

皇甫川土壤物理性质对水土流失影响的研究

田积莹 雍绍萍

(中国科学院
水利部西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)

提 要

皇甫川流域气候干旱、雨量稀少,植被遭受严重破坏,沙化面积逐年扩大,农林牧不能利用的土地面积大,粗骨性土壤,如披砂石土及风沙土等分布面积达60%以上;土壤物理性质不良,质地粗,含沙量高达70%左右,总孔隙度少、自然含水量低、平均为5%~10%。披砂石土渗透性差,遇暴雨易发生径流,导致河水暴涨流急,携带大量粗泥沙流入黄河。因而该区水土流失严重,是多沙粗沙主要产区。为此,加强生物措施,种树种草,是皇甫川流域水土保持综合治理的根本措施。

关键词: 皇甫川 土壤物理性质 粗骨土 披砂石土 水土流失

Study of the Effect of Soil Physical Properties on Soil and Water Loss in Huangfuchuan Basin

Tian Jiying Yong Shaoping

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract

In Huangfuchuan basin, the climate is arid and precipitation is scarce. Its vegetation has been destroyed severely. The desert area of land is increasing gradually year by year, and a large number of land can not be utilized for agriculture and forest as well as animal husbandry. The distribution of skeleton soil, for example, rocky soil and sandy soil, surpasses 60 percent of the total area in the region. The physical properties of soil are undersirable, such as, coarse texture and the sand content as high as 70 percent of soil weight, and the smaller total porosity of soil. The physical moisture content in profile means only 5~10 percent by weight. It has the poor permeability for sandy rocky soil and easily forms runoff at the time of rain-storm, which can lead to overflow of Huangfuchuan river and a great deal of sediment

will be bumped into the Yellow River by flooding water. Therefore, it is one of the regions of serious soil and water loss and the main area of forming much and coarse sediment. In order to prevent soil from eroding, it is the fundamental measures of controlling soil and water loss in Huangfuchuan basin to strengthen biological measures such as planting tree and grass.

Key words Huangfuchuan basin physical properties of soil skeleton soil rock and sandy soil soil and water loss

皇甫川流域位于鄂尔多斯高原的东南部,系沙漠向黄土高原的过渡地带,地貌为黄土丘陵沟壑区,地势由西北向东南倾斜,即西北高而东南低,属暖温带半干旱季风气候区^[1],盛行西北风,特别是春季更是如此,西伯利亚冷锋和太平洋热锋相会处,形成强大的暴雨中心,降雨多集中在6~8月,其降雨量约占全年降雨量(350~400mm)的60%以上,且多为短历时暴雨,因而,降雨易形成地表径流,导致河水暴涨,造成皇甫川流量大、流速急、携带大量粗泥沙流入黄河,故皇甫川水土流失严重,居黄河中游各支流之首,侵蚀模数为18 100t/(km²·a),是全国八大片水土保持重点治理区之一。

一、土壤及其机械组成

皇甫川流域土壤有黄绵土、红粘土、披砂石土、风沙土、黑垆土、栗钙土等,其中粗骨性紫色土分布面积在60%以上。流域内梁峁顶部多为披砂石土、风沙土。新黄土(第四纪马兰黄土)已大部分被侵蚀掉,仅部分低洼背风处尚残存一些,老黄土(离石黄土)一般厚度30~50m,由于侵蚀老黄土出露,其土层多在30m以下,有的不足1m。在低平阶地上亦为风沙所覆盖,其剖面深处埋藏黑垆土。

沿皇甫川流域两岸紫色砂岩裸露,陡壁峭立,基岩风化崩解为紫色土,流域的上游至下游,一二级阶地上皆为紫色砂岩洪积冲积风化物。土壤组成主要为粗砂粒,大多数土壤适宜种植花生、向日葵、糜、谷或马铃薯之类。

从皇甫川整个流域来看,风沙土、披砂石土分布面积较大,土壤机械组成向两极分化,一种是粗砂含量较多、粉粒少、粘粒较高,为基岩直接风化形成。从内蒙古纳林川至陕西境内府谷县古城乡,其土壤共同特征是砂粒含量多达70%~90%、粗粉粒含量未超出10%、粘粒含量在15%以下,土壤质地为砂壤土,仅少数为轻壤土及紧砂土。当进入陕西境内古城乡以后,土壤颗粒逐渐由粗变细,砂粒含量均在70%以下,粗砂粒含量显著减少,细砂粒含量减为55%以下,最低为20%,粗粉粒含量增加到15%~30%,甚至40%,粘粒含量增加到15%~20%,大多数土壤质地为轻壤至中壤,少数为重壤土,土壤颗粒均显示出从西北向东南逐渐变细的特征,(见表1)与风向和地势倾斜相一致。

1. 风沙土。包括流动沙丘、半固定沙丘或已固定沙丘,土壤机械组成以细砂粒含量为主达70%~80%以上,粗粉粒及粘粒含量均在8%以下。

2. 披砂石土。在皇甫川流域披砂石土有大面积广泛的分布,其机械组成主要以砂粒含量为主,粗砂粒含量在40%~50%之间,细砂粒含量在25%~30%之间,粗粉粒含量为5%,粘粒含量高达20%左右。

3. 河淤土。皇甫川流域两岸冲积沉积物均以粗砂粒含量较多,一般在40%~50%之间,而细砂粒含量在25%~35%之间,粘粒含量在3%以下,均系极粗砂一类沉积物,这是其它河流未

表1 皇甫川流域土壤机械组成*

剖面号及 地点	深度 (cm)	颗粒含量百分数 (粒径: mm%)							土壤名称	土壤 质地
		粗砂粒 1~0.25	细砂粒 0.25~ 0.05	粗粉粒 0.05~ 0.01	中粉粒 0.01~ 0.005	细粉粒 0.005~ 0.001	粘粒 <0.001	物理粘粒 <0.01		
22号内蒙纳林乡	50	45.1	28.4	4.5	1.2	2.1	18.8	22.1	披砂石土	轻壤土
20号内蒙纳林乡	20	17.2	72.1	3.5	0.6	1.4	5.2	7.2	流动风沙土	紧沙土
19号内蒙纳林乡	50	6.7	79.9	2.9	0.8	1.5	8.2	10.5	半固定风沙土	沙壤土
17号内蒙纳林乡	100	46.7	31.3	5.3	1.5	2.9	12.4	16.8	河淤土	沙壤土
21号内蒙纳林乡	300	11.6	63.5	10.3	2.7	3.4	8.4	14.5	黄盖残积黑垆土	沙壤土
14号陕西古城乡	100	2.6	77.7	8.3	1.4	2.1	7.9	11.3	固定风沙土	沙壤土
12号陕西古城乡	200	11.4	67.5	8.9	2.3	4.0	5.9	12.2	栗钙土	沙壤土
15号陕西古城乡	200	11.0	47.9	17.4	3.9	4.8	15.0	23.7	黑垆土	轻壤土
9号陕西皇甫乡	100	39.7	27.5	13.6	4.2	7.7	7.3	19.1	河淤土	轻壤土
10号陕西皇甫乡	100	12.0	27.5	20.1	6.1	19.1	15.2	40.4	羊肝土(紫色土)	中壤土
4号陕西皇甫乡	200	3.4	45.9	26.6	4.6	6.0	13.4	40.4	黑垆土	中壤土
6号陕西皇甫乡	100	0.2	26.3	41.7	5.9	8.4	17.6	31.9	绵沙土	中壤土
5号陕西皇甫乡	100	0.6	32.6	32.3	7.6	8.8	18.1	34.5	硬黄土(红胶土)	中壤土

*土壤机械组成系全剖面加权平均值

曾见过的现象,说明水大、流急、冲刷强烈,否则不可能有这样粗的沉积物质。

其它土壤如黑垆土、绵沙土及红胶土等机械组成细砂粒含量在20%~50%以上,粗粉粒含量在20%~40%之间,粘粒含量在15%~20%之间。

上述这些土壤和陕北吴旗、绥德的黄绵土相比较,陕北土壤主要特点是细砂粒含量在20%左右,粗粉粒含量在50%~60%之间,粘粒含量在9%~12%之间。黄绵土系风积形成,故土壤机械组成较细些^[2]。皇甫川土壤则主要是紫色砂岩就地风化形成,故土壤机械组成含砂粒量较高。

二、土壤水分物理性质

皇甫川流域土壤物理性质与黄土高原其它地区有较明显的差异,反映了地区之间的差异。陕西省府谷县古城乡,显然是一个土壤分界的过渡地带。

(一) 土壤比重及容重 由表2看出皇甫川流域在内蒙境内,土壤比重一般变动在2.65~2.68之间,土壤容重一般变动在1.49~1.60g/cm³之间,这表明土壤机械组成中砂粒含量超过70%。但由于这些砂粒大多数为石英颗粒, SiO₂含量较高,石英的比重相对较低,故土壤比重较低,然而从土壤容重来看,这些颗粒粗大,成无结构单粒状态排列,致使容重增大,孔隙度变低。而皇甫川流域陕西省境内土壤比重相对较大,一般变动在2.68~2.70之间,土壤容重相对较小,一般变动在1.25~1.45g/cm³之间。土壤比重增大的原因,是由于皇甫川下游(陕西境内),土壤机械组成逐渐变细,砂粒含量减低,而粉粒及粘粒含量相应增加,由于粘粒增多,使土壤中含有一定量的铁质,铁元素的比重较大,致使土壤比重相应增大。然而土壤容重为什么会变小呢?这与土壤机械组成中砂粒含量减少,粉粒及粘粒含量增多有关,粘粒系活性胶体,在一定程度上起胶结作用,使土壤形成团块状结构体,出现较大孔洞,因而使土壤排列时单位体积重量降低,容

表2 皇甫川流域土壤物理性质(土壤剖面加权平均值)

剖面地点	剖面深度 (cm)	比重 (g/cm ³)	容重 g/cm ³	总孔隙 度(%)	毛管孔 隙度 (%)	非毛管 孔隙度 (%)	自然含 水量(%)	毛管持 水量(%)	土壤名称
内蒙准旗纳林	50	2.69	1.60	40.6	36.1	4.5	10.1	22.8	披沙石土
内蒙准旗纳林	20	2.68	—	—	—	—	0.5	—	流动风沙土
内蒙准旗纳林	100	2.67	1.54	42.5	40.3	2.2	4.5	26.5	半固定风沙土
内蒙准旗纳林	100	2.67	1.53	42.7	38.3	4.4	6.4	25.1	河淤土
内蒙准旗纳林	300	2.66	1.49	43.9	41.1	2.8	2.7	27.6	黄盖残积黑垆土
陕西府谷古城	100	2.66	1.51	43.2	40.9	2.3	1.8	27.2	固定风沙土
陕西府谷古城	200	2.66	1.38	48.2	43.4	4.8	3.9	31.6	栗钙土
陕西府谷古城	200	2.69	1.39	48.5	42.7	5.8	9.6	31.3	黑垆土
陕西府谷皇甫	100	2.69	1.37	49.4	41.8	7.6	10.1	30.8	河淤土
陕西府谷皇甫	100	2.68	1.36	49.2	44.7	4.4	11.9	33.1	羊肝土(紫色土)
陕西府谷皇甫	200	2.67	1.37	48.9	45.7	3.2	5.5	33.4	黑垆土
陕西府谷皇甫	100	2.69	1.26	53.0	47.2	5.8	10.7	37.6	绵沙土
陕西府谷皇甫	100	2.69	1.46	45.6	41.5	4.1	9.7	28.9	硬黄土(红胶土)

重变小,土壤孔隙度增多。

(二) **土壤孔隙度** 土壤孔隙度直接受土壤比重及容重的制约,即由二者计算求得,在内蒙准格尔旗纳林川一带,由于土壤质地较粗,大多数为砂壤土,因而土壤比重小、容重大,土壤总孔隙度小。由表2看出,内蒙纳林川土壤总孔隙度一般在40%~44%之间,大多数在43%左右;毛管孔隙度一般在36%~41%之间,大多数在40%左右;而非毛管孔隙度一般在2%~5%之间,大多数在3%左右。但在皇甫川下游陕西境内,土壤总孔隙度一般在44%~54%之间,大多数在49%左右;土壤毛管孔隙度一般在40%~48%之间,大多数在44%左右;土壤非毛管孔隙度一般在3%~7%之间,大多数在5%左右;总孔隙度及毛管孔隙度较内蒙境内(上游)增多,原因是由于皇甫川下游土壤颗粒逐渐变细,土壤中的粉粒及粘粒增多,土壤愈来愈粘重,绝大多数土壤质地为轻壤土、中壤土、少数为重壤土,仅个别地块在表层或底部出现砂壤土或紧砂土。非毛管孔隙度的增大,说明土壤中有了一定量的团块状结构,否则不可能使土壤容重在皇甫川下游陕西境内明显变小。

(三) **土壤的自然含水量及毛管持水量** 土壤的自然含水量与当地土壤所处的环境条件息息相关,如地形、地貌、植被状况和耕作种植情况以及土壤性质等均有关系,尤其是年降雨量和季节降雨特征影响较大,在同一地区旱季和雨季有极大的差异,皇甫川流域6~8月为雨季,此间降雨量占全年降雨量60%以上。笔者于1985年6月至7月在该流域进行实地调查,发现不同地区土壤表层(耕层)20cm土壤含水量变异较大,显然不能代表当地的土壤含水量状况,而只有整个土壤剖面自然含水量,才能代表当地地带性土壤的自然含水量,同时我们将自然含水量视为半干旱地区对农业生产起重要作用的自然因素。从自然含水量(见表2)分析结果看出,在皇甫川上游内蒙古境内土壤自然含水量一般在3%~9%,大多数在5%左右;毛管持水量一般在20%~30%之间,大多数在25%左右,而在皇甫川下游陕西省境内土壤自然含水量(见表2)一般在5%~12%之间,大多数在10%左右,而土壤毛管持水量一般在28%~38%之间,大多数在33%左右,这些含水量的变化显然是受着土壤内在性质变化的影响,内蒙境内土壤质地较粗,大多数

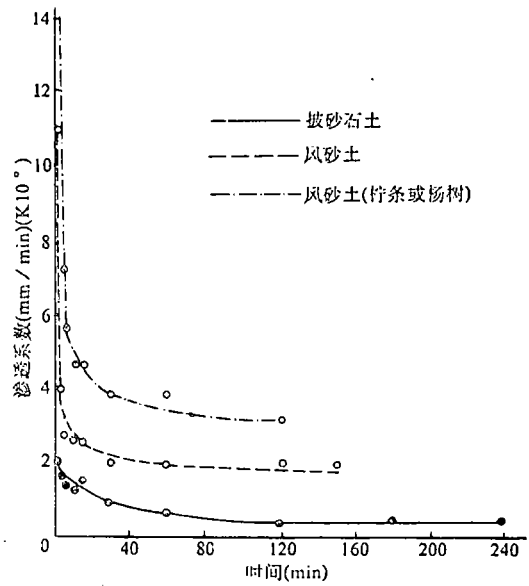
土壤为砂壤土，少数为紧砂土，故自然含水量少，毛管持水量亦小；而在陕西境内，大多数土壤为轻、中壤土、部分为重壤土、少数为砂壤土，故土壤自然含水量和毛管持水量均较内蒙境内高。

(四) 土壤渗透 披砂石土在皇甫川分布面积大，这种土壤是由基岩直接风化形成，不但土层薄而且透水性弱，接纳雨水能力及蓄水保墒能力均较差，易产生地表径流。渗透试验结果表明：在 1~15min 内不稳定阶段渗透速度 K_{10° 值为 2.05~1.46mm/min，在 30~120min 内稳定阶段渗透速度 K_{10° 值为 1.00~0.47mm/min，风沙土亦有较大面积分布，有些正在流动，有些已被林草固定，据渗透试验结果表明：在 1~15min 内不稳定阶段渗透速度 K_{10° 为 10.96~2.69mm/min，而种植林草后渗透速度 K_{10° 增大为 32.40~4.66mm/min，在 30~120min 内稳定阶段渗透速度为 2.04~1.95mm/min，种植林草后渗透速度 K_{10° 增大为 3.79~3.19mm/min。渗透速度顺序为：种植林草后风沙土 K_{10° 值 > 风砂土 K_{10° 值 > 披砂石土 K_{10° 值，其渗透速度均相应的递增 2~4 倍。风沙土渗透速度大，但在种植林草后更加使渗透性增强，说明生物措施有增强土壤渗透性的功能，因此应引起重视和推广应用。

三、土壤物理性质与水土流失的关系

据历史记载皇甫川曾是风吹草低见牛羊的肥美草原，然而今天则是由于历史滥垦乱牧，植被遭到严重破坏，水土流失剧烈及风沙灾害十分严重的一条流域，肥沃的地带性黑垆土由于侵蚀、风沙覆盖已被深埋在沙地下部，分布在梁峁顶部的黑垆土现仅存圆柱状残丘，顶部土壤已被绵砂土或砂土所替代。该流域砂质物来源除少部分系外来侵入物外，其余绝大部分是就地起砂。因地质构造系湖相沉积物紫色砂页岩，易遭侵蚀风化、崩解，因而沙化面积今后将会逐步扩大，为此，该流域加速发展林草，是防止沙化面积继续扩大的根本措施。

皇甫川流域水土流失严重，除与气候（主要是降雨）、地质、地貌等自然因素有关外，还与土壤内在因素，如土壤质地粗、结构不良、孔隙度低、保蓄水性能和渗透性能弱，有直接的密切关系。皇甫川流域特点是农林牧不能利用的土地，如披砂石土等分布面积大，披砂石土土层薄（不足 1 m）、砂性大，土壤保水及渗水性能差（见表 3 及附图），如遇暴雨侵蚀强烈，土壤大量冲刷，加速了河床下切，由于沟谷深切，坡陡流急，更加剧了重力侵蚀。由于粗骨性土壤分布面积大，土壤机械组成中粗、细砂粒含量较多，而粉、粘粒含量少，皇甫川有 50% 以上的土壤（见表 3）雨季 6~8 月份，1 m 土层中的土壤水分库容量，不足接纳雨季的降雨量，约有 50% 以上的土壤发生地表径流，如披砂石土、河淤土、紫色土及硬黄土等。由此看出，皇甫川流域的土壤要想防止地表径流，单靠土壤水库容量尚有一定困难，



附图 土壤及植被对渗透的影响（皇甫川）

根本的措施是除了河滩好地，及部分阶地上的黄绵土、黑垆土可作为农业用地外，其它土地均应

(下转第 28 页)

本文曾得到黄委会水保处高级工程师于一鸣、黄委会西峰水保站高级工程师李倬两位同志的审阅修改, 谨致谢意。

参 考 文 献

- [1] 赵文林. 皇甫川流域水利水保工程减沙效益分析. 《中国水土保持》, 1991年, 第6期
 [2] 张胜利等. 黄河中上游水土保持及支流治理减沙效益初步分析. 《人民黄河》, 1986年, 第1期
 [3] 张胜利等. 80年代黄河中游来沙减少的原因分析. 《水土保持通报》, 1992年, 第2期

(上接第5页)

表3 皇甫川流域1m土体库容量与雨季防止径流的效能

地 点	土层深度 (cm)	土 壤	年均降雨量 (mm)	(D)* 雨季 6~8 月降雨量 (mm)	(A) 饱和 水量 (mm)	(B) 毛管 水量 (mm)	(C) 自然含 水量 (mm)	允许可 容水量 (A-C) (mm)	空出上 壤库容 (%)	雨季可 能水量 (C+D) (mm)	雨季土 壤库容 缺额 (mm) (A-C)- (C+D)	易产生 径流土 壤名称	能防止 径流发 生的土 壤名称
内蒙准旗	100	披砂石土	400	251.2	203	130.5	80.8	122.2	69.2	332.0	-239.8	披砂石土	
内蒙纳林	100	风沙土	400	251.2	425	403	63.3	355.7	83.7	320.5	+35.2		
内蒙纳林	100	河淤土	400	251.2	427	333	97.9	329.1	77.1	349.1	-20.0	河淤土	
内蒙纳林	100	黑垆土	400	251.2	439	411	40.2	393.8	90.8	291.4	+107.4		黑垆土
陕西古城	100	风沙土	400	251.2	432	409	27.2	404.8	93.7	278.4	+128.4		风沙土
陕西古城	100	栗钙土	400	251.2	432	434	53.8	423.2	83.8	305.0	+123.2		栗钙土
陕西古城	100	黑垆土	400	251.2	435	427	133.4	351.6	72.5	384.6	-33.0		
陕西皇甫	100	河淤土	400	251.2	494	413	133.4	355.8	72.0	339.6	-34.0	河淤土	
陕西皇甫	100	紫色土	400	251.2	492	447	181.8	339.2	67.1	413.0	-82.8	紫色土	
陕西皇甫	100	黑垆土	400	251.2	439	457	75.4	413.6	84.6	326.6	+87.0		
陕西皇甫	100	绵沙土	400	251.2	530	472	134.8	395.2	74.5	336.0	+9.2		绵沙土
陕西皇甫	100	硬黄土	400	251.2	456	415	141.6	314.4	63.9	332.8	-78.4	硬黄土	

*雨季6~8月降雨量为全年降雨量62.8% **1985年6月测

种植林草, 发展畜牧业。这样一方面可以保护土地, 防止沙化; 另一方面可以拦蓄降雨, 减少地表径流, 不然将会导致土壤肥力日益退化, 后果不堪设想。为了防治土壤侵蚀及水土流失, 在皇甫川流域应有计划地进行土壤改良利用。例如准格尔旗水保站在披砂石土上挖孔栽种的松苗生长健壮, 防风固沙效益较好, 为大面积治理披砂石土探索出了一条有效的途径。因此, 在皇甫川流域大力推广植树种草是水土保持工作的根本措施, 也是减少黄河粗泥沙来源的关键性措施。

参 考 文 献

- [1] 田积莹等. 黄土地区土壤物理性质及与黄土成因的关系. 《中国科学院、水利部西北水土保持研究所集刊》, 第5集, 1987年
 [2] 朱显谟. 黄土地区植被因素对水土流失的影响.
 《土壤学报》, 第2期, 1960年
 [3] B. K. G. Theng: Soils with variable charge, printed in New Zealand. P268, 1980