

# 不同水土保持措施下径流小区降雨与产流产沙关系研究

王海斌

(陕西省水土保持勘测规划研究所, 西安 710004)

**摘 要:**冀北山区生态环境脆弱,水土流失严重,因此在该区域开展水土保持研究非常有必要。通过在河北滦平县平坊小流域布设荒草地、山杏、刺槐、油松 4 种径流小区,并分析了 2004—2005 年降雨、小区产流量、产沙量、入渗率变化。结果表明:该区次降雨多为小雨和中雨,次降雨强度主要集中在  $<10\text{ mm/h}$  范围内;4 种小区中产流产沙总量大小为:荒草地小区  $>$  山杏小区  $>$  刺槐小区  $>$  油松小区,且相同降雨条件下,荒草地产流产沙量明显高于其它 3 种小区,4 种小区平均入渗率依次为 65.07%,88.36%,90.16%,90.03%。说明鱼鳞坑整地,然后种植山杏、刺槐、油松等措施能够有效拦蓄径流泥沙。

**关键词:**水土保持措施;降雨特征;径流;产沙量;入渗率

中图分类号:S157.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)05-0063-04

## Study on the Relations between Characters and Sediment Yield and Runoff from Plots with Different Soil and Water Conservation Measures

WANG Hai-bin

(Surveying and Planning Institute of Soil and Water Conservation of Shaanxi Province, Xi'an 710004, China)

**Abstract:** It is very necessary to do the research on soil and water conservation for the fragile environment and serious soil loss in the northern part of Hebei Province. In this paper, four runoff plots which were located on the slope with wild grasses, wild apricot slope, *Robinia pseudoacacia* slope and *Pinus tabulaeformis* slope, were set in the Pingfang small watershed of Luanping County, Hebei Province. The rainfall and the amount of runoff, sediment yield and seeping rates of the four runoff plots were analyzed in 2004 and 2005. The results show that the rainfalls are mainly light rain and moderate rain, and the rainfall intensities are mainly with the upper bound of  $10\text{ mm/h}$ . The relationship of the four runoff plots' total amounts of runoff and sediment yield are in order of waste-grass slope  $>$  wild apricot slope  $>$  *Robinia pseudoacacia* slope  $>$  *Pinus tabulaeformis* slope. And we can also find that the waste-grass slope plots' amounts of runoff and sediment yielding are obviously higher than the others. The average seeping rates of the waste-grass slope plot, wild apricot slope plot, *Robinia pseudoacacia* slope plot and *Pinus tabulaeformis* slope plot are 65.07%, 88.36%, 90.16%, 90.03%, respectively. The research prove that the soil and water conservation measures of digging silt pits on the slope and then planting wild apricot, *Robinia pseudoacacia* and *Pinus tabulaeformis* are effective.

**Key words:** soil and water conservation measure; rainfall character; runoff; sediment yield; seeping rate

北方土石山区主要包括海河流域和淮河流域,两流域总面积  $58.8\text{ 万 km}^2$ ,其中山地丘陵面积约占 48%<sup>[1]</sup>。区内水土流失主要发生在北部的燕山山地、西部的太行山山地、南部的伏牛—桐柏—大别山山地和东部的沂蒙山地等低山丘陵区<sup>[2]</sup>。燕山山地位于滦河潮河上游,是北京重要的水源涵养区,同时地处于内蒙高原到华北平原的过渡地带,生态环境脆弱,

水土流失较为严重,因此在该区域开展水土保持治理和研究都尤其重要。对水土保持措施拦蓄径流泥沙关系研究的最终目的是为水土保持规划、水土流失定量预报及各种水土保持措施的横向比较提供依据<sup>[3]</sup>。多年来许多研究者在这方面已经做了大量的工作,目前主要集中在利用水土保持实验小区观测的方法,对影响土壤侵蚀的主导因子进行研究,揭示不同地形地

貌、土壤特征、林草植被、水文气象条件下土壤侵蚀规律<sup>[4-10]</sup>。本文针对燕山山区水土保持研究的实际需要,选取区内具有代表性的水土保持措施,通过小区实验,研究其不同降雨条件下径流小区的产流产沙特征,揭示不同措施减水减沙规律,以期为该区域水土保持生态建设提供科学的参考。

## 1 研究区概况

研究区位于河北省滦平县平坊小流域小鸽子沟(东经 117°15'30",北纬 40°53'01"),该区为典型的土石山区,区内地貌类型主要为土石低山。土壤类型主要为棕壤、褐土、黄绵土、粗骨土、石质土等;气候类型为北温带半湿润半干旱大陆性季风气候,区内最低气温-28℃,最高气温 39℃,年平均气温 7.2℃,无霜期为 145 d,多年平均降雨量为 550 mm,降雨主要集中在 6—9 月;植被类型以温带针叶阔叶混交林为主,其中木本植物有油松(*Pinus tabulaeformis*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、落叶松(*Larix gmelinii*)、杨树(*Populus tomentosa*)、榆树(*Ulmus pumila*)等,草本植物有狗尾草(*Setaria viridis*)、虎尾草(*Chloris gayana*)、乌拉草(*Carex meyeriana*)、羊胡草(*Eriophorum*)、茵陈蒿(*Artemisia capillaris* Thunb)等。

## 2 研究方法

### 2.1 小区基本情况

共设置了 4 个标准径流小区,长 20 m,宽 5 m,面积均为 100 m<sup>2</sup>,周围用浆砌砖块围护,下部为体积 2 m<sup>3</sup> 的小区径流泥沙观测池,观测池内用红色油漆标上以 0.5 cm 为最小刻度的观测标记。荒草地小区是当地的一个自然荒草地坡面,2、3、4 小区亦是在自然荒草地坡面的基础之上改造而成,期间治理措施采用鱼鳞坑整地,分别种植山杏、刺槐、油松,三种树种为该区域最普遍的树种,三种树苗均为 3 a 营养杯种植后,移植在相应小区,小区内除挖鱼鳞坑的区域,其余区域原状保存良好。荒草地小区及其他 3 个小区的伴生草种主要为虎尾草、乌拉草、茵陈蒿等。鱼鳞坑标准为 1.5 m×0.7 m×0.5 m,株行距为 3 m×3 m,呈“品”字形排列,这 3 种水土保持措施是该区域最常用的水土保持措施;4 个坡面坡向均为南向坡,土壤类型为褐土,土层厚度为 50 cm 左右。

小区建设时间为 2003 年 8 月,观测年份为 2004—2009 年。为方便,以下简称 4 种小区分别为荒草地小区、山杏小区、刺槐小区和油松小区(表 1)。

表 1 2004—2005 年各径流小区概况

小区 编号	水土保持 措施	坡度/ (°)	植被盖 度/%
1	荒草地	16	60
2	鱼鳞坑、山杏	16	55
3	鱼鳞坑、刺槐	18	60
4	鱼鳞坑、油松	18	65

### 2.2 数据观测

降雨采用自记雨量计记录,降雨后通过观测池壁上的标尺读取次降雨所冲下的泥沙以及径流量的总体积,然后将池中泥水搅匀,取出 500 ml 浑水,过滤后烘干,测定泥沙含量,从而计算出此次降雨径流量、产沙量,再根据此次降雨在小区投影面积上的降雨量计算不同植被下小区的入渗率,具体计算方法为:入渗率=1-径流总量/投影面积上的降雨总量。监测时间为 2004—2009 年。由于小区观测后期的 2006—2009 年,在各个径流小区均未产生径流。因此本研究采用的降雨、产流、产沙的数据为 2004—2005 年间的。

## 3 结果与分析

### 3.1 2004—2005 年降雨特征及产流产沙情况

统计得出 2004 年全年降雨量为 234.7 mm,降雨量小于该区域平均水平;2005 年全年降雨量为 559.7 mm,与该区域多年平均降雨量基本持平。同时按照我国气象部门降雨强度分级标准,即小雨为 12 h 内雨量小于 5 mm,或 24 h 内雨量小于 10 mm;中雨为 12 h 内雨量为 5~14.9 mm,或 24 h 内雨量为 10~24.9 mm;大雨为 12 h 内雨量为 15~29.9 mm,或 24 h 内雨量为 25~49.9 mm;暴雨为 12 h 雨量等于和大于 30 mm,或 24 h 雨量等于和大于 50 mm。将每次降雨划分为暴雨、大雨、中雨和小雨(表 2)。可以得出该区域降雨主要为中雨和小雨,大雨和暴雨相对较少,2004 年大雨和暴雨次数仅占全年降雨次数的 15.8%,但是其降雨量却占到全年降雨的 39.8%,2005 年大雨和暴雨次数仅占全年降雨次数的 11.5%,但降雨量占 37.2%;同时 2004 年小雨占全年降雨次数的 57.9%,但其降雨量仅占全年的 24.7%,而 2005 年小雨次数占全年降雨次数的 57.7%,降雨量仅占 22.8%。说明全年降雨等级较为常见的是小雨和中雨,降雨量主要来自于大雨、暴雨以及中雨。从降雨强度分级可以看出,次降雨强度主要集中在<10 mm/h 范围内,2004 年降雨强度<10 mm/h 的降雨占全年降雨的 73.7%,而 2005 年占 78.8%。

表 2 2004—2005 年研究区降雨及降雨强度分布情况

年份	项目	降雨分级				降雨强度分级/(mm·h <sup>-1</sup> )		
		小雨	中雨	大雨	暴雨	<5	5~10	>10
2004	降雨次数/次	11	5	3	—	13	1	5
	降雨量/mm	58.0	83.3	93.4	—	124.5	5.0	10.5
2005	降雨次数/次	30	16	5	1	28	13	11
	降雨量/mm	127.7	223.9	155.6	52.5	285.0	163.7	111.0

2004 年全年降雨 4 个径流小区产生径流的降雨只有 2 次,2005 年有 8 次,从产生径流的降雨来看主要为大雨和中雨,其中降雨强度小于 5 mm/h 的有两次降雨,处于 5~10 mm/h 之间的有 3 次,大于 10 mm/h 的降雨有 5 次(表 3),说明能够产生径流与侵蚀的降雨主要为降雨强度大于 5 mm/h 的降雨。

表 3 产生径流的次降雨基本情况

产流时间	降雨量/ mm	降雨等级	降雨强度/ (mm·h <sup>-1</sup> )	产流时间	降雨量/ mm	降雨等级	降雨强度/ (mm·h <sup>-1</sup> )
2004-07-08	8.5	小雨	28.33	2005-07-22	15.2	中雨	15.20
2004-07-15	36.4	大雨	28.00	2005-07-31	16.6	中雨	5.53
2005-06-09	15.7	中雨	14.27	2005-08-04	29.3	大雨	1.83
2005-06-29	39.0	大雨	9.75	2005-08-12	18.0	中雨	7.83
2005-07-09	15.0	中雨	15.00	2005-08-14	30.3	大雨	1.68

3.2 不同水土保持措施的小区在次降雨条件下的产流产沙分析

2004—2005 年径流小区产生径流与侵蚀的降雨共有 10 次(表 4),这 10 次降雨总量为 224 mm,荒草地、山杏、刺槐、油松 4 个小区中这 10 次降雨的径流深总量分别为 72.91,22.71,19.2,19.15 mm,产沙总量依次为 139.36,15.69,7.57,5.41 kg,说明 2004—2005 年间,4 种措施小区中产流产沙总量大小关系是:荒草地小区>山杏小区>刺槐小区>油松小区,同时可以看出荒草地产流量明显高于其他三种小区,

山杏、刺槐和油松小区坡面产流量相差不大。2004 年与 2005 年荒草地小区产流总量分别是山杏小区、刺槐小区、油松小区的 3.2 倍、3.7 倍和 3.8 倍。分析 2004—2005 年 4 种小区的产沙总量可以得出,荒草地、山杏、刺槐和油松 4 种小区的产沙总量依次为 139.34,15.69,7.56,5.41 kg,产沙总量是荒草地明显大于山杏、刺槐以及油松小区,荒草地小区的产沙总量分别为山杏小区、刺槐小区、油松小区的 8.88 倍、14.83 倍、25.76 倍。4 种小区的入渗率也是荒草地明显大于后三者,详见表 4。

表 4 2004—2005 年次降雨过程中 4 个径流小区的径流量、产沙量和入渗率

产流 时间	降雨量/ mm	降雨 历时/min	径流深/mm				产沙量/kg				入渗率/%			
			荒草地	山杏	刺槐	油松	荒草地	山杏	刺槐	油松	荒草地	山杏	刺槐	油松
2004-07-08	8.5	18	5.77	2.83	2.71	2.94	16.76	2.62	1.05	0.83	32.12	66.71	68.12	65.41
2004-07-15	36.4	78	11.53	5.20	5.09	4.97	26.45	3.03	1.87	0.94	68.32	85.71	86.02	86.35
2005-06-09	15.7	66	4.18	0.90	1.02	1.02	6.09	0.90	0.64	0.35	73.38	94.27	93.50	93.50
2005-06-29	39.0	240	8.03	1.58	0.90	0.79	24.01	2.20	1.22	1.06	79.41	95.95	97.69	97.97
2005-07-09	15.0	60	5.20	0.90	0.57	0.57	6.71	0.80	0.47	0.31	65.33	94.00	96.20	96.20
2005-07-22	15.2	60	2.94	2.03	1.02	0.90	6.13	0.74	0.45	0.30	80.66	86.64	93.29	94.08
2005-07-31	16.6	180	2.37	0.9	0.83	0.80	6.65	0.56	0.31	0.21	85.72	94.58	95.00	95.18
2005-08-04	29.3	961	10.74	2.26	1.92	2.15	15.36	1.74	0.19	0.15	63.34	92.29	93.45	92.66
2005-08-12	18.0	138	10.85	2.83	2.03	1.99	11.95	1.26	1.14	1.04	39.72	84.28	88.72	88.94
2005-08-14	30.3	1082	11.30	3.28	3.15	3.02	19.25	1.84	0.23	0.22	62.71	89.17	89.60	90.03

从表 4 可以看出,在相同降雨量下,荒草地小区的径流深明显高于其他 3 种措施的径流小区,山杏、刺槐、油松 3 个小区的径流深随着降雨量的变化之间的差距不是很明显,但是山杏小区的产流量在不同降雨量下都略微高于油松和刺槐小区。随着降雨量的增大,荒草地的产流量与其它 3 个小区之间的差距有

明显增大的趋势,但并不是降雨量越大,产流量越大。这主要是因为影响产流的因素很多,产流同样受降雨历时、地表入渗速率、地表植被截留能力等多种因素的影响。荒草地小区 10 次产流的径流量平均值依次是山杏小区的 3.21 倍,刺槐小区的 3.78 倍,油松小区的 3.80 倍。说明经鱼鳞坑整地,然后种植山杏、刺

槐、油松,与荒草地相比,能够有效地拦蓄径流,是一种有效的水土保持措施。

通过表 4 可以得出,相同降雨量下,荒草地小区的产沙量均明显大于其它 3 种小区,同时山杏小区、刺槐小区、油松小区的产沙量虽然相差不明显,但是大小关系表现为山杏小区>刺槐小区>油松小区。当降雨为中雨时,4 种小区产沙量之间差距明显小于降雨为小雨和大雨时荒草地的产沙量。同时可以发现,荒草地的产沙量随着降雨量的增加有先减小,然后逐渐缓慢上升的趋势。荒草地小区 10 次产沙的产沙量平均值分别为山杏小区的 8.88 倍,刺槐小区的 18.41 倍,油松小区的 25.76 倍,其产沙量远远高于其它 3 种小区。说明荒草地最敏感,与其它 3 种土地利用类型相比,是产沙的主要来源;同时采用鱼鳞坑种植山杏、刺槐和油松都是有效的水土保持措施,它们不仅拦水效率高,而且拦沙的效益也很明显。

荒草地小区的入渗率均小于其它 3 种小区,荒草地小区的地表入渗率均高于 30%,山杏小区、刺槐小区、油松小区的入渗率均高于 65%;统计得出荒草地小区在 10 次降雨产流的过程中,平均入渗率为 65.07%,山杏小区为 88.36%,刺槐小区为 90.16%,油松小区为 90.03%。相同降雨条件下,荒草地小区的入渗率明显小于其它 3 种小区。同样说明了山杏、刺槐和油松小区对径流的拦蓄作用显著。

对这 10 次产流的降雨按照降雨量 $<10\text{ mm}$ , $10\sim 25\text{ mm}$ , $>25\text{ mm}$ 进行划分,计算处于各个区间入渗率的平均值(表 5),可以看出降雨量在 $10\sim 25\text{ mm}$ 的降雨,即荒草地小区、刺槐小区和油松小区在中雨的时候入渗率最大,而小雨、大雨及以上降雨入渗率都比中雨的时候小,而山杏小区则是逐渐增大,但 $10\sim 25\text{ mm}$ 与 $>25\text{ mm}$ 的入渗率仅相差 0.03%。造成该现象的原因是因为产生径流的小雨仅有一场,其降雨量虽然只有 8.5 mm,但它历时 18 min,降雨强度在所有产流降雨中是最大的,属于短历时高强度的降雨,这样地表来不及下渗,从而产生径流;而大雨时候的入渗率比中雨时候的小,可能是因为雨量大,各个小区土壤含水量都趋于饱和,在降雨后期难以继续下渗,径流量相对于降雨前期有所增大,因而总比例相对于中雨来说要略小。

表 5 降雨量分级后各小区的平均入渗率 %

降雨/mm	荒草地	山杏	刺槐	油松
$<10$	32.12	66.71	68.12	65.41
$10\sim 25$	68.96	90.75	93.34	93.58
$>25$	68.45	90.78	91.69	91.75

## 4 结 论

(1)全年降雨等级较为常见的是小雨和中雨,即 $<25\text{ mm}$ ;降雨量主要来自于大雨、暴雨以及中雨。从降雨强度分级可以看出,次降雨强度主要集中在 $<10\text{ mm/h}$ 范围内;2004—2005 年产生径流与侵蚀的降雨主要为降雨强度大于 $5\text{ mm/h}$ 的降雨。

(2)2004—2005 年 4 种小区中产流总量及产沙总量大小关系是:荒草地小区>山杏小区>刺槐小区>油松小区。2004 年与 2005 年荒草地小区产流总量分别是山杏小区、刺槐小区、油松小区的 3.2 倍、3.7 倍和 3.8 倍;荒草地小区的产沙总量分别为后 3 者的 8.88 倍、14.83 倍、25.76 倍。荒草地小区、山杏小区、刺槐小区、油松小区平均入渗率分别为 65.07%, 88.36%, 90.16%, 90.03%。

(3)荒草地小区径流量的平均值依次是山杏小区的 3.21 倍,刺槐小区的 3.78 倍,油松小区的 3.80 倍;产沙量平均值分别为山杏小区的 8.88 倍,刺槐小区的 18.41 倍,油松小区的 25.76 倍。说明经鱼鳞坑整地,然后种植山杏、刺槐、油松,与荒草地相比,能够有效地拦蓄径流泥沙,是一种有效的水土保持措施。

### 参考文献:

- [1] 李子君,李秀彬,朱会.北方土石山区不同模式下的流域综合治理效益[J].中国水土保持,2009(1):35-37.
- [2] 李秀彬,马志尊,姚孝友,等.北方土石山区水土流失现状与综合治理对策[J].中国水土保持科学,2008(1):9-15.
- [3] 慕俊谕,蔡强国,方海燕,等.岔巴沟流域水土保持减水减沙作用[J].中国水土保持科学,2010,8(1):28-33.
- [4] 黄志刚,曹云,欧阳志云,等.南方红壤丘陵区杜仲人工林产流产沙与降雨特征关系[J].生态学杂志,2008,27(3):311-316.
- [5] 陈安强,马文贵,高福军,等.土石山区径流小区坡长对径流量和侵蚀量影响的研究[J].水土保持研究,2007,14(4):190-193.
- [6] 陈鹏飞,陈丽华,王宇,等.黄土丘陵沟壑区不同土地利用类型对坡地产流、产沙的影响[J].生态与农村环境学报,2010,26(3):199-204.
- [7] 申震洲,刘普灵,谢永生,等.不同下垫面径流小区土壤水蚀特征试验研究[J].水土保持通报,2006,26(3):6-9.
- [8] 林军,倪伟,宋传松,等.北方土石山区不同坡长径流小区水土流失规律研究[J].水土保持应用技术,2009(3):7-9.
- [9] 吴发启,张玉斌,王健.黄土高原水平梯田的蓄水保土效益分析[J].中国水土保持科学,2004,2(1):34-37.