
研究简报

陕西黄土区土壤的农业水文特性研究

杨新民

王文焰 沈冰

中国科学院
水土保持研究所·陕西杨陵·712100 (西安理工大学)
水利部

摘要 在研究陕西黄土区土壤水文特性分布特点及其相关因素的基础上,根据土壤的物理粘粒含量,100cm土层的绝对含水量,和年降水蒸发差为主导指标,用模糊数学等价关系聚类,把陕西黄土区划分为7个区,对其土壤的农业水文特性值进行了分析评述,并提出相应的改良措施和办法。

关键词: 农业水文特性 降水蒸发差 土壤水分分布

Soil Agro-Hydrological Characteristics in Loess Region of Shaanxi Province

Yang Xinmin

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

Wang Wenyan Shen Bing

(Xi'an University of Technology)

Abstract After studying on the distribution characteristics of soil agro-hydrology and the factors related to them in the loess region of Shaanxi province, the loess region of whole province is divided into seven sub-regions according to the leading index of soil physical clay content, and absolute moisture in the 100 cm soil layer, and the difference between the precipitation and evapotranspiration. Soil agro-hydrological characteristics in each subregion are discussed, and the appropriate measures for soil improvement are put forward.

Keywords: agro-hydrological characteristics; difference between the precipitation and evapotranspiration; the distribution of soil moisture

陕西黄土区处于半干旱和半干旱半湿润地区,包括渭河平原、渭北高原和陕西北部丘陵沟壑区。该区为深厚的黄土所覆盖,由于地形复杂多样,气候差异大,土壤类型有明显的区域性和地带性差异,因而,土壤的农业水文特性值也差异较大。该区农业历史悠久,土壤农业水文特性是反映土壤物理性质的特征值,是衡量土壤水分对作物供应及可利用程度的标准,也是确定灌水时间和定额的重要依据,特别是对大部旱作农区来讲,如何有效地保蓄降雨,尽可能地降低土壤水分非生产消耗是这些地区水分管理的重要课题,因此,掌握该区土壤农业水文特性,对

充分利用水、土资源,提高土壤水分的经济效益,调整农业结构,发展多种经营等都有十分重要的意义。

1 土壤农业水文特性的分布特点

1.1 土壤质地的地域变化特征

土壤质地系指土壤中矿物颗粒大小和它的组成比例。陕西黄土区的土壤由北向南依次为轻黑垆土、普通黑垆土、粘黑垆土和塬土,由图 1 可以看出,除神木外,该区土壤颗粒组成主要以粗粉粒为主,占颗粒含量的 50%以上。由北向南细砂粒含量则依次降低,粗粉粒开始呈上升趋势,随后则逐渐降低,中粉粒、细粉粒、粘粒含量则由北向南呈上升趋势。

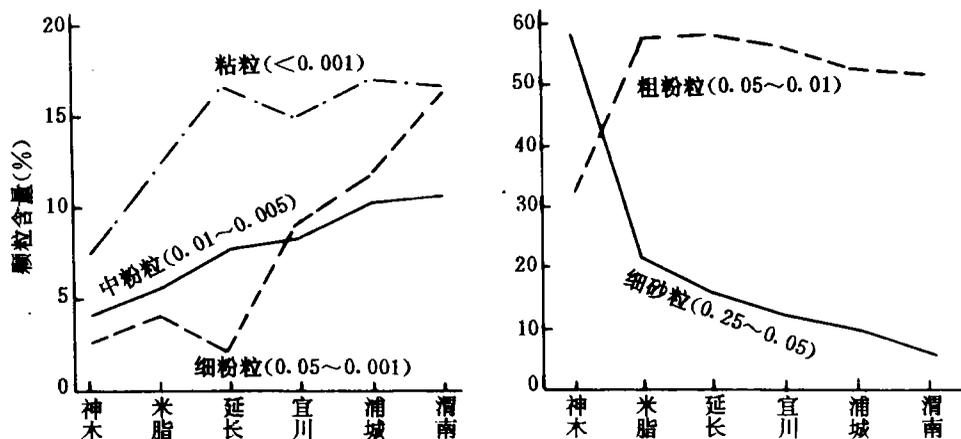


图 1 由北向南土壤颗粒组成变化

据我们对陕西黄土区土壤颗粒分析结果(见表 1)来看,北部榆林、靖边、定边一带以砂粒为主,其(0.05~1.0mm)含量为 67.2%~88%,土壤质地为紧砂土;绥德以南至延安、洛川、渭南、武功一带以粉粒为主,其含量由 43.2%~65.5%,土壤质地为砂壤、轻壤、中壤和重壤。需指出的是在安塞以北质地较均一,而洛川以南土壤剖面上,都有发育不同程度的粘化层出现,在粘化层中,其粘粒含量较其上下层高出 7%~11%。这在研究其水分运动中应予以特别注意。

表 1 陕西黄土区颗粒组成

地 点	各 级 颗 粒 含 量 的 百 分 数 (%)							0.05	质地(苏制)
	1~0.25	0.25~0.05	0.05~0.01	0.01~0.005	0.005~0.001	<0.001	<0.01		
靖边	0.3	87.7	6.2	0.8	0.9	4.1	5.8	12.0	紧砂
榆林	2.3	64.9	22.0	1.8	3.2	5.8	10.8	32.8	紧砂
绥德	0.20	31.8	52.7	3.5	5.8	6.0	15.3	68.0	紧砂
志丹	0.20	26.1	55.7	4.3	5.9	7.1	17.3	73.0	紧砂
子长	0.07	18.9	58.8	6.2	5.0	11.0	22.2	81.0	轻壤
安塞	0.30	18.7	59.0	6.2	6.8	9.0	22.0	81.0	轻壤
延长	0.17	17.8	52.8	6.0	8.2	15.0	29.2	82.0	轻壤
甘泉	0.34	10.7	58.0	7.0	8.5	15.5	31.0	89.0	中壤
洛川	0.20	10.9	52.9	9.1	12.2	14.8	36.1	89.0	中壤
渭南	0.66	5.84	53.5	8.85	13.7	17.5	40.0	93.5	中壤
蒲城	0.63	8.87	51.75	10.0	11.25	18.0	39.0	90.8	中壤
永寿	1.37	6.13	45.0	10.5	15.0	22.0	47.5	92.5	重壤
武功	<0.1	2.5	43.0	12.5	23.5	18.5	54.5	97.5	重壤

注:1.土壤机械分析采用比重计法;2.质地命名采用 H. A 卡萨斯分类制。

由表1看出,陕西黄土区土壤的机械组成,具有由北向南土壤质地逐渐变细,物理性粘粒逐渐增高的特性;土壤剖面质地均匀,在颗粒组成上均以粉粒级占优势,即黄土的重直差异不明显,说明了黄土形成的营力和物质来源的单一性,以及黄土沉积自然条件一致性。它也与黄土高原土壤质地由西北向东南逐渐由粗变细的规律性相一致。

1.2 土壤田间持水量分布特点

田间持水量是土壤中由毛管力和吸着力所保持的悬着水的最大数量,其主要取决于质地和土层结构。由于陕西黄土区土壤地质的变化存在明显的地域性规律,故此区内的田间持水量从总的趋势来看,也存在着北低南高的规律性(表2)。大致以神木、横山、白于山为一界线,以北土壤质地为紧砂土,其田间持水量一般 $<12\%$;以绥德、志丹为界,田间持水量在 $12\% \sim 16\%$ 之间,土壤质地是砂壤土;以安塞、清涧为界,田间持水量为 $16\% \sim 20\%$,土壤质地是砂壤——轻壤土;而其以南至渭河谷地,为 $20\% \sim 24\%$,土壤质地为轻壤——重壤土。

表2 陕西黄土区的田间持水量

采样地点	榆林	绥德	安塞	吴旗	延安	洛川	渭南	蒲城	武功
粘粒含量(%)	10.8	15.5	22.0	21.0	25.6	36.1	44.0	39.0	50.3
田间持水量(%)	12.5	16.0	21.7	20.3	20.4	20.5	23.6	22.1	20.0

1.3 土壤容重分布特点

土壤容重是单位体积内烘干土的重量,它是反映土体密度和孔隙度的一个简明指标,对土壤水分的保持和运行产生一定的影响,它的大小决定于土壤质地、结构、有机质含量和耕作措施等。

陕西黄土区容重的空间分布差异

十分明显(表3),容重的大小与质地关系非常密切,它是土壤密度和孔隙度的综合反映。紧砂土和轻粘土容重最大,一般为 $1.5 \sim 1.65 \text{g/cm}^3$;砂壤土次之,为 $1.40 \sim 1.45 \text{g/cm}^3$;中土壤、重壤土为 $1.30 \sim 1.40 \text{g/cm}^3$;轻壤土最小,为 $1.20 \sim 1.30 \text{g/cm}^3$ 。它的空间分布基本上与土壤质地分布相一致。

表3 陕西黄土区土壤容重 g/cm^3

深度(cm)	定边	榆林	绥德	安塞	渭南	武功
0~10	1.52	1.31	1.28	1.11	1.28	1.37
10~20	1.52	1.34	1.30	1.20	1.31	1.41
20~30	1.58	1.41	1.44	1.31	1.35	1.36
30~40	1.58	1.35	1.38	1.29	1.37	1.48
40~50	1.67	1.37	1.37	1.30	1.33	1.45
50~60	1.69	1.42	1.34	1.33	1.36	1.42
60~70	1.71	1.52	1.33	1.29	1.41	1.39
70~80	1.72	1.51	1.32	1.31	1.38	1.43
80~90	1.74	1.46	1.32	1.35	1.40	1.47
90~100	1.74	1.47	1.32	1.37	1.41	1.43
平均	1.65	1.42	1.34	1.29	1.36	1.42

此外,在不同土壤深度,容重亦不相同。1cm土层中,以耕作层(0~30cm)最小;犁底层(30~40cm)最大;犁底层以下居中。不同土地类型的容重差异很大,如灌溉地比旱地的容重要高,特别是耕层更明显;林地容重要大于农地。不同的耕作方法也能使土壤容重发生一定的变化。

1.4 土壤的凋萎湿度

凋萎湿度是指作物生长开始受到抑制,丧失膨压以至凋萎时的土壤湿度。它的大小主要取决于土壤质地、结构、腐殖质含量及作物种类等。本区土壤凋萎湿度时的土壤吸力约为 $15 \sim 20$ 个大气压力,就土壤水分对植物的有效性而言,凋萎湿度是有效水的下限。

在陕西黄土区,凋萎湿度的空间分布规律几乎与土壤质地的分布完全一致,主要随物理粘粒含量的增加而增高,随砂粒增加而减少。在绥德、吴旗以北凋萎湿度为 $2\% \sim 4\%$;而在延安、

延长一带为 4%~6%。甘泉、宜川、黄陵、洛川、渭南、长武一带为 6%~8%；西安、武功、凤翔、陇县一带为 8%~10%。

2 土壤水分变化的分布特点

2.1 降水蒸发差及其时空分布

土壤水分的多少及变化主要取决于土壤水分的主要收入项——降水量,及水分的主要支出项——蒸发量。降水蒸发差可以从收支两个方面来反映土壤水分盈亏情况,同时也是自然条件、植被分布和土壤形成的主要因素。

由于陕西黄土区南北气候悬殊,不仅引起各地年缺水量的差异,而且也造成了各地主要缺水时段上的不同。据调查,在陕北丘陵沟壑区和渭北高原区,缺水时段主要在 3~6 月的春季和初夏;而在关中平原区,除春季和初夏缺水较多外,伏期 7~8 月份缺水亦较明显。而在空间分布上,北部的榆林地区,缺水量(降水蒸发差)在 500~700mm 之间;延安地区在 350~450mm 之间;渭北塬区及关中平原在 300~400 之间。

2.2 作物生长季土壤水分的时空分布特点

土壤水分的地域分布和变化,除了受外界因素影响外,土壤这个自然水库本身对其水分的存贮及变化,也有很大的调节作用。作物生长季土壤水分随时间变化的特点,既受降水、蒸发等自然气候因素影响,又受土壤类型、耕作制度、农业水文特性等制约。如定边县在整个作物生长季,土壤水分都处在极低的水平下,100cm 土层绝对含水量多在 40~90mm,且水分变化的波动不明显,缺水和增墒阶段分明;安塞 100cm 土层含水量多在 80~150mm 之间,但水分变化波动明显,缺水和增墒阶段分明;安塞 100cm 土层含水量多在 90~190mm 之间;长武在 100~210cm 之间;武功在 150~240cm 之间。即由南而北土壤含水量明显减少,变化趋势也迥然不同。北部是春旱明显,渭北是初夏旱严重,关中是春旱和伏旱较突出。而土壤增墒阶段,陕北主要在 7 月份,渭北、关中则主要在 9~10 月。

由于各地土壤类型及农业土壤水文常数的不同,土地的蓄水保水能力和土壤水分的有效性则有很大的差异,可供作物吸收的水量悬殊很大。通常可用土壤有效水最大可能储量(田间持水量与凋萎湿度之间的水分含量),来评价一个地区作物对土壤水分利用的有效性和地区水分条件。陕西黄土区土壤有效水贮量见表 4 所示,其中以绥德、安塞的土壤有效水范围较宽,但是该区以黄绵土为主要土壤,其蒸发性强,致使土层中水分能稳定保持的时间也甚短,其土壤田间稳定湿度也较低,故此,黄绵土所能够经常含蓄的有效水量并不很多。因此,如何将降水尽可能多地接纳并保蓄在土层之中,乃是本区作物高产的一项重要课题。

3 土壤农业水文特性分区及评述

3.1 分区指标及意义

在上述水文特性分布特点分析的基础上,结合本区土壤水分变化规律及农业生产中主要气象条件,根据主导指标

原则和综合分析原则,选取以下三个指标组成区划指标集。

表 4 陕西黄土区土壤有效水贮量(100cm 土层) mm

地点	榆林	绥德	安塞	延安	洛川	渭南	蒲城	武功
田间持水量	189.5	232.6	279.7	226.9	265.0	301.5	273.9	275.5
凋萎湿度	40.6	51.9	45.2	55.6	93.9	140.4	104.7	147.7
有效水量	148.9	180.7	234.5	171.3	171.1	161.1	169.2	127.8

(1)土壤的物理粘粒

含量 Q 它与土壤田间持水量、凋萎湿度、容重等土壤物理性质密切相关,它可以综合反映土壤类型、土壤蓄水、保水能力等。

(2) 4~10月 100cm 土层平均绝对含水量 W 它可以反映作物主要生长季的土壤水分供应水平。

(3) 年降水蒸发差 ($R-E_0$): 它可以反映一年中土壤水分的收支盈亏状况。

3.2 用模糊等价关系聚类进行土壤水分分区

利用模糊等价关系聚类,作为评价陕西黄土区土壤农业水文性质以及水分分区的标准。由 $Q, W, R-E$ 组成指标集,统计量采用欧氏距离:

$$L(X_i, Y_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^S (X_{ik} - Y_{jk})^2}$$

其中, X_{ik} 是 i 个样本的第 k 个指标(分量), Y_{jk} 是 j 个样本的第 k 个指标, S 为指标容量,并进行标准化处理。此外,需根据土壤水分变化规律的定性定量分析和实际情况,先给定几个初始类中心,进行逐步迭代修改分类,并结合土壤类型与农业生产实际作出土壤水分分区图(见图 2)。

3.3 分区评述

3.3.1 定边、靖边严重缺水干旱区 该区降水少而蒸发大,降水蒸发差达 $-600 \sim -700\text{mm}$,为全省之冠,有效水储量较低,有效水范围在 9% 左右,土壤质地以细砂为主,大孔隙多,毛管孔隙少,土壤持水性弱。作物生长季 100cm 土层绝对含水量在 $40 \sim 90\text{mm}$ 左右,是全省土壤缺水最严重、最干旱的地区。

3.3.2 神木、榆林明显缺水春旱区 该区年降水蒸发差在 $-500 \sim -600\text{mm}$,主要土壤类型为轻黑垆土及大面积沙黄土,作物生长季 100cm 土层含水量 $60 \sim 170\text{mm}$,波动较大,稳定性差,春旱严重,土壤增墒期主要在 6~8 月份。虽然该地区降水量较少,但据调查,乔灌木林地 0~5m 土层的土壤有效水储量均剩余,刺槐林下平均剩余有效水达 200mm 左右,灌木林剩余有效水近 90mm ,2m 以下土层均处于较高的土壤湿度水平。这类地区属海拔较高,降水量少而土壤水分利用较低的地区。

3.3.3 绥德、米脂明显初夏旱区 该区年降水蒸发差在 $-500 \sim -600\text{mm}$ 间,主要土壤类型以重黑垆土为主,黄绵土亦有较大面积分布。作物生长季 100cm 土层含水量在 $80 \sim 150\text{mm}$,波动大,初夏旱较明显。据实测,经过雨季土壤水分恢复期,2m 土层的土壤湿度只

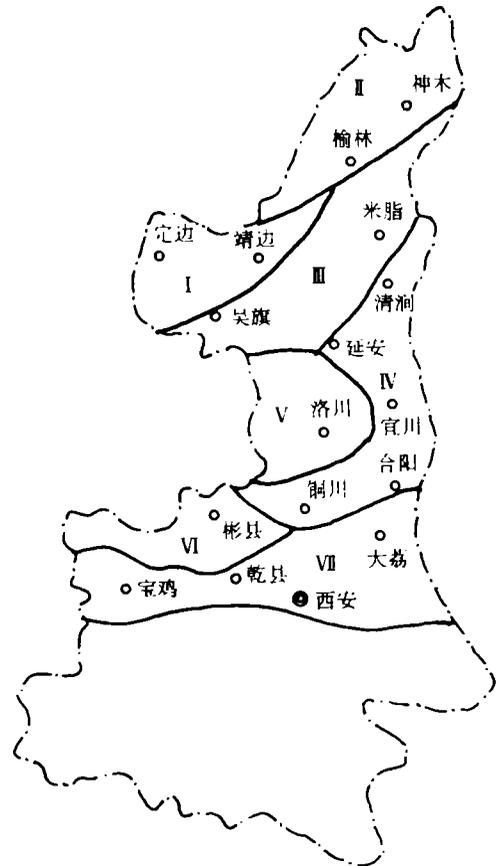


图 2 陕西黄土区土壤水分分区图

能恢复到 15% 左右,相当于田间持水量的 70%~80%,应注意搞好夏季的蓄水保墒工作。

3.3.4 清涧、延长、延安、宜川、铜川一带缺水初夏旱区 该区年降水蒸发差为-400mm 左右,主要土壤类型为重黑垆土,生长季 100cm 土层含水量在 90~190cm 之间,且波动大,稳定性差。南部铜川、富平、合阳一带更甚,多初夏旱,对小麦和大秋作物均有不利影响,但伏旱轻于初夏旱,对大秋作物威胁较大,应注意调整大秋作物比例,发展林果生产,以充分利用气候资源。

3.3.5 洛川塬较缺水初夏干旱区 该区年降水蒸发差-300mm 左右,主要土壤类型为粘黑垆土,作物生长季 100cm 土层含水量在 80~190mm 之间,土壤含水量波动大,初夏干旱十分严重,对小麦孕穗灌浆极为不利。土壤增墒阶段在 8~9 月份,应注意调整夏秋作物比例,扩大秋作物种植面积和加强林果生产。

3.3.6 渭北西部初夏轻旱区 该区年降水蒸发差为-300mm 左右,主要土壤为粘黑垆土、黄壤土和白壤土,作物生长季 100cm 土层含水量在 100~210cm 之间,土壤含水量波动大,很不稳定,初夏旱对小麦孕穗灌浆有一定威胁,土壤增墒阶段主要在 9 月前后,该区小麦和油菜面积较大,发挥土壤水库的调节作用,蓄水保墒,秋雨春用是小麦稳产高产的关键措施。该区一般经雨季土壤水分恢复期,土壤湿度恢复到田间持水量水层的深度约为 100~150cm 左右,只有在丰水年份,才可延伸到 200cm 左右。

3.3.7 关中平原供水较好,春旱伏旱区 该区年降水蒸发差在-200~-400mm 之间,波动性大,有春旱和伏旱发生。主要土壤类型为垆土和褐土,土壤增墒阶段主要发生在 9~10 月份。该区多为粮棉基地,灌溉条件较好,从土壤水分变化所反映出来的春旱、伏旱现象看,目前的灌溉制度尚存在一定的不合理性,应进一步加强土壤水分的监测服务工作,调整灌溉制度,充分利用水土及气候资源。

参 考 文 献

- 1 杨文治.黄土高原土壤水分状况分区(试拟)与造林问题.水土保持通报,1981,1(2)
- 2 刘东生等.黄土与环境.北京:科学出版社,1985
- 3 李玉山等.黄土高原土壤水分性质及其分区.中国科学院西北水土保持研究所集刊,1985(2)
- 4 孙志学.陕西省土壤水文条件状况及其评价.1985
- 5 施成熙等主编.农业水文学.北京:农业出版社,1984
- 6 沈晋,王文焰,沈冰著.动力水文实验研究.西安:陕西科学技术出版社,1991
- 7 西北水利科学研究所著.西北黄土性质.西安:陕西人民出版社,1969
- 8 李玉山.黄土区土壤水分特征及其对陆地水分循环的影响.生态学报,1983,3(2)
- 9 刘耀武.陕西省土壤水分分区划初探.干旱地区农业研究,1986(4)