊,这是长江水患的重要因素。据报道^[3],长江上游以年平均 $6.8 \times 10^8 \text{ t}$ 的泥沙输入中下游,大部分沉积在荆江段和洞庭湖内,洞庭湖平均每年入湖淤积量高达 $0.984 \times 10^8 \text{ m}^3$,湖底每年平均抬高 3.6 cm,目前沙洲面积已达 $12 \times 10^4 \text{ hm}^2$,且每年以 666.7 hm^2 的速度扩大,使汇洪水量大幅度减少,加大了水患威胁。尤其需要指出的是,湖泊淤积害在中下游,而祸起中上游,如洞庭湖的泥沙淤积量中约 82% 来自长江中上游。另据施季森等^[1]报道,长江河道河床每年以 1 cm 的速度抬高;由于长江夹带泥沙在长江入海口大量沉积,导致长江入海口北溯航道近于闭塞,行洪能力大大减低。

长江上游土壤侵蚀不仅造成中下游的淤积,还减少了“土壤水库”的调蓄作用。据史学正等^[3]推算,按土壤平均厚度 78 cm 计算,长江上游 $100 \times 10^4 \text{ km}^2$ 地区土壤孔隙之和达 $1.973 \times 10^8 \text{ m}^3$,但土壤水库的总库容量随着土壤侵蚀的加剧总孔隙容量(即土壤水库)损失严重。在长江上游 $35.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的流失区中,按年侵蚀总量 $14.78 \times 10^8 \text{ t}$ 的条件下,其平均侵蚀模数达 $4200 \text{ t/km}^2 \cdot \text{a}$,相当于每年剥蚀 4.0 mm 的土层,即每 10a 减少 $21.97 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的蓄水能力。加之植被破坏后土壤裸露,雨滴直接打击在土壤表面,使土壤结构破坏,严重地阻碍了雨水渗入土壤水库,从而加剧了洪水的下泄。

滇东北山区位于云南省金沙江下游地带,是长江上游的重要组成部分,在行政区划上包括昭通地区、东川市以及曲靖地区的宣威市和会泽县,土地总面积为 36238.45 km^2 (土地详查数),占长江上游面积($100.5 \times 10^4 \text{ km}^2$)的 3.61%。该区域 1996 年末总人口 700.4 万人,人口密度 193 人/km^2 ,是云南省

^{*}国家自然科学基金资助项目(编号 49461007)。

1)施季森,张金池。保护发展森林,根治水患,确保国家社会、经济和环境安全。森林资源保护与生态环境建设的关系研讨会论文。1998。

收稿日期:1999-03-25

人口密度最大的区域。本区为典型的山区,山地约占总土地面积的 96%,地貌复杂,山脉交错,峰峦叠嶂,岩层破碎,河流切割强烈,山高谷深,海拔最高点(巧家县药山达 4 040 m)与最低点(北部水富县金沙江与横江汇合处的滚坎坝仅 267 m)之间相差 3 773 m,“山高坡陡石头多,出门就爬坡”是本区地形特征的形象写照,全区 $\geq 15^\circ$ 的坡地占总土地面积的 70.10%, $\geq 25^\circ$ 的陡坡地占总土地面积的 38.90%, $\geq 35^\circ$ 的极陡坡地占土地总面积的 14.25%。土壤主要有红壤、黄壤、紫色土、黄棕壤、棕壤、燥红土等土类,成土母质一般容易风化,质地疏松,结构较差。境内降雨集中于雨季(5~10月),尤以夏季(6~8月)最集中,且多大雨和单点暴雨。由于人多地少的矛盾非常突出,为了解决“温饱”,长期以来人们盲目地将矛盾转嫁于林地,使森林覆盖率从新中国成立初期的 50%左右到 90 年代初期降至 15%左右,形成“毁林陡坡开荒—单产低—广种薄收—毁林陡坡开荒”和“越垦越穷,越穷越垦”的恶性循环,使土壤侵蚀越来越重,成为云南省最严重的水土流失灾害区^[4]。据 1988 年应用遥感技术调查结果¹⁾,全区轻度以上侵蚀面积达 21 861.56 km²,占本区土地总面积的 60.33%和长江上游水土流失面积(39.3×10⁴ km²)的 5.56%;年均土壤侵蚀量 9 394.15×10⁴ t,占长江上游地区年均侵蚀总量(15.68×10⁸ t)的 5.99%(我们此次应用土壤流失方程测算滇东北山区目前全部土壤年均侵蚀量达 10 914.0 万 t,占长江上游地区年均侵蚀总量的 6.96%);水土流失区平均侵蚀模数 4 297.1 t/km²·a,比长江上游水土流失区平均侵蚀模数(3 990 t/km²·a)大 7.7%(我们此次测算滇东北山区目前水土流失区平均侵蚀模数约 4 900 t/km²·a,比长江上游流失区平均侵蚀模数大 22.81%)。这表明,滇东北山区无疑是长江上游水土流失最严重的区域之一。从河流泥沙量来看,据 70~80 年代实测资料²⁾,金沙江龙街站年均输沙量为 0.874×10⁸ t,巧家(华弹)站增至 1.66×10⁸ t,而到屏山站年平均输沙量又增至 2.4×10⁸ t,占长江宜昌站(5.14×10⁸ t)的 46.69%。可见,金沙江的泥沙主要来源于龙街至屏山之间,此区间年均输入金沙江的泥沙量达 1.526×10⁸ t。包括昭通地区在内的巧家至屏山,流域面积增加 7.7%,而输沙量却增加了 44.6%(0.74×10⁸ t),占屏山站的 30.83%。据中国科学院、中国工程院^[5]对 1998 年长江洪水的分析结果,长江泥沙的主要来源是金沙江和嘉陵江。上述充分表明,滇东北山区严重的水土流失对长江中下游地区水患的“贡献”很大。

1.2 严重的水土流失灾害已成为滇东北山区土地可持续利用和经济社会可持续发展的重大制约因素

严重的水土流失一方面造成土地质量退化、产量下降,另一方面大量泥沙淤积河床,危害农田;同时,泥沙淤积于水库、塘坝中,大大降低了水利工程的效益。以滑坡、泥石流等重力侵蚀为特色的水土流失灾害频繁发生,冲毁农田、村庄、公路、桥梁、沟渠等,损失惨重。具体情况可参见本“专辑”有关论文。总的来看,滇东北山区水土流失灾害已严重影响到土地的可持续利用和经济社会的可持续发展。据有关调查统计,仅与水土流失灾害有关的水旱灾害就使本区每年减少粮食 15×10⁴ t~40×10⁴ t,约占全区年粮食总产量的 10%~25%。这是许多山区农村至今未能解决“温饱”问题的重要原因之一。

1.3 滇东北山区水土流失的主体是坡耕地

长江流域水灾的严重性主要是由于流域内生态系统的失调所致^[5]。然而,谈到生态环境恶化、水土流失问题时,人们以往通常的提法是“由于森林资源的急剧下降,导致了严重的水土流失”,“由于森林植被减少,导致生态环境恶化”,…。森林是陆地上最大的生态系统,它的存在的确对提高生态环境质量、控制山区水土流失起着决定性的作用。因此,将森林状况与生态环境质量、水土流失状况联系起来的观点无疑是正确的。但不能忽视的是,由于习惯性的提法,往往给人以错觉,似乎生态环境恶化的唯一原因是因为森林的破坏和减少,而忽视了其它重要原因,因而往往造成在对策上的顾此失彼。就长江上游地区而言,造成生态环境恶化的因素应该是森林减少和水土流失 2 个方面同时存在,两者同等重要,既有关联又分别独立存在,即:森林植被的减少,为水土流失提供了一定条件,但又不是造成水土流失的唯

1) 水利电力部天津勘测设计院,云南省水利水电厅. 应用遥感技术调查云南省土壤侵蚀报告. 1988.

2) 云南省昭通地区行署经济技术研究室. 昭通地区国土资源. 1992—12(内部铅印本).

一条件;而水土流失既与森林植被覆盖状况有关,但更取决于人类活动对地表的破坏程度。以昭通地区和东川市为例,从1975~1988年的13年中,森林覆盖率分别由6.7%和4.8%提高到9.6%和6.6%,若加上灌木林,林木覆盖率分别为27.3%和13.3%(林业部门调查数),按一般规律,当林木覆盖率达到一定程度时,水土流失就应得到相应的控制,但实际上昭通地区和东川市水土流失不但没有减少,反而越来越严重,1988年应用遥感技术调查水土流失面积占总土地面积比重分别达59.54%和68.51%,年均土壤侵蚀量分别达5 811.36万t和879.53万t。从河流年平均含沙量来看,以昭通地区洒渔河箐口塘站实测数¹⁾为例,从50年代到80年代每10年平均含沙量的变化情况是:50年代2.08 kg/m³,60年代2.22 kg/m³,70年代2.87 kg/m³,80年代3.19 kg/m³;每10年最大断面平均含沙量的变化情况是:50年代19.5 kg/m³,60年代35.0 kg/m³,70年代45.7 kg/m³,80年代91.7 kg/m³。之所以出现这种反常现象,就是因为没能贯彻因害设防的原则,造林一般都是在水土流失不很严重的土地(如疏林地、残次林地、荒地等)上,而水土流失严重的坡耕地尤其是陡坡耕地没有进行综合治理和退耕还林。因此,在90年代初云南省实施“长防林”一期工程时,云南省林业厅何应武²⁾就指出:“长防林”建设可以把森林覆盖率提高到一定水平,但由于退耕还林比重极小,它解决不了坡耕地上严重的水土流失问题,因而充其量只能解决原来发生在林业用地上的那一部分水土流失(其份量只占全部水土流失的一小部分),要解决主要矛盾,必需对水土流失最严重的坡耕地进行综合治理。何应武同志还大致估算得出云南省“长防林”一期工程地区(包括昭通地区、东川市、会泽县和元谋县)坡耕地年均土壤流失量占全区土壤流失总量的92%。宜昌站测定结果³⁾亦表明,水土流失主要物质来源于耕地,占入江泥沙量的60%~78%。可见,长江中上游地区水土流失的主体无疑是坡耕地,滇东北山区正是由于过度垦殖山地、坡耕地比重巨大而成为举世闻名的水土流失区。

正是在上述背景条件下,我们提出了“滇东北山区坡耕地水土流失与可持续利用研究”项目,并得到国家自然科学基金的立项资助。其基本目的和意义在于摸清坡耕地水土流失规律,揭示土壤侵蚀机理,探讨坡耕地可持续利用对策措施,为尽快控制滇东北山区乃至整个长江上游坡耕地水土流失、实现可持续发展战略提供科学依据。

2 研究思路、内容与方法

2.1 通过设置相当数量的水土流失试验小区并进行试验观测,建立起滇东北山区坡耕地土壤流失方程
为了摸清坡耕地水土流失规律,揭示土壤侵蚀机理,本项目研究拟以著名的美国“通用土壤流失方程”(USLE)⁴⁾为基础,通过研究确定各项侵蚀因子指标,建立起滇东北山区坡耕地土壤流失方程。方程的基本形式为 $A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$ 。式中, A 为单位面积多年平均土壤流失量($t/hm^2 \cdot a$), R 为降雨侵蚀力因子(J/m^2); K 为土壤可蚀性因子($t/hm^2 \cdot a$); LS 为地形因子,其中 L 为坡长(m), S 为坡度(°或°); C 为作物经营管理因子; P 为水土保持措施因子。由于该方程具有明显的区域性特点,为了应用该方程解决滇东北山区的问题,需要结合本区地理环境状况,通过设置相当数量的水土流失试验小区进行试验观测,对方程中诸因子进行全面的分析研究。

为此,根据需求和可能条件,分别在昭通市乐居村和东川市播卡村对滇东北山区坡耕地3种主要土壤——红壤、黄壤和紫色土建立了32个径流试验小区,利用天然降雨、人工模拟降雨和调查研究、统计分析相结合的方法,通过观测土壤流失量、记录降雨资料(使用自记雨量计)和摘录本区16个气象台(站)的降雨资料,对土壤流失方程中诸因子进行定量分析,确定适合于本区的方程中的各因子指标。

2.2 运用土壤流失方程,测算坡耕地土壤流失量,进行可持续利用评价

1) 云南省昭通地区行署经济技术研究室。昭通地区国土资源, 1992—12。
2) 何应武。论长江上游地区水土流失及其综合治理。区域开发研究, 1991, (1): 49~53。
3) 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

由于土壤流失方程所考虑的影响土壤侵蚀的因素较为齐全, 计算方法比较科学, 完成了从定性到定量研究的重大突破, 它不仅能较准确地预测预报土壤侵蚀量, 更重要的是它已成为制定土地合理利用规划和选择最佳保土措施的有用技术工具。加之其形式简单、明了、直观, 易为人们所接受, 因而便于推广应用。因此, 在研究、建立滇东北山区土壤流失方程基础上, 可利用土地详查、土壤调查等有关资料(图件和数据), 运用 GIS 手段测算全区及各县(市)坡耕地年均土壤流失量, 并分析其基本特征。同时, 根据山区土地可持续利用的基本要求, 应用土壤流失方程进行基于可持续利用的耕地适宜性与可持续性评价研究, 将坡耕地水土流失与可持续利用问题有机结合起来, 可极大地提高水土流失研究的深度和水平, 研究成果的应用价值亦显著增大。

2.3 结合国内外新进展, 进行以保护耕地和实现合理耕地规模为重点的土地利用战略研究

本区严重的水土流失系由诸多不合理的土地利用方式所致。为了扭转这些不合理的土地利用方式, 促进本区水土保持、土地可持续利用以及农业生产和经济社会的可持续发展, 本研究还结合当前国内外土地可持续利用研究的新进展, 在上述耕地适宜性与可持续利用评价研究基础上, 开展以保护耕地和保持合理耕地规模为重点的滇东北山区土地利用战略研究: 1. 土地垦殖指数与退耕还林; 2. 水土流失灾害毁坏耕地调查及其长远控制规划; 3. 耕地总量动态平衡; 4. 基本农田保护; 5. 土地资源特点、利用现状及潜力分析; 6. 土地利用战略方针、目标、方案及措施; 7. 土地用途管制。

2.4 应用 GIS 编制综合性的坡耕地水土流失与可持续利用图

该图是整项研究的主要成果图件, 尝试将滇东北山区各个坡耕地单元的水土流失状况与可持续利用问题结合起来, 综合反映各单元(图斑)的坡耕地类型、土壤类型、地形坡度级别、土壤侵蚀强度等级、可持续利用程度等级、合理利用方向与措施 6 个方面内容, 较以往编制的水土流失图更有适用价值。以土壤流失方程和有关专题调查图件、数据资料为基础, 采用地理信息系统作为制图工具, 用 MAP—GIS 软件完成该图的编制。

3 研究成果简介

通过 4a(1995~1998 年)研究工作, 取得了丰硕的研究成果, 主要是: 1. 研究确定了滇东北山区坡耕地 5 个侵蚀因子(降雨侵蚀力因子、土壤可蚀性因子、地形因子、作物经营因子、水土保持措施因子)的定量指标, 建立了土壤流失方程, 实现了水土流失研究从以往定性研究到定量研究的重大突破, 为滇东北山区以及长江上游其它地区制定水土保持治理规划和土地合理利用方案、进行水土流失监测预报以及预测治理规划实施后可达到的水土保持效益提供了一整套技术方法和科学依据; 2. 提出了坡耕地的广义概念, 建立了滇东北山区坡耕地分类系统, 分析了本区域坡耕地的基本特征; 3. 测算了全区及各县(市)坡耕地年均土壤流失量, 分析了坡耕地水土流失的严重性和基本特征; 4. 应用环境经济评价理论和方法, 定量测算了滇东北山区坡耕地水土流失的直接经济损失, 包括养分流失损失、水分流失损失和泥沙流失损失; 5. 应用已建立的土壤流失方程进行了滇东北山区基于可持续利用的耕地适宜性评价, 以土壤抗蚀年限为主要指标, 建立了山区耕地适宜性与可持续性评价等级系统, 评定了全区现状耕地适宜性与可持续性分类面积; 6. 提出了合理垦殖指数、垦殖合理度与不合理度 3 个概念及其计算方法, 定量评价了现状垦殖指数的合理性程度, 分析确定了全区及各县(市)的合理垦殖指数, 并制定了该区域退耕还林规划方案; 7. 调查分析了滇东北山区水土流失灾害毁坏耕地的历史和现状, 制定了 1997~2030 年灾毁耕地控制规划方案, 并提出了实现该方案的主要措施; 8. 从可持续发展的角度出发, 提出了山区保持耕地总量动态平衡的特殊内涵, 制定了滇东北山区耕地总量动态平衡战略规划方案, 包括耕地的数量平衡、质量平衡和人均占有耕地总产品的平衡, 并提出了实现山区耕地总量动态平衡的主要对策和措施; 9. 根据我国新修订的《土地管理法》和《基本农田保护条例》的规定以及有关要求, 制定了滇东北山区基本农田保护区规划方案, 并提出了实施基本农田保护区规划的政策和措施; 10. 在分析滇东北山区土地资源基本特点、土地利用现状及其

存在问题、土地开发利用潜力的基础上,确定了本区今后土地利用的指导思想、战略方针和目标,制定了1997~2030年土地利用结构调整方案,提出了土地资源开发利用的战略措施;11. 在研究确定滇东北山区土地用途分区方案基础上,根据我国有关法规和政策,制定了各个用地区的土地用途管制规则;12. 以土壤流失方程为基础,应用GIS编制了综合性的滇东北山区坡耕地水土流失与可持续利用图。

上述成果具体体现在本研究的“论文集”和“图集”中。“论文集”共计20篇论文,除3篇分别由《山地学报》、《水土保持通报》和《地理科学》单独发表外,其余17篇论文(含本文)由《山地学报》以增刊形式专辑发表(即本专辑)。“图集”主要包括滇东北山区坡耕地水土流失与可持续利用图和基础图件——滇东北山区地貌景观图、滇东北山区地形坡度图、滇东北山区土壤图,正式印制时均缩编为1:50万图。

参 考 文 献

- 1 李崇淮 辜胜阻. 长江上游水土流失特点及其防治对策探讨. 水土保持通报, 1992, 12(3): 1~6
- 2 李文华. 长江洪水与生态建设. 自然资源学报, 1999, 14(1): 1~7
- 3 史学正 梁音, 于东升等. 调用“土壤水库”是防洪减灾的根本之策. 中国科学报, 1998—10—21
- 4 谢应齐 杨子生. 云南省农业自然灾害区划. 北京: 中国农业出版社, 1995. 170~205
- 5 中国科学院 中国工程院. 对1998年长江洪水的认识和今后工作的建议. 中国科学院院刊, 1999, 14(1): 13~18
- 6 Wischmeier W H, Smith D D. Predicting rainfall erosion losses —— a guide to conservation planning. Agriculture handbook, No. 537, USDA, 1978 12~72

REVIEW OF STUDY ON SOIL EROSION OF SLOPING CULTIVATED LAND AND ITS SUSTAINABLE USE IN THE NORTHEAST MOUNTAIN REGION OF YUNNAN PROVINCE OF THE UPPER YANGTZE RIVER

YANG Zisheng

(Department of Earth Science, Yunnan University, Kunming 650091)

Abstract The northeast mountain region of Yunnan province is a region of very serious soil erosion of the upper Yangtze River, which influenced directly the flood of the middle and lower reaches of Yangtze River. Serious soil erosion has become the leading limitation factor to the sustainable use of land and sustainable development of economy and society in the northeast mountain region of Yunnan province. The chief part of soil erosion in this region is sloping cultivated land. Under the background, the item of “study on soil erosion of sloping cultivated land and its sustainable use in the northeast mountain region of Yunnan province” was carried out in 1995~1998. The paper introduced the train of thought, contents and methods of the study, and the reaped fruits of our research. This study is mainly:

Key Words the upper Yangtze River, the northeast mountain region of Yunnan province, sloping cultivated land, soil erosion, soil loss equation, sustainable use