

黄土丘陵区坡耕地水土流失与土地生产力的关系

陈奇伯¹, 王克勤¹, 齐 实², 孙立达²

(1. 西南林学院, 昆明 650224; 2. 北京林业大学, 北京 100083)

摘要:在黄土丘陵区坡耕地水土流失特征分析的基础上,对坡耕地水土流失与土地生产力的关系进行了研究。采用不同的试验方法,以单位面积坡耕地生产某种生物产品的数量为土地生产力指标,以生产周期短的农作物为指示植物,具体探讨了地表径流损失和土壤流失分别所造成的土地生产力下降幅度。表土人工堆积处理的径流小区试验结果表明,坡耕地每损失 1mm 径流,供试作物产量平均下降 5.0%~9.7%;小区铲土覆土模拟土壤流失的小区试验结果显示,每减少 1cm 表土,作物产量下降 1.0%~3.1%,每增加 1cm 表层熟化土,产量增加 0.8%~1.7%。在干旱年份,半干旱黄土丘陵区坡耕地由于水土流失导致的作物减产每年平均为 21.9%~80.0%,其中径流损失的比重占 95.8%~98.2%,而土壤流失仅占 1.8%~4.2%。作物品种不同,水土流失对作物产量的影响各异。

关键词:黄土丘陵区;水土流失;坡耕地;土地生产力

Soil and water erosion in its relation to slope field productivity in hilly gully areas of the Loess Plateau

CHEN Qi-Bo¹, WANG Ke-Qin¹, QI Shi², SUN Li-Da² (1. Southwest Forestry College, Kunming 650224, China; 2. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(8): 1463~1469.

Abstract: Soil and water erosion is probably the most serious ecological environment problem in the Loess Plateau, especially on the slope fields of this semi-arid hilly gully region. It results in decline of top soil thickness, soil nutrients loss, water pollution, flood disaster and land productivity degradation. But the relationship between soil and water erosion and land productivity is not well defined yet. Without an adequate definition, the selection of proper management strategies to optimize perennial crop and biomass production will be impossible. Insufficiently reasonable decisions can easily result in serious damage to land resources. Land productivity may approach zero in many severely eroded areas such as in the steep slope fields of the Loess Plateau.

Accurate estimates of future land productivity are essential to make agricultural and soil erosion management policy decisions and to plan the use of land from the field scale to the national level. Such a task is enormous because it requires a method for quantifying land productivity with sediment and runoff

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30170779);国家“九五”科技攻关资助项目(96-004-05-10)

收稿日期:2002-02-13; **修订日期:**2003-03-29

作者简介:陈奇伯(1965~),男,甘肃省通渭县人,博士,副教授,主要从事土壤侵蚀与流域管理方向的研究工作。

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (No. 30170779) and the project of Ninth-five Plan of National Science and Technology Study (No. 96-004-05-10)

Received date:2002-02-13; **Accepted date:**2003-03-29

Biography: CHEN Qi-Bo, Ph. D., Associate professor, main research field: soil erosion and watershed management. E-mail: chenqb2000@21cn.com

date bases. Land productivity is the capacity of a land in its normal environment to produce a particular plant or sequence of plants under a specified management system. Because of the emphasis on a land's capacity to produce crops or other plants, land productivity should be expressed in terms of yields or biomass.

Despite limited research efforts have been developed to relationship between the soil and water erosion and land productivity problem specifically in china, considerable effort has gone into most of the important processes involved in middle and upper reaches of the Yellow River. The Yellow River, passing through the Loess Plateau, is the most heavily sediment-laden river in the world, with an average sediment concentration of 37.5 kg/m³ and annual sediment load of 1.6 billion t. The test zone, Xiji county of Ningxia Hui Autonomous Region, is located in hilly gully area of the Loess Plateau and belongs to semi-arid region with average annual precipitation of about 400 mm.

Based on analysis of property of soil and water erosion in slope field in hilly gully area of the Loess Plateau, relationship between soil and water erosion and slope field productivity is researched with different test methods and crops in this paper. Runoff plot test handled by piling up topsoil indicates that each 1 mm of lost runoff costs the producer 5.0%~9.7% of the crop yields. Among them each 1 mm of lost runoff costs the producer 9.7% of spring wheat yield when slope degrees increases from 10° to 25°. Each 1 mm of lost runoff costs the producer 5.0% of potato yield when slope degrees increases from 10° to 20°.

Plot test simulated soil erosion shows that the yields of different crop species decease by 1.0%~3.1% with removing each 1 cm topsoil and increase by 0.8%~1.7% with piling up each 1cm topsoil respectively. Concretely the topsoil is the most critical layer in the impact of soil erosion on the yields of spring wheat and flax. Their yields decreases by 3.1% and 1.9% respectively with removing each 1 cm top soil when 5 cm top soil is lost, and the reduction are much lower than 1.9% with removing each 1 cm top soil when 10 cm and 20 cm top soils are lost. And the yields increase by 1.7% and 1.3% with increasing each 1 cm of topsoil when 10 cm topsoil is added. Potato and pea yields reduce by 1.0% and 2.2% with string each 1 cm of topsoil when the different soil layers are eroded, and the yields increase by 0.8% and 1.2% with increasing each 1 cm of topsoil when 10 cm topsoil is added. There are different impacts of soil and water erosion on the processes of crop growing during their different physiological periods.

Impacts of soil and water erosion decrease by 21.9%~80.0% of the crop yields in slope field in arid years, among them the lost runoff amounts for 95.8%~98.2% and the lost soil loss does only 1.8%~4.2%. Impacts of soil and water erosion on crop productivity are different for different crop species on the slope fields in semi-arid hilly gully area of the Loess Plateau. The key to keep sustainable land productivity in this area is the reduction of surface runoff.

Key words:hilly gully area of the Loess Plateau; soil and water erosion; slope field; land productivity
文章编号:1000-0933(2003)08-1463-07 **中图分类号:**S157.1 **文献标识码:**A

自 20 世纪 70 年代初全球范围的粮食危机以后,水土流失与土地生产力关系问题成为国际水土保持界和相关领域的热门话题,尤其是美国,对坡耕地土壤侵蚀对土地生产力所造成的损失问题给予了特别的关注,并成立了“国家土壤侵蚀与土地生产力研究计划委员会”^[1,2]。由 20 世纪 80 年代中期到 90 年代中期,是该领域研究成果报道最多的时期。但到目前为止,研究方法还没有实质性的突破,传统的铲土覆土模拟试验和水土流失数据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 1hm² 的区域,而且所需数据量大,在大范围的研究和生

产实际中很难得到广泛应用^[3~5]。

从全球范围来看,水土流失与土地生产力关系的研究,主要还集中在土壤侵蚀所造成的土地生产力损失方面,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^[4~9]。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关键所在。尤其在干旱半干旱地区,不但降水总量低,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,土壤蓄水少,作物水分需求供应不足。所以区分坡耕地土壤侵蚀与径流损失对土地生产力衰退的不同贡献率,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。

1 研究区自然与社会经济环境分析

研究区宁夏西吉县,在黄土高原土壤侵蚀区划中属黄土丘陵沟壑区第五副区,是典型的黄土高原缓坡丘陵区。全县总土地面积 3144km²,其中黄土丘陵区面积 2600km²。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。

西吉县的多年平均降水量在 300~500mm 之间,主要集中在 7、8、9 三个月,占全年降水量的 60.9%。从多年降水资料分析,西吉县的年降水量近年有逐渐减少的趋势。自 1957 年有气象记录以来,1957~1980 年的平均降水量为 402.2mm,1957~2000 年为 382.0mm,1990~2000 年为 353.4mm。历年的年平均蒸发总量 1503.7mm。灾害性天气以旱灾最为突出,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族民族混居区,全县农业人口 42.2 万人,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。1999 年种植业占农林牧业总产值的 80.7%,农民人均有粮 339.1kg,人均纯收入 885 元^[10,11]。长期以来,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着当地农村经济和社会的发展。

2 研究方法

半干旱黄土丘陵区坡耕地严重的水土流失导致了作物产量的下降,但径流损失与土壤流失对作物产量的影响不同。本研究采用不同的试验设计,分别对径流损失和土壤流失造成的作物减产进行了土壤流失与作物产量耦合关系模拟试验和径流影响作物产量的小区试验。

2.1 土壤流失对作物产量影响模拟试验

选择代表坡度为 10°的坡耕地,模拟不同的土壤流失程度,分别设铲去表土 5cm(S₋₅)、10cm(S₋₁₀)、20cm(S₋₂₀)、表土不扰动(S₀)、原未扰动地表累加 10cm 表层熟化土(S₊₁₀)等 5 种处理小区,播种选定作物,观测其生长过程、经济产量和生物产量。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和覆土整地。前茬作物均为糜子,其它田间管理措施均相同。由于坡度相同,认为各小区之间不存在产流差异。1999 年进行了胡麻和马铃薯试验,2000 年进行了春小麦和豌豆试验。小区投影面积 8m×4m。

2.2 径流损失对作物产量影响试验

人工设置坡度为 10°、15°、20°和 25°的 4 组径流小区。小区下层为原坡耕地湘黄土,表层人工堆积 30cm 原坡耕地熟化耕作层土壤。为消除人工堆积的影响,小区整修后闲置 1a,1994~1996 年进行了不同坡度坡耕地径流损失对春小麦和马铃薯产量影响的对比试验。为避免由于表土养分流失引起的表土层土壤肥力差异,不再采取其它施肥措施,各小区田间管理措施相同,沿等高线水平耕作。小区投影面积 20m×5m。

3 成果分析

土地生产力是土地质量的综合体现,是土地具有生产某种生物产品的能力。本研究用单位面积作物生物产量(生物量)和经济产量(粮食产量)代表坡耕地的土地生产力。

3.1 地表径流引起的土地生产力损失

3.1.1 坡耕地径流损失特征 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试验期间共计 13 场产流降雨的坡耕地年径流损失量。3a 平均年降水量 347.1mm,其中产流降雨 82.5mm,占降水总量的 23.8%。

表 1 径流数据

表 1 的观测结果显示,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

| 表 1 西吉县黄土丘陵区不同年份坡耕地径流损失量 | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------|---------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|
| Table 1 Runoff amounts from slope field of different slope degrees in Xiji county | | | | | | | | |
| 序号 Order | 日期 Date | 降雨量 Rainfall | 平均雨强 Average rainfall intensity | 30min 雨强 Rainfall intensity in 30minutes | 产流量 (mm) Runoff | | | |
| | | | | | 10° | 15° | 20° | 25° |
| 1 | 1994-06-24 | 41.2 | 0.226 | 0.082 | 1.942 | 0.539 | 1.939 | 1.213 |
| 2 | 1994-06-27 | 38.2 | 0.306 | 0.120 | 1.111 | 1.562 | 2.502 | 2.696 |
| 3 | 1994-07-10 | 21.5 | 0.423 | 0.052 | 1.891 | 2.613 | 3.553 | 5.686 |
| 4 | 1994-08-08 | 11.2 | 0.283 | 0.093 | 0.373 | 0.739 | 0.699 | 1.190 |
| 5 | 1994-08-20 | 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 |
| Total in 1994 | | | | | | | | |
| 6 | 1995-07-29 | 19.1 | 0.143 | 0.065 | 1.181 | 1.786 | 2.146 | 0.658 |
| 7 | 1995-08-05 | 15.8 | 0.093 | 0.052 | 3.235 | 3.664 | 5.794 | 0.546 |
| 8 | 1995-08-16 | 8.1 | 0.270 | 0.405 | 1.757 | 1.347 | 2.447 | 1.598 |
| 9 | 1995-08-28 | 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 |
| Total in 1995 | | | | | | | | |
| 10 | 1996-07-07 | 93.7 | 0.330 | 0.097 | 0.340 | 2.520 | 2.730 | 1.220 |
| 11 | 1996-07-17 | 28.4 | 0.240 | 0.120 | 0.590 | 1.850 | 4.250 | 1.050 |
| 12 | 1996-08-10 | 14.3 | 0.287 | 0.032 | 0.040 | 0.560 | 0.030 | 0.200 |
| 13 | 1996-09-17 | 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 |
| Total in 1996 | | | | | | | | |
| 3a 平均 | | | | | 5.612 | 7.398 | 10.381 | 8.671 |
| Average runoff of 3 years | | | | | | | | |

的汇流路径,使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,产流量及其流速都相应地增大,高雨强降雨过程中汇流路径增加对增加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 还表明,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,由于气候波动,1993 年以后当地出现了连续的干旱年份。1994~1996 年的平均降雨量比多年平均降雨量 382.0mm 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 90 年代的平均产流特征。

3.1.2 地表径流对作物产量的影响 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,最终导致粮食产量下降。

1994~1996 年进行了春小麦和马铃薯产量对比试验,观察了不同径流损失对作物产量的影响。表 2 是试验期间不同年份、不同作物各试验小区的产量观测结果。

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 1mm 径流,作物产量下降幅度比较大,分别为 17.8%和 25.3%,而以后随坡度增大,每损失 1mm 径流的产量下降幅度基本相同,变化幅度在 5.4%~8.5%之间,平均 9.7%。在 10°至 20°之间,马铃薯每损失 1mm 径流,产量下降幅度变化不大,在 4.7%~5.4%之间,平均为 5.0%。由此计算的西吉县黄土丘陵区 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 2 坡耕地不同坡度小区作物产量表

Table 2 Crop yields in plots of different degrees

| 年份 Year | 作物 Crop | 不同坡度产量(kg/hm ²) Yield in different slope field | | | |
|------------|------------------|---------------------------------------------------------------|------|------|------|
| | | 10° | 15° | 20° | 25° |
| 1994 | 春小麦 Spring wheat | 897 | 849 | 689 | 606 |
| 1995 | 春小麦 Spring wheat | 1116 | 834 | 660 | 585 |
| 1996 | 马铃薯 Potato | 7643 | 6120 | 5453 | 4230 |

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(%)

Table 3 Reduction of crop yields in slope field from runoff in Xiji county

| 作物 Crop | 不同坡度坡耕地 Slope field in different degrees | | | |
|------------------|---------------------------------------------|------|------|------|
| | 10° | 15° | 20° | 25° |
| 春小麦 Spring wheat | 41.7 | 56.3 | 76.6 | 64.0 |
| 马铃薯 Potato | 21.5 | 29.0 | 39.5 | 33.0 |

表 3 表明,不同坡度春小麦产量受径流损失的影响比马铃薯几乎大 1 倍。原因在于,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;而马铃薯的生长期延长到了整个秋季,秋季雨水充沛,有利于其生长,所以马铃薯对径流损失的反应比春小麦小得多。

3.2 土壤流失引起的土地生产力损失

3.2.1 坡耕地土壤流失特征 黄土高原有 70%的地面覆盖了第四纪黄土,其余为第三纪红粘土、基岩和其它松散堆积物,黄土质地均匀,结构疏松,富含钙质,遇水极易崩解分散,抗蚀性极弱,这是导致黄土高原土壤侵蚀十分强烈的重要因素。

根据北京林业大学孙立达、孙保平等在国家“七五”科技攻关成果中建立的该地区坡面土壤流失预报方程^[12,13],并通过径流小区泥沙观测资料和水库泥沙淤积测量结果检验,对西吉县黄家二岔小流域不同坡度坡耕地的年均土壤流失量进行了计算,结果表明,坡度为 10°、15°和 20°坡耕地的土壤流失相当于每年流失表土 3.5mm、6.7mm 和 10.6mm。根据水利部颁布的黄土丘陵区土壤侵蚀分级标准衡量,西吉县坡度在 10°~20°之间坡耕地的土壤侵蚀已属强度侵蚀,20°坡耕地已接近剧烈侵蚀标准。

3.2.2 土壤流失对作物产量的影响 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 是铲去不同厚度表土和未扰动土层覆盖地表熟化土等 5 个小区与表土层未扰动小区相比,作物产量减少或增加的百分比。

表 4 说明,铲去表土 5cm、10cm 和 20cm 后,各种供试作物的产量都有不同程度的减少,并随表土层铲去厚度的增加,减少幅度上升。未扰动表土层增加 10cm 表层熟土后,产量都有所增加。表 4 还表明,春小麦和胡麻以上层表土对其产量的影响最大,铲去表土 5cm 时,每减少 1cm 表土的产量下降幅度分别为 3.14%和 1.87%;而铲去表土 10cm 和 20cm 后,每减少 1cm 表土的减产幅度大为减低;每增加 1cm 表层熟土,产量增加 1.7%和 1.3%。马铃薯和豌豆在铲去不同厚度表土后,每减少 1cm 表土的减产幅度大致相同,马铃薯平均为 0.96%,豌豆平均为 2.22%;每增加 1cm 表层熟化土,产量增加 0.8%和 1.2%。

根据西吉县黄土丘陵区不同坡度坡耕地的土壤侵蚀模数和表 4 的试验结果计算,将坡度为 10°、15°和 20°坡耕地每年因土壤流失而导致的不同作物减产幅度列于表 5。

表 4 与未扰动土层相比不同处理小区作物产量变化百分比(%)

Table 4 Reduction percentage of crop yields in different plots of undisturbed topsoil in contrast to other soil layers

| 作物 Crop | 试验小区 Test plots | | | |
|------------------|-----------------|--------|--------|-------|
| | S-5 | S-10 | S-20 | S10 |
| 马铃薯 Potato | -5.64 | -9.85 | -15.69 | 7.57 |
| 胡麻 Flax | -8.44 | -10.59 | -25.44 | 10.32 |
| 豌豆 Pea | -9.79 | -26.20 | -41.38 | 12.21 |
| 春小麦 Spring wheat | -11.68 | -22.34 | -37.92 | 16.86 |

表 5 西吉县黄土丘陵区坡耕地每年因土壤侵蚀导致的作物产量下降幅度(%)

Table 5 Reduction of crop yields in slope fields from soil erosion every year in Xiji county

| 作物 Crop | 坡耕地坡度 Degree of slope fields | | |
|------------------|------------------------------|------|------|
| | 10° | 15° | 20° |
| 马铃薯 Potato | 0.40 | 0.66 | 1.20 |
| 胡麻 Flax | 0.59 | 0.71 | 1.79 |
| 豌豆 Pea | 0.69 | 1.76 | 2.08 |
| 春小麦 Spring wheat | 1.09 | 1.49 | 3.36 |

由表 5 可知,马铃薯和胡麻因土壤流失而导致产量下降的幅度比豌豆和春小麦小。另外,表 5 还显示,坡面坡度越小,每年因土壤流失而导致的作物产量下降越少,坡度越大,下降越多。所以,减缓坡度,减少土壤流失量是避免由于土壤流失而导致作物减产的关键。

3.3 水土流失对土地生产力的综合影响

由水土流失而导致作物产量下降的因素有多方面,但主要是土壤流失和径流损失。表 6 是由表 3 和表 5 汇总的西吉县黄土丘陵区每年因水土流失而导致的主要粮食作物和油料作物的减产幅度。

表 6 西吉县黄土丘陵区坡耕地每年因水土流失导致的作物产量下降幅度(%)

| 作物 Crop | 10° | | | 15° | | | 20° | | |
|------------------|--------|-----------|-------|--------|-----------|-------|--------|-----------|-------|
| | 径流损失 | 土壤流失 | 合计 | 径流损失 | 土壤流失 | 合计 | 径流损失 | 土壤流失 | 合计 |
| | Runoff | Soil loss | Total | Runoff | Soil loss | Total | Runoff | Soil loss | Total |
| 胡 麻 Flax | — | 0.6 | — | — | 0.7 | — | — | 1.8 | — |
| 豌 豆 Pea | — | 0.7 | — | — | 1.8 | — | — | 2.1 | — |
| 春小麦 Spring wheat | 41.7 | 1.1 | 42.8 | 56.3 | 1.5 | 57.8 | 76.6 | 3.4 | 80.0 |
| 马铃薯 Potato | 21.5 | 0.4 | 21.9 | 29.0 | 0.7 | 29.8 | 39.5 | 1.2 | 40.7 |

由于不同年份的降水量和降水分布不同,由此所造成的土壤流失大小和径流损失程度不同,对不同作物产量的影响也不同。特别在降水偏少和年内分布极不均匀的年份,在作物生长受到严重水分胁迫的情况下,这种影响会更加突出。试验的 1994 和 1995 年,属干旱年份,在 10~ 20°坡耕地上,水土流失对春小麦产量的影响为 42.8%~80.0%,其中径流损失的比重占 95.8%~97.5%,而土壤流失的比重仅为 2.5%~4.2%。1996 年降水分布比较均匀,但降水量比 1994 年的 356mm 还低 5mm,水土流失对马铃薯产量的影响为 21.9%~40.7%,比前两年对春小麦的影响小一半,但径流损失的影响比重与春小麦基本持平,为 97.1%~98.2%,而土壤流失引起的作物产量损失仅占 1.8%~2.9%。说明,在半干旱黄土丘陵区,干旱年份水土流失对作物产量的影响关键在径流损失,而土壤流失引起的作物产量损失仅为 5%左右。同时也说明,年降水量不同、降水分布不同、作物品种不同,水土流失对产量的影响各异。

由于黄土高原地区黄土层比较深厚,大多数坡面有机质含量较高的表土层,因遭长期严重的水土流失留存很少,施肥水平又低,因此坡面不同土层的土壤养分差异不十分明显。表层熟化土流失后,下层黄土母质还有一定的生产力,所以在没有施肥措施的模拟试验条件下,每年由于土壤流失而导致的粮食减产幅度不大。而本来降水量少,干旱频繁,土壤水分条件差的坡耕地,其地表径流损失就造成了作物的大幅度减产。

4 结论与讨论

4.1 主要结论

通过对黄土丘陵区坡耕地水土流失特征的分析,采用径流小区和模拟土壤流失的田间试验小区方法,以生产周期短的农作物为指示植物,本文主要研究了地表径流损失和土壤流失分别所造成的黄土丘陵区坡耕地土地生产力损失,得出了以下主要结论:

- (1)表土人工堆积处理的径流小区试验结果表明,干旱年份坡耕地每损失 1mm 径流,半干旱黄土丘陵区宁夏西吉县的春小麦产量平均下降 9.7%;马铃薯每损失 1mm 径流,产量平均下降 5.0%。春小麦产量受径流损失的影响比马铃薯大近一倍。
- (2)干旱年份铲土覆土模拟土壤流失的田间小区试验结果显示,铲去表土 5cm、10cm 和 20cm 后,各供试作物的产量都有不同程度的下降,并随表土层铲去厚度的增加,减产幅度加大。每减少 1cm 表土,产量下降幅度在 1.0%~3.1%,每增加 1cm 表层熟土,产量增加 0.8%~1.7%。土壤流失对作物产量的影响随作物品种的不同而不同。
- (3)干旱年份水土流失对坡耕地产量的影响为 21.9%~80.0%,作物品种不同,影响程度各异,其中径流损失的影响比重占 95.8%~98.2%,而土壤流失的影响比重仅为 1.8%~4.2%。

所以,半干旱黄土丘陵区水土流失对土地生产力的影响,主要为径流损失。因此,要在黄土丘陵区的坡

耕地上获得更大的生物产量,首要解决的问题是防止地表径流的有效浪费,其次才是控制土壤的流失。

4.2 问题讨论

(1)水土流失对坡耕地土地生产力影响的机理是比较复杂的,表现在多方面,导致生物产量下降是其最终表现形式。如水土流失还与影响土地生产力水平的土壤肥力状况、表层土壤粒径组成、团聚体及微量元素含量等有关。

(2)本研究径流损失影响坡耕地作物产量的小区试验和土壤流失影响作物产量的模拟试验都是在相对干旱年份进行的。说明,越是干旱的年份,径流损失对作物产量的影响越比土壤流失造成的影响明显,但更需要平水年份多种作物的多年观测结果,才能较精确地计算每一种作物每年由于水土流失造成的坡耕地作物减产量。

References:

[1] Chen Q B, Qi S, Sun L D. Process and trend of soil loss tolerance research. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2000, **20**(1):12~17.

[2] Larson W E, Pierce F J, Dowdy R H. The threat of soil erosion to long-term crop production. *Science*, 1983, **219**(2):458~465.

[3] Shao S D, Wang L X, Zhou J X. New advances in soil erosion research abroad. *Scientific and Technical Information of Soil and Water Conservation*, 2000, (1):32~36.

[4] McDaniel T A, Hajek B F. Soil erosion effects crop productivity and soil properties in Alabama. In: Proceedings of the national symposium on erosion and soil productivity. *Erosion and Productivity*. Published by American Society of Agricultural Engineers, 1984.

[5] Battiston L A, McBride R A. Soil erosion-productivity research in southern Ontario. In: Proceedings of the national symposium on erosion and soil productivity. *Erosion and Productivity*. Published by American Society of Agricultural Engineers, 1984.

[6] Williams J R, Renard K G, Dyke P T. EPIC-a new method for assessing erosion's effect on soil productivity. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1983, **38**(6):381~383.

[7] Johnson Leonard C. Soil loss tolerance: Fact or myth? *Journal of Soil and Water Conservation*, 1987, **42**(3):155~160.

[8] Droppelmann K J, Lehmann J, Eperath J E. water use efficiency and uptake patterns in a runoff agroforestry system in an arid environment. *Agroforestry Systems*, 2000, **49**(4):223~243.

[9] Pierce F J, Dowdy R H, Larson W E, et al. Soil productivity in the Corn Belt: An assessment of erosion's long-term effects. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1984, **39**(2):131~135.

[10] Qi S, Sun B P. Watershed management and agriculture sustainable development in semi-arid hilly gully region of The Loess Plateau. *Journal of Beijing Forestry University*, 2000, **22**(3):63~67.

[11] Chen Q B, Qi S, Sun L D. Study on impacts of runoff on land productivity of slope field in semi-arid hilly gully region of the Loess Plateau. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2001, **21**(6):18~21.

[12] Sun L D, Sun B P. Prediction equation of soil loss in small watershed in semi-arid hilly gully region of the Loess Plateau. *Journal of Natural Resources*, 1988, **3**(2):141~153.

[13] Zhang K L, Cai Y M, Liu B Y, et al. Evaluation of soil erodibility on the Loess Plateau. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(10):1687~1695.

参考文献:

[1] 陈奇伯, 齐实, 孙立达. 土壤容许流失量研究的进展与趋势. *水土保持通报*, 2000, **20**(1):12~17.

[3] 邵颂东, 王礼先, 周金星. 国外土壤侵蚀研究的新进展. *水土保持科技情报*, 2000, (1):32~36.

[10] 齐实, 孙保平. 半干旱黄土丘陵区流域治理与农业可持续发展. *北京林业大学学报*, 2000, **22**(3):63~67.

[11] 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. *水土保持通报*, 2001, **21**(6):18~21.

[12] 孙立达, 孙保平. 西吉县黄土丘陵沟壑区小流域土壤流失量预报方程. *自然资源学报*, 1988, **3**(2):141~153.

[13] 张科利, 蔡永明, 杜宝元, 等. 黄土高原地区土壤可蚀性及其应用研究. *生态学报*, 2001, **21**(10):1687~1695.