

黄土高原沟壑区的水土流失 及其经验计算模式

肖永全

王恒善

(陕西省气象科学研究所) (陕西省渭南水保站)

提 要

本文利用解放后的小流域径流资料和八十年代前期的不同治理措施的试验小区径流观测资料,以及气象部门降水资料,采用频率统计和数理统计分析方法,揭示了降雨特征与水土流失量间的内涵关系。结果表明:小流域的水土流失可用降水指标建立回归方程,试验小区的水土流失可用主成分方法建立经验计算模式。为进一步研究水土流失规律,开展小流域综合治理提供了科学依据。

关键词: 水土流失 降雨特征 经验计算模式

水土流失过程是侵蚀力和抗蚀力的动力平衡过程。对水力侵蚀而言,侵蚀力包括降水侵蚀力和水流冲刷力,且大气降水又是主要的自然因素之一(在特定的地形、土壤条件下)。国外在这方面已有研究^[1],美国W·H·Wischmefer 1956年用人工降雨试验资料得出通用土壤流失方程(USLE): $A = RKLSCP$,式中R为降雨侵蚀力指标,等于降雨动能与30min最大降雨强度的乘积,即 $R = \sum EI_{30}$;后来各国开展此公式的适用性研究^[2]。我国中科院西北水保所王万忠用陕北径流资料,得出适用于黄土地区(农田)的R指标为 $R = E_{60}I_{10}$ 或 $R = \sum EI_{10}$ ^[3]。此外,苏联的库兹涅佐夫等人从泥沙运动的理论出发,建立了土壤流失的水力学模型^[1] $R = d_1 n_1 m_2 \gamma \frac{\pi d^3}{6}$;我国西北水保所江忠善同志用降水间接参数和地形、植被等作用,建立次暴雨产沙模数(M_s)公式: $M_s = 0.37M^{1.15}JKP$ 。由此可见,这些工作对降水的作用非常重视,以复合因子或间接参数来表示,但对降水与水土流失间的定量模式研究不够,且计算比较复杂。此文根据小流域径流资料和试验小区径流资料(而不是人工降水试验资料),通过数理统计方法,求得相应的水土流失经验计算模式,为客观定量地研究水蚀类型的水土流失规律提出较好的数学模式,是气候学应用于水保学的具体实例。

一、水土流失概况和治理现状

黄土高原沟壑区位于陕西关中平原北部,属台原地貌,塬面宽广平坦,沟壑较多,沟坡陡峻;土壤以黄绵土为主,植被稀少;属暖温带半湿润半干旱气候区,年降水量500~600mm,主要集中在汛期;汛期(5~10月)雨量450~550mm,夏多大雨,秋有连阴雨天气,致使水土流失灾害不断发生,土壤侵蚀模数一般为1000~3000t/km²,局部地区可达3000~5000t/km²,给该地区农业生产造成严重威胁。

解放后,党和政府非常重视水土保持工作。但是,各地发展不平衡。虽然在黄河中游地区进行了重点治理,如陕北黄土丘陵沟壑区无定河流域五十年代的平均输沙量2.42亿t,六十年代减少22%,七十年代减少52%,八十年代减少60%以上;而泥沙最多的泾河,多年平均输沙量减少

2.67亿t,五十年代至七十年代几乎变化很小(三个年代平均输沙量分别为2.71亿t和2.71亿t和2.60亿t^[4])。因此,八十年代开始,水保和林业部门进行了一些治理措施试验,取得了一定的水保效益和经济效益。例如白水杜康沟不同治理措施的对比试验,结果表明:人工草地和人工林地的水保效益明显,产流分别比农耕地减少43.8%和77.1%;产沙分别比农耕地减少68.6%和67.6%,特别在植被覆盖度达70%以上减沙效益愈显著。又如长武县鸡儿沟小流域经过7年治理,森林覆盖率比解放初提高了10倍,年径流量比治理前减少96.9%,输沙量减少91%~96%^[5]。

二、资料简介和研究方法

本文以小流域为单元,采用陕西省水保局1954~1976年径流测验资料^[6],选澄城县碑楼沟、彬县鸣玉池沟和丰裕沟的径流站为代表,以及1982~1985年的白水县杜康沟、扶风县刘家沟的试验小区的径流资料。土壤侵蚀量分别用产流、产沙模数表示,单位分别为 m^3/km^2 和 t/km^2 ;试验小区分为农耕地、人工林地、人工草地和林牧地(5m×20m、西坡、20°)。同时分别选各试验区(径流站)县气象站的历年降水资料和径流测验期间的500hpa天气图。由于县气象站与该县小流域相距较近,按气象台站的代表性,它们应属同一气候区。所以统计分析时,年和汛期降水资料均用气象部门的,而汛期是按径流测验期间(5~10月)统计的。在统计资料时,还引入“可蚀性降水”概念,它是指能够引起土壤流失的降水量,是按径流资料统计的。

研究方法分两种,对小流域而言,采用频率统计方法在降水指标出现频率期间分别统计产流、产沙占总量的百分比,然后用多元回归或逐步回归得出经验计算模式;对试验小区而言,采用各种回归对比,得出用主成分分析方法较好地揭示了降水与土壤侵蚀量间的内涵关系,然后用第一、第二主成分分量建立水土流失数学模式。

根据文献^[7],主成分分析步骤:

1. 对变量进行标准化处理。如对变量 X_{ij} 先进行列的中心化,即求 \bar{x}_j ,然后用标准差 S_j 处理得 x'_{ij} 。

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{S_j} \quad (1)$$

$$\text{式中: } \bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}, \quad S_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}, \quad i=1, 2, \dots, n$$

i 为试验小区变量数(8),分别为逐次洪水的总雨量、平均雨强及10、20、30、45、60和90min最大雨量, $j=1, 2, \dots, m$,即样本个数(23)。

2. 计算相关系数矩阵 $R = \{r_{ij}\}$ 。

3. 由对应的 R ,用JACOBI方法求 J 个非负的特征值 $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_J \geq 0$,求得特征值 λ_i 的相应特征向量值。

4. 选择 m ($m < J$)个主成分分量。当 m 个主成分分量的方差和占总方差的85%以上时,即基本上抓住了原来自变量的信息。

5. 由第一、第二个主成分分量建立经验计算模式。

三、水土流失经验计算模式

降水是黄土高原地区水土流失的一个最重要的自然因素,尤其对水蚀而言。但表征降水用哪

些指标?人们普遍认为,“雨量愈多,历时愈长,土壤侵蚀量亦愈大”的定性结论。为了客观定量地评价降水指标,将从气候统计角度去揭示其规律。

(一) 影响水土流失的降水指标

表征降水指标,主要有雨量、雨日、降水时间长短、降水强度和降水天气类型等。根据白水等县小流域径流和气象降水资料,统计各降水指标的出现频率及其土壤侵蚀量占总量的百分比,得到如下结果。

1. 在年雨量中,汛期雨量占年雨量82%,可蚀性雨量占年、汛期雨量分别为42%和51%(见表1)。

2. 日雨量(q):当日雨量大于20mm时(指可蚀性雨量),出现频率约为50%,产流和产沙量分别占总量85%和80%以上。当可蚀性日雨量大于50mm时,出现频率不高,但土壤侵蚀量大,日产沙模数高达100t/km²。而小于10mm的日降水,出现频率较高,但水土流失不大,占总量不超过5%。

3. 雨日(A):每年引起土壤流失的雨日平均8.2天,东部半干旱区5.7天,西部半湿润区7.1~11.7天。其中较严重侵蚀雨日(≥ 25.0 mm)每年平均3.9天,分别占年、汛期大雨日数68.9%和79.8%,中雨日数(≥ 10.0 mm)有40%~50%能引起土壤流失(见表1)。

4. 降水历时(t):可蚀性降水历时以12h以内为主,占总出现频率70%~90%。东部地区以2~4h最高(41%),产流、产沙占总量分别为32%和27%,6~12h次高(18%),产流、产沙最高,分别占总量49%和58%;西部地区出现频率分布较均匀,尽管12h以上的降水频率不高,但产流、产沙多,分别占总量47%~70%和30%~47%。

5. 平均雨强(I):逐次降水引起水土流失的平均雨强以10mm/h以内的频率最高,约占80%~90%,产流、产沙占总量70%~97%。

6. 降水天气类型(w):可蚀性降水约有81.4%发生在天气系统过程中,只有18.6%产生于局部地区降水过程中(见表2)。

因此,对特定小流域而言,水土流失量(M)与降水特征间的数学关系为:

$$M = M(q, A, t, I, w) \quad (2)$$

(二) 降水指标与土壤侵蚀量间的相关

1. 小流域

以小流域为单元,由于它是在特定的地形条件下,其土壤、植被等自然地理在未治理时期,可视为常数,所以自然因素中唯有降水因子起作用。由于无降水自记记录,只能对逐次雨量、历时和平均雨强等进行分析,求得其指标与土壤侵蚀量间的相关系数(见表3)。

表3表明:小流域水土流失主要与雨量关系密切,雨强次之。

2. 试验小区

由于试验小区径流资料中有降水自记记录,易求不同时段最大雨量(简称瞬间雨强),所以降水指标中应考虑它。若 x_i ($i=1, 2, \dots, 8$)自变量分别为逐次洪水的总雨量,平均雨强和10、30、45、60及90min雨强,则得各个试验小区水土流失的相关系数(见表4),均以 x_6 (45min雨强)较大,尤以农耕地和人工林地小区显著。

(三) 经验模式计算

1. 小流域

首先根据试验小区径流资料,采用最小二乘法,分别求算线性回归、指数回归和乘幂回归的基本函数的标准差、相关比和剩余差,然后进行比较,可得各小区的产流(或产沙)与降水指标

表3 小流域降水指标与产流、产沙的相关系数

项 目		澄 城	彬 县	
		碑 楼 沟	鸣 玉 池 沟	丰 裕 沟
产 流	雨 量	0.776 3	0.677 2	0.683 5
	历 时	0.154 6	0.119 1	0.240 8
	强 度	0.261 2	0.110 4	0.227 7
产 沙	雨 量	0.685 3	0.434 0	0.350 9
	历 时	0.077 6	-0.068 9	-0.067 5
	强 度	0.240 6	0.204 2	0.489 0

的关系，均以线性函数表示为最佳（计算结果略）。

然后，采用多元回归和逐步回归方法，将逐次可蚀性降水指标（选公式（2）中 q 、 t 、 i 和 w ）代入，方程表达式为：

$$M = B_0 + \sum_{i=1}^n B_i X_i, \quad (i = 1, 2, 3, 4) \quad (3)$$

式中 M 为产流、产沙模数， B_0 、 B_i 为待定系数， x_i 分别为总雨量、降水历时、平均雨强和天气

表4 各小区降雨特征与水土流失的单相关系数

降 雨 特 征		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	资 料 年 限
农 耕 地	径流模数 (y_1)	0.5379**	0.2776	0.5618**	0.6203**	0.5945**	0.6119**	0.5615**	0.5353**	23
	侵蚀模数 (y_2)	0.3836	0.0629	0.4254*	0.5058*	0.5562**	0.6347**	0.6294**	0.6231**	
人 工 草 地	径流模数 (y_3)	0.6280**	0.3286	0.6046**	0.7696**	0.7837**	0.8012**	0.7873**	0.7678**	22
	侵蚀模数 (y_4)	0.4427	-0.0162	0.2159	0.3296	0.3465	0.4277	0.4389	0.4821*	
人 工 林 地	径流模数 (y_5)	0.3591	0.1315	0.4676	0.7491*	0.7720**	0.7562*	0.5742	0.5051	12
	侵蚀模数 (y_6)	0.2696	0.1594	0.2965	0.6057	0.6573	0.6816*	0.5427	0.5159	
牧 草 地	径流模数 (y_7)	0.5237	0.0932	0.2389	0.4043	0.4181	0.4335	0.3987	0.3989	15
	侵蚀模数 (y_8)	0.5444	-0.1296	-0.0601	-0.0017	0.0236	0.0780	0.0902	0.1822	
平 均	径流模数	0.5122	0.2077	0.4682	0.6358	0.6421	0.6520	0.5804	0.5518	—
	侵蚀模数	0.3112	0.0191	0.2194	0.3599	0.3959	0.4555	0.4253	0.4508	

注：表中*为超过0.05信度；**为超过0.01信度。

类型（过程降水取1，局地降水取2）。求得系数（见表5、表6）。表5中 R 为复相关系数， S_E 为剩余差， F 为方差检验值， n 为样本数。

表5 多元回归方程中系数值

地 点		B ₀	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	R	S _E	S _E (%)	F	F _{α-0.01}	F > F _α F < F _α	[n	
澄城县	碑楼沟	产流	46.71	161.67	-268.84	-35.21	-892.81	0.865 0	121.76	85	8.92	5.04	>	17
		产沙	11.57	16.14	-32.32	-3.88	-131.70	0.822 9	14.07	113	6.29			
彬县	鸣玉池沟	产流	12.25	26.20	-14.44	6.89	-246.78	0.779 8	38.94	122	17.01	3.72	>	50
		产沙	-3.84	8.04	-5.99	4.09	-7.03	0.604 7	19.85	224	6.48			
县	丰裕沟	产流	-87.07	64.84	2.65	112.22	-37.49	0.723 5	155.85	93	8.24	3.97	>	35
		产沙	12.75	9.87	-0.57	69.47	-256.00	0.619 8	53.95	145	4.67			

表6 逐步回归方程中系数值

地 点		B ₀	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	R	S _E	F ₂	
澄城县	碑楼沟	产流	-938.51	140.55	-172.78	—	—	0.839 6	1 220.7	3.11
		产沙	113.91	15.40	-29.30	—	-152.56	0.820 5	136.1	(0.05)
彬县	鸣玉池沟	产流	-132.47	26.24	-14.18	—	—	0.767 7	390.0	3.75
		产沙	-26.79	8.26	-6.50	—	—	0.599 6	195.1	(0.01)
县	丰裕沟	产流	—	—	—	—	—	—	—	2.11
		产沙	-249.07	13.58	5.51	—	—	0.603 3	537.0	(0.10)

表6中R为复相关系数，S_E为剩余差，F_α为检验通过α信度值。

由表5、表6看出，小流域水土流失量可易从逐次洪水的总雨量（指日雨量）、降水历时等常规气象观测资料求算。

2. 试验小区

当有降水自记记录时，瞬间雨强可从自记纸上直接挑选。如前面指出，瞬间雨强比平均雨强与水土流失关系密切，但它们之间是否独立呢？现以白水杜康沟和扶风刘家沟试验小区为例，求得x_i（同表4中符号）间的相关系数矩阵（见表7）。

由表7表明：雨强间的关系较密切，一般相关系数为0.60~0.99，尤以瞬间雨强明显，约为0.87~0.99，说明因子不独立，这与该地区降水过程呈单峰型变化有关。显然，若用多元回归分析是不确切的。当用逐步回归分析，可得以下经验方程：

$$\text{产流} \begin{cases} y_1 = -1089.31 + 95.45x_1 + 317.33x_4 & (R = 0.69) \\ y_3 = -1822.91 + 55.61x_1 + 181.11x_6 & (R = 0.86) \\ y_6 = -791.46 - 1541.03x_3 + 1197.54x_6 & (R = 0.90) \\ y_7 = 651.35 + 111.80x_1 & (R = 0.52) \end{cases} \quad (4)$$

表7 试验小区两强间的相关系数矩阵

X_i	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
X_1	1	0.1021	0.2629	0.4167	0.4417	0.4542	0.4816	0.5094
X_2		1	0.4685	0.7015	0.6835	0.6144	0.5940	0.5546
X_3			1	0.9186	0.8775	0.8942	0.8666	0.8282
X_4				1	0.9922	0.9737	0.9556	0.9214
X_5					1	0.9835	0.9728	0.9442
X_6						1	0.9914	0.9706
X_7							1	0.9914
X_8								1

$$\begin{cases}
 y_2 = -343.5 - 214.95x_4 + 206.42x_6 & (R=0.80) \\
 y_4 = -39.02 - 16.41x_2 + 12.57x_8 & (R=0.71) \\
 y_6 = 17.99 - 44.33x_3 + 52.86x_8 - 21.01x_7 & (R=0.94)
 \end{cases} \quad (5)$$

y_8 无

式(4)和(5)中 y_i 和 y_j ($i=1, 3, 5, 7$) ($j=2, 4, 6, 8$)分别为试验小区的农耕地、人工林地、人工草地和牧草地的产流、产沙模数, y_7 与 y_8 未通过0.10信度,其余通过0.10信度。显然,复相关系数提高了,且也包括了主要因子,但无规律可寻。为此,采用主成分分析更确切些,因它的本质是将一组具有相关性的变量变换为一组独立的新变量。

根据主成分计算步骤,求得主成分特征值和累计特征值,(见表8)。由此可见,不同治理措施试验,小区第一主成分累计特征值平均为78.07%,前二个主成分累计特征值为90.21%,基本上抓住了主要因子。且各试验小区的产流、产沙的特征值规律基本一致,所以以产流为例,给出用前二项主成分特征向量表示的经验计算模式如下

$$y_1 \begin{cases}
 g_1 = 0.190x'_1 + 0.276x'_2 + 0.361x'_3 + 0.391x'_4 + 0.392x'_5 + 0.392x'_6 + 0.390x'_7 + 0.381x'_8 \\
 g_2 = 0.831x'_1 - 0.491x'_2 - 0.203x'_3 - 0.067x'_4 - 0.023x'_5 + 0.026x'_6 + 0.071x'_7 + 0.126x'_8
 \end{cases} \quad \dots\dots (6)$$

$$y_3 \begin{cases}
 g_1 = 0.185x'_1 + 0.274x'_2 + 0.358x'_3 + 0.390x'_4 + 0.394x'_5 + 0.393x'_6 + 0.392x'_7 + 0.384x'_8 \\
 g_2 = 0.828x'_1 - 0.500x'_2 - 0.197x'_3 - 0.065x'_4 - 0.017x'_5 + 0.031x'_6 + 0.071x'_7 + 0.119x'_8
 \end{cases} \quad \dots\dots (7)$$

$$y_5 \begin{cases}
 g_1 = 0.219x'_1 + 0.096x'_2 + 0.376x'_3 + 0.400x'_4 + 0.407x'_5 + 0.413x'_6 + 0.404x'_7 + 0.377x'_8 \\
 g_2 = -0.411x'_1 + 0.834x'_2 + 0.179x'_3 + 0.154x'_4 + 0.084x'_5 - 0.035x'_6 - 0.117x'_7 - 0.242x'_8
 \end{cases} \quad \dots\dots (8)$$

$$y_7 \begin{cases}
 g_1 = 0.202x'_1 + 0.319x'_2 + 0.355x'_3 + 0.385x'_4 + 0.385x'_5 + 0.385x'_6 + 0.383x'_7 + 0.376x'_8 \\
 g_2 = 0.921x'_1 - 0.291x'_2 - 0.228x'_3 - 0.081x'_4 - 0.040x'_5 - 0.014x'_6 + 0.025x'_7 + 0.081x'_8
 \end{cases} \quad \dots\dots (9)$$

表8 $Y_i \sim X_i$ 的主成份特征值和累计特征值

序 号		1	2	3	4	5	6	7	8
y_1	特征值	6.364	0.962	0.440	0.160	0.062	0.009	0.0018	0.0007
	累计(%)	79.33	91.36	96.86	98.86	99.4	99.75	99.77	99.99
y_2	特征值	6.364	0.962	0.440	0.160	0.062	0.009	0.0018	0.0007
	累计(%)	79.33	91.36	96.86	98.86	99.64	99.75	99.77	99.99
y_3	特征值	6.253	0.974	0.453	0.227	0.059	0.025	0.0035	0.0016
	累计(%)	78.15	90.28	96.00	98.84	99.60	99.91	99.95	99.99
y_4	特征值	6.283	0.978	0.410	0.237	0.059	0.026	0.0034	0.0017
	累计(%)	78.56	90.78	95.91	98.87	99.61	99.93	99.97	99.99
y_5	特征值	5.729	1.118	0.718	0.285	0.142	0.007	0.0006	0.00004
	累计(%)	71.62	85.60	94.58	98.14	99.92	99.97	99.978	100.00
y_6	特征值	5.729	1.118	0.718	0.285	0.142	0.007	0.0006	0.00004
	累计(%)	71.62	85.60	94.58	98.14	99.92	99.97	99.978	100.00
y_7	特征值	6.606	0.828	0.349	0.115	0.055	0.007	0.002	0.0004
	累计(%)	82.96	93.30	97.74	99.66	99.97	100.00	100.00	100.00
y_8	特征值	6.605	0.828	0.349	0.153	0.055	0.007	0.002	0.0004
	累计(%)	82.96	93.36	97.74	99.66	99.97	100.00	100.00	100.00
特征值累计平均		78.07	90.21	97.28	98.88	99.78	99.91	99.98	100.00

式(6)~(9)中 g_1 和 g_2 分别为第一和第二主成分分量, x'_i ($i=1, 2, \dots, 8$)为降水因子的特征向量值, 具体符号同表4中。由此组经验计算模式可见, 在第一主成分分量中, 特征向量均为正贡献, 尤以瞬间雨强较大, 贡献最大的是 $x'_5 - x'_6$, 即为30~45min时段内最大雨量; 在第二主成分分量中, 正贡献最大的是 x'_1 , 即逐次水土流失的总雨量, 负贡献最大的是 x'_2 , 即平均雨强。

由上述计算表明, 试验小区的水土流失的经验计算模式采用主成分分析方法, 选第一、第二主成分分量表示, 而不采用其它回归分析方法建立的经验计算模式。

(四) 降水侵蚀力 (R) 的经验计算模式

为了进一步探讨降水与水土流失的物理机制, 国内外水保工作者常用降水侵蚀力 (R) 表示, 它是指降水引起土壤侵蚀的潜在能力。美国学者通过试验得出, R等于降水动能 (E) 与30 min最大降水量 (I_{30}) 的乘积, 即 $R = \sum E \cdot I_{30}$, 式中 $\sum E$ 为此次降水中各时段降水产生的总动能 J/m^2 , 且各时段动能的经验公式 $E = (210.3 + 89 \lg I_t) \cdot P$, I_t 为某段落的降水强度 (cm/h), P为某段落的雨量 (cm); 王万忠得到适用于黄土丘陵沟壑区 $R = E_{60} \cdot I_{10}$ ^[3], 本文根据试验小区 (农耕地) 的径流资料, 得出 $R = E_{60} \cdot I_{45}$, 这与黄土沟壑区降水特性有关。但这些表

达式对降水动能计算比较复杂,能否从常规气象观测资料中推算?经试算得出如下结果:

1. 用总雨量 (P) 计算降水总动能 (ΣE):

$$\Sigma E = 19.06P - 37.40 \quad (\text{相关系数} 0.9393) \quad (10)$$

2. 用60分钟雨量 (P_{60}) 计算其动能 (E_{60}):

$$E_{60} = 1.88P_{60} + 191.8 \quad (\text{相关系数} 0.9421) \quad (11)$$

3. 用60分钟雨量 (P_{60}) 和45分钟雨强 (I_{45}) 计算 R (本文):

$$R = 4.99(P_{60} \cdot I_{45}) + 2384.52 \quad (\text{相关系数} 0.9688) \quad (12)$$

4. 用60min雨量 (P_{60}) 和10min雨强 (I_{10}) 计算王万忠指标 (R)

$$R = 5.29(P_{60} \cdot I_{10}) + 4713.81 \quad (\text{相关系数} 0.9380) \quad (13)$$

由 (10) ~ (13) 式可见,借助气象常规观测资料,可直接推算出降水侵蚀力 (R)。

四、总 结

通过降水与土壤侵蚀量间的关系探讨,直接应用降水资料,建立了土壤侵蚀量的经验计算模式,可得如下几点结论。

1. 对特定地形条件下,小流域的水土流失主要取决于降水因素,特别是汛期雨量,尤其是中雨以上过程降水。气象部门要重视天气预报的研究,努力提高天气预报准确率。

2. 小流域的水土流失量取决于逐次洪水的总雨量,雨强等指标,可用多元回归和逐步回归经验计算模式求算。

3. 不同治理措施试验小区的土壤侵蚀量取决于逐次洪水的瞬间雨强和总雨量的多少。因此,当有降水自记记录时,逐次降水引起的水土流失量要用主成分分析方法而求得经验计算模式,而不用其它方法。

4. 对水蚀类型的土壤侵蚀规律研究,只要配备常规降水观测仪器,然后根据与水土流失同步观测而取得的径流资料,就可简便地探讨并求得经验计算模式。

注:此文是陕西省水保局1988年下达的研究课题一部分,参加人还有刘安麟,刘玉矿同志。1989年底通过鉴定,1990年在省内推广。此课题承蒙江忠善、周佩华等同志审阅和鉴定,在此一并致谢。

参 考 文 献

1. 唐克丽等:土壤侵蚀的研究及其展望,《水土保持通报》,1984年5期。
2. 中科院西北水保所:国际土壤侵蚀与土壤保持会议论文摘要,1983年。
3. 王万忠:黄土地区降雨特性与土壤流失关系的研究(Ⅰ),《水土保持通报》,1983年5期。
4. 黄委会水文局:黄河流域片水资源评价,1986年。
5. 陕西长武县农办编:长武县农业资源调查和农业区划报告集,1984年。
6. 陕西省水保局编:1954~1976年陕西省水土保持径流测验资料(下册),1979年。
7. 罗积玉等:《经济统计分析方法及预测》,清华大学出版社,1985年。

(下转第56页)

paper, and the conservation and yield increasing benefit under different controlling measures in hilly sloping field of national commodity grain base were analyzed. The effective measures for transforming middle and low yield field and increasing the agricultural developing Stamina were proposed. The achievement of this experiment had a great value for popularization and utilization, and for new steps of agriculture development.

Key words: Sloping field soil and water conseration yield increasing benefit

(Continued from page 18)

The soil erosion in hilly and gully region in Loess Plateau and its experimental calculating model

Xiao Yongquan

(Shaanxi meteorology Institute)

Wang HengShan

(Weinan Station of Soil and Water Conservation, Shaanxi Province)

Abstract

From the small watershed data since libration and materials in experimental runoff plots under different controlling measures in early 1970's as well as precipitation, the connotative relationship between precipitation and soil and watev loss was found by frequency and mathmatical statistics and analysis. The result showed that the soil and water loss in small watershed could be estimated by precipitation regression equation, and in experimental plot by experimental model with main component method, which provided a scientific basis for soil erosion and water loss research as well as small watershed comprehensive control.

Key words: soil erosion and water loss precipitation characteristic experiential calcul ating rnode

欢迎订阅1991年《中国水土保持》

1991年的报刊杂志邮局已开始征订,需继续订阅本刊者,请勿失良机,速到当地邮局办理订阅手续。如当地邮局订不到,可直接汇款至编辑部订购。另外,本刊1984~1988年各年的合订本每册6.0元,1989年合订本每册9.0元(包括邮费),需要者请汇款至编辑部邮购。

《中国水土保持》编辑部