

黄土丘陵区沙打旺草地截留试验研究

张光辉 梁一民

(中国科学院西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
(水利部)

摘 要 本文采用称重法研究了黄土丘陵区沙打旺草地对降雨的截留作用。结果表明:截留量(P_j)与草地盖度(C)、降雨强度(I)及降雨时间(t)之间存在 $P_j = -0.0186 + 0.0601CI t - 0.00612C^2I^2t^2$ 的关系;沙打旺草地最大截留率为 29.7%;同时分析了盖度、雨强、降雨时间对草地截留的影响。

关键词 黄土丘陵区 沙打旺草地 草地截留

A Study on Intercepting Rainfall of Grassland of *Astragalus adsurgens* in Loess Hilly Region

Zhang Guanghui Liang Yimin

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, the Chinese Academy of Sciences
and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract The intercepting rainfall of grassland of *Astragalus adsurgens* in loess hilly region was studied by using weight method in this paper. The result showed that there was an equatoin as follows, $p_j = -0.0186 + 0.0601CI t - 0.00612C^2I^2t^2$ among interrecepting rainfall (P_j), grassland coverage (C), rain intensity (I), and rain time (t). The maximum intercepting rainfall rate was 29.7%. Meanwhile, the impact of coverage, rain intensity and rain time on intercepting rainfall was discussed.

Key words loess hilly region grassland of *Astragalus adsurgens* intercepting rainfall of grassland

截留作为草地保持水土的第一道防线,对于降低降雨动能、减少雨滴直接打击地表以及防止地表结皮的形成和发育等具有显著的作用。但由于草地植株低矮,分布又极不均匀,从而增大了草地截留试验的难度,国内有关的资料较少。然而,进行草地截留试验对阐述草地水土保持机理、草地水量平衡、评价草地水土保持效益具有重要理论意义。

1 试验区自然条件概况

试验在陕西安塞县中国科学院安塞试验站完成。该区地处黄土高原中部,属典型的梁峁状丘

陵沟壑区,海拔 1 068~1 309m;植被类型为暖温带森林草原,天然森林植被已全遭破坏,现呈草原化森林草原景观。人工草地以沙打旺、草木樨、苜蓿等为主;土壤为黄绵土,容重为 $1.28\text{g}/\text{cm}^3$ 左右,土壤有机质含量较低;区内年均气温 8.8°C , $\geq 10^\circ\text{C}$ 年积温 $3\ 119^\circ\text{C}$,无霜期 159 天,年总辐射量 $552.68\text{kJ}/\text{cm}^2$;多年平均降雨量 541mm,降雨多以短历时暴雨出现,且分布集中。

2 试验方法

本试验中采用了磅秤称重法,具体是在反映灵敏的磅秤上,放置面积为 $4\ 950\text{cm}^2$ 的双层铁丝网,磅秤的四周放 4 个雨量筒,用侧喷式人工降雨装置从 5m 高处均匀降雨。

试验时先将从草地中剪来的沙打旺枝条均匀垂直地插在铁丝网上,用点测式盖度仪测定铁丝网上草的盖度 C ,点测式盖度仪是随着草地生态学发展而产生的新的盖度测定方法,在国外特别是英国和新西兰被广泛地应用于草地盖度测定,而且在不断地发展和改进,在试验过程中曾用照相法、网格法、目估法加以比较和校正,结果较为满意。

试验中所用盖度仪见图 1 所示。)称得铁丝网和草的干重 G ,然后打开人工降雨装置,向磅秤上均匀降雨,记录降雨过程中不同时刻磅秤读数 G_t 及相应的降雨时间 t ,待磅秤读数不再变化时停止降雨,记录降雨历时 T ,测量 4 个雨量筒中雨量 P_i ,将 4 个雨量值平均求等降雨强度 I 。

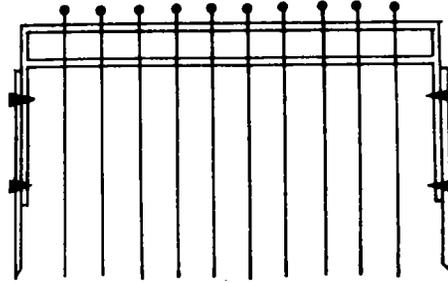


图 1 点测式盖度仪结构示意图

表 1 试验参数表

降雨强度	0.33	0.43	0.51	0.57	0.68	0.75	0.88
(mm/min)	0.93	1.00					
盖度(%)	0.33	0.41	0.53	0.64	0.75	0.88	
降雨高度	5.0m		压力表读数		3.0kg		

3 结果与分析

3.1 试验结果分析

磅秤读数 G_t 包括铁丝网和草的干重 G ,降雨雨滴冲击力 P ,截留降水 G_1 ,铁丝网及磅秤表面粘结水重 G_2 ,那么任意时刻的截留降水 G_1 可表示为:

$$G_1 = G_t - G - P - G_2 \quad (1)$$

式(1)中 G_2 为常数,其值很小,在本试验中忽略不计;降雨雨滴冲击力 P 尽管随着降雨强度的变化而有所差异,但由于降雨高度高,不同雨强的降雨其雨滴到达磅秤上时动能基本相等,因此, P 随降雨强度变化不显著,故作为常数处理,其值为 0.2kg ,则(1)式变成以下形式:

$$G_1 = G_t - G - 0.4 \quad (2)$$

截留量 P_i 为:

$$P_i = G_1 \times 500 \div \text{铁丝网面积}(S) = 0.101G_1(\text{cm}) = 1.01G_1\text{mm} \quad (3)$$

对试验结果(表 2)进行逐步多元回归得:

$$P_j = -0.0186 + 0.0601CI t - 0.00612C^2I^2t^2 \quad (4)$$

相关系数 $R = 0.9172$ F 值为 4.0

(4)式中: P_j ——截留量(mm); C ——草地盖度(%); t ——降雨时间(min)

对于某一给定的沙打旺草地,其盖度 C 相对为一常数,所以对式(4)求 I 和 t 的偏导:

$$\frac{\partial P_j}{\partial I} = 0.0601t - 0.01224C^2I t^2 \quad (5)$$

$$\frac{\partial P_j}{\partial t} = 0.0601CI - 0.01224C^2I^2t \quad (6)$$

表 2 草地截留试验结果

P_j (500g)	C (%)	I (mm/min)	t (min)	P_j (500g)	C (%)	I (mm/min)	t (min)
0.052	0.88	0.33	1.00	0.209	0.88	0.33	2.17
0.623	0.88	0.33	3.17	0.936	0.88	0.33	5.50
0.052	0.88	0.68	1.25	0.208	0.88	0.68	1.75
0.416	0.88	0.68	2.33	0.832	0.88	0.68	3.33
0.052	0.88	0.88	0.57	0.519	0.88	0.88	1.17
0.936	0.88	0.88	1.58	1.144	0.88	0.88	2.25
1.248	0.88	0.88	3.08	0.202	0.75	1.00	1.00
0.404	0.75	1.00	1.33	1.113	0.75	1.00	4.22
1.215	0.75	1.00	6.25	1.620	0.75	1.00	7.47
0.104	0.75	0.43	1.58	0.312	0.75	0.43	2.53
0.520	0.75	0.43	4.33	0.728	0.75	0.43	4.83
0.936	0.75	0.43	5.17	0.104	0.75	0.93	0.75
0.208	0.75	0.93	1.25	0.302	0.75	0.93	1.50
0.520	0.75	0.93	2.08	0.728	0.75	0.93	2.42
0.832	0.75	0.93	2.47	1.040	0.75	0.93	3.08
1.040	0.64	0.98	1.88	1.352	0.64	0.98	5.50
0.052	0.64	1.00	0.83	0.312	0.64	1.00	1.17
0.624	0.64	1.00	1.50	0.728	0.64	1.00	2.08
0.104	0.53	1.00	1.00	0.416	0.53	1.00	1.83
0.624	0.53	1.00	2.58	0.208	0.75	0.93	1.25
0.520	0.75	0.93	2.08	0.832	0.75	0.93	3.08
0.208	0.64	0.69	0.83	0.728	0.64	0.69	2.00
0.936	0.64	0.69	2.25	0.052	0.53	0.75	0.50
0.416	0.53	0.75	1.33	0.104	0.41	0.81	0.83
0.312	0.41	0.81	1.25	0.416	0.41	0.81	1.58
0.052	0.41	0.57	0.50	0.312	0.41	0.57	1.33
0.263	0.33	0.51	1.08	0.281	0.33	0.51	1.50
0.094	0.33	0.68	0.50	0.209	0.33	0.68	0.67

令(5)、(6)式分别等于 0 得:

$$\begin{cases} 0.0601 - 0.01224CI t = 0 \\ 0.0601 - 0.01224CI t = 0 \end{cases}$$

联立求解得:

$$CI_t = 4.9 \tag{7}$$

即当 CI_t 取 4.9 时,截留量可能得最大值 P_{max} ,令(7)式中 C 为 1,即草地为全覆盖,此时草地截留量取得最大值。将 $C = 1$ 及 $It = 4.9$ 代入(4), $P_{max} = 1.46mm$ 。即当草地全覆盖时,降雨量为 4.9mm 时截留量取得最大值 1.46mm。最大截留率= $1.46/4.9=29.7\%$,对于盖度为 C 的草地其最大截留量为 $1.46C$,最大截留率为 $29.7\%C$ 。

3.2 各因子对草地截留的影响

从分析结果可以看出:盖度对草地截留影响很大,盖度与草地截留间基本上呈线性关系,草地截留量随着盖度的增大而增加,随着盖度的减小而减小,其关系见图 2;降雨强度也对草地截留具有很大的影响,从定性分析可以得到,当草地盖度一定时,雨强较小时草地最大截留量比雨强大时截留量为大,这是因为随着雨强的增大,雨滴对草的扰动作用也随着增大,就会使部分水体过早脱离草体落于地面上;从定量分析的结果可以得到,雨强较大时,草地达到最大截留量所需时间短,相反则时间较长;雨强与草地截留间关系见图三。降雨时间同样影响草地截留,降雨刚开始截留量随着时间的延长而增加,到一定时间截流量就不会随时间增加,这时草地截留将会保持一相对平衡,一部分降水被拦截而另一部分从草体上流向地表,使得截留量相对稳定。其关系见图 4。

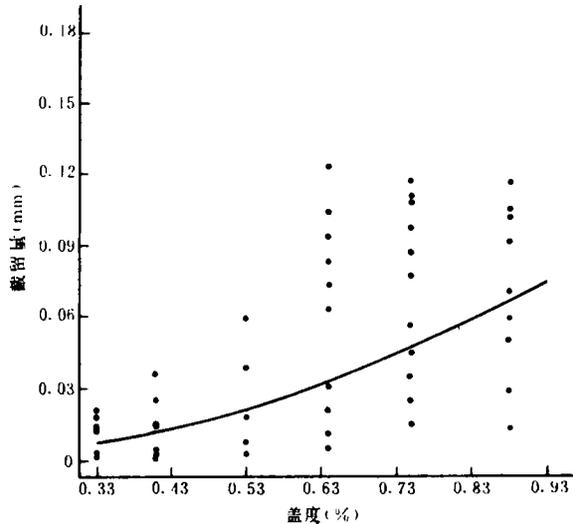


图 2 草地截留与盖度关系曲线

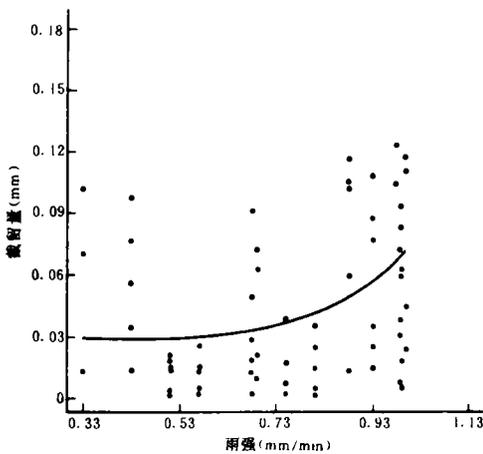


图 3 草地截留与雨强关系曲线

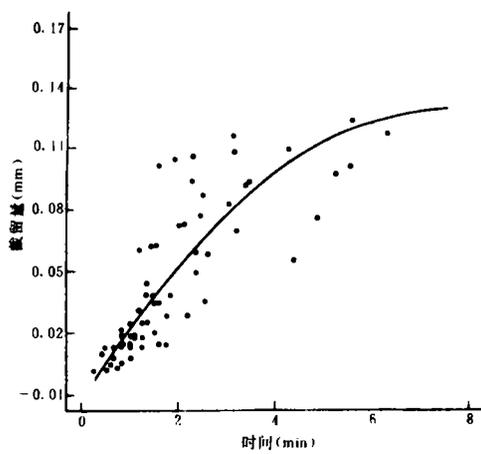


图 4 草地截留与时间关系曲线

4 结 语

草地截留受草地盖度、降雨强度和降雨时间等因素的影响,其关系为: $P_j = -0.0186 - 0.0601CIT - 0.00612C^2I^2T^2$ 。沙打旺草地可能取得的最大截留率为 29.7%,一般的草地为 29.7% C ;草地盖度、降雨强度和降雨时间对草地截留的影响不尽相同。

参 考 文 献

- [1] 余新晓. 森林植被减弱降雨侵蚀能量的数理分析. 水土保持学报, 1988 年
- [2] 刘向东等. 六盘山森林保持水土生态功能评价. 水土保持学报, 1987 年
- [3] 刘向东等. 森林植被垂直截留作用与水土保持. 水土保持研究, 1994 年
- [4] 郑粉利等. 子午岭林区林冠对降雨截留作用的研究. 中科院水利部西北水土保持所集刊, 第 17 集
- [5] 岩田悦行著, 祝廷成等译. 草地生态学. 1981 年
- [6] S. B. 查普曼等著, 阳含熙等译. 植物生态学的方法. 北京: 科学出版社, 1980 年

(上接第 11 页)

但鉴于小流域系统的复杂性,有关技术方法的局限性,水土保持规划方法目前还不完善,还没有在理论上走向全面统一,尚有一些值得探讨的问题和借鉴的方法。

系统观方面,有人提出目前在小流域综合治理规划中,普遍将坡面、沟道分别优化,而忽视了这两个子系统的影响和协调,主张以“相对平衡系数”,作为联系上述子系统的综合性定量化指标,从而将这两个子系统置于更大的动态系统中,以保证总系统的优化规划。优化方法方面,目前非线性规划方法不尽完善,但线性规划的单纯形法是成熟的,故而主张^[6]通过控制区间变化范围,用直线近似代替曲线,把非线性问题线性化,克服非线性规划方法的局限性,并在沟道工程体系的优化中进行了尝试。地理信息系统(GIS)在图形处理、信息管理方面具有很强的功能,可把各地块自然、生态、经济要素的综合影响,全面反映在规划中,并实现优化方案与规划地块的对应落实,在小流域综合治理规划中,有广阔的运用前景。

综上所述,目前国内小流域综合治理规划方法渐趋成熟,但其在系统观和优化方法上还须进一步完善;另一方面,水土保持学、系统学、地理学和计算机科学的相互渗透、有机结合,必将成为今后小流域综合治理规划的发展趋势。

参 考 文 献

- [1] 神府东胜矿区水土保持规划. 黄委会黄河上中游管理局. 1992 年
- [2] 孙立达, 孙保平, 齐实. 小流域综合治理理论与实践. 北京: 中国科学技术出版社, 1992 年
- [3] 武永昌, 崔云鹏等. 淤地坝系拦泥、滞洪坝高的双优化. 水土保持学报, 1991 年
- [4] 秦向阳, 郑新民. 小流域治沟骨干坝系优化规划模型的研究. 中国水土保持, 1994 年
- [5] 希梅尔布劳 DM. 实用非线性规划. 北京: 科学出版社, 1981 年
- [6] 武永昌. 变区间线性化方法及淤地坝系库容、建坝时序的同步优化. 水土保持学报, 1994 年
- [7] 李怀甫. 小流域治理理论与方法. 北京: 水利电力出版社, 1989 年