

中国科学院綜合考察委員会資料

編 号: 03485

密 級:

中国科学院治沙队第一次学术报告会文件

水利工作总结

中国科学院治沙队水利组

执笔人：何丕承(西安交通大学) 王鎮本(水利电力科学研究院)

王伟康(甘肃水电厅) 陈宏恩(中国科学院治沙队)

在五八年十一月的全国治沙会议上，党提出了向沙漠进军的伟大号召，要在不多的年限内，改变沙漠面貌，除沙漠之害，兴生产之利，使全国广大面积的沙漠，为社会主义建设服务。这是一件史无前例的伟大而豪迈的事业。改造沙漠，利用沙漠，关键问题是水的问题。在沙漠地区，无论造林、种草、种植作物、发展牧业、开发矿藏、兴办工业以及人的生活，都离不开水。因此灌溉和引水在治沙工作中有极其重要的意义。

我国在灌溉及引水的实践中有着丰富的经验，但在沙漠地区经验却是非常不足的，迄今为止，不仅引水灌溉的规划设计以及实际进行灌溉所需的资料异常缺乏，而且在沙漠中引水灌溉方面的许多技术亦还未能圆满的解决。因此研究和摸清沙区的水利资源，为沙区的引水灌溉的规划设计提供必要的试验，研究解决沙漠地区进行灌溉和引水所遇到的技术上困难问题，成为了解沙漠地区水的问题的主要问题，水利专业综合试验站中的任务便是研究和解决以上的问题。

1959年水利专业所进行的工作，主要有以下三项：

1) 生产工作：有水利专业的站，根据各站的需要及水源情况，都进行了生产工作，不同程度的解决了各站用水要求及水的问题，同时也完成了各站的水利规划。

2) 试验工作：这是本年主要工作，各站共开展了渠道的渗漏和防渗，地下水利用量，沙区水分平衡以及六种林木和牧草的需水量和灌溉制度廿四项试验。

3) 群众经验学习和总结：主要的有引水拉沙、风力拉沙、地下水的利用方法等。

本年的工作除了关于沙区地面水的调查外，还开展了十五项中心研究项目第九项所要求研究的项目。且增加了两项新的项目。

本年由于建站伊始，工作开始太晚，观测时间暂短，以致有的试验不能提出全年的完整结果，完整资料的提出有待于来年的继续工作。

由于试验欠缺，准备工作不够，本年工作在试验方法，处理观测方面缺点甚多。因之本年度的工作总的来说，只是开其端绪，积累经验。为以后大规模的试验研究展开建立基础，现将主要的工作成果汇报如下：

一、沙上渠道渗漏及渠道防渗试验

渠道渗漏的资料是编制引水规划进行渠道设计必要的资料，这在沙区是非常欠缺的。

渠道防渗在沙区是保证最充分的利用水利资源及达到引水目的关键问题。因此此问题的研究具有重大的实际意义。

試驗項目共計三項：

1) 紅土护面防渗試驗, 2), 紅土淤填防渗試驗, 3), 原状沙土渠道之滲漏及粘壤土护面防渗試驗。

試驗建立于流沙不静水渠段上进行。

一), 紅土护面防渗試驗:

1), 目的与要求及处理:

利用宁夏地区分布甚广之紅土作防渗材料, 要求定出在一定渠道断面下, 不同护面厚度的滲漏損失, 及最适宜的紅土护面厚度。

表一 紅土屬沙質粘土, 性質如下:

容 重	比 重	孔隙率 %	流 限	塑 限	縮 限	縮限指数	渗透系数	顆 粒 組 成			
								砂 粒 (mm) 2—0.05	粉 粒 0.05— 0.025	粘 粒 <0.005	平均 d ₅₀
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.72	2.7	40.80	37.25	21.8	14.28	15.45		26	6	41.5	0.0075

試驗地在一沙区上, 地下水深 2.5 米, 排水条件良好。

試驗渠段是 1 米, 两端为水泥砂浆抹面砖的断面。如图 1。

护面厚度为: 5, 10, 15, 20, 30, 40 厘米。

試驗方法系灌水至設計深度, 然后观测水位下降值, 及降至此值的时间, 由此得出滲漏流量。水位下降允許值为一厘米。下降近此值后, 灌水至原水位。

滲漏量以如下公式計算:

$$K = \frac{W}{T} = \frac{(B - \delta m) \delta}{T} \text{ 公升/分/米。}$$

式中: K = 1 米渠道长每分鐘之滲漏量(公升数)。

W = 一定时段 T 內之滲漏量(公升)。

T = 滲漏 W 的时间(分鐘)。

B = 渠段水面寬(厘米)。

δ = 水位降落值(厘米), 經過蒸发改正之值。

m = 边坡系数。

2. 成果:

由以上結果可看出, 紅土护面具有甚強的防渗效果, 厚度为 15 厘米时, 一米渠长之滲漏量仅 0.006 公升/分或 0.0001 公升/秒。若渠比降为 1/1000, 流量将为 193 公升/秒, 每公里渠道之滲漏損失量以流量之百分数計为:

$$\sigma = \frac{0.0001 \times 1000}{193} \% = 0.052 \%;$$

即使护面厚为 5 厘米, 每公里以渠道流量之百分数之渠道滲漏量損失为 $\sigma = 0.128 \%$; 对于小型渠道而言, 此值系甚小的。

表二 如表 2 及图 2 所示:

处 理	护面厚度 (厘米)	容 重 克/厘米	一米渠长渗漏量		备 注
			公升/分	公升/秒	
1	5	1.719	0.015	0.00025	不 正 确
2	10	1.719	0.0115	0.000193	
3	15	1.719	0.006	0.0001	
4	20	1.72	0.02275	0.000374	
5	30	1.72	0.006	0.0001	
6	40	1.72	0.0042	0.0007	

由图 2 曲线可以看出护面厚度超过 15 厘米以后,曲线即变为平缓,显然 15 厘米是适宜的經濟厚度。

二)、紅土淤填防渗試驗淤

淤填方法即一般所称的掛淤方法,試驗目的要求确定紅土淤填防渗的效果,最适宜的用泥量,以及合适淤填水含泥量。

本試驗的試驗方法及其他条件与上节同。

用泥量的处理根据涅果夫斯卡雅公式算出之值作为基数。分別进行用泥量为 W , $1.5W$, $2W$, $2.5W$, $3W$ 等項試驗。每一用泥量又分別用含泥量为 5 公斤/立方米及 2 公斤/立方米渾水淤填。

涅果夫斯卡雅公式如下:

$$W = 18 DS \text{ 公斤。}$$

式中: W = 在一定断面及渠长的渠道上,需用的淤填土量(公斤),

D = 占多数的沙粒直径(厘米)

S = 渠道的淤填面积(平方米)。

在本試驗中 $D = 0.232$ 毫米, $S = 2.54$ 平方米。因此 $W = 11$ 公斤。

試驗結果如表三及图 3 所示:

表 三

淤填用泥量 W (公斤)	渗漏量公升/分/米		备 注
	含泥量 $\rho = 2$ 公斤/立方米	含泥量 $\rho = 5$ 公斤/立方米	
W (11)	0.25	0.525	
$1.5 W$ (16.5)	0.21	0.3425	
$2.0 W$ (22)	0.1875	0.2463	
$2.5 W$ (27.5)		0.165	
$3.0 W$ (33)		0.175	

以上結果說明:

1) 流沙上紅土的淤填防渗甚为有效。表三中最大的渗漏数值較断面相似的經過夯底处理的黃土渠道的渗漏量 (0.6 公升/分/米) 尚小 12.5%, 至如用泥量为 11 公斤淤填水含泥量为 2 公斤/立方米处理所得之值, 則仅为其 42%。

2) 試驗結果証明, 淤填效果不仅取决于用泥量的大小, 而且取决于淤填水的含泥量。每立方米水 2 公斤的含泥量是較經濟的。

3) 从图3之曲线变化看,含泥量为2公斤/立方米的曲线甚为平缓,用泥量由11公斤增至22公斤,增加一倍时,渗漏时仅减小24%。用含泥量为2公斤/立方米的浑水放淤,用泥量用涅果夫斯卡雅公式计算出之值是合适的。

三) 原状沙土渠道之渗漏及粘壤土防渗试验

试验目的及方法: 试验在磴口进行, 目的系研究磴口地区原状沙土渠道的渗漏损失及防渗措施。以及探讨渗漏与渠道水深及边坡的关系。

试验内容如下:

1) 原状沙土渗漏试验

- 水深一定不同边坡的渗漏, 采用1:1.5, 1:2, 1:2.5三种边坡。
- 边坡一定不同水深的渗漏, 采用水深0.5, 1.0, 1.5米。

2) 粘壤土防渗试验

- 水深一定, 护面厚度一定、不同边坡的渗漏。
- 边坡一定, 护面厚度一定、不同水深的渗漏。
- 不同防渗材料的渗漏。

表四 试验地土质如表四所示:

取土深度 (米)	干容量	比 重	孔 隙 率 %	天 然 含 水 率 %	颗 粒 组 成			
					砂 粒 2—0.05	粉 粒 0.15—0.005	粘 粒 <0.0005	d ₆₀
0—1.6	1.39	2.62	47	2.7	94	6.0	0	0.19
1.6—2.6	1.40	2.66	47.4	3.0	94	6.0	0	0.21
2.6—	1.43	2.71	47	4.2	97.5	2.5	0	0.18

表五 作防渗料的土壤共三种性质如表五所示

土 壤 编 号	名 称	干 容 量	比 重	孔 隙 率 %	流 限	塑 限	颗 粒 组 成				含 盐 量 %	有 机 质 含 量 %
							砂 粒 2—0.05	粉 粒 0.05— 0.005	粘 粒 <0.005	d ₆₀		
C	泥质粘壤土	1.44	2.61	44.7	28.7	15.6	12.5	66	21.5	0.013	0.225	0.74
E	泥 壤 土	1.68	2.70	36.5	23	16.3	23.5	60	16.5	0.016	0.198	0.20
F	粘 壤 土	1.41	2.79	63.5	23.2	12	30.0	50	20.0	0.029	5.427	0.50

试验所用的水为澄清后的黄河水。

渠底渠坡的渗漏分别进行观测。

标志渗漏大小为渗漏系数、此值由下式求得:

$$k_1 = \frac{W_1}{blt_1} \text{米/昼夜}, \quad k_2 = \frac{W_2}{het_2\sqrt{1+m^2}} \text{米/昼夜},$$

式中: k_1, k_2 = 一定水深及一定边坡下, 渠底及边坡之渗漏系数、米/昼夜。

W_1, W_2 = 在一定时段内, 渠道渗漏损失的水量、立方米。

b = 渠道底宽、米。

h = 渠道水深、米。

l = 渠道长度, 米。

m = 边坡系数, 米。

t_1, t_2 = 渗漏水量 W_1 及 W_2 的时间, 昼夜,

2. 試驗結果

表六 原状沙及护面渠道之渗漏系数

边 坡	水 深 (公尺)	渗 漏 系 数 (公尺/昼夜)				备 注
		原 状 土 渠 道		粘壤土护面渠道		
		底	边 坡	底	边 坡	
1:1.5	0.5		1.65			1. 水深=1.5M 容量=1.29 2. 水深=1M 容重=1.43 3. 水深=0.5M 边坡为2时, 容重=1.4 4. 粘壤土护面厚度为0.25 米
	1.0	2.73	2.73	0.082	0.200	
	1.5	1.65	2.30	0.380	0.328	
1:2	0.5	3.90	0.80		0.100	
	1.0	2.36	3.08	0.082	0.100	
	1.5	2.82	2.02	0.380		
1:2.5	0.5	4.90	1.00	0.230	0.252	
	1.0			0.082	0.082	
	1.5	2.12	2.10	0.380	0.375	

表七 不同土料防渗效果比较

名 称	原 状 砂 土	泥 质 粘 壤 土	泥 质 壤 土	粘 壤 土
干 容 量	1.39	1.35	1.46	1.29
渗漏系数 (公尺/昼夜)	2.2	0.300	0.565	0.200

表八 泥质粒壤土不同水深的渗漏

水 深 (米)	干 容 量	渗 漏 系 数 (米/昼夜)	备 注
0.3	1.5	0.420	护面厚0.3米 边坡系数M=1.5
0.4	1.31	0.230	
0.48	1.50	0.300	

由以上結果可以看出:

1) 原状沙土渠道的渗漏量是很大的, 較一般土渠大5~10倍。这样的渠道长度稍大时, 将使大部分的水量損失于渗漏。

2) 用礅口当地的粘壤土作防渗护面, 即能使渗漏量减小五倍到十倍, 与一般土渠相似。

3) 在三种土壤中, 以粘壤土防渗最强, 为泥质壤土之2.8倍。为泥质粘壤土之1.5倍。

在此試驗中,由于个别試井发生漏水,使最后所得資料不够完全,影响对資料的进一步分析,同时,可能由于黄河水之澄清工作不够完善。多少发生自然掛淤,因此所得結果規律性不甚明显。

二、沙地灌溉試驗

为了編制合理的引水灌沙方案,进行灌溉設計以及实际灌溉,必須摸清各种灌溉植物在沙上生长时的耗水規律、与合适的灌溉制度,但此項資料极为欠缺,为了为引水灌沙的規劃設計及实际灌溉提出必要依据,須进行沙上生长的林木、牧草及作物进行灌溉試驗。本年共进行了小叶楊、沙枣、梭梭、苜蓿之需水量試驗及籽蒿、梭梭、白榆、沙枣之灌溉試驗。

由于本年观测時間开始甚晚,本年已能提出全年的完全資料,完全資料的获得,将有待于来年的繼續工作。

一) 小叶楊及沙枣之需水量試驗

試驗目的;探求小叶楊及沙枣在灵武地区流沙上生长时整个生长期的需水量及此时水量在時間上的分配。为制定此二种林木的灌溉制度提供依据。

試驗于四月植树,六月开始观测至十月中旬叶落。小叶楊系一年生苗木、沙枣系二年生苗木。

試驗用田測法进行,試驗場地位于沙丘迎风坡上,地下水深 2.2—3.7 米。試驗地面积 44×10 米。株行距 1×1.4 米。

試驗方法系定期观测設計湿润层(一米)土壤水分,由土壤水分变化計算出一定時間期内的水分消耗,当土壤含水率減至 2% 时,进行灌水。灌水前后,降雨后都测水分,这样可得出全观测期的土壤水分变化及植物的耗水量。試驗結果如图四及表九、十所示。(图

表九 沙枣試驗区土壤水分变化水量消耗表

日 期			含 水 率 % (以干土重之%計)		耗水量 (毫米)	累积耗 水量 (毫米)	灌 水 或 降 水 (毫米)		备 注
起	止	天数	开始日	終止日			日 期	数 值	
1/6	13/6	13	3.040	2.389	10.10	10.10	30/5	16	灌水
13/6	20/6	7	2.389	2.065	5.02	15.12			
20/6	5/7	15	4.343	2.531	28.10	43.22	20/6	23.6	灌水
5/7	14/7	9	3.554	3.111	6.88	50.10	8/7	23.6	灌水
14/7	20/7	6	3.111	2.229	13.50	63.60	19/7	11.5	降水
20/7	31/7	11	3.503	2.285	13.88	82.48	20/7 21/7	10.6 66.8	降水
31/7	4/8	4	2.285	1.800	7.51	89.99			
4/8	6/8	2	3.703	3.450	3.92	93.91	3/8 5/8	19.3 24.8	降水
6/8	13/8	7	4.251	3.400	13.20	106.11	11/8	32.3	降水
13/8	23/8	10	4.446	3.570	13.50	119.67	14/8	7.7	降水
23/8	29/8	6	3.570	2.803	11.9	131.57			降水
29/8	2/9	4	2.803	2.523	4.335	135.905			
2/9	13/9	4	2.523	1.700	12.93	148.835			
13/9	17/9	4	2.500	2.200	4.65	153.485	13/9	8	降水
17/9	23/9	6	3.500	2.510	15.4	168.885	17/9	13	降水
23/9	3/10	10	2.510	2.300	3.26	172.14			
3/10	12/10	9	2.300	2.220	1.55	173.69			

表十 小叶楊試驗区土壤水分变化水量消耗表

日 期			含 水 率 % (以干土重之%計)		耗水量 (毫米)	累积耗 水量 (毫米)	灌 水 或 降 水 (毫米)		备 注
起	止	天数	开始日	終止日			日 期	数 值	
6月3	6月16	14	2.740	2.093	10.05	10.05	5月30	16	灌水
16	7月5	18	4.631	2.383	34.90	44.95			
5/7	14/7	9	3.485	3.243	3.75	48.70	20/6	23.6	灌水
14/7	20/7	5	3.243	2.229	15.70	64.40	8/7	23.6	灌水
20/7	31/8	11	4.195	2.02	33.70	98.10	19/7	11.5	灌水
31/7	4/8	4	2.020	1.200	12.70	110.80	20/7—21/7	10.6—66.8	灌水
4/8	6/8	2	3.600	3.175	6.59	117.39	3/8	19.3	灌水
6/8	13/8	7	3.541	2.050	23.15	140.54	5/8—11/8	24.8—32.8	灌水
13/8	23/8	10	4.260	3.481	12.07	152.61	14/8	7.7	灌水
23/8	29/8	6	3.481	3.099	5.84	158.45			
29/8	2/9	5	3.099	2.597	7.779	166.229			
2/9	13/9	11	2.597	1.200	21.62	187.849	13/9	13.5	降水
13/9	17/9	4	2.500	1.950	8.53	196.379	17/9	13	降水
17/9	23/9	6	2.750	2.450	2.71	199.089			
23/9	3/10	10	2.45	2.200	3.87	202.959			
3/10	12/10	9	2.20	2.125	1.16	204.119			

四,該图依表九、十之結果繪的。)

根据所得結果可知:

1. 小叶楊自六月三日至十月十二日,132天消耗水量 204 毫米,平均每天消耗 1.54 毫米,此水量分三个阶段消耗:六月三日至八月十三日 72 天,共消耗 152.6 毫米,平均每天消耗 2.1 毫米,八月十三至九月廿三 41 天,消耗 46.4 毫米,平均每天消耗 1.1 毫米。九月廿三日至十月十二日 19 天,消耗 5 毫米,平均每天 0.4 毫米。

2. 沙枣六月一日至十二月十日 134 天,消耗 174 毫米,每天耗水 1.3 毫米。消耗分两个阶段:六月一日至九月廿三日 115 天,耗 169 毫米,每日耗 1.47 毫米,九月廿三日至十月十二日 19 天,消耗 5 毫米,每天耗 0.24 毫米。

3. 水分变化在 1.8%—4.5%,1.8% 以下出現枯萎現象。15~20 天便要灌水一次。

二) 梭梭、紫花木蓂需水量試驗

試驗在磴口进行,試驗目的同前。

梭梭用田測法,苜蓿用桶測法。

18/7 播种梭梭,20/7—20/8 育苗,20/8 觀測。苜蓿 10/8—31/8 育苗,24/8 开始觀測。

觀測結果如下:(表十一及表十二)

由以上結果可知

梭梭幼苗 21/8—10/9 共 31 天耗水 52.7 毫米,平均每天耗水 2.5 毫米。苜蓿 24/8—11/9 共 19 天耗水 75.5 毫米,平均每日耗水 4.1 毫米。

三) 籽蒿梭梭灌溉制度試驗

試驗目的为探求磴口地区,在一定的技术和地理措施条件下保証籽蒿,梭梭最良的灌水次数,灌水時間及灌水定額。

試驗用田測法进行,試驗方法为在不同处理的田块內,使土壤含水率保持在田間持水

表十一 梭梭土壤水分变化及水量消耗表

日 期			土 壤 含 水 率 (毫米)		耗水量 (毫米)	累积耗 水量 (毫米)	灌 水 或 降 水		备 注
起	止	天数	46.1				日 期	数值(毫米)	
20/8	25/8	5	42.3	42.3	3.8	3.8	20/8	17.1	灌水
25/8	30/8	5	65.6	33.6	8.6	12.4	24/8 30/8	2.7 3.2	降水 灌水
30/8	5/9	6	38.8	38.8	26.8	39.2	4/9	2.6	降水
5/9	10/9	5	44.0	25.3	13.5	52.7	10/9	18.7	灌水

表十二 苜蓿土壤水分变化及水量消耗表

日 期				耗水量(毫米)	累积耗水量(毫米)	备 注
起		止				
月	日	月	日			
8	24	8	26	19.3	13.9	桶 测 法
8	27	8	30	9.4	28.7	
8	31	9	1	0.9	29.6	
9	2	9	3	6.6	36.2	
9	4	9	5	10.1	46.3	
9	6	9	7	4.7	51.0	
9	8	9	9	22.6	73.6	
9	10	9	11	1.9	75.5	

率至各不同的允许最小持水率之间，当每一试验田块含水率达到其设计的允许最小含水率时，进行灌水至田间持水率。由此可得出每一处理的灌水次数、时间及定额。由各处理植物生长优劣情况比较，可以得出最优的处理，即最适的灌溉制度。

在本试验中，允许最小持水率作二处理：

甲、土壤允许最小持水率为最大持水率的 55—60%。

乙、土壤允许最小持水率为最大持水率的 40—45%。

试验结果如下：

籽蒿及梭梭灌溉制度试验资料如下：

根据以上资料可知：

1) 籽蒿甲处理 20 天中灌水三次，灌水总量 130.9 毫米，乙处理 24 天灌水三次共灌水

表十三 籽蒿灌溉制度试验资料

处 理	时 间		灌水前土 壤含水量 (毫米)	灌水后土 壤含水量 (毫米)	灌水量 (毫米)	降雨量(毫米)		备 注
	月	日				日 期	数 值	
甲处理	8	20	32.45	99.45	67.00			降雨无效
	8	29	42.15	83.25	40.50	24/8	2.7	
	9	9	44.11	67.51	23.40	4/9	2.6	
乙处理	8	20	32.45	82.45	50.00			
	8	29	42.75	86.75	44.00	24/8	2.7	
	9	13	34.66	65.65	31.00	4/9	2.6	

表十四 梭梭灌溉制度試驗資料

处 理	时 間		灌水前土 壤含水量 (毫米)	灌水后土 壤含水量 (毫米)	灌水量 (毫米)	降雨量(毫米)		备 注
	月、	日				日 期	数 值	
甲处理	8	20	29.00	58.80	29.8			降雨无效
	8	29	37.87	69.87	32.0	24/8	2.7	
	9	9	26.89	50.27	23.4	4/9	2.6	
乙处理	8	20	29.00	64.60	35.6			
	8	29	37.87	79.17	42.0	24/8	2.7	
	9	13	32.85	63.85	31.0	4/9	2.6	

表十五 籽蒿及梭梭生长情况比較表

日 期		苗 高 (厘 米)				地 径 (厘 米)				备 注
		籽 蒿		梭 梭		籽 蒿		梭 梭		
月	日	处 理		处 理		处 理		处 理		
		甲	乙	甲	乙	甲	乙	甲	乙	
8	10			1.1—3.2	1.1—3.2			0.045— 0.06	0.045— 0.06	調查株数 为 30 株
8	25	0.8—1.6	0.8—1.6	3.5—7.8	3.5—7.8	0.035— 0.05	0.035— 0.05	0.05— 0.075	0.05— 0.075	
9	10	0.3—1.7	0.4—6.5	1.2—9	1.5—8.5	0.03— 0.15	0.04— 0.18	0.08— 0.016	0.03— 0.11	

125 毫米。

2) 梭梭甲处理 20 天灌水三次共灌 85 毫米,乙处理 24 天,灌水三次共灌 108.6 毫米。

3) 从不同处理之植物生长情况来看,籽蒿乙处理胜甲处理,即 40—45% 之最小允許含水率优于 55—60% 之最小允許含水率。对于梭梭則相反。

四) 戈壁上沙枣及白榆灌水試驗

戈壁上种植白榆及沙枣,分为两种灌水处理,一为每株每次灌水 4 公升,一为每株 8 公升。每种处理中,又作灌水相隔日期为 1,3,6,9,12,15 等天的不同处理,根据树苗的成活率及生长状况,可以确定最适的灌水时距灌水定額及灌溉定額。試驗在中戈壁及北戈壁进行,土质如下:

表十六

試 驗 地	分层(厘米)	土 壤 分 类	紧 实 情 况	备 注
中 戈 壁	0—26	砾质沙土	松	砾 石 很 少
	26—54	細 沙	松	
	54以下	砂 砾 石	較紧	
北 戈 壁	0—20	砂 土	較松	15厘米以下有石膏
	20—235	砾质沙土	較紧	60—235为紧密沙土
	235以下	砾质沙土	紧	

試驗初步結果如下:

1) 在中戈壁, 灌水定额每株四公升, 据 30 天的统计, 根苗成活率随灌水时间间距的减少而增大, 最大成活率, 沙枣为 31%, 白榆为 35%, 时距为一日。沙枣灌水时距大于六日者即无成活, 白榆九日以上即无成活。

在北戈壁的灌水每株八公升, 沙枣最大成活率 60%, 时距四天, 白榆最高成活率 60% 时时距二天。

在本试验中明显看出在戈壁上树木成活与灌水休戚相关。本试验处理设计的灌水定额偏小, 每一处理的株数(十株左右)亦太少, 一树的死活百分率的改变很大。

三、关于沙地水文平衡的研究

在沙漠地区种草造林, 都要有足够的水分, 怎样来合理的利用这些水, 来确定种草造林的密度, 不然将会使植物枯死或使沙漠中宝贵的水量浪费而达不到最后的防沙效果。所以沙漠地区的水分平衡工作是十分重要的。

沙漠中主要水分来源有 ①大气降水和凝结水 ②地下水通过毛细管水的作用来补给。主要支出有 1. 土面蒸发, 2. 植物蒸腾。针对以上问题如果支出超过收入那么地下水就会降低, 对植物造成不良结果。因此必须研究沙面蒸发有多大, 受什么因子控制? 在植物生长期中能保持多大的水分? 地下水是否能依靠毛细管水来补给植物的需要? 如果不能, 水分又是怎样补给的? 沙生植物的蒸腾强度有多大? 将来大面积的引水灌沙, 那么沙地的渗透又是怎样?

上述一些问题都有待于研究, 我们曾对其中若干问题作了初步的尝试, 但由于时间, 仪器, 水平关系, 内容缺点较多, 请同志们提出批评意见。

二沙在毛细管水内的一些情况,

为了了解沙漠地区毛细管水上升的高度, 速度, 和含水量, 需进行试验, 我们首先改进了毛细管测定仪, 这种仪器构造如图 5 所示。这种毛细管仪比一般的玻璃管仪有如下优点: (1)测定各段含水量时, 不需把玻璃管截断, 只要抽出玻璃片即可, 既节约材料又省工夫, (2)利用简装的马利奥管装置, 能自动加水和控制水位。

这种仪器经试验后同一般的玻璃管仪所测得的结果完全一致。

民勤沙井子地区一般流动沙丘的机械组成经分析后属松细沙土, 这种沙试验结果, 毛细管水上升高度在 50 厘米左右, 其管内各段含水率如图二曲线 A 所示, 含水率随着沙柱高度渐渐减少。

其速度在于首 3 分钟为 23 厘米/分, 经 12 天后为 0.00006 厘米/分。其中时间(t)和上升速度(v)存在着双曲线关系, 如图 36 所示, 经在双对数纸上直线化后求出下列经验公式:

$$v = \frac{3.48}{t^{1.34}} \text{ (适用于时间小于 100 分钟) 厘米/分} \cdots \cdots ①$$

$$v = \frac{4.03}{t^{1.34}} \text{ (适用于时间大于 100 分钟) 厘米/分} \cdots \cdots ②$$

沙中毛细管平均有效直径($2r$)愈小, 水就上升愈高, 设水的上升高度为 h_c , 根据茹林公式[註一]两者间存在着如下关系:

$$hc = \frac{0.15}{r}$$

但平均有效直径($2r$)难以求出,它是受沙粒的有效直径(d_{10})和孔隙比(e)的增加而增加,因此毛细管水的上升速度和沙粒的有效直径(d_{10})及孔隙比(e)之间存在着如下关系:

$$hc \propto \frac{1}{ed_{10}}$$

$$\therefore hc = \frac{K}{ed_{10}}$$

流动沙丘松细沙土的有效直径(d_{10})在 0.07 毫米左右,而其孔隙率(e_1)为 0.42 于是孔隙比

$$e = \frac{e_1}{1 - d} = \frac{0.42}{0.58} = 0.725.$$

又知毛细管水上升高度为 47 厘米,将上述各式代入(4)可求出 K 值如下

$$K = hc \cdot l \cdot d_{10} = 47 \times 0.007 \times 0.725 = 0.238$$

上式中 hc 和 d_{10} 都以厘米来计。所以只要知道有效直径(d_{10})和孔隙率(e)即可算出毛细管上升高度。其公式为

$$hc = \frac{K}{ed_{10}}$$

半固定沙丘其机械组成经分析为:毛细管上升高度为 85 厘米左右。

图 7 中曲线 C 为下面 32 厘米为小于 0.15 毫米沙,上面系松细沙土的含水量和毛管水沙柱高度关系曲线。

图 7 中曲线 B 为粒径在 0.15—0.3 毫米之间的含水量和毛管水沙柱高度关系曲线。

从上述试验来说,沙丘水分不能直接由毛细管水来供给。需经过薄膜水移动气态水的扩散来供给。

三沙丘的水分运动:

(一) 液态水运动:

沙丘上的凝结水,根据目前观测为量很少(指沙丘表面,雨水据今年资料,最小一次不过 4 毫米,其渗透深度在 10 厘米左右。而沙丘上一段干沙层为 20—40 厘米,所以就今年情况而论,降水对沙丘水分补给直属有限。

根据实测松细沙土的最大吸湿量为 0.47—0.49%,平均为 0.48% 据实测沙丘内含水量经常超过最大吸湿量的范围为:在沙丘顶部顶部 40 厘米以下,迎风坡 1/3 坡长处为 5 厘米以下,2/3 坡长处为 10 厘米以下。如图三所示。

在图 7 中 B 区都超过最大吸湿量,液态的薄膜水能由含水量较高的地方移向含水量较低的地方。但薄膜水不能移向湿度小于最大吸湿量的沙层,如图 8a 中的 A 区。

薄膜水达到最大厚度的含水量就是分子最大持水量,超过分子最大持水量的过剩水分,则属毛细管持着水和重力水的范围,而后者有向下移动至地下水的可能。

据实测松细沙土的最大分子持水量为 3.59%,由图 8b 可知,沙丘内水分在 40—80 厘米处为最高,约 3.80 左右,所以有时会出现少量的毛管持着水,别处皆小于最大分子持水量。

(二) 汽态水运动:

根据 B. Φ. 列别捷夫的研究, 当土壤含水量大于最大吸湿量时, 土壤中空气相对湿度在任何一点都等于 100% (即图三中 B 区) 因此在沙丘 B 区各层中如果不存在温度的垂直梯度变化, 水汽是不会运动的, 因为这时土壤中的比湿垂直梯度等于零。但若存在温度的垂直梯度, 则沙丘中比湿亦有相应的垂直梯度, 于是气态水就向上或向下扩散。

根据民勤气象资料, 在 1 月、2 月、10 月、12 月各月内地温由地表向下递增, 因此 B 区内总的趋势是向上移动的, 在其余各月内地温由地表向下递减, 因此沙层内的水是向下移动, 这是一年中水汽移动方向。如图 9, 一年中地温变化曲线图。

在一天中也存在着地温变化, 根据 6 月 12 日实测资料, 21 时至翌日的 7 时, 地温从表层向下递增, 而 9 时至 17 时则相反, 从而可知 21 时至翌日的 7 时水汽由下向上扩散, 9 时至 17 时水汽由上向下扩散, 7 时同 19 时为水汽扩散方向的转折点。如图 10 一日内地温变化所示。

四、沙丘蒸发

如何来测定沙丘蒸发是一个值得研究的问题, 由普通的波波夫蒸发器来测定流动沙丘的蒸发, 主要困难是由于风沙大而导器称量不平。因此我们采用自动加水的麦利实管法如图 13 所示的装置。这种仪器主要优点 (1) 不会由于风沙而引起成果的不准, (2) 能自动加水其蒸发数值完全由麦利实瓶内测得。

这种仪器经我们试用后其结果如下表: 但由于仪器中的人为地下水位较高, 数值偏大, 仅作参考。

表十六 1959 年 6、7、8 月沙面蒸发表

月 份	平 散	(8—18 时) 白天 平均(毫米/昼夜)	(18—8 时) 白天 平均(毫米/昼夜)	每昼夜蒸腾量 (毫米)	备 註
6	14	0.109	0.059	0.168	
7	31	0.083	0.052	0.135	
8	31	0.056	0.038	0.094	
平均		0.082	0.0495	0.132	

从上表可以看出沙面蒸发比水面蒸发小得多, 它比一般口径 80 厘米大蒸发皿小 20 倍, 比一般口径 20 厘米小蒸发皿小 40 倍左右。同时它们之间也有虽然不同之点, 由观测资料发现, 晴天沙面蒸发小于阴天和微雨天, 晚上沙的蒸发却比白天大。这是由于地温关系所引起水汽扩散方面的改变。(详参阅汽态水运动一节)

五、沙地渗透

我们用双环法在沙井子进行了渗透率的测定。从图 11 可看出, 渗透率随时间增加而减低, 一直到渗透率(K_s)趋于恒定时为止。

图 11 中 (1)、(2) 两条曲线系在沙上顶部进行试验结果, 其恒定渗透率分别为 0.460 与 0.40 厘米/分。曲线 (3) 系在沙丘背风坡脚的丘间洼地上的试验结果, 其恒定渗透率为 0.22 厘米/分。曲线 (4) 系苗圃沙性中壤土, 其恒定渗透率为 0.13 厘米/分。经双对数纸上直线化后, 得出经验公式如下:

$$(1) K_t = 0.45 + \frac{0.88}{t^{0.97}} \quad (\text{沙丘頂部})$$

$$(2) K_t = 0.22 + \frac{1}{t^{0.795}} \quad (\text{沙丘背風坡脚丘面洼地})$$

$$(3) K_t = 0.13 + \frac{1.07}{t^{1.31}} \quad (\text{苗圃})$$

式中 K_t = 任意某一瞬時內滲透率

t = 時間

(二) 影响渗透的几个因子:

1. 土壤前期含水量的渗透率的影响: 土壤的前期含水量越大, 水的运动阻力就愈大, 而毛细管力则愈小(注二), 因此渗透率减低。沙丘顶部目的水分含量相差很大(机械组成却属于细沙土, 有效直径也极为相近为 0.017 同 0.016 毫米)所以极定渗透率相差一倍左右。

2. 土壤机械组成对渗透率的影响: 当其他条件相接近时, 土壤机械组成越粗, 渗透率就越大。如沙丘顶部属于细沙土比苗圃沙质中壤土要粗, 故渗透率大 3.3 倍。

3. 沙地温度对渗透效的影响: 当水位增高时, 粘滞系数却降低, 同时毛细管力也减小, 但毛细管力的影响微小, 不加考虑。因此渗透率就快起来(注三)。如图 11 中曲线 (1) 和 (2) 却表示沙丘顶部粗细沙土渗透率, 二者机械组成和前期含水量一样, 但因分别在上、下午进行试验, 温度相差很大, 所以下午温度高渗透率即大。

六、植物蒸腾:

植物蒸腾在水分平衡中占主要地位, 测定植物蒸发的方法有多种, 其中我们认为较好的有剪枝称量法和桶栽观测法: (前者为 П. A. 伊凡诺夫法, 后者为桶栽称量法改进后的方法。

我们曾在民勤栽培最广的乔木——沙枣(二年生苗禾), 用剪枝称量法进行试验, 并将一日内各小时的蒸腾温度和各气候因子的关系作了比较如图 12 所示, 图中曲线的变化差不多都是一致的, 其中辐射曲线的最高峰较滞后, 这说明阳光是决定植物蒸腾强度的主要因子。在立文斯登管却湿润蒸发管所测得的曲线最高峰, 几乎同辐射曲线同时到来, 图 12 也可以看出蒸腾强度在 14 时的时候为最高。

另一种方法是桶栽观测法, (参阅图 13 沙的蒸发器的装示), 这种装示只要在沙面蒸发器内种上所要试验的苗禾, 再使其表面隔绝土面蒸发, 并应加通气设备, 以防桶内土壤中空气不足, 影响土壤微生物与根系的活动。至于植物的供水和沙面蒸发完全一样。

这种方法的主要优点 (1) 观测比较方便 (2) 设备费较低 (3) 可以测得每日蒸腾量同时每一年长期的蒸腾量同时可测得。推算其大面积的植物蒸腾也较为容易。

我们用这种方法测其幼苗沙枣的蒸腾, 自 6 月 26 日至 8 月 21 日 57 天内, 每枝沙枣二年生苗禾其蒸腾量为 8512 克, 平均每昼夜蒸腾水深 2.1—3.64 毫米。

由于今年工作时间较短, 仪器设备不全, 人力不足, 所以这项研究工作资料残缺不全, 但也对明年工作打下了一个基础, 希望今后大力开展这项研究工作, 为固沙造林种植牧草提供水分条件, 和合理的种植密度, 解决沙漠地区水分平衡问题。

四、沙漠地区群众拉沙经验

所谓拉沙系指利用水力或风力削平沙丘, 改变沙漠面貌, 平整沙间土地, 或者利用水

或风力修筑渠道,堆填堤坝,平整低地。

拉沙是改造沙漠利用沙漠的一项积极措施。它改变了沙漠地区沙丘波涛起伏的状态,为沙漠地区的引水灌溉及农业利用创造必要的条件。

一) 引水拉沙

1. 引水拉沙的条件:

实行引水拉沙的主要条件为水及一定的地形条件,在有机械扬水条件的地点、地形不是必需的。

引水拉沙所需的引水总量,决定于同时工作拉沙水流的数量,拉沙水流的数量,决定于拉沙目的、拉沙区域的大小、劳动力、完成拉沙的規定时间。

最适当的冲沙水流,保证有最高的冲沙效果,复便于操作控制的水流,决定于流量、流速、断面形状,及水质等因子,流量超过一定限度,冲沙效果增加不大。过大的流量难于控制及操作。据实地观察,流量达 0.4 米/秒时,便具有良好的冲沙效果,一般 1~2 米/秒是适宜的,适宜的流速 0.5~1.2 米/秒,断面以窄深断面最合适。水流含沙量愈小,冲刷力愈大,清水拉沙最为适宜。

拉沙所要求的地形比降,取决于沙壕比降,最适宜拉沙的地面比降应不小于 1/200,最低不小于 1/500。

2. 拉沙方法:

拉沙分二步进行:一) 开挖引水渠与沙壕;二) 拉沙。

引水渠拉沙后,可做灌溉渠,因此定线与设计应考虑以后的灌溉要求。

沙壕系开挖在沙上的简单沟道,促使由引水渠来的水在沙中形成集中水流使沙受水冲拉。拉沙应充分利用水流在弯道凹岸所具的冲刷能力,因此沙壕定线应尽量使其曲折。

根据沙丘大小及水量大小,有如下的四种实际拉沙方法:1) 抓顶打;2) 梅花瓣;3) 劈沙畔;4) 漩沙腰。

3. 引水拉沙施工效率:

1) 引水渠与沙壕:

青年劳动力每日挖沙 10~13 立方米。

强劳力掘深 0.5 米时,每日挖 20 立方米。

一般劳力每日 6.8 立方米。

2) 拉沙:

0.45 立方米/秒的流量,10~15 人工作,每小时拉沙 772 立方米,以每日工作 8 小时计,每工每日拉沙量 416~576 立方米,为强劳力工作之 21 至 29 倍。

0.17 立方米的水,20 人施工,每日可打沙胚地工么,每亩地需水 2450 立方米,每么需工 10 人,一般经由拉沙至整地放淤,开辟一亩地需工 30~35 人。

4. 引水拉沙的几个问题:

(注一) Роде. А. А. Водные свойства почв и грунтов 1955.

(注二) Teryahi, L. Soil moisture and capillary Phenomena, in Soils physics of the Earth—IX Hydrol. legg p. 341,

(注三) Будащавший. А. И. Витливание Води. Почву

1) 拉沙与淤灌結合問題:

在此必須特別指出,拉沙后的土地,土質松散,养料缺乏,不能立即在农业上生产利用。必須进行淤灌,以改变土質。

2) 地面高程控制問題:

引水拉沙时,沙丘因不断削平,同时地面亦不断刷低,在地下水位較高地区,常将地面拉至地下水面附近或以下,使土地处于浸沒状态,这样拉沙后的土地完全不能利用。引水拉沙时,必須严格的控制地面高程,避免浸沒現象的发生。

二) 风力拉沙:

风力拉沙系利用不同形式的风障或沙障造成局部的高速气流吹蚀沙丘,以平整土地开挖渠道,或者使沙堆积成堤堰。

1. 平整土地及开挖渠道。

利用风力削平沙丘平整土地;系利用如图所示的集风障进行。风障的挡风部分用梢料或其他材料做成。将风障迎主风方向斜插于沙丘頂上,挡风板下緣距地面 20 厘米左右,当风吹至挡风板,由于傾斜板的导流作用,风向板下的空隙逸出,在此狹窄的空間产生了高速的气流,将板下沙子不断吹走,使风障下沙面不断減低。多数沙障的使用,可以削低沙丘。在渠所經的沙丘或沙梁上使用沙障,可以拉去深槽,大大減小开挖工作。

2. 利用风力修筑填方渠道。

方法是根据渠道的設計尺寸,沿渠綫建立几排沙障,由于风障作用,沙子沿风障堆积,风障埋至一定深度,用人工系将风障提高,如此不断的提和不断的堆,直至堆到設計高度,再用人工根据設計断面进行修整,水可成所欲修筑的渠道。

設沙障至渠道中之距离为 A_1 , 則两現障之間距为 $2A_1$, A_1 之值由下式得出:

$$A_1 = \frac{1}{2}(b + d) + mh \text{ (米)}$$

式中: b ——渠底設計寬度 (米)

d ——堤頂設計寬度 (米)

m ——边坡系数

h ——渠底至堤頂設計高度 (米)。

据实地調查, 5~6 級风时, 半天至一天內可将一米高的渠堤全部筑起。

据实地观察, 用沙障所形成的渠槽, 不但不会淤沙, 且有风蚀現象。

三) 結語

拉沙方法开拓了一条解决沙漠地区改变沙漠地形平整土地, 修筑渠道的道路。

引水拉沙需用一定的水流和人力, 但能以最快的速度削平沙丘, 在水及地形的条件具备时, 实行拉沙任意自如, 风力拉沙更省人力, 但需使用一定数量的材料, 尤其拉沙工作的进度取决于变化不定的风力。风力拉沙与水力拉沙的結合运用, 将使拉沙效率更高, 費用更省, 所受自然条件的限制更小, 使拉沙在治沙工作中更起巨大的积极作用。

結 束 語

1. 本年由于建治伊始, 經驗缺乏, 設備欠缺, 准备不足等諸多困难条件之下, 水利組同志在党的领导下充分发挥了鼓足干劲, 力爭上游, 敢想敢做的精神, 在生产、研究及羣众經

驗学习总结方面都展开了工作,且已获一部份初步成果。对地面水源調查研究工作还不够,是本年工作的缺憾。

2. 在渠道渗漏及防渗方面,今年已得出原沙渠道渗漏的一些資料;以及得出了一些防渗方法的資料,由于在不同地区的沙上;各地沙上渠道的渗漏悬殊甚大,今后应摸清原沙渠道的渗漏。

3. 本年对六种林木和牧草进行了灌溉試驗,試驗偏重于林木,牧草少,作物則缺。今后应以牧草作物为主,其次始为林木。

4. 沙区水分平衡研究是研究沙区水分的基本工作,今后应投入更多的力量去进行,尤其是已有基础的民勤站。

5. 学习羣众經驗是今年主要收获之一,今后应更进一步的坚持这个方向,今年的缺点是学习之后試驗研究未曾跟上,从理論技术上去提高它,停留在学习的阶段上。

6. 引水拉沙,风力拉沙是改变沙地面貌的一项极为經濟有效的措施,今后应大力进行拉沙研究。

7. 今年試驗工作的普遍困难是水源缺乏。榆林是水和地形条件最好,羣众經驗最为丰富的一站,我們建議,水利方面的研究应以榆林为重点站。

8. 沙区水源,地下水是主要的,但打井則遇上流沙,用水平取水建筑物,則迁上边坡稳定問題。对于这几項問題的研究,对于利用沙区水源問題,具有重大的实际意义。

总之,半年来在党的领导下,全体同志辛勤的劳动下,水利专叶的工作已得出一定的成果,尤其重要的是学习羣众經驗,熟习了沙漠,累积了一定的在沙漠进行水利工作的經驗,摸出了在沙漠地区进行水利工作的关键問題,及其解决的途径,在这一基础上,加上反对右傾机会主义的学习,在党的领导下,今后水利事叶的工作,肯定要对治沙工作起到巨大的极积的作用。