

土壤深层储水对棉花产量效应的研究

李玉山 喻宝屏
(中国科学院西北水土保持研究所)

STUDIES ON THE EFFECT OF WATER STORAGE IN DEEP SOIL HORIZON ON THE YIELD OF COTTON

Li Yu-shan and Yu Bao-pin
(Northwestern Institute of Soil Conservation, Academia Sinica)

棉花是黄土高原南部台塬区主要的作物之一。在田间条件下,它和小麦一样,对土壤深层储水,依然有明显的效应。1957 年我们发现,尽管当年雨季提早于 7 月底结束,8、9 两个月降水量只有 28.8 毫米,相当于同期棉花正常耗水量的 13.5%,但在我所武功头道塬的轮作试验中,籽棉亩产仍达 355 斤,属正常水平。60 年代前期,武功头道塬张家岗生产队旱地棉花产量,在遇到不同程度伏旱情况下,皮棉亩产稳定在百斤上下。为了鉴定土壤深层储水对棉花的供水作用和产量效应,进行了下述底墒效应试验。

一、试验方法

试验采取大型土柱法。土柱的制备和《土壤深层储水对小麦的产量效应研究》一文所述相同。不同点是土柱深度较浅,只有 220 厘米。试验处理分为四种,见表 1。

表 1 试验处理

处理代号	试验水分条件		代表田间类型	底墒实际湿润深度(厘米)
	底 墒	生育期供水		
A	有	无	裸地,研究底墒运行	190
B	有	无	降水湿润至深层,生育期严重干旱	200
C	无	有降水*	深层储水未恢复,生育期降水正常。	110
D	无	无	深层储水未恢复,生育期严重干旱	100

* c 处理全生育期人工喷水 290 毫米,每旬按平均旬降水量喷水一次。

植棉试验土柱播前形成的土壤湿度剖面见图 1。

种植方法按大田栽培标准。每柱种棉五株,每平方米施厩肥 15 市斤,不施追肥。

试验土柱装置在本所干旱室内。生长期中小气候和田间相比,月平均气温高出 2.3—4.8℃,月平均相对湿度低 3—6%,水面蒸发量少约三分之一。

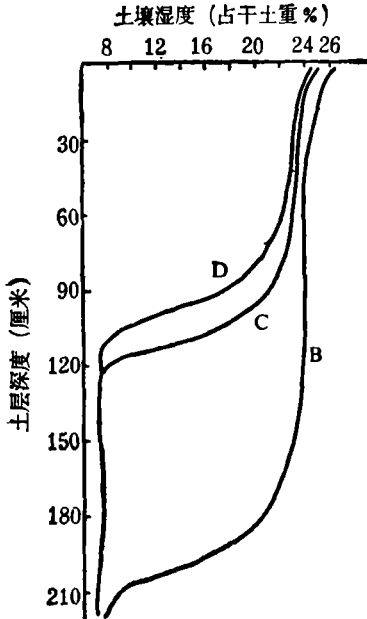


图 1 各处理播前土壤湿度剖面

大田观测情况,我们估计,依靠播前或生长前期恢复补充的土壤储水,尽管生育过程会感到水分不足,但能够获得一定产量,甚至还可争取较好收成。处理 B 证实了这一点。甚至处理 D 也收到少量皮花。这就使我们对棉花的抗旱性有了进一步的认识。

二、结果和讨论

(一) 土壤水分储量和棉花产量

本区大田棉花亩产皮棉百斤上下,耗水量为 440—520 毫米,平均为 466 毫米。本试验中各处理为棉株准备的水分条件列于表 2。B 处理播前为棉花准备了 381.8 毫米储水,占耗水量 82%,其中 1 米以下土壤储存 172.7 毫米。D 处理为 168.3 毫米,相当耗水量的 36%,一米以下土层无有效储水。C 处理储水和 D 处理相似,但生长期内供水 290 毫米,可供棉花利用的水量共 485.1 毫米。

可以看出,本试验中,在棉花生长期内给予了最严重的干旱考验。让棉株仅仅依靠播前储水,看其能否完成生育过程,其产量又受到怎样的影响。根据多年

大田观测情况,我们估计,依靠播前或生长前期恢复补充的土壤储水,尽管生育过程会感到水分不足,但能够获得一定产量,甚至还可争取较好收成。处理 B 证实了这一点。甚至处理 D 也收到少量皮花。这就使我们对棉花的抗旱性有了进一步的认识。

表 2 棉株水分条件

处 理	播前土壤有效水储量(毫米)			生育期供水量 (毫米)	可供棉花利用的水量 (毫米)
	土层深度 0—1 米	土层深度 1—2 米	合 计		
B	209.1	172.7	381.8	0	381.8
C	184.1	11.0	195.1	290	485.1
D	168.3	0.0	168.3	0	168.3

可惜,试验中缺少一个适宜湿度的处理,致使底墒对产量影响程度问题,不能取得明确的概念。只能从绝对产量和三种处理的对比中来认识底墒的作用。

三种处理的棉花产量及其经济性状列于表 3。

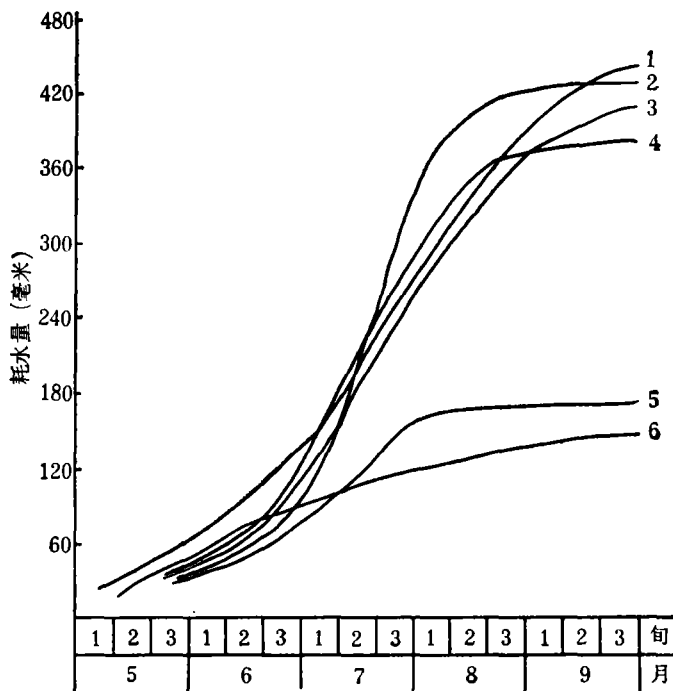
从产量结果看,底墒的有无和产量水平密切相关。例如处理 B 和 D 相比,产量比值为 1:0.38;甚至生育期供水 290 毫米,仍未克服底墒欠缺的影响,如处理 B 和 C 相比,产量比值为 1:0.87。这一产量水平以及和 D、C 处理的对比,说明了底墒的增产效应。由经济性状看, B、C 处理的果枝数和铃数接近试验用品种的正常生物学特性,说明前期生长水分条件可以满足棉株需要。而铃重减小,特别是子指(即种子百粒重)降低甚多,表明后期水分供应严重不足。

表 3 棉花的产量及经济性状

处 理	皮棉产量		果 枝 数	每 株 铃 数	铃重(克)		衣 分	子 指
	克/米 ²	克/株			大 铃	小 铃		
B	64.2	12.7	9.6	9.8	4.7	2.8	35.0	8.6
C	56.1	11.2	11.4	11.0	4.0	1.0	35.1	7.8
D	25.1	5.0	8.5	5.1	3.3	1.1	36.3	6.8
品种特性			10.0	10.0	5.1—6.0		33—34	11—12

(二) 棉花耗水量和耗水过程(包括蒸发和蒸腾)

本试验各处理的实测棉花耗水量几乎等于有效水供给总量。即 B 处理 384 毫米；C 处理 431 毫米；D 处理 169.2 毫米，分别为大田耗水量的 82%、92% 和 36%，显然供水总量是不足的。为找出棉株发生水分缺乏的时段，图 2 把各处理耗水量累积曲线和水、旱地百斤棉田耗水量累积曲线进行了比较。曲线表明，处理 B、C 处理的耗水过程，在 8 月初以前是正常的。



注：1—武功旱塬棉田； 2—处理 C； 3—泾惠渠灌区棉田；
4—处理 B； 5—处理 D； 6—处理 A (裸地)

图 2 棉花耗水量进程曲线

由 8 月开始，也即在花铃期，累积耗水曲线停止上升，表明水分供应受到限制。花铃脱落调查表明，7 月 28—30 日以后所开之花，全部脱落。处理 D 的耗水量累积曲线，异于

正常形式,类似物理蒸发土柱A的形式。累积耗水量曲线于7月下旬停止上升,说明供水严重不足,这正和7月22日以后所开之花全部脱落的生长表现相符。整个开花过程是棉株耗水量最大的时期, B、C处理均有明显消耗高峰,耗水强度达到7—10.4毫米/天;而D处理没有,此期耗水强度只有2.6毫米/天。可见,有底墒的B处理的供水情况显然优于D处理。

(三) 土壤供水过程

为了解棉花利用土壤水分的深度、强度和进程,试验设置了物理蒸发对比处理A。A处理表明,物理蒸发失水及其对土层变干的影响是有限的。经试验159天全过程,物理蒸发总量为104.4毫米。蒸发强度在试验后期降低到0.3毫米/天。全剖面2.2米平均土壤湿度终期仍高达18%。由物理蒸发处理A对比得知,植棉土柱在6月21日现蕾之前,水分大部分消耗于物理蒸发。一直到见花(7月15日),水分主要消耗层在120厘米以上。进入花期之后,底墒开始发生显著作用。表4指出,花期中B处理保持了168毫米的较高耗水量,其中深层供水占69%。而D处理同期耗水量降低到62.9毫米,吸尽了上层有效储水,而且继续吸收低于稳定萎蔫湿度的更高吸力水分。C处理此期播前有效储水也全部

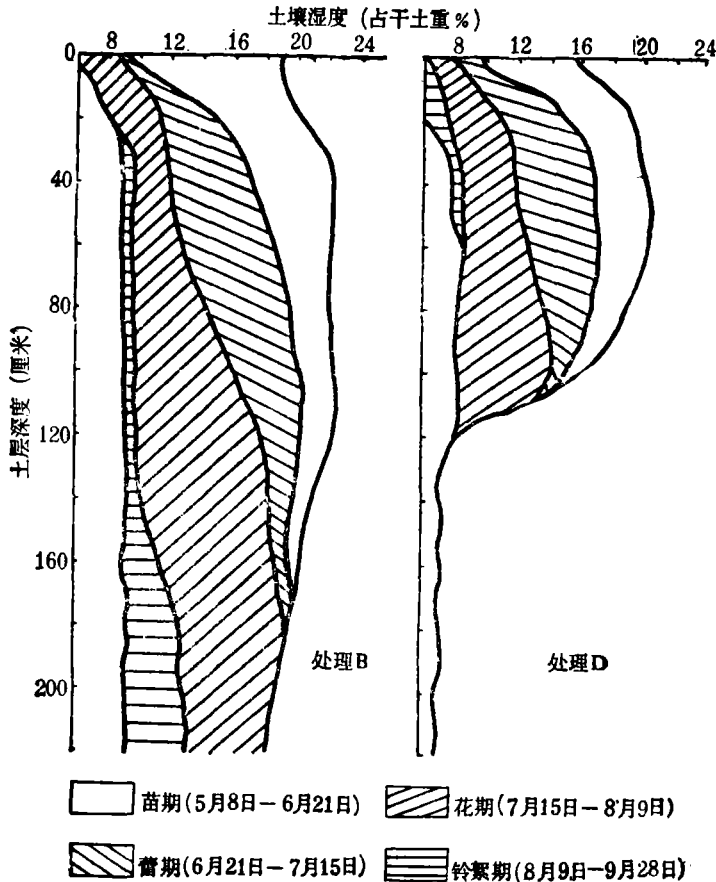


图3 棉花各生育期的主要供水层

表 4 棉株各生育期上、下土层供水量(毫米)及比例

处 理 生育期 土层(米)		B		C		D	
		供水量	占%	供水量	占%	供水量	占%
苗 蕾 期 4月23日 7月15日	0—1	155.6	91	191.5	100	126.4	100
	1—2.2	15.1	9	+42.3	0	+19.0	0
	合 计	170.7	100	149.2	100	107.4	100
花 期 7月15日 8月9日	0—1	52.7	31	218.9	88	54.6	87
	1—2.2	115.3	69	30.3	12	8.3	13
	合 计	168.0	100	249.2	100	62.9	100
吐 絮 期 8月9日 9月28日	0—1	5.4	12	37.6	100	7.6	100
	1—2.2	39.9	88	+5.0	0	+8.7	0
	合 计	45.3	100	32.6	100	+1.1	100

注 1. 处理 C 中人工降水共 290 毫米, 全部分期计入 0—1 米土层供水量中。

2. 数值前有“+”者, 系下层内增高的储水量。因处理 C、D 的土柱上湿下干, 不断有水分向下浸润所致。

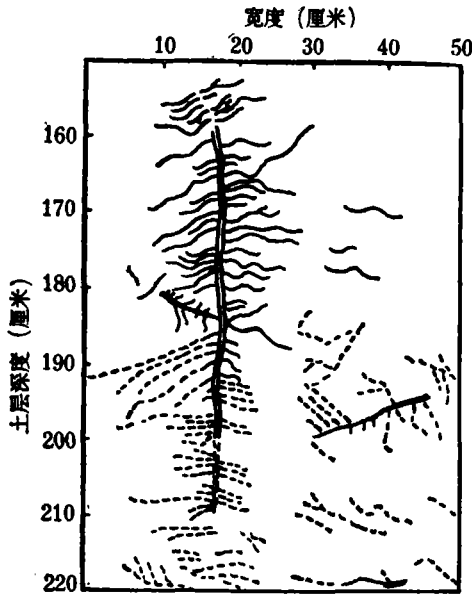
耗尽, 由于补充了 181 毫米人工降水, 耗水量达到 249 毫米。

花期之后, B 处理下余有效储水多在 150 厘米以下土层内, 故吐絮期耗水 45.3 毫米, 深层供水占 88%; C 处理此期耗水 32.6 毫米, 全部来自人工降水; D 处理耗水量近于零。在生长后期, 供水部位愈转向深层的过程见图 3。

(四) 棉花根系生长动态及利用底墒的能力

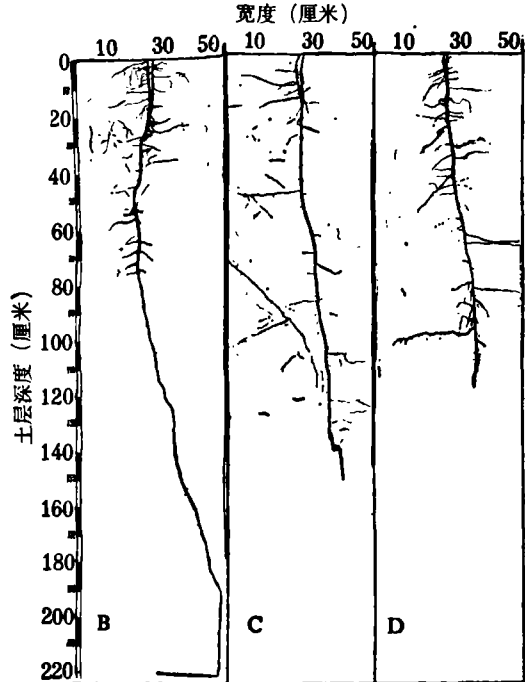
采用根系玻壁观察和分期绘图的方法所获得的棉株根系生长动态资料表明, 盛蕾期根深为 130 厘米。此后, 无底墒的 C、D 处理, 根系停止下伸, 只在 75—115 厘米土层内继续生出少量侧根。有底墒的 B 处理则在整个花期内, 根系仍继续下伸和分枝。7月 16—23 日花期, 根系以每天 5 厘米的速度向下伸长。7月 23—31 日盛花期内, 在 180—220 厘米土层内, 又生出大量侧根(图 4)。侧根间距均在 1 厘米上下。此种分布密度使根系有可能吸尽根层内全部有效水分。图 3 清楚表明, 在 220 厘米全层内, 生长期终都降低到萎蔫湿度。为弥补玻壁上观察根系的不完全, 收获后又用喷雾器冲洗根系, 绘成图 5。其中 B 处理绘至 70 厘米深度处, 土柱倒塌, 侧根全部折断。由图 4 和 5 可见, 无底墒的 C、D 处理, 根系分布深度等于水分的浸润深度, 末端终止在土壤湿度为 10% 的层次。和小麦一样, 萎蔫湿度可视为根系生长的最低湿度。由于棉花具有深层根系, 所以利用底墒的能力很高。在本试验的条件下, 表现得尤为充分。在不同水文年份中, 大田棉花对 100—150—200 厘米土层的有效水田间利用系数为 0.16—0.81, 在处理 B 中, 达到 0.98—1.00。即是说, 有效水可全部吸尽。这样高的利用系数是值得重视的。

值得指出的是, 棉株的受旱程度和产量水平固然依赖深层储水的有无或多少, 但深层储水发生效应的条件是根系的下伸。观察表明, 在耗水高峰期的始花阶段, B 柱棉株出现萎蔫表现时, 1.1—2.2 米下部土层的湿度尚高达 18—19%。充足的底墒在此期不能保证棉株的耗水需要, 原因是这时的根系最大分布深度只有 140 厘米。联系到盛花期棉株不断在较湿深层生长新侧根的情况, 可以认为, 在植物吸收水分关系上, 在地下水位很深的



注：—— 为7月16日到23日生长之根系，
 --- 为7月23日到31日生长之根系

图4 棉株根系生长进程、深度和密度(处理B)



注：处理B——有底墒，
 处理C、D——无底墒

图5 不同底墒条件下冲洗的棉株根系

黄土高原地区“根找水”是主要的。有利于根系下伸的土壤环境是深层储水发挥效应的必要条件。黄土性土壤正具备这种条件。

关于根系吸水以及和棉花产量的关系，Carson 指出(1974)：棉花根系每单位长度吸取水量在150厘米深度处并不减少。深层和浅层根系每单位长度吸取水量是同样的。产量是根分布深度和根层内有效水储量的函数。顺便指出，通常采用的根系剖面重量分布表示法不能反映根系在不同深度土层的吸水能力。例如B处理，尽管1米以上土层根重占总根重78%，下层只占22%。但有效水田间利用系数都达近于1。特别在花期以后，占有较少根重的下层却成为主要供水来源。原因在于表层较粗的老化的主、支根扩大了上层根重的比值。而下层细而密布的根系，冲洗时极易丢失。相比之下，根系剖面形态分布图则和各层水分利用效率较符合。

三、结 论

1. 在播种前把水分储存在220厘米土层中，整个生育期没有任何水分补给，可收到中等以上产量。若无深层储水，产量将大幅度下降。由此可推想，在晚春和初伏多雨，在湿透了作物根系分布层情况下，发生夏旱或伏秋连旱时，棉花仍有获得较高产量的供水条件。在灌区，生长期中各种作物有争水矛盾，可实行棉田播前储水灌溉来调节用水紧张程度。

2. 棉花具有深层发达的根系，利用底墒能力很强。这是旱地棉花可获得稳产、高产的重要特性。为获得发达根系，要特别注重壮苗的培育。