

梯田田坎水分耗散及其对作物产量的影响初探

杨开宝 郭培才

(陕西省黄土高原治理研究所·米脂县·718100)

提 要

通过对陕北丘陵沟壑区梯田土壤水分及作物产量监测结果的分析,认为田坎水分蒸发对田面土壤水分的减少作用,在距田坎1m距离内是明显的,它使作物单株产量较坡地减少了18.2%。理论计算表明:1m高田坎水分损失10.9%,2m高田坎水分损失11.2%。

关键词: 陕北丘陵沟壑区 梯田 田坎 侧向蒸发 水分动态

Preliminary Discussion on the Loss of Soil Moisture from Terrance Bank and Its Effects upon Cron Yield

Yang Kaibao Guo Peicai

(Shaanxi Institute of the Loess Plateau Management, Mizhi, Shaanxi, 718100)

Abstract

In this paper, soil moisture loss from terrance bank and its effects on crop yield were studied, based on the measurement of soil moisture and crop yield on hilly and gully region of North Shaanxi. The results indicated that evaporation from terrance bank obviously affected soil moisture of the terrance land in 1m from the bank, and the yield of per stem of crop reduced 18.2% compared to the slope land. According to the calculation, soil water of terrace land with 1m bank lost 10.9% and with 2m bank lost 11.2% compared to the slope land.

Key words hilly and gully region of North Shaanxi terrace land terrace bank evaporation by bank soil moisture dynamic state

梯田不仅是一种水土保持坡面治理工程措施,更重要的是黄土丘陵沟壑区最基本的农田,对该区农业生产的发展有着极其重要的意义。坡耕地修成水平梯田后,变“三跑”田为“三保”田,它不仅几乎全部拦蓄了天然降水,而且能拦蓄其上部来的径流及泥沙,使土壤水分及肥力较坡耕地有所增加,因而单位面积产量较坡耕地提高了1~3倍。但是,水平梯田改变了原有的地面形状,表面积增加,从而使地表蒸发量较坡地高出许多,据计算,原地面坡度为15°的坡地修成宽4m的水平梯田后,表面积增加了22.9%,这样就势必造成梯田土壤含水量的下降,使其平均水分状况低于坡耕地。水平梯田水分损失的途径包括两个方面:一是梯田田面蒸发损失;二是田坎侧向蒸发损失,与坡地相比,梯田土壤水分损失主要取决于田坎侧向蒸发。我们研究的目的在于探索田

坎水分消耗下的梯田土壤水分剖面特征及横向水分动态,以期对黄土丘陵区梯田作物的合理布局、护埂植物的选择、经济林木合适的栽植位置及梯田综合生产能力的提高等方面提供可靠的科学依据。

一、研究地区自然条件

研究地区为陕北丘陵沟壑区,年降水量为 400~500mm,年蒸发量达 1 500mm 以上,属温带半干旱森林草原气候带。农田以水平梯田和坡地为主,其中水平梯田占 25%以上,土壤为黄绵土,质地轻壤,土层深厚疏松,有利于土壤水分的保蓄和运移,田间持水量和凋萎湿度均较低,分别为 18.0%和 5.7%。

二、试验地概况及研究方法

试验地设在米脂县泉家沟村,位于无定河流域左岸的二级支沟内,治理程度比较高,全村总耕地面积 1 784 亩,人均 2.2 亩,其中水平梯田占 66.1%,人均 1.5 亩,梯田田坎平均高度为 2.1m,田面平均宽 3.9m。本试验采取定位观测为主的方法,选取田坎高度和田面宽度有代表性的 3 条梯田,作为 3 个重复,田坎平均高 2.0m,田面平均宽 4.2m,坡向半阳坡,作物为谷子。水分监测方法为:以田坎边缘为起点,分别距田坎 10cm、20cm、30cm、50cm、70cm、100cm、150cm、200cm、250cm 9 个点为测点(以下简称 10cm、20cm、...、250cm 测点),每个点测深 2m,分 10 个层次,同时选取相同坡向的坡地作为对照,作物及取土层次相同,3 个重复。测定时间为作物播种至收获期(5 月 21 日至 10 月 20 日),每月 2 次,分别为 5 日和 20 日,如遇降雨天时间顺延。同时监测生育期降水及作物产量,梯田产量的监测方法为:从田坎边缘开始,逐行各收 100 株,求算每行单株产量。

三、结果与分析

(一)土壤水分横向变化规律

将土壤水分监测结果整理成表 1,由此可见,无论土层厚薄与深浅,土壤湿度随距田坎距离的

表 1 半阳梯田及坡地不同土层土壤湿度测定结果(5~10 月平均,占烘干土%)

测 点		10	20	30	50	70	100	150	200	250	坡地
(距田坎距离(cm))		土 壤 含 水 量 (%)									
土 层 (cm)	0~50	7.01	7.92	8.06	8.34	8.58	8.87	9.06	9.39	9.42	8.29
	0~100	6.16	6.83	7.12	7.45	7.88	8.16	8.55	8.97	9.25	8.01
	0~200	5.87	6.33	6.66	6.93	7.30	7.56	7.86	8.54	8.61	7.94
	100~200	5.25	5.46	5.49	5.74	5.96	6.17	6.84	7.55	8.17	7.77

增加而增加,但与相同层次坡地相比,各层次变化梯度不相同,例如 0~50cm 土层在距田坎 40cm 左右处水分含量已与坡地持平,而 100~200cm 深土层至 200cm 处才与坡地接近。将表 1 数据描绘成散点图(见图 1),散点图显示出 0~50cm、0~100cm 及 0~200cm 土层范围土壤含水量(G)与距田坎距离(l)呈幂函数变化趋势,即 $G=al^n$,而 100~200cm 土层二者呈现为线性函数趋势,即 $G=a+bl$,经回归分析计算,二者关系式为表 2 中式(1)、式(2)、式(3)、式(4),关系曲线见图 1。关系曲线表明:土壤湿度在横向上的变化梯度与土层深度有关,土层越深厚,持水容量越大,对水分的调节能力越强,因而变化梯度小,从幂函数关系式中幂指数的大小也能说明这个问

题,即幂值越小,函数值增加的越快。同时还表明:上层(0~1m)与下层(1~2m)土壤湿度差别较大,0~1m 土层土壤湿度明显高于 1~2m 土层,下层土壤在距田坎 0~47.8cm 的范围内土壤湿度低于凋萎湿度(5.7%),而上层均高于此值,随着距田坎距离的增加,上、下层土壤湿度差值(S)呈抛物线关系变化,关系式为:

$$S = 4.677l^{0.122} - 0.012l - 5.126 \quad (5)$$

此函数的极值(最大值)在 $S' = 0$ 处,即

$$0.569l^{-0.878} - 0.012 = 0$$

解此方程得 $l = 81.06$,说明在距田坎 81cm 处,上、下层土壤湿度差值最大,差值为 1.88%,而相同层次坡地差值仅为 0.24%,这一规律性的变化初步说明田坎侧向蒸发对梯田土壤水分的影响在横向上 0~80cm 的范围内最明显,进一步计算表明:0~100cm 土层在距田坎 79.8cm 时含水量与同层次坡地持平,而 0~200cm 土层与同层次坡地水分持平的距离为 137.3cm。由于田坎侧向蒸发,导致梯田平均土壤湿度低于坡地。

(二)田坎侧向蒸发损失量

如前所述,与坡地相比,梯田土壤水分损失主要取决于田坎侧向蒸发。从理论上讲,整个田面同一层次土壤水分在横向上应呈均匀分布,在不考虑田面蒸发及作物蒸腾耗水的情况下,横向水分贮量减少即可认为是侧向蒸发损

表 2 距田坎不同距离与土壤湿度回归分析结果表

土层(cm)	a	b	r	关系式
0~50	5.957	0.085	0.983	$G = 5.957l^{0.085}$ (1)
0~100	4.677	0.122	0.998	$G = 4.677l^{0.122}$ (2)
0~200	4.420	0.119	0.993	$G = 4.420l^{0.119}$ (3)
100~200	5.126	0.012	0.997	$G = 5.126 + 0.012l$ (4)

失,这样就可根据土壤湿度(G)与距田坎距离(l)间的关系曲线,采用定积分的方法对田坎蒸发损失量作精确计算,方法为:

$$W = W_{理} - W_{实} \quad (6)$$

$$W_{理} = al^b \times 10P_s h$$

$$W_{实} = 10P_s h \left(\int_0^{l_0} al^b dl \right) / l_0$$

式中:W——田坎侧向蒸发损失量(mm); $W_{理}$ 、 $W_{实}$ ——田面宽度等于 l_0 时的理论和实际贮水量(mm); l_0 ——田面宽度(cm); h——田坎高度(m); P_s ——相应层次土壤容重(g/cm^3); a、b——幂函数回归系数; 10——单位换算系数。

根据(1)式、(2)式、(3)式及(6)式可分别计算出田坎高度为 1m 和 2m 时田坎蒸发损失量,例如,设田面宽度为 4m,即 $l = 400cm$ 时,0~100cm 土层理论贮水量为 110.49mm,而实际贮水量为 98.46mm,则 1m 田坎蒸发损失量为 12.03mm,占理论贮水量值的 10.9%;同理,0~200cm 土层(即 2m 高田坎)田坎蒸发损失量为 24.55mm,占理论贮水量值的 11.2%。

(三)田坎蒸发影响下的季节动态特征

根据所测资料绘制图 2,从曲线变化趋势看出:(1)作物生育期 5~10 月份,2m 土层各测点

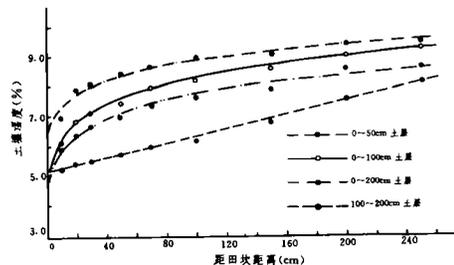


图 1 距田坎不同距离土壤水分散点图及关系曲线

具有相同的季节变化动态,大致可以划分为三个阶段:第一阶段为春季缓慢蒸发阶段(作物播种~6月下旬);第二阶段为夏季蓄水增墒阶段(7月上旬~9月下旬);第三阶段为秋季强烈蒸发损耗阶段(10月上旬~作物收获),这一结果与前人研究成果基本吻合,但与坡地相比,各阶段水分变化梯度不同,例如从曲线的陡缓程度可看出,第一阶段坡地的蒸发过程比梯田缓慢,但第三阶段又比梯田蒸发强烈,原因是第一阶段梯田田坎的强烈耗水使梯田水分大量损失,第二阶段梯田比坡地接纳更多的天然降水(因为坡地在这一阶段大多数降雨产生了地表径流),使第三阶段有较多的水分储存。(2)土壤湿度的变化动态滞后于降水动态,各测点呈同步变化,8月份降雨量达最大值,而土壤湿度到9月20日才达最大,6月份降雨量较5月份增加了33.4mm,但此时土壤湿度值却增加很缓慢。二者相差近1个月。

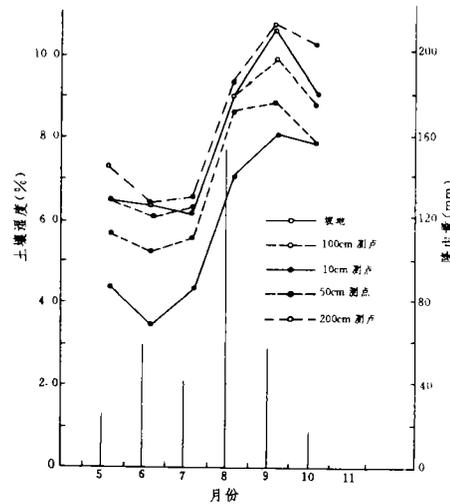


图 2 作物生育期梯田及坡地 2m 土层水分动态

(四)田坎蒸发影响下的剖面特征

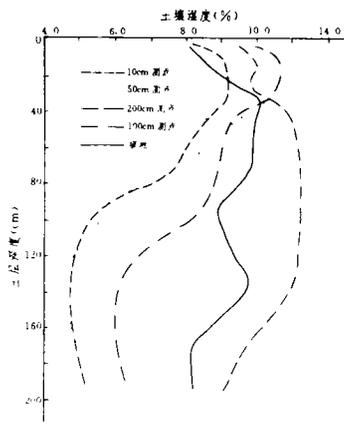


图 3 第三阶段梯田及坡地土壤湿度剖面

为了能较明确地说明梯田土壤水分受田坎蒸发的影响而显示出的剖面特征,我们选取降雨量最少、蒸发也较强烈的 10 月份的实测资料(表 3)进行分析,剖面图见图 3。土壤水分垂直变化规律主要受向下的入渗再分配和向上的蒸发移动两个过程所支配,但梯田土壤湿度剖面同时也受田坎侧向蒸发所干扰,由图 3 可见,在距田坎 100cm 范围内上、下层土壤湿度差异较大,1m 土层含水量明显高于 1~2m 土层,但距田坎 100cm 以后的范围上、下层土壤湿度差异不明显,剖面比较均一,几乎无水分变化梯度,土壤湿度均在 8%~11%之间;40cm 以下土层在横向 0~100cm 范围低于同层次坡地值,40cm 以上均高于坡地同层次湿度值,是由于 10 月 19 日有

5.6mm 的降雨,降水还没有充分下渗,同时也说明梯田较坡地有较好的蓄水增墒效果。

表 3 10 月 20 日土壤水分测值

测点 (cm)	土 层 (cm)									
	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	70~80	90~100	130~140	170~180	190~200
土 壤 含 水 量 (%)										
10	8.26	9.07	9.17	9.17	8.71	7.62	5.73	4.90	5.08	5.38
50	8.97	9.71	10.50	10.23	9.58	7.84	6.12	4.65	5.08	5.46
100	10.04	10.68	10.65	10.29	9.31	8.95	8.67	6.22	6.17	6.48
200	9.47	10.01	9.88	10.41	10.95	11.22	11.26	10.10	9.71	9.11
坡地	8.16	8.58	9.23	10.11	10.01	9.84	8.91	9.85	8.16	8.24

(五)田坎蒸发对作物产量的影响

根据对谷子单株产量的测定结果分析(见表4),在水分监测范围内单株产量在梯田横向上呈

表4 梯田及坡地谷子单株产量测定结果

距田坎距离(cm)	10	50	90	130	170	210	坡地
单株产量(g/株)	6.67	10.00	11.67	15.00	13.33	11.67	11.46

抛物线趋势分布,其产量峰值位于130cm处,峰值左右两侧产量值不对称,距田坎近的一边产量水平相对低些,而相同条件下坡地的单株

产量为11.46g,相当于梯田横向85cm处的产量水平,即在距田坎0~85cm范围内谷子单株产量均低于相同条件下坡地单株产量。初步分析认为,田坎水分蒸发对梯田作物产量的影响作用在距田坎0~85cm范围内是明显的,这一范围内平均单产较坡地减少18%左右,在上述产量监测范围内,梯田平均单株产量为11.39g,比坡地的单产值还少一些,但差值不明显,所以,与坡地相比,田坎水分蒸发对梯田作物产量肯定有影响,其影响程度随着距田坎距离的增加而减弱,产量水平呈单峰型分布,笔者认为,这还与梯田的切土部位和填土部位土壤水分及肥力有差异有关,有待于进一步研究。

四、结 论

综上所述,梯田田坎水分耗散对田面土壤湿度及作物产量方面的影响作用有以下几个特点:

1. 作物生育期5~10月份,2m土层范围内,无论土层多厚,其土壤湿度均与距田坎距离呈极显著幂函数正相关,但深层土壤(1~2m土层)其湿度在梯田横断面上呈极显著线性相关;
2. 田坎侧向蒸发水分损失量与田坎高度和田面宽度有关,宽为4m的梯田,2m高田坎蒸发水分损失量24.55mm,占理论贮水量值的11.2%,1m高田坎蒸发损失量为12.03mm,占理论贮水量值的10.9%;
3. 由于田坎侧向蒸发消耗土壤水分,导致梯田作物产量在距田坎85cm范围内较坡地减产18%;
4. 田坎蒸发对梯田土壤水分的减少作用在距田坎1m范围内是明显的,而且上、下层土壤水分的减少程度不同,导致该范围内上、下层土壤湿度差异明显,二者差值在梯田横向上呈抛物线函数关系分布,最大差值位于距田坎81cm处。

参 考 文 献

- [1] 梁一民. 韩仕峰主编. 农林草地水分论文专集.《水土保持通报》,1990年,第6期