

中国科学院治沙队第一次学术报告会文件

气候条件和沙地水分变化的初步 观测研究(着重于气候观点)*

中国科学院地理研究所气候研究室
中国科学院治沙队沙区气候组

执笔人：江爱良(中国科学院地理所)

前 言

为了探讨造林,种草等生物固沙措施对水分的需要,沙地水份情况的研究是一个很重要的问题。由于沙漠地区河流少,逕流几乎没有以及植被稀少等,所以气候条件就成了影响沙地水份变动情况的最主要因子之一。因此,在本研究报告中,我们主要从气候学的角度提供并分析,讨论一些沙地水份的观测资料;资料的来源主要是根据民勤治沙站气候组1959年4月至9月的观测记录,并参照了磴口治沙站气候组和酒泉治沙站气候组的沙地水份资料,此外,也简略地参阅了榆林站,磴口站和沙坡头站土壤组沙地水份总结报告,这些报告中所根据的资料的时期,除沙坡头站较长(1956—1959年)外,其余仅有1959年夏季5—9月5个月的记录。虽然记录时期较短,但是沙地尤其是在流动沙丘上,由于其渗水快,表面层防止蒸发性能好,沙中水份变化比较稳定。所以,这短期的记录仍能在一定程度上显示出沙地水份变动的概况。自然,不同自然地理地带(或地区)沙地水份变化的规律的进一步揭露还有待大量的较长期的观测和研究。各站的观测方法都大体一致,即采用烘干法,观测的时期大都是每隔10天观测一次。

一、影响沙地水份收支情况的主要因子的简单探讨

影响沙地水份收支状况的主要因子有下列几方面:

1. 降水状况:包括全年及生长季的降水量,降水日数和降水路度。
2. 气候干燥情况:包括湿度饱和差和风速等影响蒸发能力的气候要素。
3. 沙地本身物理性状:也就是沙地的农业水文特性和地下温度分布状况,前者包括机械组成,毛细管上升高度,田间持水量和凋萎湿度等。
4. 复被:主要是指植被,包括天然的和栽培的,此外从治沙角度来看,人工复被也应考虑。
5. 河流及地下水。

* 参加本文编写的有:中国科学院地理所江爱良、陈建毅,中国科学院治沙队凌裕泉。

6. 沙地微地貌: 这是指观测试验地段所处的微地貌是在那一种沙丘, 那一部位上。

由上可见, 影响沙地水份收支情况的因子很多的, 但对于作为治沙主要方面的流动沙丘而言, 其中 3、4、5 方面可以暂缓考虑, 其理由在以下各段中谈到。

先谈沙地物理性状, 我们分析了榆林、武灵、中卫、灯口和民勤 5 个站流动沙丘的农业水文特性资料综合列于下表:

表 1 各站流动沙地的水文特性

站 名	机 械 组 成 占 %				毛管上升 高 度	雕萎湿度 %	无雨期湿沙 层含水量	最小田间 持水量
	粗 沙 0.5— 1.00mm	中 沙 0.25—0.5	细 沙 0.1—0.25	粉 粒 0.01—0.1				
榆 林		1.9—8.6	80.7—86.7	3.6—17.4	60	0.74	2.3—3.0	6%
灵 武	0.2	3.2	89.6	7.1	—	0.46	2.3—3.0	—
中 卫	0.1	11.0	83.4	—	54.5	0.45	2—3	3.7
磴 口	—	0.8	84.8	9.5	约 50	0.8	1.5—2.5	—
民 勤	2	18	73.8	3.4	48	0.73	2.0—3.0	4.7%

由上表可见, 这 5 个站流动沙丘的机械组成, 农业水文特性是非常接近的。我们提出了无雨期湿沙层含水量作为某一地的农业水文特性的集中代表指标, 所谓无雨期是指无降水, 一天内降水不到 5.0mm 或三天内降水不到 10.0mm 的时日, 这种时日占全年绝大多数日数, 因而这个含水量能代表流动沙地水份的一般情况, 表 1 所列无雨期湿沙层含水量是指稳定湿沙上界(在沙丘迎风面中坡均为沙面下 20 厘米处)至一米深度处各层的含水量。此处自然假设不受毛管水上升的影响。从表 1 可以看出各站无雨期含水量不但彼此很接近, 并且本身变动范围很小, 所以又可称作稳定含水量。根据苏联学者阿·格·加也里(A. Г. Гаяль)的观点, 榆林、灵武、中卫、磴口、民勤 5 个站的流动沙丘属于低容水量沙地类型, 并且彼此间极为接近, 因此, 我们从水文特性来看可以认为是属于同一类型, 沙地物理情况另一方面: 地中温度分布状况, 按一般习惯列入气候因子来考虑。

再谈沙地复被状况。流动沙地尤其是流动沙丘几乎是毫无植物, 至于人工的机械复被目前还限于极小地段。所以研究流动沙丘水份情况最先可暂缓考虑植被等的影响。至于半固定与固定沙地水份情况受植被的影响很大, 留待后面讨论。

河流和地下水对治理和开发沙漠起极重要的作用。但是考虑到我国沙漠内河流很少, 所以也可暂缓讨论。对于 1 或 1.5 米高以上的流动沙丘(实际上各站流动沙丘的高度绝大多数在此高度以上)地下水的毛管水到达不了(参看表 1), 所以自然状况下的地下水对沙丘中水分的季节变化也起不了什么作用。至于人为把地下水加以利用另当别论。但是地下水的高低对于沙丘中的水汽能起一种轻微的但又是长期的补给、调剂作用, 其重要性尚不能肯定。

至于微地貌对于沙丘中的水份有一定影响, 尤其是在极端少雨地区沙丘不同部位的干沙层的厚度有很大的出入, 各站资料证实了这一点, 但是在干沙层以下的湿沙含水量随部位的变化却很不明显(留待后述)。

现在再来探讨作为沙地尤其是表层水份来源的气候因子——降水和作为沙地水份支出的气候因子——干燥程度(蒸发能力)。先讨论降水情况。对沙地水份的影响, 选择灵

武(头道湖), 中卫(沙坡头), 民勤(沙井子)三站 1959 年 4 (或 5)月至 9 月在流动动沙丘迎面风坡中坡所观测的含水量資料和降雨資料繪成图 1。

从图 1 可看出, 沙层尤其是上层中含水量和降雨有极密切的关系。

(1)降落一定強度雨水后, 沙层水份立即增加, 淋湿的厚度大約与雨量強度成正比。一般耕来一次 5.0mm 以下的降雨淋湿于沙的厚度一般不到 10 厘米, (根据民勤站气候組观测, 一日至多二日以后即蒸发掉)。10.0 毫米左右的降雨, 能渗入較深层的沙层中去, 但是表层 0-10 厘米层内的水分在 1—2 日内很快地蒸发掉大部分, 例如从图 1: 甲中試看 1959 年 6 月 2 日—12 日降水和沙含水量的情况。为了便于分析起見列表于下:

表 2 灵武 6 月 2—12 日的沙丘含水量和降雨量

日期	含 水 量 %									降雨量 (mm)
	0—10 cm	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	60—80	80— 100	平均 0—100	
6 月 2 日	0.4	2.8	3.1	3.1	3.3	2.9	3.0	2.8	2.7	日期 6 月 6 月 6 月 4 日 8 日 10 日 小計
6 月 12 日	0.38, 3.7	3.7	3.7	3.4	2.7	3.5	2.6	2.3	3.0	雨量 1.7 10.2 2.5 14.4

由上表可看出, 尽管 6 月 8 日下了 10.2 毫米的小雨, 但是 6 月 12 日所測各深度的含水量比起 6 月 2 日的含水量增加并不很显著, 仅表层 5—40 厘米层略有增加 (40 厘米以下反而略小, 可能是采样誤差所致)。0—10 厘米整层内仅增加 0.3% 而已。(2)在中, 大雨 (一次大于 10mm 为中雨, 大于 30mm 为大雨) 情况下, 淋湿的深度就較深, 再以灵武站 8 月份資料为例列表如下:

表 3

月期	含 水 量 %									降雨量 (毫米)
	0—10 cm	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	60—80	80— 100	平均 0—100	
8 月 2 日	1.5									日期 8 月 8 月 8 月 8 月 3 日 5 日 9 日 11 日
	0.5 2.4	3.7	3.4	3.6	3.0	3.6	2.4	2.5	3.0	雨量 3.6 36.0 0.5 30.8
8 月 12 日	4.3	4.9	4.9	5.5	4.9	4.2	4.9	4.8	4.8	小計 70.8
8 月 22 日	1.1									日期 8 月 8 月 8 月 小 15 日 18 日 19 日 計
	0.4 1.7	3.2	3.7	3.5	3.4	3.8	3.9	4.2	3.4	雨量 2.5 1.0 1.5 5.0

由上表可見由于 8 月 5 日和 11 日下了二次大雨 (雨量分別为 36.0 和 30.8 毫米), 8 月 12 日所測的含水量比起 8 月 2 日的含水量, 各层都显著增加, 8 月 12 日 0—100 厘米层内含水量达 4.8% 比起 8 月 2 日同层含水量增多了 1.8% 淋湿深度达 140 厘米以下 (測量深度至此); 但是沙层中这些水分并不能长久积存下来, 到了 8 月 22 日, 尽管 12—22 日間仍降雨 5.0 毫米, 可是 0—100 厘米沙层中的含水量比起 8 月 2 日 (7 月 22 日到 8 月 2 日仅降雨 0.5mm) 的含水量差別很微只稍多 0.4% 表层 0—40 厘米反而略減, 仅 60 厘米以下才看出有較明显的增加現象, 这二場大雨浸渗透到 1 米厚沙层中的雨水在 11 日以后 (即在 8 月 22 日) 丧失殆尽, 因此沙地表层 (1 米) 内的含水量随着降水 (雨日和雨量) 迟起迟落 (参看图

1, 图 2), 这是沙地水分基本特性之一。

流动沙地另一基本特点前已指出,就是在久晴不雨之时,除表面干沙层外各深度的含水量保持一較稳定之值,这主要决定于沙地的蒸发特点。当沙面表层湿润时,水份蒸发进行得很迅速,不久(在晴天情况下数十分钟至数小时),表面出现一薄层(数毫米至数厘米)干沙,干沙层阻止下层水分的蒸发,这时蒸发速率大为下降,待干层約到达 10 厘米时,蒸发几乎停止(根据民勤站水利組用連通器法观测沙丘蒸发,在 7 日无雨情况下,平均每昼夜沙面蒸发仅 0.18 毫米)。沙地蒸发这种特点也可以从图 2 看出,图 2 为 8 月 5 日—18 日民勤县沙井子某一沙丘迎风坡中坡表面 0—20 厘米沙层含水量变化情况。8 月 4 日至 5 日晨降雨 3.8 毫米,5 日晨 0—2 和 5 厘米表层很湿润此二层含水层各为 5.0% 和 3.8% 随后表面水分蒸发很快,到 6 日晨 0—2 厘米层含水量降至 1.0%,5 厘米深处降至 2.9%; 7 日晨此二处的含水量又降至 0.2 和 1.2%,10 日又降雨 2.4 毫米,0—2 和 5 厘米处的含水量迅速增加,在随后 1.2 日内又迅速下降。这二次降雨很少,10 厘米以下沙层未增湿,此外在 5—18 日 14 天内 10 和 20 厘米处含水量也未看出有减少趋势,这说明表面干沙层起了阻止下层水分蒸发的作用。使得下面沙层保持一稳定的含水量。图 3 表示雨后 35 小时内表层各深度含水量的变化,也明显地表示出沙面表层蒸发的特点。

二、流动沙丘水分情况

1. 流动沙丘水分变化的基本特点:

前已述及,流动沙丘水分变化的基本特点是: (1)随着降雨,迅起迅落。根据民勤站气候組观测雨水浸湿的深度大約和一次雨量成正比,对表面干沙层而言,一次 5.0 毫米的雨水大約可淋湿干沙层 10—15 厘米,大約每毫米雨水可浸入 2—3 厘米的干沙。进入湿沙层的雨水其运动情况尚不明,估計每毫米雨水浸入的深度要大的多。(2)无雨(或小雨)期湿沙层的含水量是很稳定的。在雨后高含水量的状况是不能长久維持的,即使是大雨,在雨停数小时或至多一日后含水量即降至田間持水量(各站数值約为 4—6%)附近,如果不再繼續降雨,三、四日后降至稳定含水量上限(3%)附近,这从图上可看出。在长久无雨(或仅有少数的小雨)时期内,即使长达半年以上,湿沙层的含水量仍旧保持在稳定含水量的下限 2% 附近,参看图 1 丙民勤的例子。(3)雨后干沙层厚度随時間变化情况如图 4 所示(根据榆林站資料复制)图 5 上的虚綫为气象要素稳定状况下(无雨、风速、气温、日照和气温变化大小)的变化曲綫,而实际变化曲綫如实綫所示。

2. 沙丘不同部位水分情况的比較:

在有明显单一盛行(起沙)风向的地点(例如民勤起沙风中,西北风約占 75%)沙丘迎风坡的含水量要远远超过背风坡的含水量,这是由于盛行风不断地把干沙子从迎风坡吹至背风坡,在背风坡堆积了很厚的干沙,因此背风坡又叫“厚沙坡”。試观下表

表 4 民勤沙丘迎风坡和背風坡中坡的含水量(%)

			深 度 (cm)							
			0—5	10	20	30	40	50	70	100
迎	风	坡	0.8	1.37	1.76	1.94	2.46	1.91	1.90	2.60
背	风	坡	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	—	—

上表是根据4月6日的观测而制的,可看出二个坡向间含水量差别很大,背风坡0—50厘米全是干沙(30cm以下无法采样)。在二个相反方向盛行风的地点(例如灵武、榆林冬半年盛行西北风,夏季多东南风),则具一坡面在冬季为风坡,在夏季变为背风坡,另一坡面正好相反,因此二个坡向面水分的差别随季节而定,差别也不大。现按灵武站资料举例如下。

表5 灵武新月型沙丘迎风坡和背风坡干沙层厚度

迎 风 坡									丘 顶	背 风 坡							
离脊綫 距离	37	32	27	22	17	12	7	2		5	10	15	20	25	30	35	
	m								脊綫处	m						m	
干沙层厚度 (cm)	7	25	7	6	7	5.5	6	6	36	26	3.5	4	4	5.5	5.3	3	

表6 新月型沙丘和条状沙丘不同部位的含水量(%)

沙 丘 类 别	新 月 型 沙 丘				条 状 沙 丘 (沙 壠)			
	迎 风 坡			背 风 坡	迎 风 坡			背 风 坡
	下 坡	中 坡	上 坡	中 坡	下 坡	中 坡	上 坡	中 坡
深 度								
0—5cm	0.4	0.8	0.1	0.2	1.1	0.5	0.3	0.1
10	1.5	1.4	0.1	0.2	1.6	1.2	1.4	0.2
20	1.3	1.8	0.2	0.2	1.9	1.7	1.9	0.7
30	1.3	1.9	0.9	0.2	1.9	1.9	1.6	0.4
40	1.5	2.5	1.8	0.2	2.4	1.9	1.9	0.2
50	1.5	1.9	2.3	0.1	(1.2)	(1.0)	1.9	0.1
70	2.5	1.9	2.1	—	1.8	2.9	1.6	—
100	2.5	2.6	1.4	—	3.3	3.0	1.9	—

上表所列的迎风坡和背风坡系指观测时(夏季)的盛行风向(SE风)而言,从这表所看出最大干沙层在丘顶,厚达36厘米,其次为背风坡离丘顶5米处,干沙厚达26厘米;其它各处差别不大。此外,迎风坡各处干沙厚度看来比背风坡稍大,这是由于不久之前(春季和初夏)该地还盛行西北风,夏季的迎风坡在当时还是背风坡所致。

同一坡向不同部位沙层的含水量也有些差别,兹以民勤站气候组4月份资料另例。由上表以及附表,榆林站的资料都可以看出沙丘下坡、中坡的水分比起上坡要稍多些;至于下坡和中坡比起,在民勤站的情况下二者极为接近,在榆林站的情况下,下坡坡脚含水量显著高于中坡。

3. 沙丘水分的日变化:
沙丘上各层含水量在一日内各个时刻也有变化。试参看图3。8月4日下午至5日清晨降雨3.8毫米,5日8时雨已停止,此时表层0—2厘米以及5厘米处很潮湿(含水量分别为5.0和3.8%),但是过35小时至13时,表层0—2厘米的水分一部分向下移动,另一部分迅速蒸发掉,含水量降至0.5%(干沙),而5和10厘米处的含水量却略有增加,再

过6小时至19时,表层0—2厘米干沙含水量保持不变,5厘米处的含水量迅速降至2.1%左右。10厘米的含水量仍繼續上升,这是承接5厘米处向下移的水分之故。次日(6日)0—2厘米及5厘米的降水量仍有日变化,8时含水量有所增加(由于夜間沙面光照很弱,气温、风速下降、气湿增高并出現水汽凝結)。13时由于受白昼日照,气温、风速、气湿的影响,含水量有所下降,至19时又略有增加。8月6日这天变化情况代表一般情况的典型情况。

4. 沙丘有效水分的計算:

有效水分是指在凋萎温度上的含水量,通常以毫米水深来表示其計算,如下式

$$Be = (P - Pz)O\phi h$$

上式中 Be 为有效水分以毫米为单位, P 为沙层的平均含水量, Pz 为凋萎湿度, O ϕ 为平均容重, h 为沙层厚度以厘米为单位。以民勤站和榆林站 1959 年 6—9 月資料为例計算出流动沙丘迎风坡中部一米厚沙层中有效水分:

表 7 榆林、民勤一米厚沙层中有效水分的比較

	6 月					7 月			8 月			9 月		
	雨量 (mm)	平均含 水量 (%)	凋萎 温度	容重	有效 水分	雨量 (mm)	平均含 水量 (%)	有效 水分	雨量 (mm)	平均含 水量 (%)	有效 水分	雨量 (mm)	平均含 水量	有效 水分
榆 林		3.6	0.74				5.0			4.6			2.4	
民 勤	5.7	2.3	0.73	1.38	2.17	6.6	2.0	17.5	9.7	1.6	12.0	2.9	2.1	1.89

由上表可見:(1)一米厚沙层中有效水分随該地降雨量增多,但是并不成比例关系。此外有效水分还和降雨頻度(雨日多少)有密切关系,某一时期内一定強度(5毫米以上)的降雨次数愈多,沙丘中自然愈能保持較大的湿度,(其有效水分也就愈多)可以从图 1 甲、乙中明显地看出,不再重复。(2)無論在較多雨的榆林或少雨的民勤,沙丘中有效水分都是很有限的,这是因为二地的流动沙丘都属于低容水类型沙地,因而在固沙造林选择树种时,都須考虑到这点(榆林雨水較多,但是春旱也很严重),假如植物根系能伸入地下水面,自又当別論。

5. 流动沙丘与半固定沙丘的水分比較:

在比較这二种沙丘水分状况时,必須考虑到地下水情况和植物种类等情况。酒泉金塔中心站气候組今年在半固定和固定沙地上选了 14 种植物羣丛地段进行含水量測定。例如生长在沙丘坡上的駱駝刺、花花菜等較耐旱植物,其下一米沙层的含水量較少,一般在 0.6—3.0% 之間,其数值比裸露沙丘的含水量(2—3%)还要少些,而生长在丘間地的好湿植物羣丛(例如盐爪爪、苦馬豆檉柳等)下沙层,由于离地下水位近(不到 1 米),其含水量很高(15—30%)。芦苇可以生长在多水分的丘間凹地里,也可以在沙丘坡上发现,这是由于芦苇的根很深,可以伸至地下水附近。因此在地下水位不同情况下,是不能比較流动沙地与固定沙地的含水量。灵武站选择了二块相邻的不受地下水影响的地段,其一为流动的(裸露的)沙丘,另一为白茨,黄华和馬兰半固定的沙丘,前者在 6—9 日含水量仅为 2.7—3.0%,而后者仅为 1.1—1.2% 尚不到前者之半,此外在生有沙竹的仍属流动性的沙丘中含水量加 1.9—2.6%。由此可見沙丘上生有植物后,消耗水分而变干。

三、丘間低地的水分情况

按五个站的資料来看丘間低地可分为三个类型:

类型 1. 丘間地地下水离地面很近,沙层中夹中粉沙壤土,持水量較高,民勤沙井子和酒泉金塔的丘間低地属于这种类型。沙井子丘間低地为具有相当面积의平坦地段,占沙地面积約 60% 左右,本地人称为沙海子,地下水离地面約为 1.2—2.0 米;各层次的机械組成甚为复杂,随着不同地段而有很大的差別。民勤,酒泉二地沙海子(土壤)和沙丘的水分情况截然不同,参看图 4, (根据沙井子情况測繪),由图 4 可以看出: (1)沙丘中的水分量很少(約为 0.2—2.7)而沙海子的含水量除极少数情况外,一般是很丰富的(除表层外 10—100 或 20—100 厘米之間各层次的含水量一般在 10—25% 之間,甚至高达 28—31%), (2)沙丘中除表面干沙层外上、下各深度含水量的差异是很微小的,而沙海子中上、下各深度含水量有很大的差別。(3)沙丘上除背风(落沙)坡外各部位的含水量很接近,而沙海子不同地段的含水量有着很大的差別。从图 4 可看出:按水分条件沙海子可分三种类型的地段,即一般地段(曲綫 4),生长着相当多植物的苗圃地段(曲綫 5)和所謂“干燥島屿”的地段。三者的含水量以一般的地段最为丰沛(200—100 厘米的含水量在 16—23% 之間),苗圃地段(种有幼小沙枣苗)由于有植物消耗水分以致 10—90 厘米层各深度含水量显然比前者較小),至于“干燥島屿”地段呈零星状态分布,沙海子之中,大約 0—50 厘米层由于其成分特殊(碳酸鈣特別多)及其他未查明原因极为干燥,在 1—左右(比沙丘迎风坡,各部位还要干),今年春季造林曾遇到这种地段,在其上移植的树苗都干枯死了;但是在 60 厘米以下含水量迅速增多,至 100 厘米处已增至 12%,所以我們认为为特种需要(例如林带通过这种地段)如果采取深挖穴和換土方法,在这种地段仍可造林。沙海子水分情况另一特点,即季节变化較沙丘明显,这是因为沙海子生长有少量植物(复盖度 10—40%),而今年春天夏季民勤少雨(4—9 月雨量不到 3.0 毫米),因而沙海子含水量从 4 月开始逐渐減少。

类型 2. 丘間低地的地下水位离地面很深,沙层中的机械組成和沙丘上的基本相同,因而这种类型丘間低地的水分情况和沙丘上的情况几乎完全相同,不过数值稍微大些,中卫沙坡头的情况就是如此。

类型 3. 丘間低地的地下水位离地面很深,沙层中除在某一薄层出現土层外,其他各层的机械組成和沙丘上的基本相同,因而其水份情况,在这一土层内显然增多其相邻近很薄沙层内也略有增多,其余各层次的情况和类型 2 相近似。

沙地灌溉問題值得在此提一提,以民勤沙井子治沙站苗圃为例。苗圃处于丘間低地平坦地段,土壤机械組成以細沙和粉沙壤土为主,种有沙枣幼苗(高約 20—30 厘米,株行距約为 10—15 厘米)。6 月 22 日曾进行灌溉(車水漫灌),我們于 6 月 21—27 日以及 7 月 3 日进行土壤含水量的測量,如图 5, 所示,由图 7 可見,灌溉后表层 0—10 厘米层的含水量迅速增多,尤其是 0—2 厘米增加尤为显著,从 21 日 1% 增至 25% (5 和 10 厘米处由 21 日的 8.2% 和 9.3% 增至 20.2% 和 19.4%),但是这种高含水量状态不能长久保持,灌溉后一日——23 日,0—2 厘米层的含水量由 25% 降 17.1% (5 和 10 厘米处含水量由 20.2% 和 19.4% 降至 16.5% 和 14.3%), 24 日又降至 8.3% (5 和 10 厘米处降至 13.2% 和 12.2%), 25 日由于有小雨略增多 11.11%, 26 日又降至 3.8%, 27 日再降至 1.1%, 此后

保持不变。在这次灌溉后，20 厘米深度处含水量有所增加但变化很缓和，由 21 日的 18.1% 22 日增至 20.9%，23 日降至 17.0%。此后增减变化不大，40 厘米以下各深度的变化就更不明显了。由此可见，此次灌溉的作用既不能持久，显著增加的厚度也仅限于 20 厘米层，20 厘米以下各层的原先 21 日含水就很高 18—21% 接近和毛管持水量，灌溉多余的水迅速渗漏至地下水位（该处地下水位离地面约 1.3 米）。因而我们认为地段当时并不需要灌溉，而需要防风（6 月份风速很大，苗木显得生长不正常，这也是因为较大的风速加速蒸腾，使苗木生理失常¹⁰ 此外认为沙漠地区由于土壤疏松保水性能差和表面易于蒸发，灌溉方式应采取浅灌（能使用喷水灌溉更好）以节约水量。

图一 灵武、中卫、民勤三站流动沙丘含水量和降水关系图

(根据灵武治沙地记录月表)

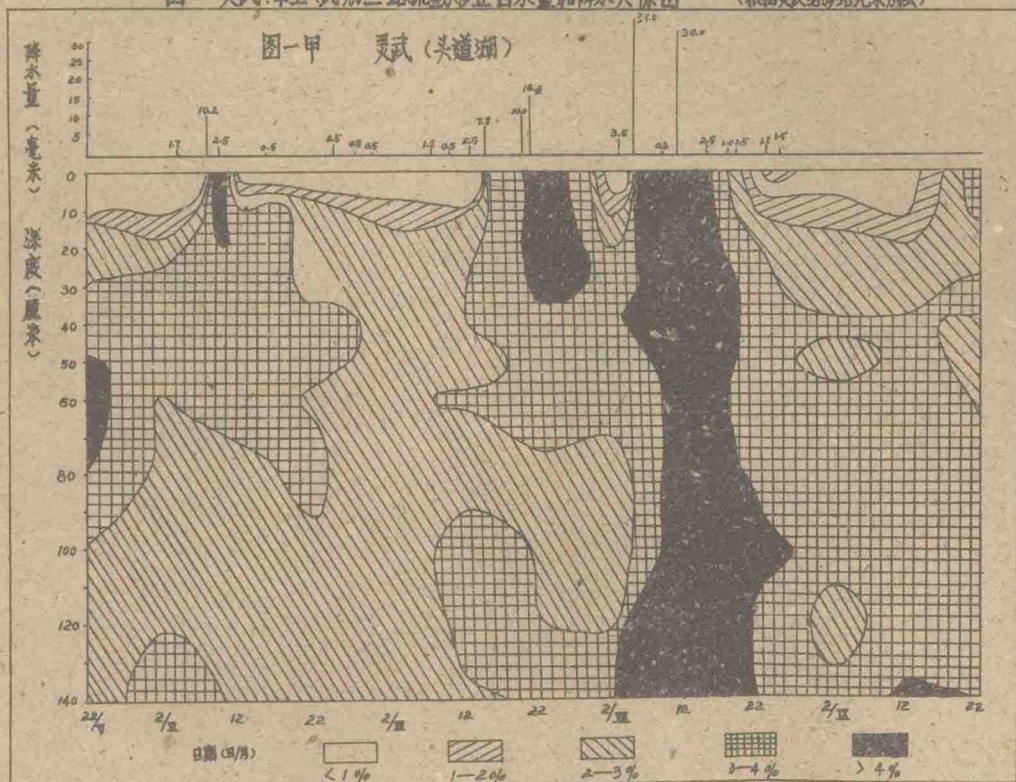
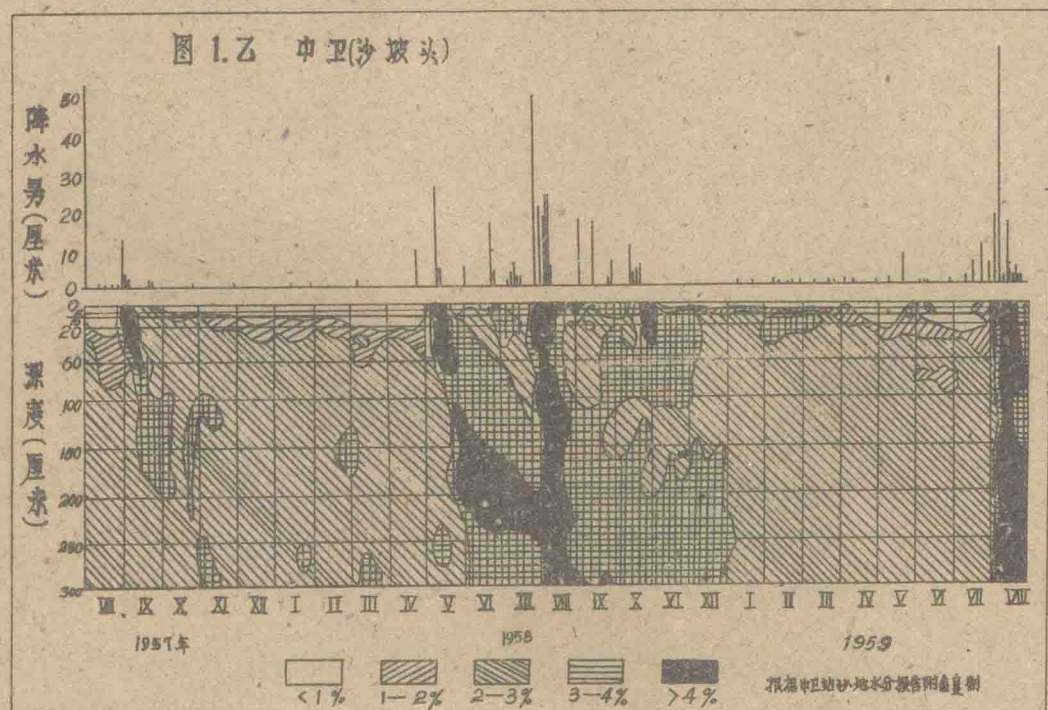


图 1.乙 中卫(沙坡头)



图一 两民勘(沙井子)

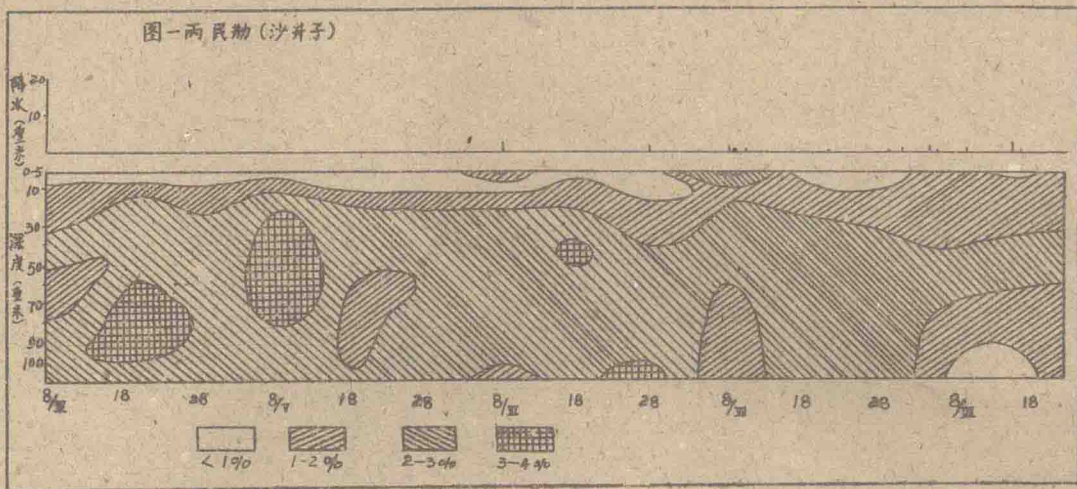


图2 小雨后沙层表及含水率变化图

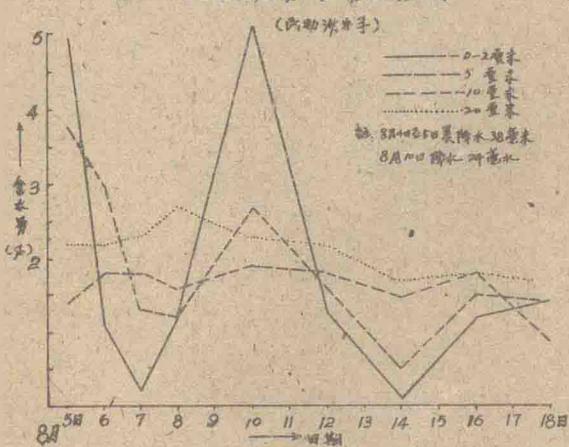


图3 小雨后流沙层表及含水率二日内变化图

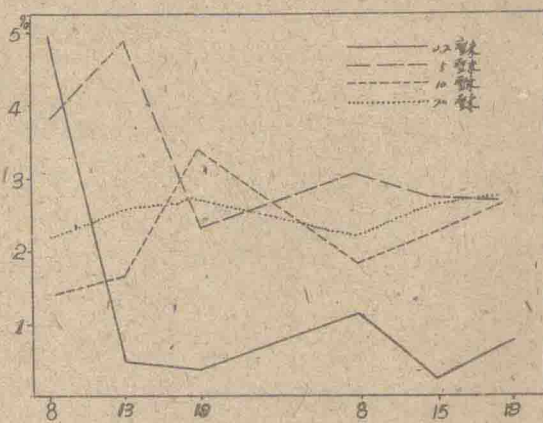
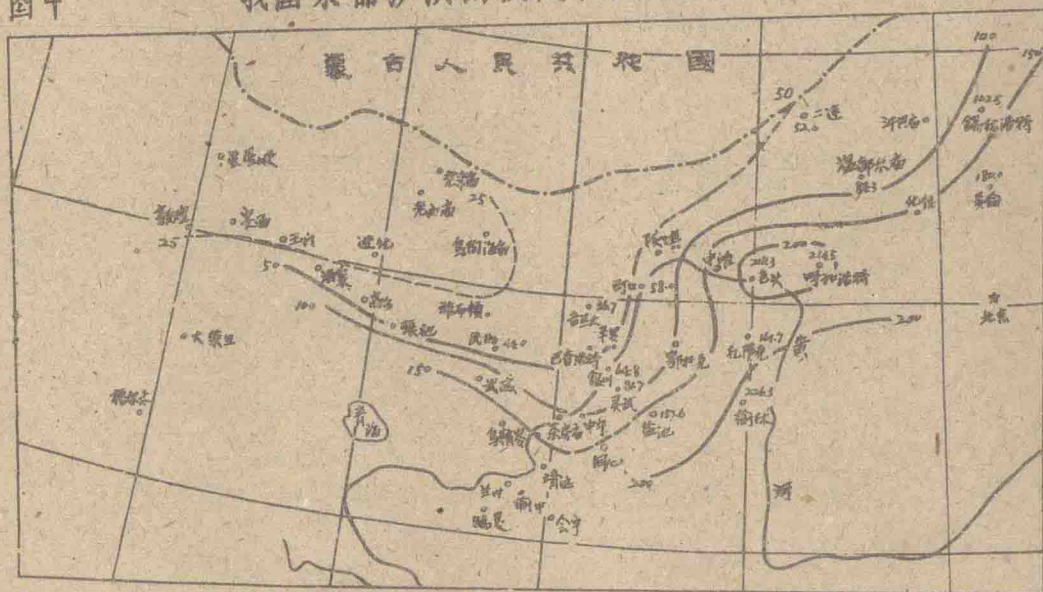


图4 我国东部沙漠的侵入(有效贮存)降水



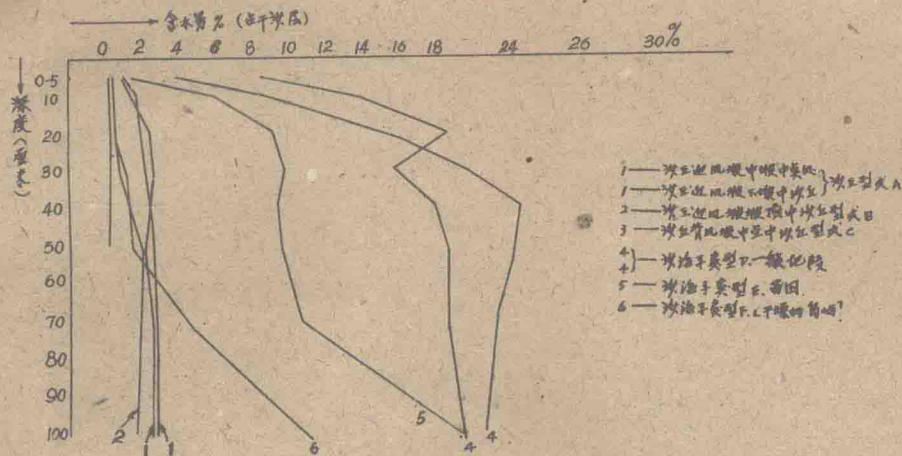
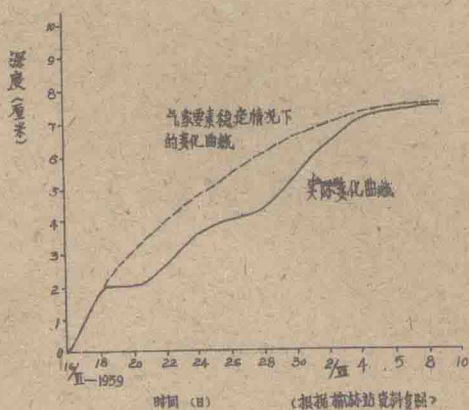
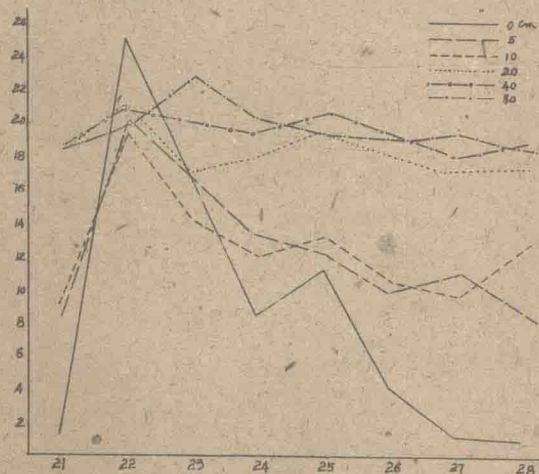


圖 6. 湘江、珠江冲积(填)冲本分随深度变化型式图

图五 沙地干沙层变化曲线图



图七 沙海子苗圃地灌溉前土坡含水率变化图



卷八

中国东部沙漠及邻近地区的干燥度

