

温度对棉籽发育的影响^{*}周治国¹ 许玉璋² 许 莹¹西北农业大学农学系, 陕西杨陵·712100)

摘 要 1988~1989年研究结果表明, 20℃以上的日均温有利于棉籽体积增大, 干物质积累, 可溶性糖和淀粉的产生和转化, 以及油分和蛋白质的累积。20℃以下特别是17℃以下对上述方面均有不利影响。初步认为龄期15℃的日均温是棉籽干物质和油分累积趋于停止的临界温度。

关键词 棉花、种子、发育、温度影响、品质育种

中图分类号 S562.01

关于温度对棉籽发育影响的研究, 目前大都是有关棉纤维的辅助研究, 尚缺乏系统研究和深入分析。本课题较全面地阐明了温度对棉籽发育的影响, 为生产上制定棉花综合栽培措施, 开拓棉籽综合利用途径和促进棉籽品质育种提供科学的理论依据。

1 材料与方 法

试验于1988~1989年在西北农业大学农一站进行。选用中熟棉种秦棉一号分期播种, 共设四个播期: I.正常春播(4月10日); II.晚春播(4月30日); III.早夏播(5月20日); IV.晚夏播(6月10日)。试验地前茬玉米, 地力均匀, 肥力中等偏上, 田间管理按丰产地进行。

两年均在花铃阶段对不同播期, 不同开花期的花按其部位挂牌各1000朵, 处理如下: ① I(7/12)(表示第一播期7月12日开的花, 其余类同)、II(7/22)、III(7/27)、IV(8/11)位于下部(第二果枝一果节); ② I(7/22)、II(7/27)、III(8/11)、IV(8/21)位于中部(第七、八果枝一果节); ③ I(7/27)、II(8/11)、III(8/11)、IV(8/21)位于上部(第十二以上果枝一果节), 以消除生理年龄对棉籽发育的影响。从挂牌之日起, 每隔5d取样直至吐絮。每次取正常发育棉铃15个, 测定棉籽体积(长×宽)和棉籽内含物的变化。可溶性糖和淀粉用蒽酮比色法测定, 油分用索式提取法测定, 蛋白质用连续流动分析仪测定。棉籽发育期间温度用试验地百叶箱自记温度表测定。

2 结果与分析

2.1 棉籽体积变化

对不同播期相同果节位棉铃体积变化与温度关系的研究(表1)表明, 相同生理年龄的棉株, 随播种期推迟、温度降低, 棉籽体积增长期拉长, 平均增长速率减慢。伏前桃

文稿收到日期: 1991-05-09

¹⁾国家自然科学基金资助项目

²⁾现在山东农业大学农学系工作

和伏桃发育处于 23~25℃ 条件下, 棉籽最大体积可达 63~82 mm³、最终体积为 60~80 mm³、体积日增量为 2.1~3.4 mm³/d; 秋桃发育处于 20℃ 左右的条件下, 棉籽体积最大值只有 59~69 mm³、最终体积为 54~61 mm³、日增量为 1.69~2.52 mm³/d. 可见 20℃ 以上的日均温有利于棉籽体积的增大。

表 1 棉籽体积变化 (1988、1989)

部位	播期	开花期 (月/日)	体积增大期 (d)	体积最大值 (mm ³)	平均增长速率 mm ³ /d	最终体积值 (mm ³)	体积增大期日均温 (℃)
下部	I	7/12	25	82	3.28	75	25.35
	II	7/22	25	83	3.32	80	25.35
	III	7/27	30	63	2.10	60	23.03
	IV	8/11	30	64	2.13	61	20.45
中部	I	7/22	20	68	3.40	65	24.71
	II	7/27	25	79	3.16	63	23.29
	III	8/11	30	69	2.30	56	20.45
	IV	8/21	35	64	1.83	56	20.32
上部	I	7/27	30	68	2.27	64	23.03
	II	8/11	30	60	2.00	57	20.45
	III	8/11	25	63	2.52	58	21.55
	IV	8/21	35	59	1.69	54	20.32

2.2 棉籽干物质累积变化

棉籽干物质累积变化呈“S”型曲线, 其累积动态接近于 Verhustpear 阻滞方程所描述的关系, 即 $W = W_m / (1 + e^{-bt})$. 经计算方程模拟效果良好, 曲线相关系数多在 0.9 以上, 达 $\alpha = 0.01$ 的极显著水平(表 2)。

根据方程推导可得出生长特征值 $G_T = bW_m / (t_2 - t_1)$, 速度特征值(累积最大速率) $v = bW_m / 4$, 时间特征

表 2 棉籽干物质累积动态方程 (1988、1989)

播期	开花期 (月/日)	方程	R
I	7/12	$W = 3.29 / (1 + e^{4.90-0.16t})$	0.961**
	7/22	$W = 2.53 / (1 + e^{4.28-0.16t})$	0.965**
	7/27	$W = 2.49 / (1 + e^{4.56-0.14t})$	0.949**
II	7/22	$W = 2.24 / (1 + e^{3.04-0.15t})$	0.975**
	7/27	$W = 2.29 / (1 + e^{2.95-0.09t})$	0.979**
	8/11	$W = 1.90 / (1 + e^{3.77-0.27t})$	0.908**
III	7/27	$W = 2.80 / (1 + e^{4.25-0.14t})$	0.956**
	8/11	$W = 2.49 / (1 + e^{3.99-0.10t})$	0.958**
IV	8/11	$W = 2.38 / (1 + e^{3.81-0.09t})$	0.943**
	8/21	$W = 1.70 / (1 + e^{3.61-0.11t})$	0.970**

值(旺盛生长期时间的长短) $\Delta t = t_2 - t_1$, 这些特征值都与温度有着密切的关系(表 3)。

表 3 棉籽干物质累积特征值 (1988、1989)

果节位	播期	开花期 (月/日)	(W _m) (g)	G _T (g)	G _T / W _m (%)	F (g/铃·d)	t ₀ (d)	Δt (d)	t ₁ -t ₂ (d)	铃期 日均温 (℃)	旺盛期 日均温 (℃)
下部	I	7/12	3.29	2.17	65.99	0.136	30	15	20~35	23.37	22.28
	III	7/27	2.80	1.84	65.85	0.098	30	20	20~40	20.76	21.36
	IV	8/11	2.38	1.58	66.40	0.054	40	30	30~60	18.71	17.43
中部	I	7/22	2.53	1.62	60.00	0.101	25	15	20~35	21.31	21.32
	III	8/11	2.44	1.65	67.50	0.055	45	30	30~60	18.71	17.43
	IV	8/21	1.79	1.20	68.75	0.050	30	25	20~45	16.25	17.88

从表 3 可看出, 不论中部或下部的果节棉铃均随播期推迟温度降低, 棉籽生长特征

值(G_T)依次降低, 正常春播较晚夏播分别高 35.0% 和 37.34%; 时间特征值(Δt)随温度降低逐渐拉长, 正常春播较晚夏播分别短 10 d 和 15 d; 干物质累积最大速率降低, 晚夏播较正常春播分别降低 50.49% 和 60.29%; 最大速率高峰期晚夏播较正常春播分别推迟 5 d 和 10 d.

从伏前桃(I 7/12)、伏桃(I 7/22、III 7/27)棉籽干物质累积情况看, 20℃ 以上的日均温利于棉籽干物质累积。早秋桃(III 8/11)处于 20℃ 以下, 对棉籽干物质累积不利, 当旺盛生长期温度降至 17℃ 左右时, 棉籽干物质累积基本停止。晚秋桃(IV 8/21)棉籽干物质累积在铃龄 55 d 趋于停止, 此时的日均温为 15.16℃。可见 15℃ 的日均温可能是棉籽干物质累积下限温度。

2.3 棉籽中可溶性糖、淀粉的变化与油分、蛋白质的累积

2.3.1 可溶性糖的变化 不同播期棉株在相同生理年龄下形成的棉铃, 由于成铃时间不同, 所处的温度等气候条件也不同, 棉籽可溶性糖的变化差异很大(图 1)。

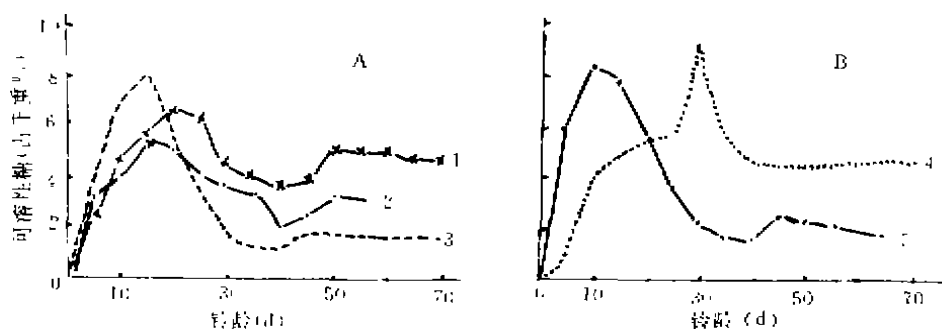


图 1 不同播期棉籽可溶性糖变化

A. 棉株下部棉铃的棉籽; B. 棉株中部棉铃的棉籽

1—IV(8/11)早秋桃; 2—I(7/12)伏前桃; 3—III(7/27)伏桃; 4—IV(8/21)晚秋桃; 5—II(7/27)伏桃

从图 1 中看出, 棉株下部果节位的伏桃、伏前桃棉籽中可溶性糖含量在铃龄 15 d 左右达最大含量, 分别为 8.12% 和 5.10%; 早秋桃在 20 d 左右达最大量, 其含量为 6.8%; 而中部果节伏桃棉籽中可溶性糖含量在铃龄 10 d 左右达最大含量(8.55%); 晚秋桃直到铃龄 30 d 左右才达到最大含量(9.40%)。所有部位三桃棉籽可溶性糖达最高含量均迅速下降, 直到铃龄 40 d 左右稍有回升, 然后趋于稳定, 最终含量分别为 1.74%、3.36%、4.73%、1.86% 和 4.95%。棉籽中可溶性糖的变化受温度影响所致。据气象资料分析, 伏前桃、伏桃、早秋桃和晚秋桃分别在 21~25℃、21~25℃、18~20℃、16~18℃ 条件下形成。可见 20℃ 以上的日均温有利于棉籽可溶性糖的累积和转化, 因而秋桃棉籽可溶性糖含量高峰期推迟, 最终含量较伏前桃和伏桃高; 晚秋桃在铃龄 20 d 即处于 20℃ 以下温度, 不利于可溶性糖向油分和蛋白质转化, 到铃龄 30 d 左右可溶性糖含量方达最高峰; 当温度降到 18~19℃ 时, 棉籽中可溶性糖的含量逐渐下降, 但与其它开花期相比仍然较高; 当温度降到 17℃ 以下时, 棉籽可溶性糖的累积与转化已明显地受抑制。

2.3.2 淀粉的变化 棉籽开花授精后, 棉籽中淀粉含量迅速增加, 伏前桃和伏桃在铃

龄15 d左右达最高峰,随后迅速下降,30~35 d后下降变缓,50 d后趋于稳定。秋桃处于较低的温度条件下,在铃龄20 d左右淀粉含量才达最高峰(图2)。可见棉籽中淀粉含量随着生长期温度的下降,其增长速率和达最大值后的下降速度均有所降低,高峰值也降低。无论中部或下部果节棉铃中的棉籽,其淀粉含量的变化均发生在铃龄30 d以前,30 d以后日均温降到20℃以下,淀粉含量变化缓慢,铃龄50 d后基本稳定,这与淀粉的转化有关。

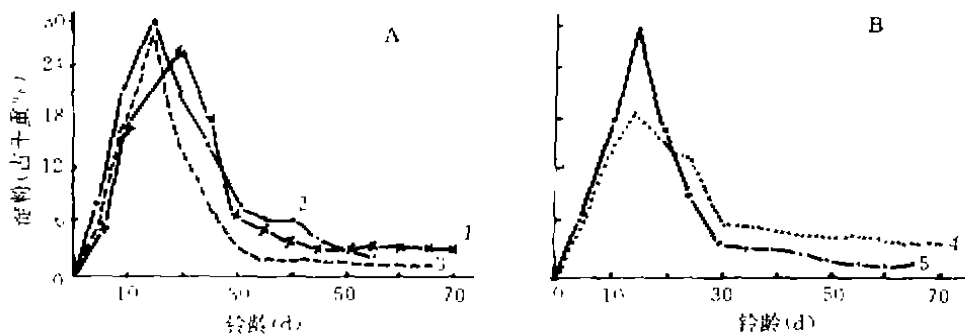


图2 不同播期棉籽的淀粉变化

A 棉株下部棉铃的棉籽, B 棉株中部棉铃的棉籽

1-IV(8/11)早秋桃, 2-I(7/12)伏前桃, 3-III(7/27)伏桃, 4-IV(8/21)晚秋桃, 5-II(7/27)伏桃

2.3.3 油分的累积与变化 从图3中看出,不同播期棉株中、下部果节棉铃棉籽的油分含量在铃龄20 d前较低,仅3%左右,受温度影响不大;20 d以后油分含量上升。伏桃和伏前桃在铃龄25~40 d累积速率最大,随后渐缓,铃龄55 d左右油分含量趋于稳定。棉籽油分最终含量均在26%~28%。秋桃开花较迟,所处温度较低,铃龄30 d以后油分含量才迅速增加。铃龄55~60 d趋于平稳,最终油分含量为18%左右,较伏前桃和伏桃低8%~10%。

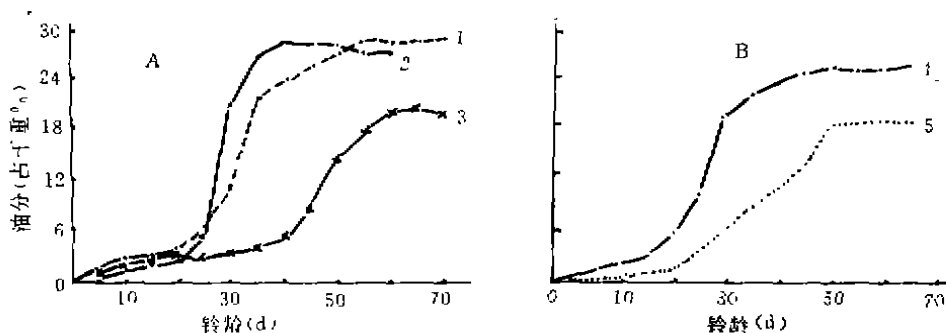


图3 不同播期棉籽油分的累积变化

A 棉株下部棉铃的棉籽, B 棉株中部棉铃的棉籽

1-III(7/27)伏桃, 2-I(7/12)伏前桃, 3-IV(8/11)早秋桃, 4-II(7/27)伏桃, 5-IV(8/21)晚秋桃

棉籽油分的累积曲线接近于“S”型曲线, 用方程 $W = W_m \cdot (1 + e^{-bt})$ 模拟效果良好, 曲线相关系数均达 1% 极显著水平。不同播期不同部位棉籽油分累积变化见(表 4)。

表 4 棉籽油分累积变化表 (1988, 1989)

果 节 位	播 种 期	开花期 (月/日)	(W_m) (g)	G_T (g)	G_T (%)	W_m (g·铃·d)	t_0 (d)	Δt (d)	t_1-t_2 (d)	铃 期 日均温 ($^{\circ}\text{C}$)	旺盛期 日均温 ($^{\circ}\text{C}$)
下 部	I	(7/12)	26.74	17.61	65.84	1.524	26	10	20~30	23.37	25.82
	III	(7/27)	27.26	17.96	65.88	0.944	32	20	22~42	20.76	20.56
	IV	(8/11)	21.02	13.85	65.91	0.547	45	25	33~58	18.71	17.05
中 部	II	(7/27)	27.28	17.96	65.85	0.800	31	23	19~42	20.76	20.56
	IV	(8/21)	21.89	14.41	65.84	0.580	44	25	31~56	16.25	16.21

从表 4 看出, 无论下部或中部果节棉铃中棉籽油分均随着温度降低累积的速率高峰期(t_0)推迟, 速度特征值(v)降低, 旺盛生长期(Δt)拉长, 生长特征值(G_T)降低, 三桃间差异显著。不同播期相同生理年龄棉株的棉铃, 在其棉籽油分累积旺盛期, 20°C 左右的日均温最有利, 高于 25°C 和低于 17°C 都不利于油分累积, 且低温对油分累积的胁迫作用较高温大。从两年晚秋桃棉籽油分累积规律看, 在铃龄 56 d(10 月 15 日)时油分累积停止, 此时日均温为 15°C , 可能是棉籽油分累积的下限温度。

2.3.4 蛋白质的累积与变化 从图 4 中看出, 生理年龄相同棉株的棉铃, 无论处于植株任何部位, 其棉籽蛋白质累积受温度为主的气候因素影响都很大。伏前桃和伏桃棉籽蛋白质累积在日均温 $21\sim 23^{\circ}\text{C}$ 条件下进行, 铃龄 20 d 含量达到最低值后迅速上升, 到铃龄 40~45 d 时达最大值, 以后缓慢增长, 吐絮时蛋白质含量达 $26\%\sim 29\%$ 。而秋桃棉籽蛋白质累积在日均温 $16\sim 19^{\circ}\text{C}$ 条件下进行, 铃龄 30 d 时蛋白质含量降到最低值后逐渐上升至 40~45 d 时又缓慢下降, 吐絮时棉籽蛋白质累积量为 $20\%\sim 21\%$, 较伏前桃、伏桃低 $6\%\sim 8\%$ 。明显看出, 20°C 以下特别是 17°C 以下的温度明显抑制棉籽蛋白质的累积。

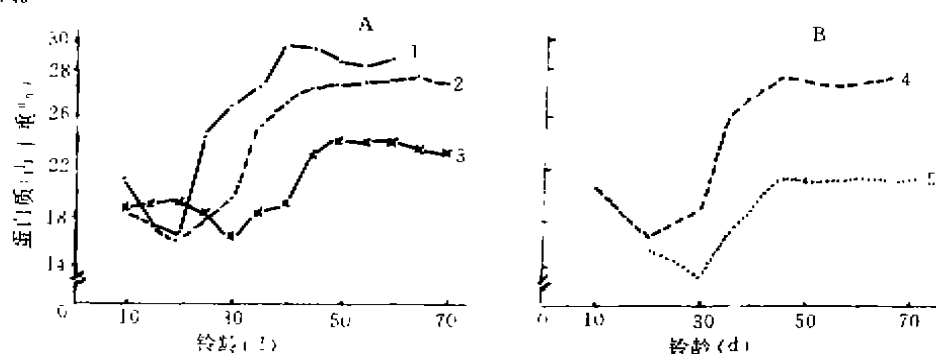


图 4 不同播期棉籽的蛋白质变化

A. 棉株下部棉铃的棉籽; B. 棉株中部棉铃的棉籽

综上所述, 棉籽油分和蛋白质的累积是同步的, 二者都是在棉籽可溶性糖和淀粉含量达最大时开始累积, 当前者含量迅速增加时后者就迅速下降, 且蛋白质累积较油分累积需要较高的温度。

3 结 语

1) 棉籽体积于开花后 5~25 d 增长最快, 20~30 d 达最大值, 基本定型。20℃ 以上的温度是有利于棉籽体积增长的适宜温度。

2) 温度是影响棉籽发育的重要因素, 棉株生理年龄对其影响较小。20℃ 以上的日均温有利于干物质累积, 可溶性糖的累积和向油分、蛋白质的转化, 也有利于油分和蛋白质的累积; 20℃ 以下对其上述方面均有不利的影响。17℃ 以下对棉籽干物质、油分和蛋白质的累积均有抑制作用, 15℃ 的日均温是棉籽干物质和油分累积的下限温度。

3) 棉籽中可溶性糖、淀粉、油分和蛋白质含量的动态变化具有显著的负相关。铃龄 15~20 d 可溶性糖和淀粉含量高, 以后逐渐下降达到平稳。而油分和蛋白质含量却相反, 铃龄 20 d 前含量很低, 30~35 d 油分含量达最高峰, 40 d 蛋白质含量达高峰。

4) 棉籽油分和蛋白质的累积是同步的, 二者都是在棉籽可溶性糖和淀粉达到最大量时开始累积的, 当前者大量累积而含量迅速增加时, 后者含量则迅速下降。并且棉籽蛋白质累积比油分累积需要较高的温度。

参 考 文 献

- 1 杨奎华. 陆地棉种仁脂肪量与蛋白质等几种性状相关性的研究. 棉花学报, 1985(1): 48~53
- 2 项时康, 孙善康. 陆地棉种子蛋白质、脂肪含量与子指数、衣分的相关性. 中国棉花, 1982(2): 27, 34
- 3 李大庆, 钱大顺, 倪金柱, 伏桃. 晚秋桃棉籽质量鉴定. 江苏农业科学, 1982(3): 21~24
- 4 Cherry John P. 棉籽品质: 影响饲用和食用因素. 国外农学—棉花, 1984(3): 28~38; 1984(4): 27~32
- 5 Turner J H, Ramey H H, Worley S. Influence of environment on seed quality of four cotton cultivars. *Crop Sci* 1986(16): 407~409
- 6 王信理. 在干物质模拟中如何合理应用 Logistic 方程. 农业气象, 1986(1): 14~19

Effects of Temperature Upon the Development of Cotton Seeds

Zhou Zhiguo Xu Yuzhang Xu Xuan

(Department of Agronomy, Northwest Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract The effects of temperature upon the development of cotton seeds were studies in the years of 1988~1989. The results showed that daily mean temperature over 20℃ was favourable for volume expansion of cotton seeds, accumulation of dry matter, production and conversion of soluble sugar and starch, and accumulation of oil contents and proteins, but daily mean temperature below 20℃, particularly below 17℃ would have an unfavourable effect upon the above mentioned items. It was, initially, held that daily mean temperature of 15℃ in cotton boll period was the critical temperature for accumulation of dry matter and oil contents in cotton seeds.

Key words cotton, seeds, development(biology), temperature effect, quality breeding