

黄土台塬土壤持水特性及其 变化规律研究*

胡定宇 张建平 焦菊英

(西北农业大学农化系, 陕西杨陵·712100)

摘要 对陕西乾县枣子沟流域土壤持水性能、动态变化过程和特点,进行了连续 5 年(1986~1990)定位观测研究。结果表明,黄土台塬土壤优良的持水特性,是黄土旱塬优势生态条件和有较大增产潜力的原因之一。水分周年变化可分为 2 个阶段,3 个时期,水分垂直分布可分为 3 个水分层类型。

关键词 土壤持水特性,水分周年变化,水分垂直分布,水分层类型

中图分类号 S152.71, S152.74

变化,黄土台塬土壤

黄土台塬地处黄土高原北部丘陵沟壑区,向其南缘河谷平原阶地区的过渡地带^[1,2]。除低台塬有灌溉条件和设施,能进行灌溉外,大部分为旱作农业区。作物生长及产量明显受自然降水多少和时空分布状况制约,水分问题是造成农业生产不稳定的重要因素。研究水分运动规律,分析其内在联系,不仅有重要的理论意义,而且对黄土高原综合治理、开发、规划和指导农业生产均有实际意义。

1 研究方法

1.1 观测方法

从 1986 年开始,在陕西乾县枣子沟流域试区长期定位观测。在不同地形、土壤和肥力条件下,年平均设置定位测点 3 个,观测深度 2 m,分 15 个层次取样,0~100 cm,每 10 cm 取一测样,100~200 cm,每 20 cm 取一测样。5 年共设置 16 个定位测点,并测定了代表性土壤类型的水分物理性质。

1.2 测定方法^[3,4]

用重量法测定土壤含水量;土壤机械分析用吸管法,质地用 H. A. 卡庆斯基分类制;土壤比重用比重瓶法;土壤容重及孔隙状况用环刀法;最大吸湿量用饱和 K₂SO₄ 法;土壤凋萎湿度按最大吸湿量的 1.5 倍计算;田间持水量用田间灌水法。

2 结果与分析

2.1 自然条件

枣子沟流域属暖温带大陆季风气候。年平均温度 10.8℃,最高(7 月)28.5℃,最低(1 月)-6.4℃,温差 34.9℃,具明显大陆性气候特征;降水量 584 mm,主要集中在 7~9 月,

收稿日期,1992-04-26.

* 国家“七五”攻关项目。

占年降水量 55.7%，季风气候特点显著；蒸发量 1444.7 mm，相对湿度 66%，海拔 780~1055 m。

由图 1 看，区域降水分配极不均匀，7~9 月降水多而集中，此后急剧下降，12 月最低，11~12 月和翌年 1~3 月降水仅占年降水 13.2%。从而呈现冬春干旱、夏秋多水的自然降水特点。据统计，一年除 8, 9, 10 月为半湿润和湿润外，其他月均属半干旱、干旱和严重干旱月，反映干旱持续时间长的供水特点。

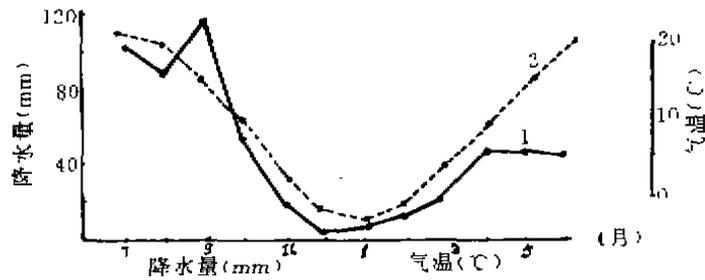


图 1 枣子沟流域降水和气温月分布

1. 降水; 2. 气温

2.2 土壤的持水特性

该流域特征性土壤为褐壤土。覆盖层厚约 30 cm，其中耕层 0~15 cm，疏松，粒状—团粒状结构，灰棕黄色；15~30 cm 为较紧实的犁底层。30~60 cm 是弱粘化度粘化层，黄棕色、棱块状结构。淀积层不明显，60 cm 以下，逐渐向黄土母质层过渡。

2.2.1 蓄水保水能力强，形成强大土壤水库 表 1 表明，2 m 土层田间持水量 562 mm，接近地区一年降水量。其中无效水 251.8 mm，有效水 310.2 mm，占土壤持水总量的 55.2%，土壤储水量的一半以上可被作物吸收利用。土壤持水能力强，有效库容也大，对调节农田水分状况，改善作物生长的水分条件，具有十分重要意义。

2.2.2 土层深厚，多孔疏松，具有良好孔隙特征 据测定(表 1)，2 m 土层平均容重 1.30 g/cm³，平均孔隙度 51.9%。其中毛管孔隙度 40.1%，非毛管孔隙度 11.8%，两者之比为 3.4:1。土壤通体疏松，孔隙度均一，大小孔隙比例适宜，为降水入渗、保蓄及根系发展创造了有利的土壤条件。

表 1 枣子沟流域褐壤土的水分物理性质

深度 (cm)	容重 (g/cm ³)	比重	孔隙状况(%)			最大吸湿量 凋萎湿度 田间持水量			最大吸湿量 凋萎湿度 田间持水量		
			总孔隙度	毛管孔隙度	非毛管孔隙度	(干土重%)			(mm)		
0~10	1.26	2.67	52.8	34.1	18.7	6.0	9.0	19.8	7.5	11.9	24.8
10~20	1.33	2.68	50.3	37.3	13.0	6.3	9.4	19.7	8.3	12.5	26.8
20~30	1.38	2.70	48.1	38.1	10.0	6.2	9.4	19.8	8.6	12.9	24.4
30~40	1.29	2.70	52.2	41.7	10.5	6.9	10.3	20.1	8.8	13.3	24.7
40~50	1.30	2.70	51.9	40.1	11.8	7.0	10.5	21.2	9.1	13.6	27.1
50~60	1.28	2.69	52.4	41.9	10.5	6.9	10.3	21.2	8.8	13.2	27.1
60~70	1.30	2.70	51.8	41.7	10.1	6.7	10.1	21.5	8.8	13.2	28.2
70~80	1.27	2.70	52.9	40.1	12.8	7.0	10.4	21.2	8.8	13.3	26.5
80~90	1.28	2.70	52.5	40.1	12.4	6.2	9.3	22.3	7.9	11.9	29.0
90~100	1.29	2.70	52.2	40.8	11.4	6.1	9.2	22.5	7.9	11.8	28.6
100~120	1.29	2.71	52.4	40.8	11.6	6.2	9.2	22.9	15.8	23.8	58.6
120~140	1.28	2.71	52.8	41.0	11.8	6.2	9.3	23.1	15.8	23.8	59.1
140~160	1.29	2.70	52.4	41.5	10.9	6.6	9.9	23.2	17.0	25.4	60.8
160~180	1.30	2.70	51.9	40.9	11.0	6.5	9.8	23.4	17.0	25.4	60.8
180~200	1.31	2.70	51.5	40.7	10.8	6.5	9.8	23.5	16.8	25.6	58.8

2.2.3 粗粉粒为优势粒级,土壤质地均一 土壤颗粒组成以粉粒(0.05~0.001 mm)为主,占72.13%(表2)。其中粗粉粒(0.05~0.01 mm)含量最高,平均42.43%,为土壤优势粒级;中粉粒(0.01~0.005 mm)10.23%;细粉粒(0.005~0.001 mm)19.47%;而粘粒(<0.001 mm)相对较少,平均17.48%。粘化层(自然褐土层)粘粒平均含量也只有19.57%。

表2 枣子沟流域褐塬土的机械组成

深度 (cm)	粒 径(mm)						质地命名
	1~0.25	0.25~0.05	0.050.01	0.01~0.005	0.005~0.001	<0.001	
0~10	0.78	30.45	27.48	5.09	18.17	18.03	中壤土
10~20	0.81	21.43	32.77	7.56	18.47	18.06	中壤土
20~30	0.70	19.72	32.52	10.21	18.43	18.42	重壤土
30~40	0.70	10.81	39.93	8.35	20.27	19.86	重壤土
40~50	0.97	8.66	41.95	8.67	20.15	19.60	重壤土
50~60	1.42	7.08	42.31	10.55	19.38	19.26	重壤土
60~70	1.46	7.33	43.75	8.35	21.77	17.34	重壤土
70~80	1.64	7.05	54.97	7.09	21.92	16.33	重壤土
80~90	1.59	5.03	46.62	11.61	19.48	15.67	重壤土
90~100	1.68	3.49	48.02	12.08	18.40	15.87	重壤土
100~120	1.86	4.25	45.49	13.41	18.00	16.99	重壤土
120~140	1.60	2.60	48.08	12.81	19.13	15.78	重壤土
140~160	1.72	2.06	47.47	13.25	19.23	16.27	重壤土
160~180	1.74	2.09	46.74	13.04	19.32	17.07	重壤土
180~200	1.81	2.07	47.51	11.36	19.86	17.39	重壤土

综上所述,处于黄土台塬枣子沟流域的土壤,持水力强,有效储水率高,粗粉粒为主,整体疏松,孔性优良,有较强的抗旱保墒素质,是黄土高原旱作农业优势的生态条件。

2.3 土壤水分变化规律

2.3.1 土壤水分周年变化的阶段性 根据连续5年多点位观测资料,土壤水分周年变化,大致可分为2个大的水分变化阶段(表3,图2),同时根据每个阶段水分变化过程,又可细分为4个水分变化时期(表4,图2)。

表3 土壤水分周年变化阶段降水与蒸发量比较

年 份 (年)	土壤水分恢复阶段 (7~10月)				土壤水分消耗阶段 (11~翌年6月)			
	降水量	旬降水量	蒸发量	旬蒸发量	降水量	旬降水量	蒸发量	旬蒸发量
1986	221.6	18.5	665.9	55.5	169.5	7.1	760.6	31.7
1987	222.2	18.5	679.6	56.6	325.8	13.6	760.6	31.7
1988	544.0	45.3	—	—	224.5	9.4	—	—
1989	271.1	22.6	489.8	40.8	256.0	10.7	640.1	26.7
平均	314.7	26.2	611.8	51.0	244.0	10.2	720.4	30.0

消耗阶段(11月至翌年6月)。此阶段长达8个月,历经秋末、冬、春、初夏季节;降水244 mm,占年降水量41.8%,同期蒸发量720.4 mm,为降水量的2.95倍;土壤储水量4年(1986~1989)平均10月最高储水量525.5 mm,翌年6月最低储水量370.6 mm。

恢复阶段(7~10月)。经夏秋两季,共4个月,降水量高达314.7mm,占年降水量56.3%,同期蒸发量611.8mm,为降水量的1.9倍。降水量高,蒸发量相对较小,使大量降水渗入土壤,从而起到补墒和增墒作用。

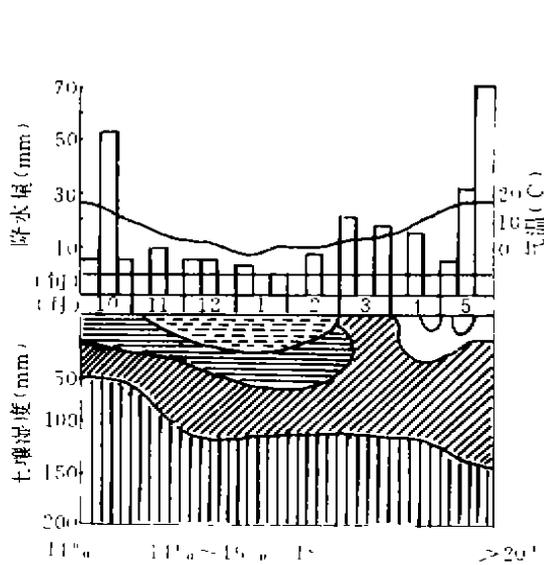


图2 土壤温度、降水和气温综合动态变化(1986~1987)

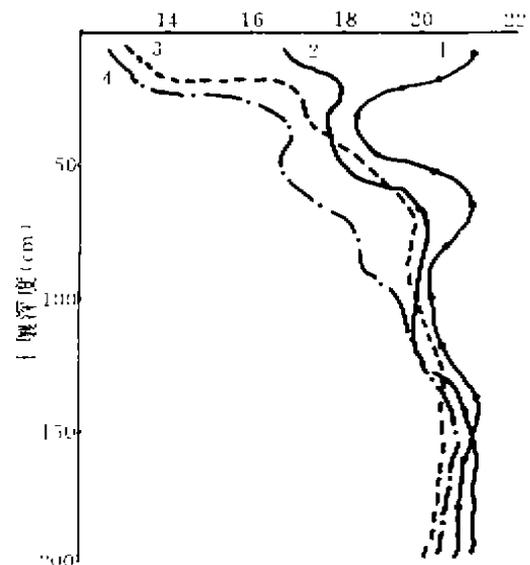


图3 土壤(休闲)剖面水分动态(1986~1987)

1. 11月10日; 2. 3月20日
3. 4月10日; 4. 5月15日

表4 土壤水分周年变化时期特征表

时 期	气 温 (°C)	降 水 量 (mm)	蒸 发 量 (mm)	土 壤 蒸 散 量 (mm)	蒸 散 强 度 (mm/d)	土 壤 蒸 散 与 降 水 量 比 较
缓慢失墒期(2~3月)	1.0	50.2	145.8	72.4	1.21	-
强烈失墒期(4~6月)	16.7	171.3	457.3	196.3	2.18	-
主要恢复期(7~10月)	18.6	314.7	611.9	225.3	1.88	+
相对稳定期(11~1月)	1.0	25.5	145.1	61.2	0.68	-

注:1)数据为定位4年(1986~1989)观测结果均值;2)“-”表示蒸散量>降水量,“+”表示蒸散量<降水量。

缓慢失墒期:气温低,蒸发小,降水亦少。土壤水蒸散缓慢,且主要在土壤表层进行。

强烈失墒期:气温和蒸发较高。据多年蒸发资料统计(1963~1983),6月为年蒸发最高月,平均蒸发量210.3mm。土壤蒸散量和强度为一年最高值。

主要恢复期:降水最多,是土壤水恢复的主要时期。试验结果表明,10月为土壤年储水量最高月,2m土壤储水526.5mm,相当田间最大储水量90.2%。

相对稳定期:气温最低,形成表面冻层,减弱土壤水损失,水分消耗最少。此期降水也最少,平均降水25.5mm。

2.3.2 土壤水分垂直分布特征 根据观测结果(图2,图3)和对典型的测点33次水分动态测定,495个测定值的统计分析(表5)结果表明,2m土层土壤水分垂直变化,可分为3个基本层。

表 5 土壤水分垂直变化动态特征表

水分层类型	深度 (cm)	含水量 (干土重%)	储水量 (mm/100cm)	CV (%)	n
活跃层	0~20	1.68±0.6	221.5± ^{6.4} _{9.5}	20.6	66
次活跃层	20~50	18.0±0.3	225.0± ^{3.8} _{3.7}	13.0	99
相对稳定层	50~200	19.4±0.5	248.3±6.4	9.7	330

注:数据为 3 年(1987~1989)各层均值。

活跃层由于受降水、蒸发等气象因素的直接影响,土壤水分变化幅度大,变化频率高,含量极不稳定;次活跃层仍受气象因素影响,但影响较小,湿度曲线变幅不大,既不象活跃层那样忽高忽低,变化频繁,也不象 50 cm 以下土层,含水量高而稳定;稳定层土壤含水量高,比较稳定。可把它看作旱塬土壤稳定蓄水库,是台塬土壤较强抗旱能力重要原因。

2.4 土壤夏休闲时期水分变化

小麦一般 6 月中旬收获,接着便进入夏休闲阶段,至 9 月下旬又播种小麦。在这个时段中,自然降水数量和土壤水库储蓄状况见表 6。

表 6 夏休闲期降雨量与土壤储水量的变化(6 月 20 日~9 月 20 日)

年 份	降雨量 (mm)	2 m 土壤储水量变化(mm)		储水增加量 (mm)	降雨存储率 (%)
		6 月 20 日 储水量均值	9 月 20 日 储水量均值		
1987	240.0	428.6	515.5	86.9	36.2
1988	477.1	400.5	546.8	146.3	30.7
1989	204.0	422.8	516.4	93.6	45.9
平均	307.0	417.3	526.2	108.9	37.6

表 6 表明,夏闲 3 个月大致可增加土壤储水 100 mm 左右。大约 40%降水被土壤保持,60%被蒸发和径流损失。因此采取一切措施,最大限度地使降水蓄积下来,这不仅是提高降水利用效率,保证小麦高产稳产的关键,而且也是防治水土流失的根本问题。

土壤储水增加量、降雨存储率与降水性质和土壤条件有密切关系。1989 年降水最少,但储水增加量并非最少,且降雨存储率最高;1988 年降水最多,储水增加量亦最多,但并不成比例关系,存储率反而最低,说明水分流失和蒸发的较多。

4 结 论

(1)该流域土壤是黄土台塬重要的优势生态条件,也是有较大增产潜力的根本原因之一。

(2)土壤水分周年变化有明显的阶段性,大致可分为 2 个阶段、4 个时期。土壤水分垂直分布可分为 3 个水分层类型。

(3)夏闲土壤的主要目的是接纳夏秋自然降雨,为旱塬小麦创造良好的土壤水分条件。

李佩成教授曾对该项研究提出许多有益建议、邱亚朝同志进行了土壤水分定位监测工作,谨此致谢。

参 考 文 献

- 1 陕西省农业勘察设计院主编. 陕西农业土壤. 西安, 陕西科学技术出版社, 1982, 2~3
- 2 西北大学地理系《陕西农业地理》编写组. 陕西农业地理. 西安, 陕西人民出版社, 1979, 54~56
- 3 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海, 上海科学技术出版社, 1978, 469~525
- 4 中国土壤学会农业化学专业委员会编. 土壤农业化学常规分析法. 北京, 科学出版社, 1983, 15~57
- 5 胡定宇, 路宝成, 张近安等. 旱粟小麦的耗水与土壤水分状况. 土壤通报, 1986, 17(6), 269~271
- 6 韩仁峰, 李玉山, 张孝中等. 黄土高原地区水分区域动态特征. 见: 西北水土保持研究所集刊, 1989, 10, 161~167

Soil Retention Ability and Variation Regularity in Loess Platform Lands

Hu Dingyu Zhang Jianping Jiao Juying

(Department of Soil Science Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract Fixed position experiments on soil retention ability, dynamic changing course and soil—water behaviors were conducted for 5 years (from 1986 to 1990) in Za-
ozi Gou watershed in Qianxian County. The results showed that the fine retention ability
of soil in loessal platform land is one of superior ecological conditions as well as one of
the fundamental cause of the great potential of yield increase. The annual variation in
soil moisture can be divided into two stages and four periods as well as water vertical
distribution in three moisture layer types.

Key words soil retention ability, annual variation in soil, moisture moisture verti-
cal distribution, moisture layer type