

耕层土壤积温与棉花生育关系研究初报*

陈奇恩 南殿杰
(山西省农业科学院棉花研究所)

PRELIMINARY REPORT ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE ACCUMULATED TEMPERATURE IN PLOWED LAYER OF SOIL AND COTTON GROWING STATUS

Chen Qien and Nan Dianjie
(Institute of Cotton, Shanxi Academy of Agricultural Science)

棉花的生长发育与其它作物一样,需要一个适宜的热量环境。这个环境状况影响或决定了棉株生理机能的活动和棉花的产量以及品质。

对于热量的研究,以往多注意地上的空气温度,而较少重视土壤热量变化对作物产生的影响。实践证明作物根系的生命活动、生理生化过程、摄取水分和养分的速率^[6]都与土壤温度有关。早在1905年, Hedrick 就提供了有关土壤温度与作物生长关系的可靠知识^[3]。Adams (1962)^[4]和板木利隆等¹⁾也先后从土壤温度对高粱和果蔬的生长发育进行的研究表明,土壤温度不仅对根系有明显的影响,而且对作物整个生育进程影响很大^{[4],1)}。

棉花是喜温作物。土壤温度对整个生育进程有着决定性的影响^[1,2]。因此,我们提出“耕层土壤积温”的概念,简称“地积温”,予以讨论。

作物生长发育与热量的关系,一般都以“积温”学说予以阐述。这一概念,是以其它环境因子保持相对适宜为前提,而以热量因子起主导作用时的假说,通常把积温又分为总积温、正积温、活动积温和有效积温数种。这里我们又把积温分为空气积温和土壤积温,即“气积温”和“地积温”。

在自然条件下,地温依赖于气温的变化而变化。如山西运城,地温(Y)随着气温(X)的变化关系为 $Y = 1.73 + 1.00074X (n = 26, P < 0.01)$ 。据此说明了它们之间的关系,并且地温始终高于气温。但是,在耕作土壤上,人为因素越来越明显地影响土壤温度的变化,上述关系式就难以比较准确地阐明热量与作物生育进程的关系。例如塑料薄膜覆盖地面,可提高土壤温度2—4℃(播种至蕾期),使棉株生育进程加快10—20天,这个现象只用气积温的概念,是不容易解释的,而用地积温的概念,就比较清楚。

* 参加此项工作的还有范志杰、尹戒三、翁惠玉、马良吉、王清汉等同志。

1) 板木利隆(日本神奈川县园艺试验场): 地温对果菜生长发育的影响。由张步洲、张福壤摘译自“施設园艺の环境与土壤”,刊载于《天津农业科学》,1980年,2期,44—48页。

一、地积温对气积温的补偿效应

表 1 资料表明, 露地棉花, 1979 年, 播种后 10 天出苗, 而塑膜覆盖增温的棉花, 5 天即能出苗。这是因为 5 天时覆盖的有效地积温 (12°C 以上) 已达 56°C , 而露地的仅 36.6°C , 这个 19.4°C 有效地积温 ($56.0-36.6^{\circ}\text{C}$), 补偿了露地棉花 5—10 天所需 36.5°C 的有效气积温 ($57.9^{\circ}\text{C}-21.4^{\circ}\text{C}$)。这就是说, 覆盖后, 56°C 的有效地积温, 起到了露地栽培 57.9°C 有效气积温的作用。

表 1 地、气积温与棉花生育的关系* (10 厘米地温, $^{\circ}\text{C}$)

项 目		1979 年			1980 年			1981 年		
		播 种 出 苗	出 苗 三 叶	三 叶 现 蕾	播 种 出 苗	出 苗 三 叶	三 叶 现 蕾	播 种 出 苗	出 苗 三 叶	三 叶 现 蕾
覆盖土壤 增温处理	12 $^{\circ}\text{C}$ 以上地积温	56.0	347.3	216.5	47.5	276.8	237.7	50.3	286.1	323.9
	12 $^{\circ}\text{C}$ 以上气积温	21.4	182	170.8	29.8	150.3	169.5	27.4	156.2	212.2
	生 育 天 数	5	33	14	6	28	15	7	21	19
露地土壤 不增温处 理	12 $^{\circ}\text{C}$ 以上地积温	76.9	417.9	338.9	57.7	287.4	213.3	72.2	219.2	314.6
	12 $^{\circ}\text{C}$ 以上气积温	57.9	271.4	296	34.5	233.1	203.5	47.3	173.7	270.6
	与覆盖同期12 $^{\circ}\text{C}$ 以上地积温	36.6	290	205.7	33.6	210.4	196.1	41	198.9	257
	生 育 天 数	10	38	20	12	30	17	11	22	21
覆盖	地温/气温比值	1.42	1.29	1.13	1.17	1.26	1.20	1.21	1.32	1.25
露地	地温/气温比值	1.11	1.20	1.08	1.13	1.09	1.02	1.14	1.10	1.08
	覆盖地温增值	3.9	1.7	0.8	2.3	2.4	2.8	1.3	4.2	3.5

* 1979 年播种至三叶期为 5 厘米地温。1980 年和 1981 年, 播种至出苗, 5 厘米地温。覆盖比露地分别增加 3.22°C 和 3.18°C 。地温与气温比值分别为 1.28 和 1.24。

棉花出苗以后的生育进程, 仍然因地积温的增加而使生育进程加快。据 1980 年资料, 由于塑膜覆盖 10 厘米土壤的有效地积温, 从出苗至现蕾比露地增加了 108°C , 因此生育阶段只用了 43 天, 比露地提早了 4 天。

地积温对气积温的补偿效应大小, 在一定的气温范围内, 主要决定于地温与气温的比值和土壤增温值等。在一般情况下, 其数值越大, 补偿效应越好。如从播种至出苗看, 1979 年, 地温/气温比值为 1.42, 地温增值为 3.9°C , 出苗仅需 5 天; 1980 年和 1981 年, 地温/气温比值分别降为 1.28 和 1.24 (5 厘米地温), 地温增值也分别降为 3.22°C 和 3.18°C , 所以, 播种至出苗所需天数比 1979 年多了 1 天和 2 天。

地积温的增加, 表明日均温度强度增大, 这样, 使棉株通过某生育阶段所需总热量也相应减少。从三年平均看 (1979—1981), 播种至现蕾, 覆盖增温总有效积温 (有效地积温 + 有效气积温) 仅为 987.2°C , 而露地的高达 1195.4°C , 比覆盖的多用了 208.2°C 。

上述资料表明, 地积温的增加, 能补偿因气积温低而造成棉花生育所需热量的欠缺。因此, 似乎可以认为, 塑膜覆盖栽培棉花的生育进程与热量的关系, 以地积温作为指标, 比气积温有可能更接近实际的热量状况。

二、地积温对根系生育的影响

我所 1976—1977 年研究表明^[4], 棉花根系在地积温 24℃ 以下时生长缓慢, 21℃ 时生长甚微, 这与 Arndt 早期的结果相一致^[5]。可以认为根系生长温度的临界期是 21℃, 适宜地温的下限为 24℃。但在棉花生长的前期(6 月上旬以前)一般地温偏低, 多在 24℃ 以下, 往往满足不了根系正常生育的要求, 通过塑膜覆盖增温, 明显促进了根系的生长。表 2 资料表明, 覆盖增温的单株根系干重均高于露地栽培。1979 年 6 月 28 日, 在水地棉田测定, 覆盖增温的根系干重为对照的 346%, 根体积为对照的 505%。1977 年测定(表 3), 不同的增温处理, 皆比不增温的根系明显增加, 其中塑膜增温值最大, 其根系比不增温处理增加高达 227.7%。

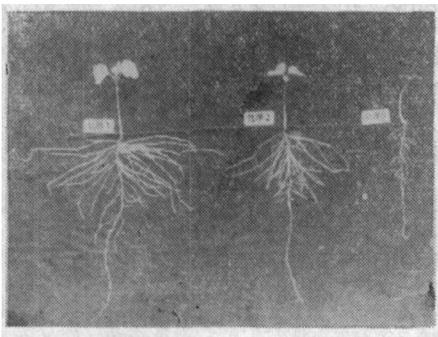
表 2 地积温对棉株根系生育影响(5—15 厘米地温 t℃, 1981 年)

处 理	4 月 21 日—5 月 29 日			5 月 30 日—6 月 23 日			6 月 24 日—7 月 6 日		
	日均地温	24℃以上积温	根干重(毫克/株)	日均地温	24℃以上积温	根干重(毫克/株)	日均地温	24℃以上积温	根干重(毫克/株)
塑膜覆盖	25.6	62.4	237.4	30.1	152.5	2550	29.2	67.6	3700
露地栽培	22.4	0	61.7	28.5	112.5	1800	27.8	49.4	3300

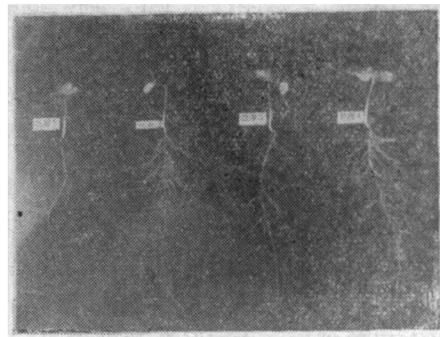
表 3 增温处理对棉花蕾期根重(毫克)的影响(1977 年 6 月 20 日调查)

处 理	0—10 厘米土层	10—20 厘米土层
露地栽培	28.2	8.6
塑膜覆盖增温	86.0	34.6
麦糠覆盖增温	42.7	11.6

关于棉花根系生长与地积温的关系, 1982 年进一步试验, 共有三个处理: 1. 全覆盖度, 棉田覆盖塑料薄膜的面积占棉田总面积 90% 左右; 2. 半覆盖度, 棉田覆盖塑料薄膜的面积占棉田总面积 50% 左右; 3. 露地, 当棉株一片真叶时进行测定, 结果表明覆盖度大, 土温则高, 因而根系分布广, 根量大(照片 1)。同年又试验, 处理方法是采用塑料袋装土, 土壤含水量为 15—17%, 袋高 35 厘米, 直径 14 厘米, 共分四个处理: 1. 塑料袋露



照片 1 不同覆盖度下根系生长情况



照片 2 土温对根系生长的影响

表 4 不同层次土壤的有效积温 ($t^{\circ}\text{C}$)

处 理	塑料袋所处位置(地上部/地下部,厘米)															
	30/5				20/15				10/25				0/35			
	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20
土层(厘米)																
有效积温*($^{\circ}\text{C}$)	173.3	146.3	125.5	115.2	201.0	181.1	162.7	130.1	209.1	197.0	198.4	177.3	215.4	212.3	220.9	212.5

* 是棉株从播种至一片真叶期间,土层温度 12°C 以上的有效积温。

地面 30 厘米; 2. 塑料袋露地面 20 厘米; 3. 塑料袋露地面 10 厘米; 4. 塑料袋全部埋入土内。由于塑料袋露出地面的高度不同,不同层次的温度不同。根据实测温度(表 4),表明不同层次棉株的侧根数量,决定于该层次的有效积温(照片 2)。

由于土壤温度环境的改善,使根系的生理功能也发生了很大的变化。1979 年 6 月 28 日测定,水地棉花,覆盖增温的,棉株根系活性面积占总根系面积的 44.5%,比露地棉株的 26.13% 增加了 70%。1977 年蕾期测定,覆盖增温的,棉株根系对 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的吸收能力提高 117.9%,根系的呼吸强度,比露地提高 19.1%。

综上所述,由于提高地积温,从而促进根系生长,提高根系活力,增强了根的吸收能力,使根系的整个生育进程加快。一般来看,覆盖增温处理的根系生长进程比不增温的快 15—20 天,因此,棉株生育阶段所需的热量,可由于提高地积温,通过加快根系发育而得到满足。这就为加速棉株生育进程,提高光能利用率提出了一条有效途径。

三、地积温对棉株生育的影响

地积温的增加,促进了根系的生长发育,也必然反映到棉株生育上来,其主要特点是:发育早、生育进程快、有效结铃期长,表现出早苗、早桃和早熟等特点。

1979—1981 年试验表明,覆盖增温处理平均 6 天即出全苗,比露地栽培 11 天早出苗 5 天,而且,覆盖增温的齐苗也快,只需 2 天左右,而不增温处理齐苗需长达 6 天以上。

从主茎生长速度来看,覆盖增温处理,在蕾期以前表现最快。如 1981 年 5 月 14 日,增温处理棉株高为 4.8 厘米,露地为 3.8 厘米,10 天之后,分别为 11.9 和 6.9 厘米,增温处理比露地平均每天增长多 0.4 厘米。

从叶面积增长情况看,增温处理的子叶面积比露地显著增大。据 1981 年测定,露地的子叶面积为 11.6 平方厘米,增温处理为 17.7 平方厘米,比前者增大 52.6%。同时子叶干重,增温处理高达 118.2 毫克,露地仅为 73.8 毫克,增温比露地干重增加 60.2%。同期测定,增温处理,主茎叶面积比露地也高 168.8%。

增温处理,不仅对棉株生态影响很大,还对棉株生理功能也产生影响。据 1979 年 5 月 10 日测定,增温棉花叶片的光合净同化率比露地高 44.1%; 6 月 6 日测定,增温的光合强度为 19.4 毫克/分米·小时,比露地的 12.4 毫克,增高了 56.5%; 7 月 19 日测定,全氮和全磷含量,增温处理比露地分别增高 11.4% 和 19.5%; 蛋白质和全糖分别高 19.2% 和 11.7%。

增温处理的棉株,整个生育进程加快,比露地一般提早 15 天左右进入铃期,霜前吐絮

率增加了 22.4—13.1%，这就等于将有效结铃期相对延长了一句，为多结铃，结大铃创造了条件。

由于上述诸因素的变化，使棉花产量显著提高。据 1976—1981 年试验示范，在晋南棉区，一般年份水地每亩增产皮棉 40—60 斤，旱地增产 30—50 斤，增产率达 30—50%，高者可达一倍以上。

四、结 束 语

本文主要阐明地积温对棉花生育的影响，经过试验，证明塑膜覆盖可提高地温，而地积温的增加，补偿了气积温的不足，从而促进棉花生长，特别促进棉株根系的发育。

为使土壤增温，可采用无色透明塑料薄膜覆盖地面，这一技术措施经三年示范已在生产上应用。

总之，提出“地积温”与棉株生育进程关系这个问题，仅仅是初步的尝试。在自然条件下，多变的复杂的因素，皆对棉株生育进程产生一定的影响，尚需做大量的工作予以完善。

参 考 文 献

- [1] 山西省棉花研究所、山西大学生物系，1977：耕层根区增温与棉花高产关系的研究。山西棉花通讯，4 期，14—31 页。
- [2] 山西省棉花研究所、山西大学生物系，1977：吴吉昌“三争”植棉经验初步研究分析。山西棉花通讯，4 期，1—13 页。
- [3] B. T. 肖主编(冯兆林译，1965)，1952：土壤物理条件与植物生长。第 309 页，科学出版社。
- [4] Adams, J. E., 1962: Effect of soil temperature on grain sorghum growth and yield. *Agron. J.* 54: 257—261.
- [5] Arndt, C. H., 1932: A study of the factors which may influence cotton seed germination and seedling growth. *S. Carolina Agr. Expt. Sta. Ann. Rept.* 45: 46—48.
- [6] Bloodworth, M. E., 1960: Effect of soil temperature on water use by plants. *Tians. 7th Int. Congr. Soil Sci.* Vol. 1, 153—163.