

花铃期缺水对棉花生长发育 及生理特性的影响*

赵都利 许玉璋 许 萱 王振镒

(农学系)

(基础课部)

摘 要

花铃期土壤相对含水量在60%以下时,棉花主茎平均日生长量和果节出现速率比不缺水的对照降低30%以上;土壤水分低于40%时,生长基本停止。随土壤缺水程度加剧,棉叶的光合速率(Pr)、水势(Ψ_1)和蒸腾强度(Tr)呈直线下降,气孔阻力(r_s)呈指数曲线型增加。此期土壤水分适宜时,棉株的Pr为 $22.0 \text{ mg 干重}^{-1} \text{ dm}^2 \cdot \text{h}$, Ψ_1 在 -15 巴以上,Tr约 $9.4 \mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$, r_s 约 $2.3 \text{ s}/\text{cm}$;严重缺水时,Pr、 Ψ_1 和Tr均降低50~53%, r_s 增加约54%。

关键词: 棉花;花铃期;土壤水分;生长发育;生理特性

有关棉花需水规律,土壤水分与棉花生长发育和生理特性的关系以及灌水措施等,前人已做了大量工作^[1-3],而且普遍认为,棉花在花铃期需水量最大,此期缺水对棉花生长和产量的影响也最为明显。但是,关于此期缺水的早晚、轻重和长短对棉株生理代谢过程、棉铃发育及纤维品质影响的报道甚少。因此,进一步深入系统地研究这些问题,对合理灌溉、经济用水、提高棉花产量和品质具有重要的理论和实际意义。

1 材料与方法

1986~1987年在西北农业大学农作一站进行了大田和盆栽试验。两年供试品种分别为中早熟的抗病142和秦棉1号。开花前根据生长情况均按同一措施管理,开花后按计划进行不同缺水处理。

1.1 大田试验

地膜覆盖栽培,4月12~13日播种,7月15日左右开花,9月3~13日吐絮。1986年棉花花铃期少雨(7月10日~9月6日降雨仅31.1mm),土壤比较干旱,试验分为花铃

* 本文于1988年1月3日收到。

本课题为许萱教授主持的国家自然科学基金资助项目。

期一直不灌水(全旱),初花期(7月27日)灌一次水(中旱),盛花期(8月19日)灌一次水(前旱)和初、盛花期灌两次水(CK)四个处理。1987年花铃前期降雨及时,初花期水分处理未能进行,但进入盛花期(8月5日)后一直无雨,高温干旱。试验分为一直未灌水的全旱,花铃后期(8月24日)灌一次水的后旱,花铃后期和吐絮前(9月8日)灌两次水的CK三个处理。

田间随机区组设计,重复三次,小区面积 $9 \times 5.5\text{m}^2$,8行区,宽窄行种植,宽行0.87m,窄行0.47m,密度4500株/亩。

1.2 盆栽试验

供试土壤由大田表土与腐熟厩肥1:1混合而成,含有机质3.16%、碱解 $\text{N}20.45\text{mg}/100\text{g}$ 土、速效 $\text{P}185.36\text{ppm}$ 、速效 $\text{K}330.0\text{ppm}$,最大持水量41.6%。白瓷盆内径30.5cm,高56.0cm,两年每盆装干土分别为37.2和31.3kg。装盆时中部插一直径为1.5cm的硬塑料管,作为加水之用。4月14~15日播种,三叶期每盆留苗一株,苗期每5天加一次水,用称重法补水至土壤湿度为最大持水量的60%;蕾期每3天加一次水,使土壤湿度为最大持水量的70%;开花后将盆子分为四组,每组9盆,进行下列土壤水分处理(表1);花铃期每两天,吐絮后每三天称盆灌水一次。每次水量的一半从塑料管加入,一半从上部加入,并记载加水量。整个试验用塑料大棚防止降雨干扰。

表1 1986、1987年盆栽试验土壤水分处理

处 理	各阶段土壤水分状况			
	开花——盛花		盛花——吐絮	
	(7月5日)	(7月28日)	(7月29日)	(9月5日)
CK	适 宜		适 宜	吐 絮 后 (9月6日~9月28日)
全 旱	干 旱		干 旱	干 旱
前 旱	干 旱		适 宜	适 宜
中 旱	适 宜		干 旱	适 宜

注:适宜——每次加水至土壤最大持水量的80%;

干旱——1986年每次加水至土壤最大持水量的60%,1987年为40%。

从处理之日起,定期测定株高、果枝数、果节数、叶面积和成铃率等。与此同时,1987年还在灌水前一天用LI-1600型稳态气孔计和压力室测定了盆栽棉株同一叶片的叶温、气孔阻力、蒸腾强度和叶水势^[4],用改良半叶法测定了叶片光合强度,供测叶片均为主茎倒四叶。

2 结果与讨论

2.1 缺水对棉株生长发育动态的影响

①营养生长和生殖生长:表2的结果表明,花铃期土壤相对含水量低于60%时,棉株生长减慢;当土壤相对含水量降至40%以下时,生长基本停止。如1986年7月22日~

9月5日之间,受旱棉株的主茎平均日生长量为0.50cm左右,果节出现速率为0.38个/日,均比对照降低30%以上。1987年初花期经14天(7月15日~28日)土壤缺水处理后,受旱棉株中午叶片已出现萎蔫,下部叶变黄,植株明显较矮,株高、果枝数、果节数、铃数、叶片数和叶面积分别比对照降低36.7%、19.3%、40.1%、7.1%、50.1%、和45.1%,单株脱落数比CK增加3.6个。可以看出,初花期是棉株营养生长旺盛时期,缺水对棉株叶片数、叶面积和果节数的影响最大。在此期间,CK棉株的主茎平均日生长量为1.79cm,受旱棉株仅为CK的1/5左右。7月28日~9月5日之间,土壤湿度一直保持最大持水量40%以下的全旱和中旱处理,棉株营养生长基本停止;此期复水的前旱处理又开始恢复生长。

表2 不同水分处理棉株的生长发育动态 (盆栽)

处 理	测定日期 (月.日)	株高 (cm)	果枝数	果节数	铃数	脱落率 (%)	叶片数 (片/株)	叶面积 (dm ² /株)
1986年 CK	7.22	63.3	12.3	36.9	5.3	8.1		
	9.5	100.5	16.8	61.7	20.8	65.6		
全旱	7.22	62.0	11.3	28.5	2.0	5.2		
	9.5	85.5	13.3	43.3	16.3	65.0		
前旱	7.22	63.1	12.5	30.6	3.8	1.6		
	9.5	99.6	16.5	67.7	21.6	67.7		
中旱	7.22	67.3	11.5	28.9	2.3	4.5		
	9.5	89.0	13.5	48.8	18.3	60.5		
1987年 CK	7.15	55.2	9.3	24.0	0.4	0.8	22.6	22.63
	7.28	80.1	14.0	43.1	3.5	0.7	42.7	39.33
	9.5	86.7	15.3	45.3	17.0	60.4	58.5	44.87
全旱	7.15	53.2	9.8	22.2	0.8	1.4	21.8	21.91
	7.28	58.7	11.3	25.8	7.9	14.3	24.3	21.60
	9.5	59.1	11.8	24.9	6.3	67.5	21.8	20.58
前旱	7.15	55.8	9.8	22.7	0.7	2.6	22.2	21.30
	7.28	53.5	11.2	24.8	7.5	16.9	26.1	22.17
	9.5	68.0	12.0	28.1	11.1	59.4	46.3	40.32
中旱	7.15	53.9	9.8	22.3	0.7	0.4	22.4	21.67
	7.28	80.0	13.8	43.1	9.1	1.4	49.2	33.84
	9.5	81.8	14.0	41.6	5.0	81.6	44.7	35.26

从表2中9月5日的调查结果进一步计算不同时期缺水对棉株各性状的影响程度,表明开花后不同时期干旱对棉株各性状均有影响。1986年三种缺水处理对各测定性状的影响次序为全旱>中旱>前旱;1987年对株高、果枝数、果节数影响的次序是全旱>前旱

>中旱,对叶片数和叶面积影响是全旱>中旱>前旱,对单株结铃数的影响则是中旱最大、全旱次之、前旱最小。需要指出的是,1986年初花期缺水的前旱处理,虽株高和果枝数略低于CK,但果节数和铃数较高,表明了初花期适当控制灌水,保证盛花期水分供应,既能节约用水,又有利于多成铃。但初花期土壤水分过低(相对含水量<40%)时也会降低单株成铃数。盛花期严重干旱会使有效铃数显著减少,引起减产。因此,要使棉花正常生长发育,并达到多结铃、结大铃的目的,必须保证花铃期有适宜的土壤水分,特别是进入盛花期后的土壤水分更为重要。

②铃期:大田和盆栽试验的调查结果均表明,花铃期缺水会使棉花的吐絮期提早,开花一吐絮的天数(铃期)变短。大田受旱棉株的吐絮期比CK提早2~5天;盆栽条件下,全旱、前旱和中旱棉株的铃期,1986年分别比CK短3,1,3天,1987年分别比对照短6,1,2天。因此,整个花铃期缺水会使吐絮期提早3~6天,初花期缺水对铃期影响较小,进入盛花期后缺水,对铃期影响较大。

2.2 缺水对棉株生理代谢特性的影响

①光合强度:棉株花铃期光合作用与土壤水分有密切关系(表3)。当土壤水分适宜时,光合强度始终保持较高水平($20\sim 23\text{mg干重}/\text{dm}^2\cdot\text{h}$);缺水会使光合强度显著降低($P<0.05$)。初花期或(和)盛花期(8月7日以前)缺水的棉株,光合强度仅为CK的46.7~57.1%,与 Marani A 等^[5]的结果基本一致;盛花期以后继续缺水时,光合强度下降幅度更大,仅为CK的26.8~33.0%;初花期缺水、盛花期复水的前旱处

表3 不同水分处理棉株叶片的光合强度 (mg/dm²·h)

处 理	7月22日		8月7日		8月24日	
	光合强度	占对照(%)	光合强度	占对照(%)	光合强度	占对照(%)
CK	22.966	100	22.966	100	20.050	100
全 旱	11.483*	50.0	13.124*	57.1	6.613*	33.0
前 旱	10.936*	46.7	14.764	64.3	16.173	80.7
中 旱	22.146	96.4	12.577*	54.8	5.371**	26.8

注:1)盆栽试验结果;

2)每次测定均在中午10—14时,晴天。

理,复水后光合强度也逐渐恢复,但最终还是低于对照;盛花期开始缺水的中旱处理,棉株受旱后光合强度下降幅度最大。缺水可能引起原生质和叶绿体状态改变,叶绿体希尔反应活力下降^[6],气孔阻力增大,CO₂传力降低,从而抑制了光合作用的正常进行。缺水不仅降低了光合强度,而且增加了棉株体内ABA含量^[7],使脱落率增加,有效铃数减少。由此可见,保证花铃期有适宜的土壤水分,对提高光合强度,满足生长发育、开花结铃对同化产物的要求,减少脱落,增加有效铃数具有重要作用。

②叶片水势:将测定叶片水势的结果(表4)与表1中的土壤水分状况进行对比分析表明,叶水势与土壤水分呈显著的正相关($r=0.923^{**}$)。初花期干旱、盛花期复水的前旱处理,至8月7日叶水势已基本恢复到CK水平;7月28日开始缺水的中旱处理,8月7日

和24日两次水势测定值最低，表明盛花期土壤干旱对棉株体内水分状况的影响也最大。

表4 不同水分处理棉株叶片水势的变化 (盆栽, 单位: 巴)

处理	7月22日 11:30~12:00		8月7日 11:00~11:30		8月24日 11:00~11:30	
	水 势	降低%	水 势	降低%	水 势	降低%
CK	-14.9	—	-16.8	—	-15.7	—
全旱	-24.9**	67.1	-22.2**	32.1	-24.8**	58.0
前旱	-23.6**	58.4	-16.4	-2.3	-17.4	10.8
中旱	-15.6	4.7	-30.2**	79.8	-27.3**	73.9

进一步把棉株叶水势 (X) 与光合强度 (Y) 进行回归分析, 得到在试验条件下光合强度随叶水势的降低呈直线下降, 其回归方程为 $y = 1.391x + 43.882$ ($n = 12$, $r = 0.820^{**}$)。说明土壤水分严重亏缺, 引起了棉株体内水分状况发生改变, 从而抑制了光合作用及其它生理代谢活动的正常进行。根据不同水分处理棉株的长势长相和叶水势, 可以认为, 花铃期棉株中午叶水势在 -15 巴以上时, 土壤水分较为适宜, 生长发育比较正常; 若叶水势低于此水平, 表示棉株已有缺水象征, 应考虑灌溉。当中午叶水势降至 -22 巴以下时, 生长会受到严重影响, 主茎和果枝生长趋于停止, 脱落明显增加。

③气孔阻力、蒸腾强度和叶温: 从图1可以看出, CK棉株在初花期气孔阻力最小, 蒸腾强度最大, 随后气孔阻力逐渐增大, 蒸腾强度逐渐降低。初花期棉株缺水时, 气孔阻力增大, 蒸腾强度显著降低, 叶温上升。但前旱处理复水后, 到8月7日气孔阻力和蒸腾已恢复至CK水平, 到8月24日气孔阻力反而比CK低, 蒸腾强度比CK高, 盛花期缺水的中旱处理对土壤水分特别敏感, 因而受干旱的影响也最大。受旱棉株气孔阻力增大, 蒸腾强度降低, 叶温升高的主要原因是气孔的开张度减小或关闭^[18], 从而导致光合强度明显降低。

在干旱处理由土壤水分适宜向干旱的过渡期间 (7月28日~8月2日), 每天中午11时测定了土壤水分、叶片气孔阻力和蒸腾强度的变化 (图2)。发现花铃期土壤水分与蒸腾强度呈显著的直线回归关系, 方程为: $Y = 0.140x - 0.353$, $r = 0.855^*$, 与气孔阻力呈极显著的指数曲线关系 $Y = 1.50 + 240.877e^{-0.106}$, $r = 0.837^{**}$ 。从图2中可以清楚看出, 当土壤相对含水量在 $60 \sim 80\%$ 时, 随土壤水分降低, 气孔阻力变化很小, 当土壤水分在 50% 以下时, 随土壤湿度减小, 气孔阻力迅速增大。因此可以认为, 花铃期 50% 的土壤相对含水量是棉株某些生理代谢过程受严重影响的临界土壤水分值。

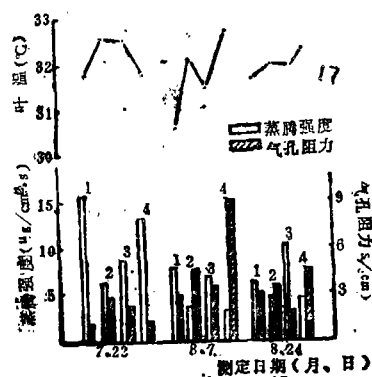


图1 不同水分处理棉株叶片蒸腾强度、气孔阻力和叶温变化 (盆栽)

1—CK; 2—全旱; 3—前旱; 4—中旱

3 结 论

3.1 花铃期缺水会使棉株生长减慢,株高降低,果枝数、果节数、铃数、叶片数减少,叶面积变小,铃期变短,脱落数增加,且对叶面积和果节数的影响最大。当土壤相对含水量低于40%时,棉株生长基本停止。

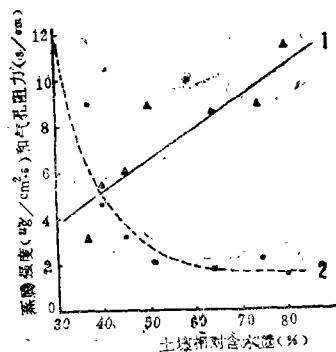


图2 花铃期土壤水分与蒸腾强度和气孔阻力的关系 (盆栽)

1—蒸腾强度; 2—气孔阻力

3.2 花铃期土壤水分与棉株的光合作用、叶片势、气孔阻力、蒸腾强度和叶温等有密切相关性,随土壤缺水程度加剧,光合强度、叶片水势和蒸腾强度呈直线下降,气孔阻力呈指数曲线型增加。在试验条件下,大于-15巴的中午叶水势是花铃期土壤水分比较适宜、棉株生长正常的体内水分指标,当土壤相对含水量在60%左右,叶水势<-15巴时,应考虑灌溉;当土壤水分低于40%,中午叶水势降至-22巴以下时,生长趋于停止,各生理代谢过程会受到严重影响。

3.3 整个花铃期缺水对棉花的生长发育和生理代谢均有影响。但初花期轻度缺水对棉株影响不大,此期严重缺水时对棉株营养生长影响较大;进入盛花期后缺水对生理代谢过程和有效结铃数的影响最大。

综上所述,重视棉花花铃期土壤水分管理,特别在盛花期保持田间有适宜的土壤含水量,才能保证棉花的正常发育和生理代谢活动。

参 考 文 献

- 1 中国农业科学院棉花研究所主编. 中国棉花栽培学. 上海科技出版社, 1983; 164—175, 487—499
- 2 Guinn G et al. *Agronomy Journal*, 1981; 73(3): 529—533
- 3 Jordan W R. Cotton. in Teare I D et al, Ed. *Crop-water Relation*, John Wiley and Sons, 1983; 215—248
- 4 西北农业大学植物生理生化教研组编. 植物生理学实验指导. 陕西科学技术出版社, 1986; 7—22
- 5 Marani A et al. *Crop Science*, 1985; 25(5): 798—802
- 6 Fry K E. *Crop Science*, 1972; 12(5): 698—701
- 7 Radin J W et al. *Plant Physiology*, 1981; 67(1): 115—119
- 8 McMichael B L et al. *Field Crops Research*, 1982; 5(4): 319—333

THE EFFECTS OF WATER DEFICIT ON THE DEVELOPMENT AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERS OF COTTON DURING FLOWERING AND BOLL SETTING

Zhao Duli Xu Yuzhang Xu Xuan Wang Zhenyi
(Department of Agronomy)

Abstract

It was observed that the rates of main stem growth and fruiting site formation decreased by over 30% when soil relative water content (SRWC) was lower than 60% as against control plants, growth virtually ceased when SRWC fell below 40%. There were linear decreases in the photosynthetic rate (P_r), water potential (ψ_1) and transpiration rate (T_r) of cotton leaves and exponential curve increases in stomatal resistance (r_s) as soil moisture deficit increased. when soil moisture was suitable during this period, the average P_r was 22.0 mg DW/dm². h⁻¹, ψ_1 above -15 bar, T_r about 9.4 μ g/cm².s, r_s about 2.3 S/cm, P_r , ψ_1 and T_r all decreased by 50—53% and r_s increased by about 54% under severe water deficit.

Key Words: cotton; soil water during flowering and boll setting; growth and development; physiological characters