

作物植被的保土作用及作用系数

刘秉正 刘世海 郑随定
(西北林学院 陕西杨陵 712100)

摘 要 坡耕地种植作物能形成地表覆盖,具有一定的保土功能,其保土原理是作物密度大,地表微起伏和根系的固土作用。保土作用受覆盖度、地形、降雨等影响;用保土作用系数(C)衡量,仅与覆盖度有关。在黄土高原南部, C 变化在0.11~0.86间,因而,提高坡耕地作物植被的保土功能,还需加其它管理措施。

关键词 作物植被 保土作用 作用系数

Soil Conservation and Coefficient of Soil Conservation of Crops

Liu Bingzheng Liu Shihai Zheng Suiding
(Northwestern College of Forestry Yangling Shaanxi 712100)

Abstract Crops in cultivated land can cover soil surface so as to conserve soil because of high crops' density, coarse in ground and crops' roots. Soil conservation were affected by crop cover, microtopography and rainfall. The coefficient of soil conservation was only related to crop cover. Ranges of C value was from 0.11 to 0.86. Therefore, increase of soil conservation by planting crops in the gentle slope land also required other management measures.

Key words crops soil conservation the coefficient of soil conservation

“治理水土流失,建设生态农业,实现山川秀美”是我国在新形势下的重大战略部署,恢复和建设各类植被成为重要内容。绿色植物既有生产功能,又有生态功能,尤其在水土流失区对生态环境改善意义重大,正像朱显谟和黄秉维先生所指出的“植被永远是防止地面水土流失的积极因素”^[1],“森林具有最强的保持土壤的作用,这是它对环境最重要的作用”^[2]。

植被保土作用的研究始于上世纪末,1877年德国土壤学家 Wolly 建立了第一个植被及覆盖物防止侵蚀的试验小区,嗣后传入欧美和世界其它地区。1947年美国学者 Musgrave G. W 首次提出植被作用系数 C ,并引入估算美国东部和中部土壤流失方程中^[3]。1954年经过 D. D Smith 等人的努力,通用土壤流失方程式(USLE)问世,作物植被作用系数更加系统而明确^[4]。后来,USLE 不断修改和完善,应用范围逐渐扩大,但 C 因子一直是影响侵蚀的重要因子。

我国植被作用研究起步较晚。新中国成立后,开始于森林植被的水文效应研究^[5],后逐渐扩

展到森林植被(含人工林)生态特征及对土壤侵蚀影响^[6,7]; 近来, 吴钦孝总结了黄土高原人工防护林生态效益, 提出一般防护林可减少径流 20.3% ~ 98.8%, 减少泥沙 3.9% ~ 99.9%^[8]。而有关作物植被作物及作用系数研究寥寥。

黄土高原有坡耕地 1 400 万 hm², 占总耕地 73.6%, 侵蚀产沙达 8 亿 t。如何利用作物植被减少侵蚀就成为主要问题。我们以黄土高原南部坡耕地种植的小麦、玉米、豆类、谷子等为对象, 研究作物植被的保土作用及作用系数, 为预测土壤侵蚀模型、水土保持规划、环境整治提供理论依据, 并可正确评估作物植被的保土作用。

1 资料来源及研究方法

研究采用收集资料, 典型试验与统计分析相结合的方法。

在黄土高原南部的黄委会西峰水土保持试验站设站较早, 他们于 1964 年先后布设多种农作物试验径流小区(见黄河中游水土保持径流观测资料——径流场部分), 测定其侵蚀变化。我们收集了这部分资料, 包括径流小区特征、侵蚀降雨特征、作物及覆盖度、侵蚀产沙量等。资料年限为 1964 ~ 1996 年, 共 15 区 76 组资料。径流小区基本特征列表 1。

“七五”期间, 我们在淳化县泥河沟流域径流试验场布设了玉米、豆类侵蚀试验, 从 1988 年到 1990 年, 共取得 33 组资料。小区特征一并列出。为对照检验, 同时收集整理西峰、淳化两地裸地径流场有关侵蚀资料, 以作分析计算。

表 1 农作物径流小区基本情况

地 名	场 号	坡度(°)	微地形特征	作 物	观 测 年 份
西	北 11	2.85	塬 地	冬小麦	1959, 1995 ~ 1996
	下 11	20.03	直线坡	黑 豆	1964 ~ 1965
	下 12	12.57	直线坡	黑 豆	1965
	长 13	12.35	直线坡	玉米谷子	1975, 1980
	长 14	20.09	直线坡	谷 子	1975
	叶 4	1.08	塬 地	高 粱	1965
峰	羊 1, 2, 5	0.46	塬 地	高粱黄豆	1965 ~ 1966
	长 12	24.00	直线坡	谷 子	1975 ~ 1977
淳 化	秋 1	5.38	塬 地	玉米黄豆	1998 ~ 1990
	秋 2	7.33	塬 地	玉米黄豆	1989 ~ 1990

2 作物植被保土作用

2.1 作物植被保土作用特点

在发生土壤侵蚀的地区, 坡地上种植各类农作物, 形成一定的植被覆盖, 能保护土壤, 阻抗侵蚀。一般作物植被的保土作用与森林植被作用相比, 作用机理特点不同。森林植被的保土作用有三个层次; 首先, 冠层拦截降水, 削减降水侵蚀能量; 其次, 地被物(活地被物和凋落物层)保护地面直接遭受打击, 又调节地表径流, 增加土壤渗透时间, 削减径流动能, 阻滞泥沙迁移; 森林还改良土壤, 增强土壤渗透性, 提高其抗冲性和抗蚀性能。一般良好的森林植被保土效益几乎达 100%^[8]。

作物植被冠层结构单一、低矮, 但覆盖均匀, 能够削减雨滴能量, 截留部分降水。作物在整个生育期间, 没有或极少有地被物, 不像森林植被依赖地被物层发挥理水功能。但作物种植密度极大, 如禾本科的麦、谷、糜, 能够阻滞径流, 增加土壤入渗, 减少冲刷; 耕地土壤性质主要受人为管

理影响, 人们的耕锄造“洼”, 形成地表起伏, 导致坡面流减少和泥沙停积, 此外, 作物根系密集固结表土, 也提高了土壤的抗冲性。我们曾实测了玉米、黄豆秋作地, 暴雨期减少径流 48% ~ 80%^[9], 填洼拦泥达 9.9 ~ 24.0 kg/100 m²^[10]。

2.2 保土作用与覆盖度的变化规律

作物植被保土作用与其覆盖度密切相关, 覆盖度愈大, 侵蚀愈弱; 相反, 覆盖度小, 作用弱, 侵蚀增强。

作物植被覆盖度随季节和作物种植、作物特性变化。在黄土高原南部 5 ~ 10 月的侵蚀期, 有两类不同变化规律: 一类是以冬小麦为主的“夏田”, 它于先年 9 月种植, 翌年 3 月拔节生长, 6 月收割, 最大覆盖度可达 0.70 以上; 收割后, 覆盖度骤降为 0.00; 另一类为玉米、豆、谷等为主的“秋田”, 它于 4 月前后播种, 嗣后发芽生长, 8 月覆盖度最高, 可达 0.80 以上, 9 ~ 10 月收割, 覆盖度减至 0.00。其保土作用亦随之规律变化。表 2 列出该区主要作物覆盖度各月的变化。

表 2 黄土高原南部几种主要作物植被覆盖度变化

作物种类	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
玉米	中旬播种	0.1	0.2 ~ 0.3	0.3 ~ 0.5	0.5 ~ 0.6	0.6 中旬收割	0.0
马铃薯	中旬播种	0.1	0.2 ~ 0.4	0.4 ~ 0.55	0.6 ~ 0.2	0.2 中旬收割	0.0
高粱	下旬播种	0.05	0.1 ~ 0.3	0.3 ~ 0.5	0.6 ~ 0.8	0.7	0.7
豆类	下旬播种	中旬播种	0.1 ~ 0.2	0.3 ~ 0.5	0.5 ~ 0.8	0.7 下旬收割	0.0
糜谷	下旬播种	中旬播种	0.1	0.2 ~ 0.5	0.5 ~ 0.7	0.7 下旬收割	0.0
小麦	0.4 ~ 0.5	0.6 ~ 0.7	0.7	0.0	0.0	0.0 下旬播种	0.05

覆盖度对保土作用的影响, 可用以下通式表达:

$$M_s = a + b/C \quad \text{和} \quad M_s = ae^{bC} \tag{1}$$

式中: M_s ——土壤侵蚀模数; C ——覆盖度, 与土壤侵蚀呈负相关关系。

2.3 不同坡度下保土作用

水力侵蚀强度与坡度呈幂函数关系, 在黄土高原, 指数为大于 1 的数。当有作物植被覆盖时, 其相应侵蚀强度有所降低。坡度小时, 保土作用明显, 侵蚀微弱; 较陡坡度保土作用差, 土壤侵蚀较大。如 1964 年 7 月 20 日降水 51.20 mm, 最大强度 1.282 mm/min, 黑豆地(20°)侵蚀模数竟达 1110 t/km²; 而 52 坡度的小豆地, 侵蚀模数仅 95.31 t/km², 相差 100 倍。

回归分析几个典型坡度下作物植被的保土作用, 数学关系列表 3。

表 3 几个典型坡度作物覆盖度与侵蚀量的回归模型

地面坡度(°)	数 学 模 型	r	s
0.5 ~ 0.3	$M_s = -7.506 + 555.1/C$	0.842	1.650
4 ~ 6	$M_s = -20.18 + 2060.0/C$	0.880	1.430
12	$M_s = -34.791 + 2421.5/C$	0.992	1.287
20	$M_s = 159506e^{-0.23C}$	0.897	10.976
24	$M_s = -103.263 + 7139.2/C$	0.963	13.344

表 3 各式中: M_s 为土壤侵蚀模数(t/km²); C 为作物覆盖度(%); r 为相关系数; s 为标准差。经方差分析检验, 均达极显著水平。可以看出, 在相同覆盖度下, 随坡度增大, 侵蚀增强; 无论在何种坡度下, 侵蚀泥沙量均与覆盖度呈反相关。

2.4 降雨对保土作用的影响

降雨量和降雨强度是影响坡地侵蚀的主要动力因子, 在有作物植被覆盖的情况下, 由于覆盖

度是由小逐渐增大(秋作物), 因而其保土作用也受降雨量和降雨强度的影响, 尤其是覆盖度小时, 十分明显。在相同条件下, 降雨量与侵蚀模数相关系数在 0.84 左右; 瞬时最大雨强与侵蚀量的相关系数变化在 0.43 ~ 0.86 之间。可见, 有植被覆盖时, 降雨量对其保土作用的影响更加重要。

经过回归分析, 作物地土壤侵蚀与降水、坡度的函数关系为:

$$M_s = 0.0905 (PI_{10})^{1.705} S^{1.218} \quad r = 0.94 \quad (2)$$

此外, 人为耕作管理、作物种类也有较大影响。一般等高种植, 管理精细, 土壤侵蚀轻; 反之, 顺坡种植, 管理粗放, 侵蚀也有细沟产生。从现有试验资料看, 谷子、糜子这两种作物的保土作用较强, 这一方面是种植密度较玉米、豆类高, 所以阻滞径流, 增加拦蓄, 减少了冲刷作用; 另一方面, 其根系密集发达, 土壤水分消耗大, 除提高地表土壤抗冲能力外, 还增加了土壤的渗透能力, 减少了径流。

3 作物植被保土作用系数

3.1 保土作用系数

覆盖地表的作物植被, 有减缓侵蚀的保土作用, 其抑制土壤侵蚀的能力或作用大小, 称为植被保土作用系数, 用 C 表示。本研究的 C 表示抑制水力侵蚀作用大小。

C 具有概率概念的特性, 其值变化在 0 ~ 1 之间。当无植被作用时, $C = 0$; 当植被作用达最大时, $C = 1$ 。根据 C 的定义, 其计算式为:

$$C = \frac{\text{有植被覆盖的土壤侵蚀量}}{\text{相同情况下无植被覆盖的土壤侵蚀量}} \quad (3)$$

系数 C 与常用的效益概念相近, 较明晰确切。当要计算植被保土减沙效益时, 可直接取用 C 值; 当预估侵蚀量时, 需将其转化成 $(1 - C)$ 。

3.2 保土作用系数 C 的估算与变化

由上(3)式知, 要求得保土作用系数 C , 除了有植被覆盖下的侵蚀量之外, 还需要作对比试验, 在相同坡度、坡长和降雨下得出裸露坡地的侵蚀量。但在实际布设试验时, 这样的设计并不多见, 因而直接求取 C 有一定困难。然而, 各试验站都十分重视不同坡度(有的还有坡长、坡形)裸地试验, 并积累了较为丰富的观测资料, 提供了解决这一问题的新途径。

据此, 我们统计西峰、淳化两地 1964 ~ 1996 年(西峰)和 1987 ~ 1994 年(淳化) 17 个径流小区资料, 坡度从 0.45 到 20°; 坡长均为 20 m, 总样本 221 个, 得到降雨和坡度与裸地土壤侵蚀模数的函数关系式为:

$$M_s = 0.052 (PI_{30})^{1.912} S^{1.409} \quad r = 0.981 \quad (4)$$

经与实测值检验, 相对误差为 6.85%。

现在就可以用有作物试验小区的观测数据, 与相应降水、坡度下由(4)式求得的侵蚀量代入(3)式估算出 C 值了。若无试验资料, 亦可用(2)式估算有作物的侵蚀量, 再与(4)式的计算结果相比, 这样精度稍低。

计算结果表明, 该区 C 值最小为 0.11(被覆度为 0.05), 最大值为 0.86(被覆度为 0.85), 多年平均值在 0.31 ~ 0.53 之间变化。这与美国通用流失方程中的 0.50 ~ 0.70^[11] 和江忠善统计黄土丘陵区 8 月最大为 0.48 基本一致^[12]。

计算还发现, 无论在何种情况下, 植被作用系数 C 仅与作物覆盖度有关, 与其它因素无关,

这显然说明 C 是相对变量, 其它变量均包涵在(3)式的分子与分母中了。这样, 就为寻求解决 C 找出途径, 由统计回归分析得:

$$\begin{aligned} C &= 0.779 + 0.595 \log C & (5) \\ r &= 0.935 & s = 0.0899 \end{aligned}$$

式中, C 和 C 均为小数。

将表 2 中的覆盖度代入式(5), 即可得到不同时期不同作物的作用系数 C ; 将(5)式与(4)式联合使用, 可估算出有作物的坡耕地土壤侵蚀量。

3.3 作物植被与森林植被作用系数的比较

为了解作物植被与森林植被在控制土壤侵蚀作用上的差异, 我们利用“六五”至“八五”期间观测的人工刺槐林保土资料, 点绘出图 1 中的 A, 并与作物植被图 1 中 B 对比。

由图 1 看出, 作物植被保土作用系数, 在覆盖度为 1.0 时, 最大不超过 0.8 (理论值为 0.779); 覆盖度为 0.05 时 (理论值为 0.049), 已丧失保土作用, 系数为 0。森林植被 (这里是具水平阶整地的人工林) 的覆盖度超过 0.85 时, 作用系数可能达到 1.0; 当覆盖度降低为 0.3, 保土作用系数在 0.4 上下。由此可见, 作物植被保土作用不如森林植被作用强。所以, 坡耕地仅依靠种植作物防治土壤侵蚀是不够的, 还应再配上适宜的耕作管理措施, 如水平沟垅等, 以增加截流拦蓄能力, 提高水土保持功能。

4 结 论

我国黄土高原坡耕地面积大, 利用种植作物增加地表覆盖, 减缓土壤侵蚀具有重要意义。

作物植被的保土作用, 除了冠层低矮均匀, 削减雨滴能量外, 它种植密度大, 受人为管理影响, 地表粗糙, 阻滞“填洼”增加渗透, 减少径流与冲刷, 有较强的固土作用。

作物植被的保土作用与覆盖度呈正相关变化, 在侵蚀期, “夏田”作物覆盖度从最大减至 0, “秋田”作物覆盖度从最小增至 0.70 以上, 保土作用作相应的规律变化; 在不同坡度和不同降雨性质下, 保土作用也不相同, 可以用表 3 或式(2)来估算。此外, 人们的管理与作物种类也有较大影响。

作物植被保土作用系数是指植被保持土壤, 抑制侵蚀的能力或作用大小, 它仅与被覆盖度有关, 可用 $C = 0.779 + 0.595 \log C$ 来估算。在黄土高原南部, 它变化在 0.11 ~ 0.86 之间, 理论值不超过 0.8, 因之, 要提高坡耕地作物植被保土功能, 还需要适当的耕作措施配合。

(下转第 113 页)

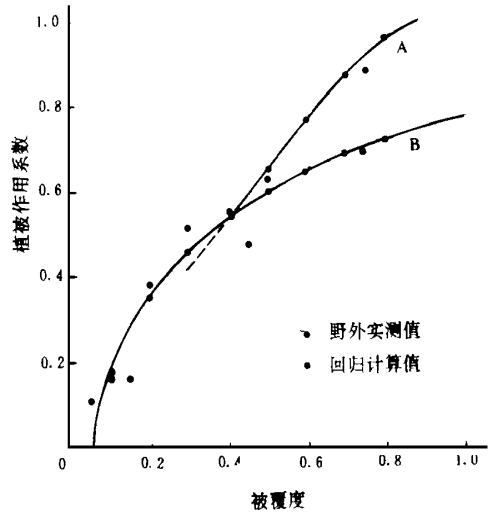


图 1 植被作用系数与覆盖度关系

别是人口与耕地资源、人口与经济、人口与科学文化投入的矛盾十分突出, 人口早已超过目前农业投入水平的适度人口限量。较多的劳动力资源中具有较高技术熟练程度和科学文化水平的劳动力资源所占比例太小。因此, 控制人口增长速度和培养一支训练有素的劳动力队伍是贵州喀斯特区域农业开发与环境治理不可缺少的条件。

3. 4 提高认识、树立信心是改变贵州山区生态恶化现状的重要保证

喀斯特山区生态恶化、水土流失加剧的现状, 是多因素、长时期相互作用的结果, 也是当前这一地区经济欠发达所致。这些年, 各级部门和广大群众治山治水做了大量工作, 取得了显著成绩, 但要根本改变面貌任务仍很艰巨, 为此, 首先要进一步提高认识, 特别是提高各级领导者的认识, 树立改善生态环境, 防治水土流失是可持续发展的重要内容, 是为子孙后代造福的大事意识, 要克服畏难情绪, 树立信心, 艰苦奋斗, 持之以恒。只有这样, 才能把防治贵州喀斯特山区土壤侵蚀的宏伟工程建立在可靠的基础之上。

(上接第 36 页)

参考文献

- 1 朱显谟. 黄土地区植被因素对于水土流失的影响. 土壤学报, 1960, 8(2): 17~21
- 2 黄秉维. 再谈森林的作用(四). 地理知识. 1982, 4(4): 1~4
- 3 M. J. 柯克比, R. P. C 摩根. 土壤侵蚀. 北京: 水利电力出版社, 1987. 3
- 4 D. D. Smith and W. H. Wischmeier(1957), Factors Affecting and Rillerosion. Trans. Am. Geophys. Union, 38, 889~890
- 5 崔启武等. 林冠对降水的截留作用. 林业科学, 1980(2): 9~14
- 6 王佑民, 刘秉正. 黄土高原防护林生态特征. 北京: 中国林业出版社: 1994, 240
- 7 王秋生. 植被控制土壤侵蚀的数学模型及其应用, 水土保持学报: 1991(4)
- 8 吴钦孝等. 黄土高原植被建设与持续发展. 北京: 科学出版社, 1998
- 9 刘秉正等. 泥河沟暴雨侵蚀与水土保持. 中国科学院、水利部西北水土保持研究所集刊, 1989. 12, 第 10 集, 130~136
- 10 赵晓光等. 黄土区坡耕地侵蚀输移特征. 西北林学院学报, 1995, (增刊): 8~13
- 11 Fao, Soil Erosion by Water, Printed in Italy, 1965, 148~151
- 12 江忠善等. 黄河中游黄土丘陵沟壑区小流域产沙量计算. 河流泥沙国际学术会议论文集. 光华出版社, 1980, 63~73