

黄土丘陵区降雨坡面再分配规律研究

徐学选¹, 穆兴民¹, 蒋定生¹, 王玉², 王炜¹

(1 西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100; 2 延安宝塔区延河项目办)

摘 要: 采用野外定位监测方法, 以在安塞进行的降雨坡面再分配试验结果为依据, 系统地分析了坡面降雨-径流-入渗的转化规律, 降雨在坡面上的水文行为强度、方向等。研究结果表明: 降雨的土壤入渗量受坡长、土地利用方式等因素影响, 长坡能够接收较多雨量, 试验年份(旱年)坡长每增加 20 m, 草地约增加入渗 77 mm, 灌木地增加 92 mm。不同土地利用方式下其降雨入渗量为灌木林地>草地>农地。长坡沙棘地较农坡地减少径流 491 mm, 较长坡草地减少 410 mm。相当于灌木地减流 56.52%, 草地减流 47.16%。雨水转化土壤水的转化系数 K_a 随坡长增加而增加。

关键词: 降雨; 径流; 坡面再分配; 黄土丘陵区

中图分类号: S273.29

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2002)03-0249-02

Study of Rainfall Redistribution on Slope in Loess Hilly Region

XU Xue-xuan¹, MU Xing-min¹, JIANG Ding-sheng¹, WANG Yu², WANG Wei¹

(1 Institute of Soil and Water Conservation, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi Province, China;

2 Baota Branch of Yanhe Comprehensive Control Office of the World Bank Loan Program in Yanan, Shaanxi, China)

Abstract Based on field study of rainfall redistribution on slope, authors put forward that the transition of rainfall to soil water is affected by slope length, land use form, etc in both intensity and orientation. The results showed that soil could get more rainfall with slope length increasing from top to bottom. With a 20 m increase of slope length, the increase of incepted rainfall is 77 mm in grassland or 92 mm in shrub land. In the trial study, the 60 m slope length of shrub (or grassland) could reduce 491 mm (or 41 mm) of runoff compared with that of slope farmland, which accounts for 56.52% (47.16%) of runoff cut rate. K_a representatives rate of water incepted from rainfall, was also in the same way. Forestry land had higher K_a than that of grassland. It is also stated that the subsoil water movement is the main cause of slope soil water difference.

Key words: rainfall; runoff; redistribution on slope; loess hilly region

1 前言

降水坡面再分配研究坡面降雨-入渗-径流的转化过程, 是流域水文研究的重要方面, 也是水文学、土壤水动力学等主要研究内容。前苏联罗马诺娃(E. H. P)曾提出了关于考虑降水在坡地的再分配和关于计算不同地形条件下的蒸发力和蒸发量的基本方法, 但其研究范围一般仅限于坡度小于 15° 的缓坡地, 由于苏联的自然条件与黄土丘陵区差异很大, 难以直接应用。

黄土高原降雨在坡面上的再分配规律系统研究开始于 20 世纪 80 年代的安塞纸坊沟、宁夏固原上黄(蒋定生、刘梅 1987)^[1]。刘昌明等(1980)^[2]也对土壤水分动态、降雨产流关

系进行较多研究。以后关于降雨-径流-入渗方面的研究一直是土壤学一个研究热点。康绍忠等(1998)^[3]等对黄土区坡面水量转化关系及其影响因素进行了数学模拟。贾志军等(1990)^[4]、余新晓等(1992)^[5]分别研究了前期土壤含水量、坡面形态、下垫面糙度等对降雨-入渗转化的影响。在我国黄土丘陵区, 降雨在坡面的再分配既会因该区坡度较大、降雨强度大而再分配强度加大, 也会因黄土土壤入渗能力强、坡面植被的拦蓄弱化了坡面径流延坡面累积, 并在坡角富积的强度。

2 研究方法 with 试验布设

试验在中国科学院安塞试验站进行。试验区地处黄土丘

收稿日期: 2001-11-20

基金项目: 中国科学院创新课题“黄土高原生态环境建设试验示范研究(KZCX02-06); 国家“十五”攻关“黄土高原中部水土保持型生态农业模式与技术研究”资助。

作者简介: 徐学选, 男, (1966-), 陕西大荔人, 博士, 副研究员, 主要从事生态水文研究, 发表论文 30 余篇。

陵沟壑区, 暖温带森林草原带, 由于人为的对土地过渡开发利用, 水土流失问题严重, 以水土保持为核心的生态建设正在加快实施。

试验布设在安塞墩滩点西向坡面上, 坡度 20~ 25°。整个坡面分割成农坡地、草、灌等 3 个类型区, 每类型区又根据不同坡位划分坡上、坡中、坡下三个监测小区。小区宽 5 m, 长大致分别为 20, 40, 60 m, 基本情况见表 1。小区均设置径流观测桶(二级径流桶)。草地覆盖大于 70%, 沙棘盖度于草地类似, 农田种植糜子, 产流期糜子长势较好。每次产流降雨后均采集径流。

表 1 降雨径流小区基本情况

小区	长/m	宽/m	面积/m ²	投影面积/m ²	植被盖度
长坡区	58	5	290	272.6	70%
中坡区	35	5	175	164.5	70%
短坡区	20	5	100	94	70%

土壤水分测定于春季、秋季分别进行, 测深 4 m, 在作物播种、收获期加测 0~ 2 m 水分, 降雨后补测 0~ 1 m 土壤水分。采用土钻法测定。试验于 1999 年 6 月至 2001 年 5 月进行。

3 试验结果分析

3.1 坡面降雨- 径流- 入渗转化分析

我们在安塞墩滩进行了 2 年的降雨径流、土壤水分观测。由于 1999 年为大旱年(年降水 280 mm), 2000 年也是偏旱年份(年降水 400 mm), 两年中共发生产流降雨仅 6 次。径流观测结果统计如表 2:

表 2 降雨径流观测结果 mm

降雨日期	降水量	短草	短沙棘	中草	中沙棘	长草	长沙棘	农地
2000-08-05	22	0.96	1.20	1.19	1.08	0.77	0.86	1.19
2000-08-12	18.3	1.07	0.96	0.89	0.80	0.62	0.50	1.16
2000-07-07	32.8	1.01	0.73	1.01	0.73	1.01	0.73	2.03
2000-07-14	13.3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.03
2000-07-27	28	2.09	1.74	1.47	1.10	1.20	0.69	2.29
1999-07-21	43	1.93	1.76	1.68	1.65	1.33	0.97	2.95
1999~ 2000	157.4	6.13	5.64	5.56	4.71	4.59	3.78	8.69

* 表中长、中、短, 代表长坡、中坡、短坡, 下同。

从径流观测结果表 2 可以看出: 观测期间共发生产流降雨 6 次, 产流降雨 157.4 mm, 占总降水 680 mm 的 23.1%。各类型区径流大小次序为农坡> 草地> 沙棘地。三个坡位小区径流深则为短坡> 中坡> 长坡, 即降雨转化为土壤水量长坡最多、中坡次之、短坡最少。这是由于径流量随坡长增加在坡面叠加汇集时形成更大入渗能力的效应。

根据表 3 数据, 可大致认为坡长每增加 20 m 左右, 草地约增加了入渗 0.77 mm, 灌木增加了 0.92 mm。平均而言, 与农地相比较, 长坡沙棘地减少径流 4.91 mm, 长坡草地则减少 4.10 mm。相当于草地减流 47.16%, 灌木地减流 56.52%。

表 3 各类小区较长坡农地的减流效应

类别	短草	短沙棘	中草	中沙棘	长草	长沙棘	草地均	沙棘地均
减流深/mm	2.57	3.06	3.13	3.98	4.10	4.91	3.27	3.98
减流率/%	29.54	35.16	36.04	45.80	47.16	56.52	37.58	45.83

3.2 坡面水分收入系数分析

若各坡面自坡顶止坡脚分成 N 段, 各段的径流系数分别为 $r_1, r_2, r_3, \dots, r_n$, 则平直坡面上任一地段的土壤从降水中获得的水量可由公式 1 得到。

若令水分收入系数:

$$K_a = (\text{第 } I \text{ 段水分增量}) / (\text{第 } I \text{ 段接受雨量, 则对平直形坡有})$$
$$K_a = (1 - r_1)(1 + r_1 - 1 + r_1 - 1r_1 - 2 + \dots + r_1 - 1r_1 - 2 \dots r_1) \quad (1)$$

K_a 的大小反映了不同地段下部从降水中可获得水的程度。它于沿坡段径流系数有关, 其大小取决于雨强、沿坡土壤湿度、土壤类型、沿坡坡度等因素的影响(畅彩娥, 1989)^[6]。当降雨不发生径流时, 则 $K_a = 1$, 降雨在坡面不发生再分配。对于产流降雨, 我们观测的结果如表 4(坡段以约 20 m 为标准)。

表 4 各坡位径流系数变化与土壤水分收入系数

类别	短草	中草	长草	短沙棘	中沙棘	长沙棘
小区面平均 R	0.039	0.035	0.029	0.036	0.030	0.024
K_a	0.961	0.965	0.971	0.964	0.970	0.976

从表 4 中可清楚地看到: K_a 随坡长增加而增大, 而径流率 R 则减少, 说明入渗到土壤中的水分量随坡长增加逐渐加大。草地 K_a 小于灌木地, 表明, 灌木吸纳降水能力强于草地。本试验结果为旱年观测结果, K_a 随坡长增加而增加的幅度较小与试验年度雨前土壤前期十分干燥, 减弱了径流, 从而限制了降雨的再分配幅度有关。

3.3 坡面不同坡位土壤湿度差异分析

基于安塞墩滩野外监测结果, 我们以短坡为对照, 分析了灌草植被下不同坡位土壤储水量的差异(表 5)。不同坡位土壤储水差异计算采取下坡位减去上坡位。沙棘林地土壤本身储水量较草地略低, 坡位的储水差异也较小, 平均 20 m 长坡距储水相差 6.3 mm; 草地储水较高, 坡位差异较大, 该值增大到约 21.7 mm。草地、沙棘林的坡位差异在 1~ 4 m 层已表现出明显规律, 而 0~ 1 m 则具有很大波动。

表 5 灌木、草地水分储量在不同坡位的增量 mm

土层深度/cm	沙棘			草地		
	长	中	短	长	中	短
0~ 100	- 0.2	- 0.1	0	- 1.3	4.5	0
100~ 200	1.1	0.6	0	9.6	2.6	0
200~ 300	6.5	3.2	0	15.4	5.4	0
300~ 400	5.1	2.6	0	19.1	9.6	0
0~ 400	12.5	6.3	0	42.9	22.2	0

结合前面对径流小区的分析结果, 不同坡位因径流入渗引起的储水量差异无论在草地(0.77 mm)、沙棘地(0.92 mm)都远远低于测定的土壤储水量差异, 因此认为: 引起坡面储水差异的不仅仅是降雨期径流入渗差异, 更重要地是土壤壤中流在坡下部累积的结果, 这种累积量由于是长期积累形成的, 因此还不能确定年均累积速度。

(下转第 253 页)

模型不断地改变其运行轨道, 由高植被盖度、高初级生产量、高区域承载力, 进入低植被盖度、强烈的水土流失、低初级生产量、低区域承载力的恶性循环运行轨道。

社会系统组成成份人对于地质地貌系统和生态系统具有主动改造的能力, 如: 修造水平梯田, 改变坡面的地貌特征, 改善农业生产条件; 修建水库, 改变自然水文现象, 使水能按人的意愿为人类服务; 建立人工生态系统和人工小气候区, 使各类生物为人类提供更符合人类需要的生物产品等等。社会系统处于水土流失地区这一大系统的主导地位, 人类在长期与自然界的斗争过程中, 形成各类社会自组织形式, 即各种社会形态, 如原始社会、奴隶社会、封建社会等等。由于对自然规律的认识不同, 往往造成不同的社会力水平和不同的社会组织形态, 具体表现在人与自然界的关系的和谐程度上。许多地区在人类发展过程中, 由于对自然规律认识的模糊性和不完全性, 在自然条件较差的地区发展生产时, 违背了自然规律, 破坏了生态平衡, 造成了强烈的水土流失, 形成水土流失地区的恶性循环。

100 多年前, 恩格斯在《自然辩证法》中就曾告诫人们: “美索不达米亚、希腊、小亚细亚以及其他各地的居民, 为了想得到耕地, 把森林都砍光了, 但是他们想不到, 这些地方今天竟因此成为荒芜不毛之地, 因为他们使这些地方失去了森林, 也失去了积聚和贮存水分的中心。阿尔卑斯山的意大利人, 在山南坡砍光了被十分细心地保护的松林, 他们没有预料到, 这样一来, 他们把区域里的高山牧畜业的基础给摧毁了, 他们更没有预料到, 他们这样做, 竟使山泉在一年中大

参考文献:

- [1] R·拉尔 土壤侵蚀研究方法[M] 北京: 科学出版社 1991 23
- [2] 沈小峰, 等 耗散结构论[M] 上海: 上海人民出版社 1987 30
- [3] 张光辉, 等 黄土丘陵区草地盖度季动态及水土保持效益[J] 水土保持通报 1995(2): 38- 43
- [4] 杨郁挺 坡面细沟侵蚀耗散结构分析[J] 中国水土保持 1995(12): 19
- [5] 沈红 扶贫传递与社会自组织[J] 社会学研究 1997(5): 27

(上接第 250 页)

4 小 结

降雨向坡面土壤中转化的在不同坡位、不同土地利用方式下存在差异。

一般沿坡面由上到下, 不同坡位土壤接收的雨量不同。大致认为(在干旱年份(安塞))坡长每增加 20 m 左右, 草地约增加了入渗 0.77 mm, 灌木增加了 0.92 mm。平均而言,

部分时间内枯竭了, 而在雨季又使更加凶猛的洪水倾泻到平原上。”大自然对人类不合理行为进行了一次次严酷的惩罚。人类在生产活动中不遵从自然规律, 而降低了生态系统耗散结构水平, 即破坏了区域的生态平衡, 造成严重的水土流失现象和水土流失地区的恶性循环, 严重影响了这一区域内人类的生产生活水平。

而云南省丽江市纳西族先民曾经对人和自然之间的关系做过智性的探索和哲理的思考。东巴经说, 人与自然是同父异母的兄弟, 但是随后人类侵扰自然, 污染水源, 乱砍滥伐森林, 恣意捕杀野兽的行为冒犯了自然, 结果兄弟成仇, 人类遭到了大自然的报复, 后来经神调解, 双方约定互不侵犯, 才得以重续旧好。这些古典作品中的哲理性思考, 是纳西族先民在长期生产生活中得出的经验。人与自然的关系如同兄弟, 应当和谐相处, 相依共存, 对自然不可轻易冒犯, 否则就要受到自然的严厉惩罚。正是由于这种相沿千年的传统和生态意识, 丽江才能保持山清水秀, 风调雨顺。直到 50 年代初, 丽江尚保存良好的生态环境, 森林覆盖率达到 53.7%^[5]。

云南丽江的实例可以证明, 只有每个人的心中都具有明确的生态意识, 形成社会系统的生态性生产方式, 组成社会生态耗散结构, 在生产活动中遵从自然规律, 合理地利用生态资源, 在植被已被破坏和水土流失严重的地区, 及时恢复植被, 提高区域内生态系统耗散结构水平, 发挥植被对土壤的保护作用, 用有生命的生态系统耗散结构控制无生命的土壤侵蚀耗散结构这一最有力的手段, 治理水土流失, 实现水土流失地区的持续发展的目的是一定能够实现的。

长沙棘地较农坡地减少径流 4.91 mm, 长草地则减少 4.10 mm。相当于草地减流 47.16%, 灌木地减流 56.52%。

雨水转化成土壤水的转化系数 K_a 随坡长增加而增加, 入渗水量随坡长增加逐渐加大。灌木地 K_a 大于草地, 表明灌木吸纳降水能力强于草地。

草地、灌木地不同坡位储水量差异远高于坡面径流差异幅度, 土壤壤中流是引起不同坡位水分差异的主要原因。

参考文献:

- [1] 蒋定生, 刘梅, 黄国俊 降雨在凸凹形坡上再分配规律初讨[J] 水土保持通报, 1987, 7(1): 45- 49
- [2] 刘昌明, 刘彩堂 黄土区土壤水分动态及其降雨产流的关系[J] 地理集刊, 1980 60- 72
- [3] 康绍忠, 梁银丽 蔡焕杰, 等 旱区水- 土- 作物关系及其最优调控原理[M] 北京: 中国农业出版社, 1998, 269- 287
- [4] 贾志军, 等 土壤含水率对坡面耕地入渗影响的研究[J] 山西水土保持科技, 1990, (4): 25- 27
- [5] 余新晓 朱金兆 晋西黄土区人工降雨条件下坡面径流规律的试验研究[A] 中国科学技术协会首届青年学术年会论文集(农科分册)[C] 北京: 科学出版社, 1992
- [6] 畅彩娥, 蒋定生, 刘梅, 等 降雨在凸凹形坡上再分配规律探讨[J] 水土保持学报, 1989, (2): 36- 44