

元谋干热河谷坡耕地土壤侵蚀造成的土地退化

陈奇伯¹, 王克勤¹, 李金洪², 朱国进¹, 李 跃¹

(1. 西南林学院, 云南 昆明 650224; 2. 云南省元谋县水土保持办公室, 云南 元谋 675000)

摘 要: 在元谋干热河谷土壤侵蚀特征分析的基础上, 对坡耕地土壤侵蚀造成的土地退化进行了模拟研究。结果表明, 土壤侵蚀造成表层耕作土壤的物理性能下降、养分流失和水分入渗能力降低。表层耕作土壤的容重比下层土壤低 12. 7%, 总孔隙度高 10. 9%, 有机质高 37. 3%, 120 min 累计入渗总量是下层土壤的 1. 6~ 2. 2 倍。模拟土壤侵蚀与土地生产力关系的小区试验结果显示, 坡耕地每流失 1 cm 表土, 土地生产力水平平均下降 4. 54%。

关键词: 干热河谷; 坡耕地; 土壤侵蚀; 土地生产力; 土地退化

中图分类号: S157. 1

文献标识码: A

一般认为, 土地退化是在各种自然和人为因素影响下, 导致土地生物生产能力或土地利用和环境调控能力下降甚至完全丧失的物理、化学和生物学过程^[1]。联合国有关机构对土地退化的定义是, 由于使用土地或由于一种营力或数种营力结合, 致使干旱、半干旱和亚湿润干旱地区旱地、水浇地或草原、牧场、森林和林地的生物或经济生产力和复杂性下降或丧失, 其中包括风蚀和水蚀致使土壤物质流失, 土壤的物理、化学和生物特性或经济特性退化, 以及自然植被长期丧失^[2]。云南省元谋县是金沙江干热河谷区的典型区段, 该区域热量丰富、光照充足; 降水少而且集中、蒸发量大, 水热不平衡; 植被恢复困难、生长量低、覆盖率低。由于人口压力大面积开垦的坡耕地, 坡度陡, 水土流失严重, 结果造成了一系列严重的土地退化现象, 土壤性状恶化, 肥力下降, 土地生产力降低, 生态功能和环境调控能力差。因此, 研究元谋干热河谷区坡耕地这一环境敏感地类的土地退化问题, 对该地区坡耕地的综合治理与环境整治具有现实的指导意义。

1 研究区自然环境条件

元谋干热河谷位于云南高原北部, 地处金沙江

下游南岸, 25°25′~ 26°07′N 与 101°35′~ 102°05′E 之间。研究区属金沙江支流龙川江下游的河谷地段, 地貌类型为中山宽谷。海拔 1 300 m 左右, 气候干热, 全年基本无霜, 最热月平均温度 27. 1℃, 最冷月平均温度 14. 9℃, 年均温度 22℃, ≥10℃积温 8 003℃。旱季的 3~ 5 月, 气温很高, 雨量少, 蒸发量大, 空气湿度低。旱季长达 7~ 8 个月, 气候炎热干燥。多年平均降水量 550~ 614 mm, 其中 6~ 10 月占 90%, 年均潜在蒸发量为 3 911 mm, 为降水量的 6. 4 倍。由紫色砂页岩、砾岩及少量花岗岩、花岗片麻岩和石英岩风化形成的燥红土分布广泛, 土层薄, 石砾含量较高, 保水性差, 有效养分缺乏。自然植被主要为南亚热带中山峡谷稀树灌丛和灌草丛。

2 试验研究方法

20 世纪后半叶, 包括美国在内的全球很多国家对坡耕地土壤侵蚀所造成的土地退化问题给予了特别的关注。但到目前为止, 研究方法还没有实质性的突破, 传统的铲土模拟试验和不同程度土壤侵蚀部位的作物产量调查法还一直沿用, EPIC(Erosion-Productivity Impact Calculator) 模型虽然功能强大, 但只限于约 1 hm² 的区域, 而且所需数据量大, 在大

收稿日期(Received date): 2004- 01- 04; 改回日期(Accepted): 2004- 03- 12。

基金项目(Foundation item): 云南省教育基金项目(02ZY059), 云南省自然科学基金重点项目(2001D00082Z)。[Supported by Yunnan Educational Foundation(02ZY059) and Key Project of Yunnan natural Science Foundation(2001D00082Z)。]

作者简介(Biography): 陈奇伯(1965-), 男, 汉族, 甘肃通渭县人, 博士, 副教授, 研究方向为流域管理与土壤侵蚀。Email: swccqb@21cn.com[CHEN Qibo(1965-), Male, Han nationality, Native place: Tongwei County of Gansu Province, Ph. D., Associated professor, Main research field: soil erosion and watershed management. Email: swccqb@21cn.com.]

范围的研究和生产实际中很难得到广泛应用^[3]。本研究采用铲土模拟试验法对元谋干热河谷区坡耕地土壤侵蚀造成的土壤物理性能下降、养分流失、入渗能力降低和土地生产力损失进行研究, 从而综合说明坡耕地的土地退化问题。具体试验研究方法如下:

1. 土壤物理性能测定: 环刀法。
2. 土壤入渗试验: 双环法。
3. 土壤养分含量测定: 全 N 采用重铬酸钾—硫酸消化法; 水解性 N 采用碱解蒸馏法; 全 P 采用酸溶—抗坏血酸还原比色法; 速效 P 用 0. 003N NH₄F + 0. 1N HCL 浸提、钼蓝比色法; 有机质的测定用重铬酸钾—外加热法。
4. 土壤侵蚀对作物产量影响模拟试验: 选择坡度为 10° 的坡耕地, 模拟不同土壤侵蚀强度, 分别设铲去表土 5 cm (S₋₅)、10 cm (S₋₁₀)、表土不扰动 (S₀) 3 种处理小区, 播种选定的不同品种玉米“液丹 3638”和“元引 5 号”及豌豆, 观测其生长过程和生物产量。为了消除土壤水分差异对作物产量的影响, 于上一年秋季进行小区铲土整地。田间管理措施相同。由于坡度相同, 认为各小区之间不存在产流差异。小区投影面积 8 m × 4 m。

3 结果分析

3.1 元谋县境内的土壤侵蚀状况

根据元谋县境内龙川江下游控制面积 5 560 km² 的黄瓜园水文站观测资料^[4], 20 世纪 70 和 80 年代的含沙量与输沙量分别比 60 年代增加了 33. 00%、109. 89% 和 4. 99%、10. 08%, 径流量明显减少, 而下泄泥沙明显增加。1998 年出现了 1 470 × 10⁴ t 的历史最大输沙量, 为多年平均输沙量 633. 7 × 10⁴ t 的 2. 3 倍。全县土壤侵蚀面积占土地总面积的 74. 4%, 其中中度以上土壤侵蚀面积占 52. 2%, 平均土壤侵蚀模数 3 778 t/(a·km²)。

元谋县坡耕地面积占全县耕地总面积的 51. 79%, 是土壤流失最严重的地类和河道泥沙输移的策源地。坡耕地的坡度分布范围主要在 10°~ 15° 和 15°~ 25° 段, 共占坡耕地面积的 60% 以上。据推算^[5], 包括元谋县、会泽县、东川区、昭通地区在内的云南省“长防林”一期工程建设区, 坡耕地土壤流失量占全区土壤流失量的 92% 左右。在人口不断膨胀造成的生存压力下, 过去 10 a, 元谋全县坡耕地面积增加 5. 8%。

3.2 土壤侵蚀造成土壤物理性能下降和养分流失

3.2.1 土壤物理性能下降

由于耕作、施肥、田间管理、作物根系固结等人为作用的影响, 坡耕地表土层比较疏松, 团粒含量较多, 蓄水能力较强。表 1 为坡耕地不同土层的土壤物理性能测定结果。总孔隙度反映土壤的总贮水能力; 非毛管孔隙反映土壤的蓄水能力, 是土壤的快速贮水场所; 而植物吸收利用和地表蒸发的水分运动通过毛管孔隙来实现。结果显示, 表层 0~ 30 cm 耕作土层的土壤物理性能指标均好于下层土壤, 其中土壤容重比下层 30~ 100 cm 土壤分别低 12. 7%、总孔隙度和毛管孔隙度分别比下层土壤高 10. 9% 和 15. 7%, 而非毛管孔隙度较弱。因为, 裸露坡耕地遭暴雨雨滴打击和径流冲刷后, 表层土壤发生板结, 土壤孔隙堵塞, 细颗粒土壤被冲走, 粗颗粒泥沙留在土壤表层, 土壤结构衰退。另外, 下层土壤结构本身比较紧实, 一旦表层熟化土大量流失, 下层土壤还要经过不断耕作、改良更新, 土壤结构才能逐渐得到改善。

表 1 坡耕地不同土层土壤物理性质
Table 1 Soil structure in different layers on slope field

土层深度 (cm)	容重 (g/cm ³)	总孔隙度 (%)	毛管孔隙度 (%)	非毛管孔隙度 (%)
0~ 30	1. 38	61. 38	58. 84	2. 54
30~ 50	1. 55	58. 03	54. 19	3. 85
50~ 100	1. 61	52. 41	47. 85	4. 56

3.2.2 土壤侵蚀造成土壤养分流失

由降雨、地表径流引起的土壤侵蚀是导致土壤养分流失的主要原因。降雨雨滴与土壤表面作用, 分散土壤颗粒, 地表产流后, 径流冲刷土壤, 土壤固相土粒和可溶性营养元素进入到径流中。土壤养分流失主要呈现两种主要形式, 一种是表层土壤养分随着土壤固相颗粒被径流搬运, 从原地迁移出去, 而发生流失, 这些随土壤固相流失的养分中, 一部分是土壤颗粒中所包含的营养元素, 另一部分是吸附在土壤颗粒表面的养分; 另一种是土壤中可溶性营养元素或有机成分以溶解质的形式随径流而流失。土壤养分流失的形式和数量与径流和泥沙的特性有密切关系。但根据已有的研究成果, 对土壤养分总量来说, 随地表径流流失的可溶性养分数量很小, 特别对长期土地生产力影响不大, 因此, 本研究只考虑养分随流失土壤的流失^[6]。

坡耕地表土层经过人为耕作和施肥等措施作用,土壤养分一般都高于下层土壤。土壤养分流失不仅对农业生产产生直接影响,导致土壤肥力下降,而且对地表水环境质量也具有明显的副作用,造成河水污染,危害人畜,可灌溉和饮用水资源减少,还会引起鱼类等水生生物的死亡甚至灭绝。所以,土壤养分流失问题,已引起国内外众多土壤保持学家和环境学家的广泛关注。

表 2 是试验地测得的坡耕地燥红土不同土层土壤养分含量。从表中看出,不同土层的养分含量有机质、全 N、碱解 N 和速效 P 均表现出了耕作层高于下层土壤的情况。说明,表层土壤流失后,留存下来的下层土壤肥力状况将变差。表 2 显示,燥红土 0~ 30 cm 耕作层土壤的肥力指标均明显好于 30~ 100 cm 下层土壤,其中有机质高 37. 3%,全 N 高 23. 8%,碱解 N 高 40. 2%,P 元素极度贫缺、基本持平,速效 P 高 50. 9%。

表 2 试验地不同土层的养分状况

Table 2 Nutrient contents in different soil layers on test plot

土层深 (cm)	有机质 (%)	全 N (%)	碱解 N (10 ⁻⁶)	全 P (%)	速效 P (10 ⁻⁶)
0~ 30	0. 35	0. 052	11. 97	0. 030	1. 32
30~ 50	0. 32	0. 045	11. 38	0. 052	1. 15
50~ 100	0. 19	0. 039	5. 69	0. 017	0. 60

另外,流失土壤中一般都相对地富集了较细的土壤颗粒,它吸附了更多的营养元素。这种富集现象更进一步说明,表层土壤流失发生后,下层土壤更加贫瘠化。

3.3 土壤水分入渗能力降低

入渗是水分渗入土壤的过程,是土壤水分循环的重要环节。土壤水分的来源、运动、保持和贮存等都与土壤入渗有关,渗入土壤的水分也是植物根系吸收利用的重要来源。

3.3.1 土壤侵蚀对土壤入渗过程影响

土壤水分渗透在水分循环中的重要性是十分明显的,它实际上是在地表径流和地下径流之间分配降水的过程。人们早已认识到,在土壤水分渗透过程中渗透速度随着时间的变化比较明显,前期土壤水分含量、地表植被状况、土地利用方式、地面坡度等因素也都影响着降水或有压积水进入土壤的速度和数量,还决定着地表径流的大小和土壤侵蚀强度的大小。

不同试验小区的土壤入渗过程曲线显示,土壤入渗速率在开始几分钟内下降幅度都比较快,然后随着时间的延续,变化幅度减小,在一定时间后,逐渐趋于稳定速率。入渗过程表现为,表土未扰动小区的土壤水分入渗过程变化较平缓、稳渗速率高,而铲去不同厚度表土后,出现了初渗速率高、入渗速度下降更快、稳渗速率低的变化趋势。图 1 是不同试验小区土壤入渗过程曲线。

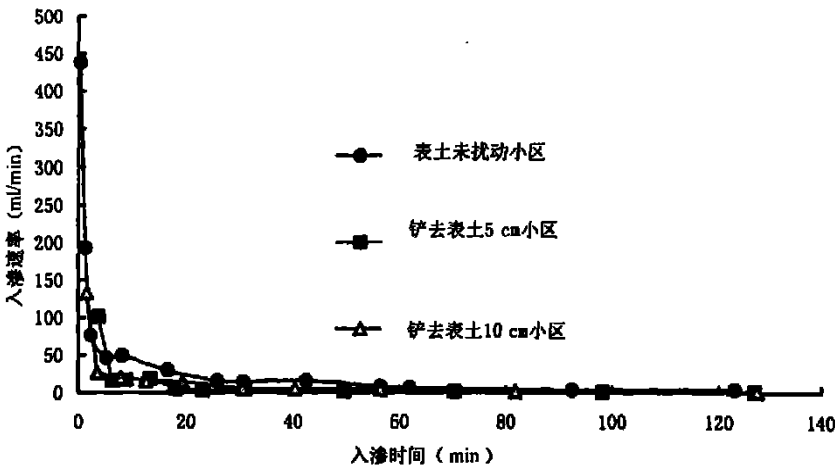


图 1 不同土壤侵蚀程度小区土壤入渗过程曲线

Fig. 1 Infiltration curves in different plots

3.3.2 土壤侵蚀对土壤入渗速率和入渗量的影响

土壤稳渗速率和入渗总量说明了土壤水分的透水性能。试验测得不同地类的土壤稳渗速率和不同时段入渗总量如表 3 所示。

从表 3 可知,表土未扰动小区的稳渗速率、初渗速率和不同时段入渗总量均明显高于铲区不同厚度表土层的小区,说明表土未扰动小区的土壤入渗性能均好于有不同程度土壤侵蚀的小区。原因在于表层土壤的长期耕作、施肥、管理等措施,明显地改良了土壤的入渗性能。表土未扰动小区的土壤稳渗速率分别是铲区不同程度表土层小区的 3.2 倍和

2.5 倍,初渗速率分别是 1.5 倍和 3.0 倍,120 min 的累计入渗总量分别是 1.6 倍和 2.2 倍。

3.4 土地生产力下降

坡耕地土壤流失在造成耕作层土层厚度变薄的同时,土壤团聚体中含有的土壤养分及附着在流失细颗粒泥沙中的养分元素随泥沙流失,使表层土壤粗化和砂砾化现象严重,土壤结构受损,土壤肥力下降,土壤蓄水和入渗能力降低,从而造成作物生长发育所需水分和养分供应不足,导致产量下降和质量不高。表 4 是表土未扰动小区与铲去不同厚度表土小区相比,供试作物生长过程和产量变化的百分比。

表 3 不同小区土壤入渗性能比较
Table 3 Soil infiltration property in different plots

小区	初渗速率 (mm/min)	稳渗速率 (mm/min)	到达稳渗时间 (min)	不同时刻的入渗率 (mm/min)				不同累计时间的入渗量 (mm)			
				30 min	60 min	90 min	120 min	30 min	60 min	90 min	120 min
S ₀	438.1	4.25	75	13.9	7.9	4.1	4.5	1 167	1 493	1 600	1 741
S ₋₅	294.2	1.33	40	4.3	1.5	1.42	1.2	957	999	1 041	1 077
S ₋₁₀	144.7	1.70	48	5.3	3.8	1.7	1.7	581	706	756	807

表 4 与未扰动土层相比不同处理小区作物生长过程及产量变化百分比 (%)
Table 4 Percentage of crop biomasses on original soil condition plot in contrast to other plots (%)

作物品种	S ₋₅			S ₋₁₀		
	种植 45 d 后 平均苗高	种植 70 d 后 平均苗高	收获生 物产量	种植 45 d 后 平均苗高	种植 70 d 后 平均苗高	收获生 物产量
玉 液丹 3638	- 43.2	- 15.2	- 24.4	- 48.1	- 17.3	- 44.4
米 元引 5 号	- 14.2	- 6.2	- 11.8	- 33.0	- 31.1	- 52.9
豌豆	-	-	- 25.5	-	-	- 51.1
平均			- 20.6			- 49.5

表 4 说明,铲去表土 5 cm 和 10 cm 后,各供试作物品种在不同生长阶段的发育速度减缓,生物产量都有不同程度的降低。3 个供试品种在现有土壤状况基础上,流失表土 0~10 cm 后,在流失表土 5 cm 范围内,每减少 1 cm 表土的生物量下降幅度分别为 4.88%、2.32% 和 5.1%,平均 4.12%;而流失表土 10 cm 后,每流失 1 cm 表土的减产幅度分别为 4.44%、5.29% 和 5.11%,平均 4.95%。

4 主要结论

根据野外测试、室内实验和土壤侵蚀对土地生产力影响的田间模拟试验结果,分析了元谋干热河

谷坡耕地土壤侵蚀造成的土地退化,主要结论如下:

1. 表层耕作土壤容重比下层土壤低 12.7%,总孔隙度和毛管孔隙度分别比下层土壤高 10.9% 和 15.7%。说明坡耕地遭暴雨雨滴打击和径流冲刷后,表层土壤发生板结,土壤孔隙堵塞,土壤结构衰退,整体土壤物理性能下降。

2. 元谋燥红土耕作层土壤的肥力明显好于下层,其中有机质高 37.3%,全 N 高 23.8%,碱解 N 高 40.2%,P 元素极度贫缺、基本持平,速效 P 高 50.9%。表层土壤流失后,留存下来的下层土壤肥力状况变差。

3. 表层土壤的入渗性能好于下层,其中稳渗速率分别是下层土壤的 3.2~2.5 倍,初渗速率是 1.5

~ 3.0 倍, 120 min 的累计入渗总量是 1.6~ 2.2 倍。说明表层土壤的长期耕作、施肥、管理等措施, 明显地改良了土壤的入渗性能。

4. 坡耕地土壤侵蚀与土地生产力关系模拟试验结果表明, 铲去表土 5 cm 和 10 cm 后, 各供试作物品种在不同生长阶段的发育速度减缓, 生物产量都有不同程度的降低, 平均每减少 1 cm 表土的生物量下降幅度为 2.32% ~ 5.29%, 平均 4.54%。

参考文献(References):

- [1] Research Team of Mechanism and Control of Red Soil Degradation in South China. Mechanism and Control of Red Soil Degradation in China[M]. Beijing: Chinese Agricultural Press. 1999: 1~ 2. [南方红壤退化机制与防治措施研究专题组. 中国红壤退化机制与防治[M]. 北京: 中国农业出版社. 1999: 1~ 2.]
- [2] Office to Combat Desertification of The Ministry of National Forestry. United Nations Convention to Combat Desertification in Those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa[R]. Beijing: Chinese Forestry Press. 1994: 1~ 3. [林业部防治荒漠化办公室. 联合国关于在发生严重干旱和/或荒漠化的国家特别是在非洲防治荒漠化的公约

[R]. 北京: 中国林业出版社. 1994: 1~ 3.]

- [3] McDaniel T A, Hajek B F. Soil erosion effects crop productivity and soil properties in Alabama[A]. In: Proceedings of the national symposium on erosion and soil productivity. Erosion and Productivity[C]. Published by American Society of Agricultural Engineers. 1984: 125~ 127.
- [4] Office of Soil General Survey of Yunnan Province, Soil Fertilizer station of Yunnan Province. Yunnan Soil[M]. Yunnan: Yunnan Science and Technology Press. 1996: 661~ 670. [云南土壤普查办公室, 云南土壤肥料工作站. 云南土壤[M]. 云南: 云南科技出版社. 1996: 661~ 670.]
- [5] Yang Zisheng. Brief introduction of soil and water loss and sustainable use of slope field in northeast mountain region of Yunnan Province in Yangtze upper reaches[P]. *Journal of Mountain Science*, 1999, **17**(supp): 1~ 5. [杨子生. 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[P]. 山地学报, 1999, **17**(Supp): 1~ 5.]
- [6] Chen Qibo, Qi Shi, Sun Lida. A study on impacts of runoff on land productivity of sloping field in semi-arid hilly-gully region of the Loess Plateau[J]. *Soil and Water Conservation Bulletin*, 2001, **21**(6): 8~ 21. [陈奇伯, 齐实, 孙立达. 半干旱黄土丘陵区坡耕地径流损失对土地生产力影响研究[J]. 水土保持通报, 2001, **21**(6): 18~ 21.]

Land Degradation Caused by Soil Erosion of Slope in Dry-Hot Valley of Yuanmou County

CHEN Qibo¹, WANG Keqi¹, LI Jinhong², ZHU Guojin¹, LI Yue¹

(1. Southwest Forestry College, Yunnan Kunming, 650224;

2. Soil and Water Conservation Office of Yuanmou County, Yunnan Province. Yunnan Yuanmou, 675000)

Abstract: Based on analysis of soil erosion property in dry-hot valley of Yuanmou county, land degradation caused by soil erosion on slope is researched. The results show that the soil erosion on slope not only bring about soil nutrients lost, but also cause the soil physical property damaged, soil infiltration capability weakened. Bulk weight of the cultivated topsoil from 0 to 30cm is 12.7% lower than that of below soil layers from 30 to 100cm, the soil total porosity is 10.9% higher, and soil organic matter is 37.3% higher, and total soil water infiltration amount is 1.6~ 2.2 times as much as the below layers. The direct result of the soil degradation is the reduction of land productivity. The impact of soil erosion in different slopes on different crops is averagely by 4.54% with the 1 cm topsoil lost.

Key words: dry-hot valley; slope field; soil erosion; land productivity; land degradation