

砖窑沟流域旱地农田土壤水分 平衡研究初报

王改兰 段建南 李栓怀 张进峰

提 要

本研究于降水充沛的1988年,在两种土地类型、两种土壤肥力和两种作物条件下,探讨了砖窑沟流域旱地农田土壤水分动态与作物生长的关系,土壤水分收支及利用状况。研究结果表明,土壤水分季节性变化可划分为稳定期、增加期和消耗期。作物收获时0—2m土层贮水量较播前增加了28.9—66.9mm,土壤水分利用率为0.77—1.49。文中提出了培肥地力,调整作物种植结构与布局是提高旱地农田土壤水分利用率的有效途径。

砖窑沟流域位于晋西北河曲县中西部,属黄土丘陵沟壑区,绝大部分农田无地下水和灌溉水补给,农作物需水主要靠天然降水。该流域年均降水量为447.2mm,63%集中在6—8月三个月,年降水变率为60%左右。年蒸发量为1913.7mm,干燥度一般大于1.5。较大的降水年、月际变化与较强的水分蒸发,使降水往往不能满足作物正常生长发育的需要,产量低而不稳。因此,深入研究旱地农田土壤水量平衡,合理有效地发挥土壤水库的调节功能,对提高当地作物产量和土壤水分利用率有着十分重要的意义。

一、试验条件与方法

试验设在该流域内的沙坪村西。试验年(1988年)作物生长季节降水量为436.2mm,属丰水年。

试验在阴面和阳面梯田两种土地类型、高肥和低肥两种土壤肥力条件下进行,每一类型地块分三个小区,其中两个小区分别种植当地的主要作物糜子和马铃薯,另一小区为裸露地。试验土壤为轻壤黄土质淡褐土,土层深厚,结构疏松,透水性能和持水性能

表1 土壤物理性质测定结果

地块类型	层次 (cm)	容重 (g/cm ³)	总孔隙度 (%)	田间持水量 (%)	饱和持水量 (%)	最大吸湿水 (%)	凋萎湿度 (%)	渗透系数 (mm/min)
低肥力地	0—15	1.29	51.38	24.55	47.55	3.34	5.01	0.93
	15—28	1.37	48.74	29.10	33.45	3.95	5.93	0.59
	28—72	1.55	42.81	27.17	26.92	2.26	3.39	2.99
	72以下	1.54	—	27.17	—	—	3.39	—
高肥力地	0—12	1.21	54.02	26.37	48.67	4.28	6.42	0.81
	12—47	1.30	51.05	33.76	40.17	4.80	7.20	0.42
	47—71	1.27	52.04	31.67	41.19	4.42	6.63	0.49
	71以下	1.27	—	31.67	—	—	6.63	—

均好, 土壤的理化性状分别列于表 1 和表 2。由表 1 数据计算出 0—2 m 土壤的持水能力为 542.0—634.4 mm, 其中有效持水量为 468.5—500.1 mm。

表 2 试验地各层养分状况

地块类型	层次 (cm)	有机质 (%)	全 氮 (%)	碱解氮 (mg/100g 土)	全 磷 (%)	速效磷 (ppm)	酸碱度 (pH)	速效钾 (ppm)	代 换 量 (me/100g土)
低 肥 力 地	0—15	0.620	0.049	11.98	0.054	4.43	8.30	112.5	5.60
	15—28	0.269	0.025	—	0.055	—	8.34	—	5.29
	28—72	0.093	0.010	—	0.036	—	8.36	—	3.55
	72以下	0.145	0.008	—	0.035	—	8.50	—	3.56
高 肥 力 地	0—12	0.643	0.052	14.92	0.059	18.18	8.50	108.0	5.53
	12—47	0.456	0.028	—	0.053	—	8.30	—	5.27
	47—71	0.269	0.021	—	0.055	—	8.25	—	5.14
	71以下	0.269	0.059	—	0.055	—	8.33	—	5.02

本研究土壤水分的测定采用中子法, 仪器为江苏农业科学研究院原子能研究所研制的 LNW-50A 型中子土壤水分计。测深 2 m, 共分 15 层, 0—100 cm 每 10 cm 一层, 100—200 cm 每 20 cm 一层。每半个月测定一次, 日期定为每月的 5 日和 20 日。作物耗水量 (蒸腾蒸发量) 按水量平衡法计算^[1], 即:

$$ET = (W_H + R + e) - (W_K + f + n)$$

式中: ET—为作物耗水量; W_H —为播种时 2 m 土层中贮存的水量; R—为生育期降水量; e—为地下水补给量; W_K —为收获时 2 m 土层中贮存的水量; f—为渗漏至 2 m 土层以下的水量; n—为径流量; W_H 和 W_K 用中子水分计实测; R 用简易雨量筒实测。试验田地下水位很深, 作物生育期降水一般渗至 2 m 土层以内。试验地均为梯田, e、f 和 n 可省去。因此, 上式可简化为 $ET = (W_H + R) - W_K$ 。

二、试验结果与分析

(一) 不同作物地土壤水分动态变化规律。试验结果表明, 糜子与马铃薯两种作物

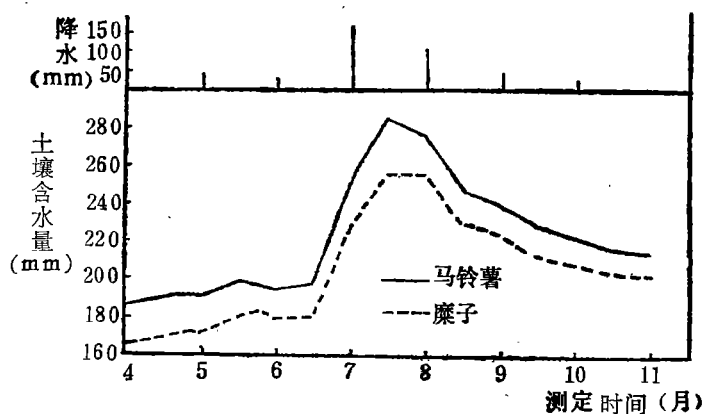


图 1 阳面梯田不同作物地土壤水分动态变化

地土壤水分动态变化规律基本相似。如图1所示,可明显划分为三个时期,即土壤水分稳定期、增加期和消耗期。

1. 土壤水分稳定期。这一时期糜子从播种(12/6)到分蘖,马铃薯从播种(5/6)到孕蕾,作物植株小,蒸腾量少。糜子耗水量为33.8mm,日平均耗水1.47mm;马铃薯较糜子早播一周,耗水量高出13.3mm,日平均耗水1.52mm。此期与糜子同一时段的降水量为31.7mm,与马铃薯同一时段的降水量为46.7mm,降水量与作物耗水量相近,故该期土壤水分处于相对稳定状态。到期末,马铃薯地0—200cm土层仅失水0.4mm,水分变化层主要在0—20cm;糜子地0—200cm土层失水量为2.1mm,水分变化层次主要在0—40cm。

2. 土壤水分增加期。这一时期,糜子从分蘖到抽穗,马铃薯从孕蕾到开花,植株迅速生长,蒸腾量达一生最大值,糜子与马铃薯耗水量分别为142.7和130.7mm,日平均耗水量达4.6和4.2mm。此期降水也进入高峰期,降水量达218.0mm,除用于作物蒸腾和土壤蒸发外,还有部分降水补充土壤水分。到期末,糜子地2m土层贮水量增加75.3mm,降水下渗深度达100cm处;马铃薯地贮水增加值为87.3mm,降水下渗深度达120cm处。

3. 土壤水分消耗期。这一时期,糜子从抽穗到成熟,马铃薯从开花到成熟,作物耗水仍较强,糜子与马铃薯耗水量分别为130.9mm和143.8mm,日平均耗水量为2.2mm和2.4mm。但该期降水明显减少,降水量仅86.6mm,远小于同期作物耗水量,使雨季补充的土壤水又消耗于作物蒸腾和土壤蒸发。到期末,糜子地贮水量减少了44.3mm,马铃薯地减少了57.2mm。这两种作物地表层土壤含水量均又恢复到播前水平,甚至还略低,降水下渗深度达140cm。

(二) 不同土地类型土壤水分动态变化特征及对作物产量的影响。从图2可以看出,阴面梯田(b)土壤含水量明显高于阳面梯田(a),其主要原因是在土壤水分循环中,阳面梯田土壤水分蒸发量高于阴面梯田。如在整个观测期(4月—11月),阴面梯田裸地土壤水分蒸发量为302.0mm,阳面梯田为331.7mm,较阴面梯田高出29.7mm。这一差异在不同季节表现不同,对作物产量也有一定影响。

从4月至雨季到来前这段时期内,土壤蒸发随气温的升高而缓慢增加,阴面和阳面梯田差异不大,阴面梯田蒸发量为84.6mm,阳面梯田为82.2mm。但2m土层贮存的水量差异却很明显,阳面梯田贮水量平均为188.9mm,阴面梯田为250.2mm,较阳面梯田高出61.3mm。这是阴面梯田较阳面梯田作物产量高而稳的基础条件。到7—8月份,土壤蒸发强烈,阴面和阳面两梯田差异也最为明显,阳面梯田蒸发量达163.0mm,较阴面梯田的126.6mm高出36.4mm。此时降水也进入高峰期,降水一般可满足作物正常生长所需的水分,故该期土壤贮存的水分对作物产量影响不大。到9—10月份,由于阴面梯田较阳面梯田含水量高且剖面水分梯度大,因而土壤蒸发量略高于阳面梯田,二者相差9.6mm。此期作物进入产量形成期,需要较多的水分,但降水明显减少,作物需水主要靠土壤中贮存的水分。这一时期,阴面梯田2m土层贮水量平均为385.1mm,较阳面梯田的293.9mm高出91.2mm。这是通常阴面梯田较阳面梯田高产的主要原因之一。

(三) 旱地农田土壤水分收支及利用状况。所有处理的试验结果表明,丰水年份作

物完成一个生育周期，梯田土壤水分均有增加，但不同处理其增加值不同。

1.主要作物地水分收支及利用状况。两种土地类型的试验结果（表 3）表明，糜子收获时，0—2 m 土层的贮水量较播前增加了42.2mm，马铃薯地的增加值为41.5mm。从表 3 还可看出，马铃薯虽较糜子多耗水5.4%（15.7mm），产量和水分利用率却分别

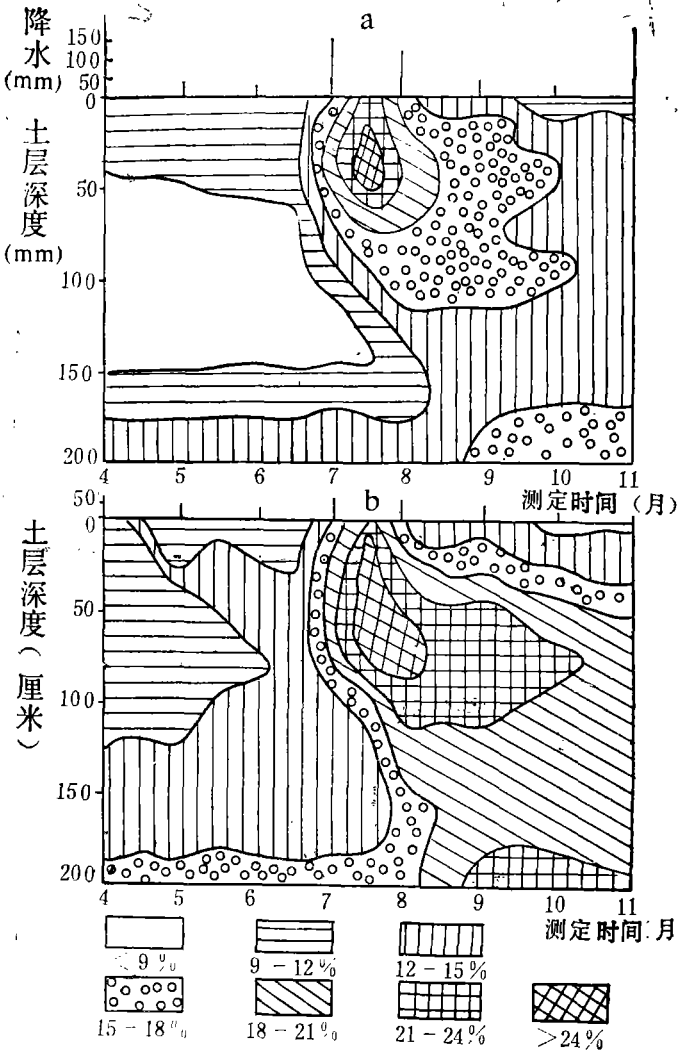


图2 阳面梯田(a)和阴面梯田(b)裸地土壤水分动态

表 3 糜子地与马铃薯地水分收支平衡及利用率

作物	生育期 (天)	生育期降水 (mm)	作物耗水量 (mm)	水量平衡值 (mm)	产量 (kg/亩)	水分利用率 (kg/mm)
糜子	115	336.3	294.1	+42.2	238.1	0.81
马铃薯	122	351.3	309.8	+41.5	404.2	1.30

提高了71.9%和60.5%。这说明，马铃薯较糜子用水经济，水分生产潜力大。

2.不同土地类型土壤水分收支及利用状况。由表4可以看出，不论是阴面梯田还是阳面梯田，作物收获时2m土层较播前均有增加，阴面梯田糜子与马铃薯两种作物地的

表4 不同土地类型土壤水分收支平衡及利用率

土地类型	作物	生育期降水 (mm)	作物耗水量 (mm)	水量平衡值 (mm)	产量 (kg/亩)	水分利用率 (kg/mm)
阳面梯田	糜子	336.3	307.4	+28.9	237.4	0.77
	马铃薯	351.3	321.5	+29.8	404.2	1.26
阴面梯田	糜子	336.3	280.8	+55.5	238.7	0.85
	马铃薯	351.3	298.1	+53.2	416.6	1.40

增加值为55.5mm和53.2mm，较阳面梯田的28.9mm和29.8mm高出92.0%和78.5%。由表4还可看出，阴面梯田的糜子与马铃薯较阳面梯田少耗水9.5%和7.3%，水分利用率反而提高了10.4%和11.1%。这说明阳面梯田无效耗水大于阴面梯田，阴面梯田土壤水分生产潜力大于阳面梯田。

3.不同肥力条件下土壤水分收支平衡及利用状况。由表5看出，高肥力条件下，马铃薯收获时2m土层贮水量较播前增加了29.8mm，低肥力地的增加值为66.9mm。高肥力地虽较低肥地多耗水13.0%，产量和水分利用率却分别提高了36.7%和21.2%。这说明，土壤肥力对于提高作物产量和水分利用率效果十分明显。

表5 不同肥力条件下土壤水分收支平衡及利用率

作物	肥力	生育期降水 (mm)	作物耗水量 (mm)	水量平衡值 (mm)	产量 (kg/亩)	水分利用率 (kg/mm)
马铃薯	高肥	351.3	321.5	+29.8	404.2	1.26
	低肥	351.3	284.4	+66.9	295.7	1.04

(四)提高旱地农田土壤水分利用率的途径。试验结果表明，高肥力农田较低肥力农田的作物产量增加百分率远大于耗水量增加百分率。在高肥条件下，每消耗1mm土壤水分，可生产马铃薯1.26kg，而低肥力条件下，每消耗1mm土壤水分生产的马铃薯为1.04kg。可见，培肥地力是提高旱地农田土壤水分利用率的有效途径之一。当地的肥料试验结果也说明了这一点。本试验还表明，两种供试作物的水分利用率差异很大，以马铃薯为高，较糜子高出60.5%。且同一作物在不同土地类型上，水分利用率差异也较大，以阴面梯田为高。因此，调整作物种植结构与布局，适当扩大马铃薯种植面积，充分利用阴面梯田，是提高旱地农田土壤水分利用率的另一重要途径。

三、小 结

根据对丰水年份旱地农田水分平衡研究结果分析,初步认为:

1.糜子与马铃薯地的土壤水分动态变化规律基本相似,可划分为三个时期,即土壤水分稳定期、增加期和消耗期。

2.在土壤水分年循环中(4—11月),阳面梯田蒸发量较阴面梯田高出29.7mm,阴面梯田2m土层贮水量平均值较阳面梯田高出73.2mm,这是阴面梯田较阳面梯田作物产量高而稳的主要原因之一。

3.丰水年份,作物完成一个生育周期,梯田2m土层贮水量可增加28.9—66.9mm,增加层次主要在40—140cm处。

4.高肥地虽较低肥地多耗水13.0%,但作物对水分利用率提高了21.2%;马铃薯较糜子多耗水5.4%,水分利用率提高了60.5%。阳面梯田较阴面梯田多耗水8.7%,而水分利用率却降低了9.7%。因此,培肥地力,调整作物种植结构和布局,是提高旱地农田土壤水分利用率的有效途径。

(作者工作单位:山西大学黄土高原地理研究所)

参 考 文 献

- [1] 山仑等:“宁南山区主要粮食作物生产力和水分利用的研究”,《中国农业科学》,1988年,21(2)。

Preliminary Study on Soil Water Balance of Dryland at Zhuanyaogou Basin

Wang Gailan Duan Jiannan Li Shuanhuai Zhang Jinfeng

Abstract

This experiment was carried out in conditions designed by three factors and two levels which were two land types, two soil fertilities and two crops in 1988 in which there was rich rainfall. The experiment was to study the relationship between soil water dynamic and crop growth, income and expense balance, utilization of soil water of dryland at Zhuanyaogou basin. Results showed that soil water seasonal dynamic of farmland can be divided into three different stages which were stable stage, increasing stage and loss stage. Soil water storage in layers of 0—200cm at crop harvest was 29.8—66.9mm more than that before sowing time. The water use efficiency was 0.77—1.40. It can also be concluded that it is effective way of improving water use efficiency of farmland to increase soil fertility and adjusting crop structure and distribution,