

长武王东沟小流域土壤墒情 影响因素与分布特征

李玉山 史竹叶 张孝中 董大学 郭民航

(中国科学院
水利部西北水土保持研究所)

提 要

黄土高原一个小流域内,因坡向、坡度和小地形的明显地貌分异,导致土壤墒情分布的差异,进而影响土地生产力。本文通过不同地类、不同利用下35个测点实测资料,就小流域土壤水分性质、土壤墒情分类、墒情与地类的关系,影响墒情优劣的因素、林网墒情效应等方面阐述了小流域内土壤墒情分异的某些规律性。

关键词: 小流域 土壤墒情 土地生产力

王东沟小流域系国家“七五”攻关综合治理试验区,位于陕西省长武县陕甘接境处,属典型高原沟壑区。试区土地面积 8.2km^2 ,塬、梁、沟比例为1:2:1。塬面海拔1220m,沟口940m,高差280m。地下水埋深60m,对土壤墒情没有影响。本区农田占土地面积40%,分布在塬面、梁顶和远村硷地(为1~2m窄式梯田)。远村硷地大量弃耕撩荒。林地主要分布在沟谷和陡坡,远村硷地辟为林地的占土地面积21%。大量陡坡和远村硷地都是荒草地,生物产量很低。

试验区年降水量580mm,平均温度 9°C ,属半湿润地区。虽因年际间和年内降水分布不均经常出现旱情,但由于85%以上降水被接纳,蓄存于深厚土体中,形成土壤水库,有显著地调节植物供水功能,因而旱情得以缓和,降水利用率提高,土地生产潜力增大。从试验区近年来的情况可以预测,粮食产量增加一倍,水分条件是允许的。

一、土壤墒情影响因素概述

本区影响土壤墒情的因素有两类:一类是地学因素,包括地形和土壤;一类是利用因素,包括农、林、草地及其生产水平。地形因素和热量与径流的产生有关。海拔、坡向、微地形的方位(如阳湾)都会因其热量状况差异,有不同的蒸发潜势。一般讲,海拔低、阳坡、阳湾蒸发潜势较大,土层因而较干。坡度则对径流与土壤入渗直接有关。在利用因素中,多年生植物(乔灌木、人工草地)蒸发量一般大于1年生作物和荒草地。因此,林地、人工草地一般较农田干燥。至于生产水平的影响,由于生物量高导致耗水量增大,使土壤干燥的程度一般大于生产水平低者。在黄土高原沟壑区,土壤墒情受地形和生物量高低的双重影响。需要进行长期定位系统观测,才能判断土壤墒情影响因素的不同效应。

二、试区土壤水分基本性质

土壤水库的供水调节功能决定于土壤水分基本性质。其中关系最大的有入渗性能、持水性能、失水性能和有效性能。表示这四种性能的参数分别为稳定入渗率、田间持水容量、蒸发失水率和萎蔫湿度。对于黄土性土壤来讲,影响土壤水分性能最主要的因素是土壤质地。研究表明,中壤质土壤的综合水分性质最好,现对试区主要土壤黑垆土的水分性质作一分析(见表1)。

黑垆土 $<0.01\text{mm}$ 物理性粘粒含量适中,稳定入渗率为 $1.35\text{mm}/\text{min}$,在五级分类制中属于2级,田间持水容量21%~23.8%,在黄土高原属于最高地区,蒸发失水率历时180天,裸地物

理蒸发量与田间持水容量之比,以2m土层计算,只有14.7%,可认为保水性能良好。但最上部的覆盖层失水率达43.3%。第2层蒸发失水率突然下降到19.9%,110cm以下深度水分,失水率只有12.7%,也就是说,经过180天长期蒸发,保存率尚有87.3%,说明土壤保墒能力是相当强的。因为黑垆土层阻止水分上移而抑制蒸发的结果。本区黑垆土的萎蔫湿度为9%~12%,有效水占田间持水容量一半多,属于中等,但其绝对量相当高,2m根层达300mm以上。关于旱作水分产量效应的研究表明,旱作产量潜势系数达到0.85~1.00,即旱地作物由于水分亏缺造成减产的范围为0~15%。显然,本区一般年份,农田水分满足的程度是相当高的。这主要是本区有土层深厚的黑垆土,黄壤土也有类似的性能。

1 黑垆土水分性质

土 层	深度 (cm)	容 重 (g/cm ³)	<0.01 mm颗粒 (%)	质 地	水 分 性 质				水分贮量 (mm/10cm)		
					(1) 稳定入渗 率(mm/mim)	(2) 田间持水 容量(干 重%)	(3) 蒸发失水 率(%)	(4) 萎蔫湿度 (干重 %)	全贮量	有效水	无效水
覆盖层	0~45	1.41	37.0	中壤	—	21.0	43.3	9.2	29.6	16.6	13.0
古耕层	45~70	1.36	46.0	重壤	—	23.2	19.9	11.4	31.6	16.1	15.5
垆土层	70~110	1.26	4		—	23.8		12.0	30.0	14.9	15.1
淀积与母质层	110~200	1.40	39.7		—	23.2	12.7	11.4	32.5	16.5	16.0
全剖面	0~200	1.36	—		1.35	22.8	14.7	11.0	31.3	16.2	15.1

注: (1) 采用蒋定生资料; (2) 以-1/3巴为准; (3) 遮雨下蒸发180天的测值;
(4) 以-15巴为准。

三、试区土壤墒情分类

根据1987年8月上中旬,在35个测点上取得的土壤剖面水分全贮量和有效水储量资料,将试区的土壤墒情划分为:偏湿、偏干和干燥型3个类型。3个类型的分类指标见表2。由于测定时间正是伏秋连旱季节,土壤贮水量较常偏低。所有测点中土壤贮水量最高者相当于田间持水容量78%,最低者为49%。

表2 土壤墒情分类指标

类 型	全贮量 (mm)	有效水贮量 (mm)	相当于田间持水容量 (mm)	测点数 (个)
偏湿型	>420	>120	>68	14
偏干型	370~420	70~120	60~68	13
干燥型	<370	<70	<60	8

(一) **偏湿型** 包含14个测点。土壤2m深贮水量为420~480mm,含有效储水量120~160mm。此类型土地分布的地形部位偏高,有塬面、塬边捻地和塬边埧地,以及沟滩地和阴埧。目前这类土地除沟滩地外全部用作农田,有少量果树种植。

(二) **偏干型** 包含13个测点。土壤2m深贮水量为370~420mm,含有效储量70~120

mm。这种类型的土地分布部位偏低。包括小流域中游的梁顶和梁埝，下游各种坡向的崩埝，大部用作农田，远处少量弃耕撩荒。试区建立后，将有40%面积辟为果园。

(三) 干燥型 包含8个测点。土壤2m深贮水量小于370mm，含有效贮水量小于70mm。此类型土地大部分是25°~30°的陡坡荒草地和林地，少量为下游埝地，其生产力低下，如崔家山杏坡，白杨坡荒草坡，丈六东向杏坡等。

图1表明上述三类墒情土地的剖面湿度分布，3号是塬边埝地，8号是梁边埝地，10—3号是26°的坡地。3个地块分别代表偏湿型、偏干型和干燥型。

四、影响土壤墒情的因素

在一个小流域范围内，从测定资料看，影响土壤墒情的主要因素是小地形，即坡度和坡向，植被类型和生物量，以及土地在流域内的位置。

1. 坡度 王东沟小流域内土地坡度分布有明显的两极分异。以原自然坡度为分级根据，<5°45'的土地面积占37.9%，>25°的陡坡占41.2%，二者共占79.4%，而中等坡度，即5°45'至25°之间的土地面积只占20.9%，这种坡度分布正是高原沟壑区地形特征的定量表达。现经过多年的土地平整，小于5°45'的塬面和塬边缓坡地，已建成方田和埝地，梁顶也修成埝地；<25°的梁坡，在原来埝地即老式梯田基础上有一半已修成水平梯田。土地平整有效地防止了水土流失，改善了土壤墒情。

图2是埝地和不同坡度的土壤墒情剖面。泡桐山11A测点，坡度27°，1m土层土壤湿度为10%~15%，

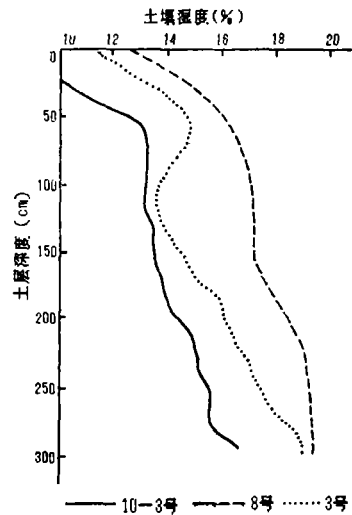


图1 三种类型土地的土壤水分剖面 (1987年8月10日)

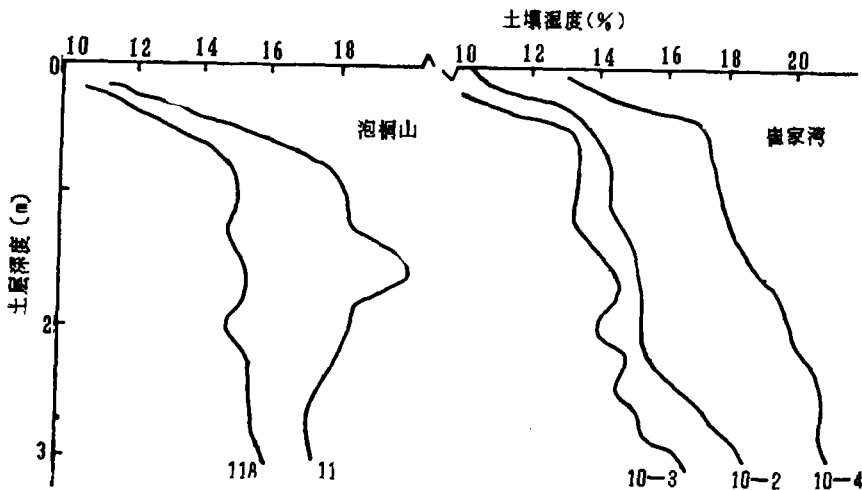


图2 不同坡度土地土壤湿度剖面 (1986年8月)

2~3 m土层为15%~16%，11号测点是附近埝地，相应层次的土壤湿度分别为12%~18%和18%~20%，显然较11A湿润。

崔家湾之10—4测点为梁顶埝地，10—2测点为20°坡地，10—3测点为36°坡地。3个测点的全剖面湿度相应地由湿到干。10—3测点生长的杏树树令十余年，已多年不结果。

2. 坡向 坡向不同所受热量不同，蒸发失水强度有别，形成不同墒情。从东、南、西、北坡向测定资料中看，除

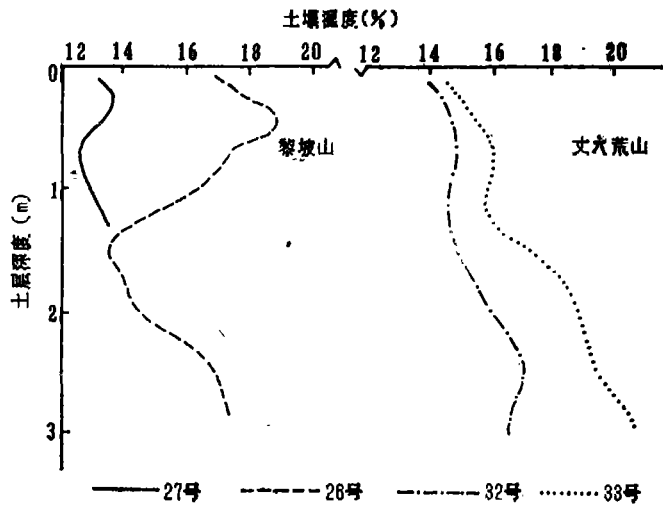


图3 不同坡向埝地土壤湿度差异 (1986年8月)

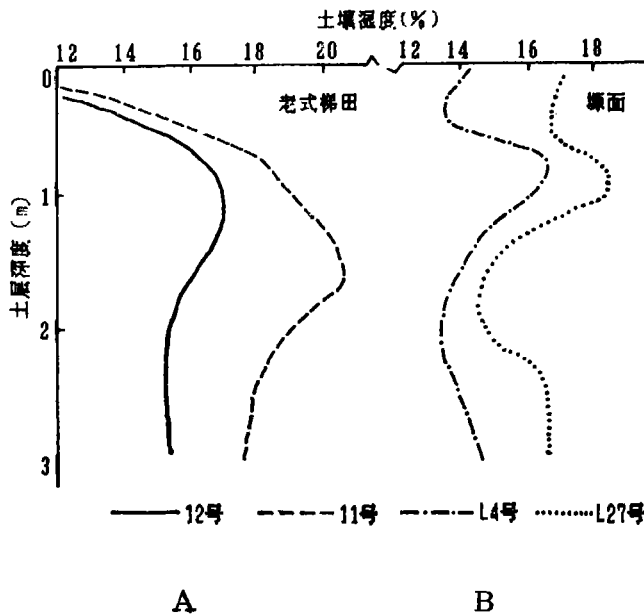


图4 人工林、草地与农地的土壤湿度剖面

于年降水量。深层土壤贮水弥补降水量之不足，以致引起土壤干燥化。一年生植物，一年一季蒸发量400~500mm，小于年降水量，土壤湿度呈年周期恢复状态，不会引起土壤干燥化。

图4 A是埝地上的泡桐林地和弃耕地的土壤墒情剖面对比。林地在80~300cm土层内土壤湿度降低2%~4%，相当于100mm有效水量。图4 B是3年生苜蓿草地和连作小麦地之湿度剖面对比。在0~3m土层内，小麦地土壤湿度高1%~3%。

4. 生物量水平 一年生作物一般以经济产量来代表生物量水平。在需水量范围内，产量和

阴坡土壤较湿润外，其余坡向尚无规律性差异。

犁波小南岭北向埝较南向埝湿润。0~140cm深度土层度高出4%~5%(图3)。丈六荒山北向埝较南向埝，在0~300cm土层内，湿度高出2%~4%。

3. 植被 植被类型不同，蒸发量不同，根系分布深度不同，由此引起的土壤干燥深度和强度也不同。多年生植物生育期长，根分布深，年蒸发量一般多于1年生植物。如人工草地根深大于5m，1年生植物多在2m以下，苜蓿年蒸发量可达600~700mm，多

耗水量是直线关系，或为近似直线的抛物线关系。即产量愈高其所消耗水量愈多。因此，收获期测定结果，高产地区土壤较低产地干燥。在小流域范围内，塬面农田墒情本处于偏湿型，但由于其生物量高，测定结果往往是湿度偏低。

现以塬面不同产量的小麦田对土壤墒情的影响来说明这个问题，图5是亩产分别为147kg、218kg、275kg和369.5kg的小麦田收获期土壤湿度剖面。全层土壤湿度随低产到高产，顺序由湿变干。在小麦生育期中，各级产量水平的小麦，吸取土壤水量顺序为86.6、127.1、159.5和228.3mm。收获期全层土壤水分贮量以最低产的147kg田块最高、以产量增高顺序的各地块分别减少土壤水分40.5、72.9和141.7mm，以产量最高的田块墒情最差。

五、塬面林网对作物产量和土壤墒情的影响

在高原沟壑区和台塬区、塬面林、路、田配套是农田基本建设的基本内容。长武县塬面林网建设已经成型，路分主干路，干路和生产路。

林网以行道树方式配置。主干路旁每边植树2行，生产路每边植树1行。主要树种是大官杨。

林网对农业生产的影响有两重性：一面是防风保墒，增加林木产值；另一方面是胁地减产，减少农业收入。王东沟试验区塬面农田面积共2200亩，各类林带总长11000m。以目前村上土地承包标准，每边影响6m计算，测胁地总面积为99亩，占塬面农田面积3.2%。对防风保墒林网田生态和增产效益的评估，目前尚缺乏资料。

造成林网胁地的原因，主要是与作物争夺光照、养分和水分。看来，水分是首要因素。现就林带对林旁土壤墒情的影响作一分析。

1987年8月15日选择南北主干道林带西边的玉米田和夏播糜子田各一块，从林下开始，垂直于林带，每隔2m设一测点，测定作物生长情况和农田土壤湿度，一直测定到胁地影响消失的距离为止（图5）。

被测林带每边种植杨树2行，行距1m，株距2m，品字形种植、树高12m，树龄12年。根据目测作物生长表现，胁地距离为14m。

图6表明距林带距离不同玉米生长发育有较大差异。说明林网影响玉米生长发育是显著的。玉米株高以第14m测点为1.0，测10m测点为0.9，6m测点为0.58，2m测点为0.20。植株鲜重的影响较株高更为显著。上述不同距离测点的相对比值分别为1.00、0.63、0.27和0.06。因为愈接近林带，植株愈细。胁地对产量的影响若以结棒情况和植株鲜重来推算。0~6m距离没有结棒、产量等于零，6~14m以占正常生长发育的鲜重百分数来计算，则林带旁14m内产量相当于正常产量35%，12m以内为26%，10m以内为17%，8m以内为8%，6m以内绝产。

调查期间夏播糜子正值苗期，没有进行地上部调查。但从植株大小，群体疏密和受旱色泽，同样可以判断出，胁地影响距离和玉米地相同。

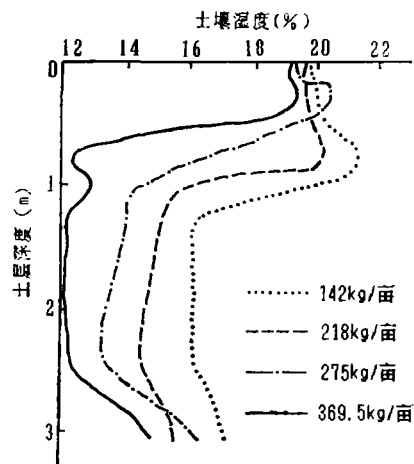


图5 不同产量小麦田收获期土壤湿度剖面

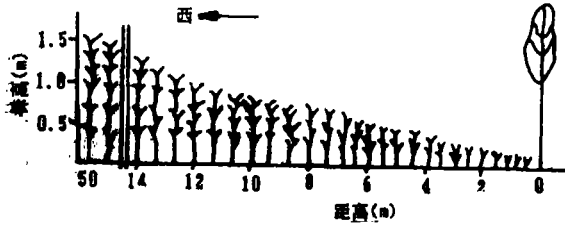


图6 测点位置及各点玉米生长高度示意图

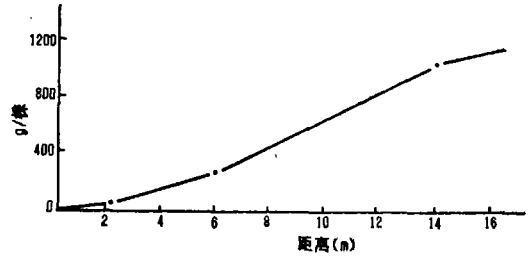


图7 林带处不同距离玉米单株鲜重变化

土壤水分测定表明，根层（0~3 m）土壤储水量和玉米生长鲜重之间存在高度相关关系，相关系数 $r=0.9803$ 。高度相关主要来自深层，其中1~2 m土层储水量和鲜重的 $r=0.9817$ ，2~3 m土层之 $r=0.9686$ 。而0~1 m土层储水量和玉米鲜重几乎不存在相关，其 $r=0.2027$ 。因为树木和作物对上层储水利用强度近似。分层储水量与玉米鲜重的直线相关公式如下：

0~1 m土层： $y = -1292.3 + 13.52x$ ， $r = 0.2027$ ；
 1~2 m土层： $y = -2320.1 + 14.75x$ ， $r = 0.9817$ ；
 2~3 m土层： $y = -2141.1 + 14.75x$ ， $r = 0.9686$ ；

0~3 m土层： $y = -3064.4 + 6.97x$ ， $r = 0.9803$ ；

式中 y = 玉米鲜重 (kg)， x = 储水量 (mm)

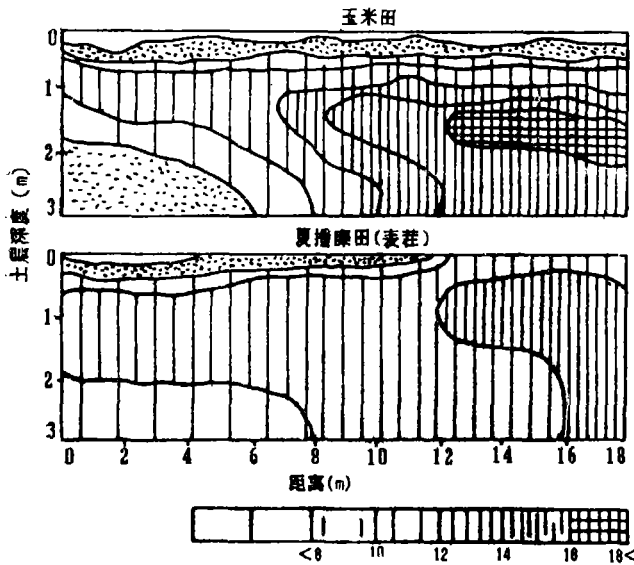


图8 林带处不同距离农田土壤湿度分布

六、小 结

在王东沟小流域范围内，土壤墒情呈上游偏湿，中下游偏干的趋势。同一地理部位，土壤墒情又受坡向、坡度、植被类型和生物量的影响，表现出一定差异。地学因素是稳定的因素，难为人为所改变（当然某些地学因素，如坡度可以改变），植被和生物量是可以调节的因素。墒情不同的土地类型要求配置以适宜的植被类型和品种类型，以及适宜的耕种措施。