

目 录

一 前 言

二 砂田的布置和观测

三 砂田效应

1. 提高地温

2. 抑制土面蒸发，保持土壤水分

3. 对土壤可溶性盐运动的影响

四 問題討論

目 录

一 前 言

二 砂田的布置和观测

三 砂田效应

1. 提高地温

2. 抑制土面蒸发，保持土壤水分

3. 对土壤可溶性盐运动的影响

四 問題討論

棉田鋪砂效應試驗

初步總結*

一 前言

棉花是一種重要的經濟作物，砂田是甘肅棉花生產上的一大特色。幾百年的生產實踐和近年來的研究證明，鋪砂可以提高棉田空氣和土壤溫度、抑止土面蒸發，提高土壤水分、減少土壤表層的鹽分積聚從而為獲得穩定的產量提高良好條件。在西北地區熱量和水分都對棉花生長發育有些限制，因而砂田就更有積極的意義。

以往關於砂田的試驗研究，多偏重於保墒和保溫方面，而對於抑制蒸發和鹽分積聚方面尚缺乏比較詳細的數據，為了對砂田的效應作比較全面的了解（特別是對於蒸發、土壤水分和鹽分），我們今年在民勤站進行了這方面的一些初步試驗。

由於人力和水平的限制，加上試驗開展較晚，觀測不夠完善，這篇報告僅是極其粗淺的總結，希讀者批評指正。

二 砂田的布置和觀測

試驗是在民勤站棉花試驗田中選了兩個小區進行的每區面積約3.5平方米。一區鋪砂，另一區不鋪砂作為對照。於8月14日鋪砂，當時棉花正處現^附蕾一開花的後期。砂子是从^附近沙丘上取去的。鋪砂厚度3~4厘米。中砂（粒徑1~0.25mm）佔1/3，細砂（0.25~0.05mm）佔2/3。

*參加本試驗的有民勤站水土資源開發利用組的陸面蒸發、土壤水分、土壤鹽分、凝結幾個專題小組。本報告中“土壤水分”一節由葉文華同志執筆，“土壤鹽分”一節由成延燾同志執筆，其他部分由王漢濤同志執筆。

鋪砂以后，进行了地温、凝結、蒸发、土壤水分、土壤盐分等观测。

三、砂田效应

1. 提高地温：

棉田鋪砂以后，由於砂子比热較小，白天砂面增热很快，因此，向地下传递的热量也較多，提高土温，鋪砂后減少了蒸发散热，其中一部分热量却用来增热貼地层的空气，提高空气温度；另一部分則用来增热土壤；一般由於有砂层复盖，砂层下的土层水分比未鋪砂者有所提高，一般能夠接受較多的热量，这些均使砂田表面和砂盖以下的土壤温度比未鋪砂的有所增高。在鋪砂前，我們对鋪砂与未鋪砂的兩块地的地温进行了空白对比观测(表1)。从表1可以看出，对照点各深度的地温一直比

表1 鋪砂前砂田与对照点地温的比較

田別 時間	砂 田					对 照 田				
	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20
8.11.20 ^h	24.0	24.9	24.7	23.9	22.8	27.5	24.9	25.3	24.3	23.5
12.8 ^h	16.6	17.8	18.8	19.8	20.2	16.8	18.1	19.1	20.2	20.5
12.20 ^h	15.7	17.3	18.3	18.8	19.3	15.0	18.1	18.1	19.4	19.7

另一块未鋪砂的对照。8月11日、12日、14日三次昼夜观测，未鋪砂为高，但鋪砂以后情况就完全相反了。根据8月24日，9月5日，9月11日三次昼夜观测平均资料(圈1、表2)可以看出，無論在白天或夜間，砂田比对照点在5、10、20厘米深度的温度都要高，平均分別高出1.7、1.7、1.1和0.9℃砂田表面白天比对照点也要高，在晚間21点至清晨7点以前这段時間，砂田地温比对照点稍低(1.0℃左右)，但全日平均則砂田仍高於对照点(1.8℃左右)。同时比起未鋪砂的表层土壤來說，砂层比較干燥、疏松，有較多的孔隙，

导热系数比较小，形成了一层“保护层”使下层土壤中的热量不易散失，且其下层土壤较对照点为湿，热容量较大，故在晚间散热较慢，缩小了该层地温的昼夜变幅。在5、10、15、20厘米深处的地温日较差分别减小0.5、1.0、0.9℃（见表2）。

表2 砂田与对照点平均地温比较表

时 间	0厘米		5		10		15		20		累 计
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
10 ^h	20.2	19.7	25.4	23.2	24.6	23.1	23.4	22.6	22.3	21.6	21.5
21	15.2	15.0	20.6	19.9	21.1	18.4	21.1	19.4	20.8	19.6	16.3
1	13.3	14.9	19.4	17.0	20.5	18.3	20.7	19.4	21.0	20.0	14.9
5	12.2	11.9	17.2	15.3	18.5	16.0	19.2	17.7	19.7	18.3	13.0
7	14.8	15.7	17.8	15.5	18.7	16.0	18.5	17.3	19.2	18.2	16.2
10	33.8	31.2	19.2	19.3	18.7	17.9	18.6	18.0	18.9	18.2	21.1
13	46.2	41.1	25.8	25.1	22.7	22.3	21.8	20.7	19.1	18.5	29.3
16	39.2	28.7	28.3	27.9	26.0	25.6	23.7	23.4	22.5	21.5	30.5
19	20.9	20.2	24.4	21.2	24.2	21.4	23.1	21.5	21.9	21.1	20.3
平均	23.8	22.0	22.0	20.3	21.6	19.9	21.1	20.0	20.6	19.7	20.3
差数	1.8		1.7		1.7		1.1		0.9		
较差*	34.0	29.2	11.1	12.6	7.5	9.6	5.2	6.1	3.4	3.4	17.5

*表内砂田地温除0厘米改变为砂面外，其余以原来的深度为深度。地温为三次昼夜观测之平均值，界面为砂田砂层与原地面之接界面。

2. 抑制土面蒸发

砂田的表层有一层结构疏松的干砂层复盖，切断了毛细管的上升作用，使下层土壤中的水分只能以汽态的方式通过干砂层扩散出去，因此大大的

抑制了土壤水分的蒸发。另外，我們知道土壤中水汽的运动取決於土壤的溫度的梯度，而砂田表层由於白天升温較快，形成了較大的由上而下的溫度梯度（在砂田0厘米較20厘米高3.2℃，对照地的温差为1.7℃見表2），自上而下的溫度梯度的加大，加强了土中水汽向下运动的趨勢，从而減弱了下面土壤中水分的上升运动。这一点是否正确，以及鋪砂抑止蒸发还有什么其他原因，尚有待於今后进一步加以探討。

我們用“TTU-500-50”蒸发器測定鋪砂与未鋪砂的土面蒸发。測定的結果显著的表明了鋪砂對於抑制土面蒸发有着巨大的作用（表3）。自9月8日至9月18日10天中，未鋪砂的蒸发量（土面蒸发）6.8mm，鋪砂（5厘米）的蒸发3.8mm，为土面蒸发的56%，9月18日至10月4日16天中未鋪砂的土面蒸发为10.2mm，而鋪砂的只3.8mm，相当於土面蒸发的37%。两次平均（9月8日~10月4日合起来算），鋪砂的可減少土面蒸发53%。

表3 鋪砂（5厘米）与未鋪砂的蒸发量測定結果

（“TTU-500”資料）

称量日期	称量间隔 天數	鋪砂		对照		備註
		蒸发量 (mm)	占对照 (%)	蒸发量 (mm)	%	
上次 下次						
区.8-11	3	0.5	63	0.8	100	9月8日同时 换土
11-14	3	2.4	57	4.2	100	
14-18	4	0.9	50	1.8	100	
小計区.8-18	10	3.8	56	6.8	100	9月18日两 时重新换土
区.18-21	3	0.5	18	2.8	100	
21-25	4	1.7	33	2.3	100	
25-10.4	9	1.6	70	2.3	100	
小計区.18-10.4	16	3.8	37	10.2	100	
两次合計区.8-10.4	26	7.6	45	17.0	100	

复盖物(砂砾)厚度与粒徑的不同,在抑制土面蒸发方面的效果也是不同的。从得出的一些結果(見表4)可以看出:鋪砂5厘米可減少土面蒸发63%,鋪砂8厘米可減少65%,鋪砾石10厘米者最佳,減少83%。

表4 不同厚度与粒徑的复盖物抑制蒸发效应的比較*(" 1761 ~ 500" 資料)

称量日期	称量 间隔 天數	鋪砂5厘米		鋪砂8厘米		鋪砂10厘米		对照	
		蒸发量 (毫米)	占对照 (%)	蒸发量	占对照 (%)	蒸发量	占对照 (%)	蒸发量	%
区18-21	3	0.5		0.3		0.1		2.8	
21-25	4	1.7		2.3		2.4		1.51	
25-28.4	9	1.6		1.0		-0.8		2.3	
小計区18-28.4	16	3.8	37%	3.6	35%	1.7	17%	10.2	100%

*鋪設方法与上面一致;砾石大小不等,一般均如鵝蛋,9月180日各蒸发器同时換土。

从这里也可初步看出,鋪砂5厘米与鋪砂8厘米在抑制土面蒸发方面的效果非常接近。从这个角度来考虑,就給我們提供了以5厘米来代替更厚砂层的可能性,而这将节省許多鋪砂所需的物資和劳力和簡化田間耕作。当然,鋪砂以多厚为合适(效果既好而又經濟)还有待於今后的試驗来介决。

抑制了蒸发,減少了土壤水分的損失,也就是說相对的提高了土壤水分。这从測定土壤水分中可以明显的看出来。

用取土烘干法每隔3~6天測定鋪砂与不鋪砂0~60厘米各土层的土壤水分,进行对比研究。由於試驗地土壤質地很不一致,每次取土不在同一点上,同一层的土壤質地变化很大,表层还受草根肥料等影响,因此,土壤

水分有时没有规律可循，变化很大，不能进行精确的对比分析。尽管如此，砂田抑制蒸发提高土壤水分的作用还可以很明显的看出来。

没有测定重量，土壤水分变化的对比不是用野水量，而是用含水量百分率来表示的。

表5 表6为铺砂20天和一个月以后，铺砂与不铺砂的土壤水分变化。

表5 8月11日~9月3日铺砂地与对照地土壤水分变化

深度(厘米)	5	10	15	20	40	60
铺砂(%)	+5.82	+0.03	+2.69	+1.42	-3.07	+3.36
对照(%)	-2.25	-1.11	-2.37	-2.09	-2.38	+0.72

表6 8月11日~9月30日铺砂地与对照地土壤水分变化

深度(厘米)	5	10	15	20	40	60
铺砂(%)	+0.49	-0.93	+3.73	+5.42	0.00	+3.20
对照(%)	-1.63	+2.91	-4.17	-4.43	-4.62	+1.07

注：铺砂地取土深度是拨开砂层由土面算起的。

表5中的“+”号表示9月3日的土壤水分比8月11日增加了，“-”号则表示减少了。从表5、表6中可以明显看出，由于在8月11日~9月3日期间共降雨10.8mm和大水漫灌了一次；8月11日~9月30日期间共降雨16.5mm和大水漫灌了一次，铺砂地土壤水分每层都有所增加，但对照则相反，几乎每层土壤水分反而减少了，说明砂田有保水和抑制蒸发的作用。从上两表中还可以发现，砂田的保水作用在表层0~20厘米特别明显。

我们还可以从降雨后更可看出砂田保水的作用。

表7 8月28日~9月3日鋪砂地与对照地土壤水分变化

深度(厘米)	5	10	15	20	40	60
鋪砂(%)	-3.70	-8.53	-6.43	-7.44	-4.41	-3.03
对照(%)	-12.18	-8.02	-10.70	-2.66	-2.53	-3.05

表8 9月9日~9月15日鋪砂地与对照地土壤水分变化

深度(厘米)	5	10	15	20	40	60
鋪砂(%)	-0.89	-1.09	+2.85	+1.07	+1.07	+0.55
对照(%)	-3.17	-2.02	-3.45	-3.45	-7.03	-5.54

8月27、28两天中共降雨4.1毫米，由於降雨后蒸发的^不耗，砂田9月3日的土壤水分比9月28日不及鋪砂地减少的多，特别是表层0~15厘米^不鋪地土壤水分蒸发比砂田大得多。表8更明显^不指出，在9月9日降雨5.5毫米，9月15日砂田表层0~10厘米土壤水分比9月9日减少，但比^不鋪地减少得少。而20~60厘米砂田不但没有减少，反而因降雨有所增加，而^不鋪砂地0~60厘米正层却都减少。其原因在於降雨后砂田可以慢慢下渗（在有逕流的地方可以减少逕流）同时上面有砂层保护，水分不致大量蒸发掉而被保存在土壤中；而^不鋪砂地在降雨后，特别是降小雨后，没等水分下渗到土壤底层很快便为蒸发所损耗。

最后，我們同样可以从灌水后看出，砂田土壤水分优於^不鋪砂地。

表9 8月23日~8月28日鋪砂地与对照的土壤水分变化

深度(厘米)	5	10	15	20	40	60
鋪砂(%)	+11.75	+11.65	+8.88	+4.16	+5.24	+4.26
对照(%)	+11.03	+8.77	+15.62	+3.58	+4.60	+7.27

8月25日大水漫灌了一次。从表9中可以明显看出砂田8月28日灌水后比8月23日灌水前的土壤水分比不铺砂地要增加的多。

综合上述，充分说明砂田有抑止蒸发提高土壤水分的作用，表层表现得更为明显。如砂田9月15日0厘米土壤水分为6.92%，半月以后9月30日则增加到10.76%，不铺砂地则相反，由12.64%减少到2.02%，在此期间没有降雨。砂田表层水分增加可能是因为铺砂后晚间温度降低，有利于大气凝结水的形成；同时地温梯度由下向上，水汽由下层上升到表层因有砂层保护没有蒸发而凝结，因而砂田有明显的抑止蒸发和水分向表层聚集的作用，有利于作物生长。

3. 对土壤可溶性盐运动的影响

棉田铺砂既然抑制了土面蒸发，减少了土壤水分的损失，对于随水迁移的可溶盐自然也会有影响。

表10 铺砂前后土壤可溶性盐含量(%)的变动

采 土 层 次 (厘米)	采土日期		铺砂前(8.13)		铺砂后(8.23)		水后3天(8.28)		水后2天(9.5)	
			铺砂	未铺砂	铺砂	未铺砂	铺砂	未铺砂	铺砂	未铺砂
			铺砂	未铺砂	铺砂	未铺砂	铺砂	未铺砂	铺砂	未铺砂
0~2			0.15	0.15	0.14	0.17	0.11	0.13	0.12	0.14
2~10			0.17	0.13	0.12	0.11	0.10	0.15	0.12	0.13
10~20			0.11	0.13	0.13	0.16	0.10	0.14	0.12	0.18
20~40			0.13	0.13	0.14	0.12	0.10	0.17	0.11	0.17
40~60			0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.14	0.12	0.12
60~90			0.11	0.10	/	/	/	/	0.13	0.11

註：8月25日河水漫灌，水的矿化度为0.5克/升

表中数字表明：铺砂前(8月13日)两个试验点的盐分含量0~2

厘米相同，均为0.15%，2厘米以下鋪砂点(0.11~0.17%)高於或近於未鋪砂点的含盐量(0.10~0.13%)，10~20厘米未鋪砂的高於鋪砂点。鋪砂后10天开始有了分異，鋪砂点0~10厘米減少较为显著，10~40厘米稍有增加，40~60厘米略有減少，未鋪砂的0~2厘米和10~20厘米两层有了增加，其余各层均有所減少。

河水漫灌对該两点盐分的淋洗作用也不相同，灌水后三天(8月28日)，鋪砂点全剖面均有非常显著的淋溶作用；而未鋪砂的除表层0~2厘米和10~20厘米两层盐分淋溶較显著外，其余各层則均有所增加；到9月15日灌水后21天(即鋪砂后33天)，鋪砂点盐分开始增加，但仍旧低於8月13日鋪砂前的水平，未鋪砂的除0~2厘米和40~60厘米两层低於8月13日的含量外，其余各层差不多都超过了以前的水平，唯2~10厘米和8月13日的盐分含量相同。由此可見，鋪砂对土壤盐分的积聚是有一定的抑制效应的，尤其是表层效果較好；灌后土壤表面返盐速度也沒有未鋪砂的那样迅速。

关于鋪砂能抑制土壤盐分积聚的机制，我們初步認為：可能由於疏松的砂层一方面阻礙了毛管水的向上运动，減弱了裸間蒸发强度，另一方面也改变了土面的环境条件，裸露的土面受到砂子較為严密地复盖，近土面空气相对湿度变大，飽和差减小，(指砂子空隙間的情况而言)水汽扩散作用受阻，土壤水分損失量減少，盐分的上升和积聚也就隨之減輕。

應該提出，砂子鋪到棉田里以后，可能由於部分土壤水分經由砂层蒸发，使盐分累积其中。这样，与表层盐分下降的情况相反砂层含盐量从原有的0.12%上升到0.14%，如果长久下去砂层盐分逐漸增多，是否会給作物帶來危害，这一問題还是值得引起注意的。

四 問題討論

1. 河西地区将是今后发展棉花生产的基地之一。但棉花是喜高温(仅在温度出现 $12 \sim 15^{\circ}\text{C}$ 后才开始生长,在整个生长期需 $3500 \sim 4000^{\circ}\text{C}$ 的有效积温)而且生长期较长(约200天)的作物。而本区积温较低,一般均在 3000°C 左右,无霜期也较短(150天左右)。因此,除了选用早熟品种外,适时提早播种,促进早熟缩短生长期,乃是本区棉花生产上急待解决的首要问题。根据以往的研究和我们今年的试验证明,铺砂能够提高棉田的地温和土壤湿度,改善棉田小气候,促进棉花生长和早熟。

2. 随着国民经济的发展,对农业生产的要求将越来越迫切。我国西北地区有很多的可耕地需要加以开发,而对于这一地区来说,严重的干旱和水源不足是一个极其重要的问题。在这里“没有灌溉即没有农业”。而众所周知,这一地区有着异常巨大的蒸发能力(年水面蒸发在 3000 毫米以上)。因此尽量做到合理用水、减少无谓的水分损耗便是一项艰巨而重大的任务。在今年的试验中,我们得到了铺砂能减少 50% 、铺砾石能减少 80% 左右的土面蒸发的一些初步数据。另外,根据我们今年对棉田蒸发量的测定可知,在棉花的整个生长期中,棉田的水分约有 60% 以上是消耗在土面蒸发上的(现蕾期 67% ,开花期 75% ,结铃期 50% ,估计在生长的初期土面蒸发将占总耗水量的 90% 左右)。从苏联的资料中也可得到类似的数据。可见铺砂在减少水的无谓的损失,提高水的利用率方面有着多么大的意义。

3. 强烈的水分蒸发,造成了对这一地区土壤盐渍化的严重威胁。铺砂在抑止土壤盐分的上升、减轻土壤的盐渍化方面也能起到一定的作用。

综上所述,可以作出这样的结论:铺砂是发展西北地区的喜温而经济价值又比较高的棉花瓜类等作物生产上一个比较积极的措施,是一个应该

予以注意的途徑。

不过，砂田耕作中还有一些問題还未完全介决；如耕作费工，使用年限不长砂面层夜温差大，容易形成霜冻等，尚待进一步研究。

鋪砂材料問題應該慎重考虑。如鋪設砂子除了有它的一定的意义而外，还有它的缺陷，有些还是相当严重的。如春季和夏季棉花还比較矮小，枝叶尚不茂，鋪在地上的砂子很容易为大风所吹蝕；細砂易和土粒掺混，耕作殊为困难，同时年复一年，将使該土层及掺沙过多而造成对土壤的有害的影响。因此，用細沙作为鋪砂材料来搞砂田不应輕易推广（我們今年之所以进行这一試驗亦是想对砂田的利弊作一了介）。根据兰大陈邦瑜等同志的研究，指出了用砾石层代替砂砾混合层的优越性。

我們今年也得出了砾石复盖在抑制蒸发方面比諸砂子来效果更好。这是一个值得注意的問題，但鋪設的厚度問題仍須繼續进行試驗确定。

农田小气候是影响作物生长和产量的极其重要的因素，作物的生长情况和产量又是一切农业技术措施的最后鑑定标志。因此对于棉田鋪砂的小气候效应和对棉花生长的影响进行綜合的观测比較，是很必須的。沒有这些資料作依据，也就不足以說明砂田的优越性。今年因为時間紧試驗場地还小，因此沒有对組成棉田小气候的空气温度和湿度、对于棉花的生长情况进行对比观测，在明年的工作中应在这方面給以足夠的重視。（完）