

# 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

陈奇伯<sup>1</sup>, 齐实<sup>2</sup>, 孙立达<sup>2</sup>, 吴晓伟<sup>3</sup>

(1. 西南林学院 环境科学系, 云南 昆明 650224; 2. 北京林业大学, 北京 100083;

3. 宁夏回族自治区西吉县农田基本建设办公室, 宁夏 西吉 756200)

**摘要:** 采用表土人工堆积小区试验方法, 研究了半干旱黄土丘陵区西吉县的坡耕地径流损失对土地生产力的影响。结果表明, 干旱、半干旱黄土丘陵区由径流损失造成的坡耕地土地生产力下降不可忽视, 坡耕地平均每年每损失 1 mm 径流会导致供试作物春小麦减产 9.7%, 马铃薯减产 5.0%, 春小麦产量受径流损失的影响是马铃薯的 2 倍; 不同坡度坡耕地春小麦每年因径流损失减产 41.7%~64.0%, 马铃薯减产 21.5%~33.0%, 每年由此所造成的粮食减产分别是坡耕地和农业用地粮食总产量的 73.3%和 16.3%。

**关键词:** 黄土丘陵区; 坡耕地; 径流损失; 土地生产力

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2001)05-0006-04

中图分类号: S157.1, X53

## Impacts of Runoff on Land Productivity of Sloping Field in Semi-arid Hilly and Gully Region of Loess Plateau

CHEN Qi-bo<sup>1</sup>, QI Shi<sup>2</sup>, SUN Li-da<sup>2</sup>, WU Xiao-wei<sup>3</sup>

(1. Environmental Department of Southwest University, Kunming 650224, Yun'nan Province, PRC;

2. Beijing Forestry University, Beijing 100083, PRC;

3. Agricultural Construction Office of Xiji County, Xiji 756200, Ningxia Hui Autonomous Region, PRC)

**Abstract:** Based on plot test of piling-up top-soil, the impacts of runoff on land productivity of sloping field is researched in Xiji county, semi-arid hilly and gully region of the loess plateau. The results show that the lost runoff plays an important rule in the impacts of soil and water loss on land productivity of sloping field. Each 1 mm of lost runoff costs 9.7% of spring wheat output and 5.0% of potato, namely the impacts of lost runoff on spring wheat output of sloping field is half of that on potato. The impacts of lost runoff on spring wheat decreased by 41.7%~64.0% of its output in sloping field of different slope degrees and on potato decreases by 21.5%~33.0%. Impact of runoff on crops is 73.3% of the sloping field outputs every year and 16.3% of the total cultivated field.

**Keywords:** hilly and gully region of the loess plateau; sloping field; runoff; land productivity

水土流失对土地生产力的影响研究一直是国际水土保持界和相关领域的热门话题, 尤其是美国, 自 20 世纪 70 年代全球范围出现的粮食危机以来, 对坡耕地土壤侵蚀对土地生产力所造成的损失给予了特别的关注<sup>[1-3]</sup>。从世界范围来看, 各国研究的焦点主要集中在土壤流失方面, 对径流损失所造成的土地生产力下降还远远估计不足和研究不够。从研究方法看, 铲土覆土模拟土壤流失的小区试验法, 强调的是土壤流失与作物产量之间的关系; 大田调查法得到的水土流失与粮食产量关系虽然包括了径流损失的影响, 但没有区分土壤流失与径流损失对土地生产力

的不同作用, 且结论的可靠性较差<sup>[4]</sup>。而径流损失恰恰是降雨不足地区坡耕地粮食产量低而不稳、土地生产潜力得不到有效发挥的突出矛盾, 尤其在干旱半干旱地区, 不但降雨总量低, 且年内分配不均, 作物生长季节降雨偏少, 并多为短历时高强度暴雨, 使大量的有效水资源遭到浪费, 土壤水分得不到及时补偿, 土壤蓄水能力差和含水量低, 作物水分需求供应不足。所以区分研究坡耕地土壤流失和径流损失对作物减产的不同贡献率, 从而针对不同土地利用方向采取不同的治理开发措施, 以发挥土地的最大生产潜力, 具有重要的理论和现实意义。

收稿日期: 2001-08-09

资助项目: 国家“九五”科技攻关项目“宁南缓坡丘陵区(西吉)农牧综合发展研究”(96-004-05-10)

作者简介: 陈奇伯(1965-), 男(汉族), 甘肃省通渭县人, 博士, 副教授。研究方向为土壤侵蚀与流域管理, 发表论文 20 余篇。电话(0871) 3862778。E-mail: chenqb2000@263.net

坡耕地是黄土高原水土流失和入黄泥沙的策源地,也是该地区农业用地的主体,坡耕地面积分别占全区耕地面积和旱耕地面积的46.7%和59.8%<sup>[3]</sup>。耕地面积的不断减少和坡耕地在黄土高原粮食种植面积中的主体地位,决定了提高粮食单产是解决21世纪黄土地区人口食品安全的必由之路,黄土高原粮食基本自给的出路也无疑在于坡耕地的治理与开发。土地生产力是土地质量的综合体现,是土地具有的生产某种生物产品的能力,一般用单位面积产量来表示,土壤的肥力水平,干旱、半干旱地区的土壤水分状况,土壤的物理性能等指标都不同程度地反映了土地的生产力水平。

土地生产力的高低,除生物本身的遗传特性外,还取决于生物对环境条件的适应性和环境资源的数量、质量等。环境条件主要包括光、热、水和土壤等,人为对光照和热量的控制还处于试验室或高投入的局部范围内,那么人为可控制的水、土因子是提高土地生产力关键所在。因此,探讨坡耕地水土流失对土地生产力的影响对干旱、半干旱地区的作物种植结构调整、农业发展布局、生态环境整治都有重要的指导意义。本文旨在通过合理的试验设计,剔除土壤流失因素的干扰后,就径流损失与土地生产力的关系进行专门探讨。

## 1 研究区概况

研究区选在宁夏回族自治区西吉县,该县在黄土高原水土保持区划中属黄土丘陵沟壑区第V副区,是黄土高原缓坡丘陵区的典型类型区。全县总土地面积3144 km<sup>2</sup>,其中黄土丘陵区面积2600 km<sup>2</sup>。地带性土壤以黑垆土面积最大,占各土壤类型面积的87.8%,其中又以细黄土分布最广,占全县各土类面积的58.7%。由于长期土壤侵蚀的结果,细黄土大部分已无完整的黑垆土剖面,母质出露地表,或只残留很薄的有机质含量较高的土层。

西吉县的多年平均降水量在350~500 mm之间,主要集中在7—9月,占全年降水量的60.9%,降水年际差异也较大,年最大降水量780.5 mm,最小196.8 mm。从多年降水记录资料分析,西吉县的年降雨量近年有逐渐减少的趋势,据西吉县气象站的统计,自1957年有气象记录以来,1957—1980年的平均降水量为402.2 mm,1957—2000年为382.0 mm,比前22 a降低5.0%,1990—2000年的平均降水量为353.4 mm。历年平均蒸发总量1503.7 mm。灾害性天气尤以旱灾最为突出,给当地农业生产、群众生活带来很大损失。

西吉县是宁夏典型的回、汉民族混居区,全县农业人口 $4.22 \times 10^5$ 人,其中回族占51.5%。种植业以春小麦、豌豆、马铃薯、秋杂粮和胡麻为主要的粮食和油料作物,种植业占农、林、牧业总产值的80.7%。农民人均有粮339.1 kg,人均纯收入885元。存在粮食单产低而不稳、农产品商品率低、人均收入低、地力瘠薄、施肥水平低、农村能源缺乏、文化教育落后等严重制约农村经济和社会发展的障碍因素<sup>[6]</sup>。

## 2 研究方法

试验采用表土人工堆积小区试验方法,在西吉县北部黄土丘陵区的黄家二岔试验小流域进行。试验小区是在原坡耕地基础上根据试验目的人工堆积而成,下层为原坡耕地湘黄土,表层人工堆积30 cm原坡耕地熟化耕作层土壤,以消除不同坡度坡耕地土壤流失差异对作物产量的影响,小区坡度分10°,15°,20°和25°,不采取任何施肥措施,以避免由于不同表土养分流失引起的表土肥力差异。为消除表土人工堆积对土层结构的影响,1993年小区设置完成后闲置1 a,1994—1996年进行试验。试验指示作物为马铃薯和春小麦。根据当地的轮作习惯,1994和1995年连续种植两茬春小麦后,1996年种植马铃薯。各小区的田间管理措施相同,沿等高线水平耕作。

## 3 成果分析

天然降水是干旱半干旱黄土丘陵区坡耕地补给土壤水分的唯一来源,而每年有不等程度的降水资源在缺乏任何水土流失控制措施的坡耕地上形成地表径流而损失,从而加剧了土壤水分的匮乏和作物的生理干旱,进而对作物的发芽、出苗、生长,以致整个生育周期产生影响,最终导致作物产量下降。

### 3.1 不同坡度坡耕地径流损失变化

暴雨和地表径流是坡面水土流失的原动力,也是造成坡耕地生产力衰退的主要根源。因此,观测不同年份不同坡度坡耕地径流损失的差异是建立地表径流与土地生产力之间关系的基础。表1是用径流小区方法观测的西吉县黄土丘陵区1994—1996年共计13场产流降雨的坡耕地年径流损失量分析表。3 a平均年降水量347.1 mm,降雨数56次,其中产流降雨82.5 mm,占降水总量的23.8%。

表1的观测结果显示,高强度暴雨随坡度增加,产流量增加,而降雨强度较小的降雨,会在一定坡度以上出现产流量的相反变化,临界坡度在试验选定的范围内波动。因为在低雨强的降雨过程中,当产流量和流速都小时,由于坡度的增大而相应延长的汇流路

程,使得径流在集流过程中的入渗机会增加,径流总量减少,从而抵消了由于坡度增加,相同汇流路径条件下降雨入渗减少的作用,因而出现了径流深与坡度之间的负相关关系。

随着降雨强度增大,坡度增大产流量及其流速的影响都相应地增大,而汇流路径增加对增大入渗的作

用相对较小,结果表现为径流深与坡度成正相关的关系。对不同年份来说,产流总量主要是受几次大暴雨的控制,如 1995 年 8 月 5 日和 28 日两场降雨的产流量占全年产流总量的 69%~81%;1996 年 7 月 7 日和 17 日两场降雨的产流量占全年产流总量的 86%~99%。

表 1 西吉县黄土丘陵区不同年份坡耕地径流损失量观察结果

序号	日期	降雨量/ mm	平均雨强/ (mm·min <sup>-1</sup> )	30 min 雨强/ (mm·min <sup>-1</sup> )	不同坡度坡耕地径流损失量/mm			
					10°	15°	20°	25°
1	19940624	41.2	0.226	0.082	1.942	0.539	1.939	1.213
2	19940627	38.2	0.306	0.120	1.111	1.562	2.502	2.696
3	19940710	21.5	0.423	0.052	1.891	2.613	3.553	5.686
4	19940808	11.2	0.283	0.093	0.373	0.739	0.699	1.190
5	19940820	15.3	0.083	0.032	0.406	0.581	0.541	0.483
	1994 合计				5.723	6.034	9.234	11.268
6	19950729	19.1	0.143	0.065	1.181	1.786	2.146	0.658
7	19950805	15.8	0.093	0.052	3.235	3.664	5.794	0.546
8	19950816	8.1	0.270	0.405	1.757	1.347	2.447	1.598
9	19950828	20.1	0.667	0.119	3.899	4.283	4.443	9.274
	1995 合计				10.072	11.080	14.830	12.076
10	19960707	93.7	0.330	0.097	0.340	2.520	2.730	1.220
11	19960717	28.4	0.240	0.120	0.590	1.850	4.250	1.050
12	19960810	14.3	0.287	0.032	0.040	0.560	0.030	0.200
13	19960917	18.7	0.373	0.100	0.070	0.150	0.070	0.200
	1996 合计				1.040	5.080	7.080	2.670
	3 a 平均				5.612	7.398	10.381	8.671

表 1 表明,在 10°—25° 坡耕地上平均每年有 1.6%~3.0% 的天然降雨形成地表径流而损失掉。需要说明的是,由于气候的波动,1993 年以后当地出现了连续的干旱年份,至 1996 年,3 a 平均降雨量比多年平均降雨量 382.0 mm 偏低 7.5%,但与 20 世纪 90 年代的平均降雨量基本持平。因此,产流的情况也只能说明类似年份或 20 世纪 90 年代的平均产流特征。

### 3.2 径流损失对作物产量的影响

坡耕地生产力的下降由多种原因所致,但直接因素来源于高强度降雨和地表径流。黄土区坡耕地经高雨强暴雨袭击后,坡面表层土壤受雨滴打击,土体结构被破坏,土壤孔隙被堵塞,水分下渗受阻,降水资源多以径流形式汇集,表层土壤及其养分受损,作物生长所需水分和养分供应不足,从而造成作物生长发育不良、最终产量减少和质量下降。表 2 是剔除土壤流失因素后只考虑径流损失作用的供试作物春小麦和马铃薯的各小区产量观测结果。

表 2 坡耕地不同坡度小区作物产量

序号	年份	作物	不同坡度产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )			
			10°	15°	20°	25°
1	1994	春小麦	897	849	689	606
2	1995	春小麦	1116	834	660	585
3	1996	马铃薯	7643	6120	5453	4230

从表 2 可直观看出,不同年份不同供试作物的小区产量都存在随坡度增大逐渐减小的趋势。由表 1 和表 2 分析计算可知,1994 年与 1995 年的春小麦试验均明显地表现为,坡耕地坡度从 10° 增大到 15° 时,每损失 1 mm 径流,作物产量下降幅度比较大,分别为 17.8% 和 25.3%,坡度从 15° 增大到 25° 时,每损失 1 mm 径流的产量下降幅度基本相同,分别为 6.0% 和 7.0%,平均为 9.7%。马铃薯试验在 10°—20° 之间,平均每损失 1 mm 径流,产量下降幅度变化不大,在 4.7%~5.4% 之间,平均为 5.0%,相当于春小麦的 1/2。说明,春小麦产量受径流损失的影响是马铃薯的 2 倍。

根据表 2 的试验结果,将宁夏西吉县黄土丘陵区 1994—1996 年期间,每年因径流损失而导致的春小麦和马铃薯产量下降幅度汇总于表 3。

表 3 西吉县黄土丘陵区坡耕地每年因径流损失导致的作物产量下降幅度 %

作物	10°坡地	15°坡地	20°坡地	25°坡地
春小麦	41.7	56.3	76.6	64.0
马铃薯	21.5	29.0	39.5	33.0

表 3 表明,不同坡度坡耕地春小麦每年因径流损失减产 41.7%~64.0%,马铃薯可减产 21.5%~33.0%,因此由径流损失直接导致的坡耕地粮食减产在干旱、半干旱黄土丘陵区是不容忽视的。

径流损失对作物产量的影响受降雨量、降雨强度、降雨分布、作物耗水性能等多种因素的影响,而降雨特性的年度变异较大,短期的观测很难说明一般的规律。特别是降雨偏少和集中的干旱年份,作物生长发育和最终产量受径流损失的影响比平水年份敏感。另外,春小麦的生长期在春季和夏季,这两季正是当地干旱和暴雨比较集中的季节,而马铃薯的生长季延长到了整个秋季,秋季雨水较充沛,暴雨又少,所以马铃薯对径流损失的反应比春小麦小得多。

根据西吉县坡耕地占农业用地的比例及坡度分级、坡耕地的作物种植结构及粮食总产量和表 3 的试验结果计算<sup>[7]</sup>,由于坡耕地径流损失造成的粮食减产分别占坡耕地和农业用地粮食总产量的 73.3%和 16.3%,因此使依靠化肥和农药使用、地膜覆盖、抗旱保水剂等科技进步所带来的粮食增产效应大为降低。

## 4 结 论

(1) 半干旱黄土丘陵区宁夏西吉县 1994—1996 年 10°—25°坡耕地平均每年有 1.6%~3.0%的天然降雨形成地表径流而损失。坡耕地的产流总量主要受少数几次大暴雨的控制,往往每年一、两场最大暴雨的产流量占全年产流总量的 69%~99%。

(2) 坡耕地平均每年每损失 1 mm 径流使春小麦减产 9.7%,马铃薯减产 5.0%,说明春小麦产量受径

流损失的影响是马铃薯的 2 倍。

(3) 干旱、半干旱黄土丘陵区坡耕地由径流损失造成的土地生产力下降不可忽视,不同坡度坡耕地春小麦每年因径流损失减产 41.7%~64.0%,马铃薯减产 21.5%~33.0%,每年由此所造成的粮食减产分别是坡耕地和农业用地粮食总产量的 73.3%和 16.3%。

(4) 干旱、半干旱黄土丘陵区,坡耕地土壤流失固然会造成表层土壤养分的流失、土壤结构的破坏和土地生产力的受损,但黄土区的大多数坡耕地,其有机质含量较高的土壤层由于长期严重的土壤侵蚀已不复存在或残留很少,深厚的下层黄土母质也存在一定的生产力水平,而干旱和土壤水分亏缺在无灌溉措施的情况下会影响到作物生长发育的几乎每个环节,另外造成土壤流失的直接动力条件来源于地表径流,所以,在黄土丘陵区的坡耕地治理与开发中,应以阻滞地表径流损失和改良土壤增加土壤入渗为主。

### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] Rattan Lal(刘正杰译). 非洲的土壤侵蚀与农作物产量的关系[J]. 水土保持科技情报, 1997(2): 25—28.
- [ 2 ] Larson W E, Pierce F J, Dowdy R H. The threat of soil erosion to long-term crop production. Science, 1983, 219: 458—465.
- [ 3 ] Krauss H A, Allmarar R R. Technology masks the effects of soil erosion on wheat yields—A case study in Whiteman county, Washington[M]. In: Determinants of Soil Loss Tolerance. Spe. Publ No. 45. Am. Soc. Agron., Madison, Wisc., 1982.
- [ 4 ] 邵颂东, 王礼先, 周金星. 国外土壤侵蚀研究的新进展[J]. 水土保持科技情报, 2000(1): 32—36.
- [ 5 ] 中国科学院黄土高原综合科学考察队. 黄土高原地区资源环境社会经济数据集[M]. 北京: 中国经济出版社, 1992.
- [ 6 ] 陈奇伯, 齐实, 等. 宁南黄土丘陵区坡耕地土壤侵蚀对土地生产力影响研究[J]. 北京林业大学学报, 2001, 23(1): 34—37.
- [ 7 ] 刘东海著. 旱作农业理论与实践[M]. 西安: 西北大学出版社, 1997.