

以热量指数表示北疆棉区棉花延迟型冷害指标的研究

李新建¹, 毛炜峰^{2*}, 杨举芳³, 谭艳梅²

(1. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 乌鲁木齐 830002; 2. 新疆环境气象中心, 乌鲁木齐 830002; 3. 乌兰乌苏农业气象试验站, 新疆石河子 832021)

摘要:应用乌兰乌苏农业气象试验站棉花试验的生育期、产量及旬气温资料,计算出棉花不同播期 and 不同生长阶段的热量指数,研究分析不同播期棉花产量、霜前花率与棉花不同生长阶段的热量指数之间的关系发现:1)随播种期推后,棉花生长前期热量指数明显增加,而棉花生长后期的热量指数则呈现出明显的下降趋势。2)现蕾—开花阶段的热量满足状况很好,热量指数稳定。3)分期播种的单产与棉花生长后期的热量指数具有很好的线性关系,霜前花率也与棉花生长后期的热量指数关系密切,生长后期的热量指数变化对棉花品质的影响较产量更加敏感。4)以减产幅度为标准,在棉花开花期以前热量充足的情况下,后期生长热量指数低于64为一般延迟型冷害年指标,低于61.8为严重延迟型冷害年指标。5)以霜前花率为标准,在棉花开花期以前热量充足的情况下,后期生长热量指数低于70.9会出现一般冷害年,低于63.2,会出现严重冷害年。

关键词:棉花;延迟型冷害;热量指数

中图分类号:S562 文献标识码:A

文章编号:1002-7807(2005)02-0088-06

Characterization of Growth-delayed Cotton Cool Damage by Heat Index in the Northern Xinjiang

LI Xin-jian¹, MAO Wei-yi^{2*}, YANG Ju-fang³, TAN Yan-mei²

(1. Urumqi Institute of Desert Meteorology, CMA, Urumqi 830002, China; 2. Xinjiang Center of Environmental Meteorology, Urumqi 830002, China; 3. Wulanwusu Agro-meteorological Experiment Station, Shihezi 832021, China)

Abstract: According to data of cotton growth, output and temperature during five stages from Wulanwusu Agro-meteorological Experiment Station in Xinjiang in 2003, heat indexes of every growth stages in different sowing times were calculated and analyzed. The results showed that: 1) With prolongation of sowing times heat in the cotton previous growth period rise. By contrast, heat index was also obviously increased. However, in the later period it began decrease. 2) If heat in bud and bloom periods were efficient, heat index would be stable. 3) There was linear correlation between output in different sowing times and heat index in the later growth period. Heat index in the later growth period was closely related to rate of cotton harvested before frost and more influenced on the quality of cotton than output. 4) Due to output reduction heat index in the later below 64 was usually defined as delay cool damage year and below 61.8 more serious year under the sufficient heat condition before blooming. 5) In terms of rate of cotton harvested before frost, heat index in later growth period below 70.9 was regarded as cool damage year and below 63.2 more severe under the sufficient heat condition before blooming in the northern Xinjiang.

Key words: cotton; delayed cool damage; heat index

新疆是全国优质商品棉基地,棉区的热量条件与棉花产量及品质之间的关系密切,热量好的年份,棉花产量及品质都高^[1-2]。姜逢清等^[3]指出,新疆棉花单产受气候因素影响平均达到70%。袁玉江等^[4-6]分析过新疆喀什、阿克苏、石河子三大棉区的棉花产量与年内各类气候积温的定量关系,发现新疆大部分棉区或多或少都存在着热量不足的情况,集中地反映在新疆棉花冷害问题较其它棉区严重。在前人研究的基础上,借鉴吕厚荃等^[7-9]评估棉花生长环境条件的方法,应用2003年在新疆乌兰乌苏农业气象试验站为研究棉花冷害而开展的棉花分期播种试验所获资料,以及新疆北疆棉区历年的农业气象观测资料、气候资料,计算新疆北疆棉区棉花各生长阶段的热量指数,分析制定以热量指数表示的延迟型冷害指标。

1 资料和方法

1.1 棉花分期播种试验

试验在乌兰乌苏农业气象试验站(北纬41°

17',东经85°49',海拔高度468.2 m)进行,试验地南侧是气候观测场。供试品种为中棉36,采用1.45 m宽膜覆盖,一膜4行,行间配置为30 cm ■ 45 cm ■ 30 cm ■ 65 cm,株距12 cm,密度19.5万株·hm⁻²,田间管理措施同大田。共设5个播期、3次重复,每个重复面积30.6 m²。根据《农业气象观测规范》^[10]要求进行发育期、密度、高度等观测,选用了分期播种的播种、出苗、现蕾、开花、裂铃、停止生长6个生育期资料,子棉单产、霜前花率等资料(表1),以及该站2003年度的旬平均气温资料。

1.2 气温

考虑了新疆北疆棉区各气象站气象资料和棉花生长观测资料的代表性和完整性,选取精河、炮台、石河子3站作为代表站。旬平均气温选自3台站1961—2002年的常规地面气象观测资料,棉花各生育期的三基点温度主要参照文献^[1]。

1.3 5个生育期的热量指数计算

由于在此主要考虑棉花各生育期的冷害问题,所以计算热量指数时仅考虑棉花各生长阶段

表1 2003年分期播种试验棉花生育期和产量比较

Table 1 Cotton growth periods and output in 2003

试 验	生育期/月-日							各试验小区产量/kg		
	分期	重复	播种	出苗	现蕾	开花	裂铃	停止生长	霜前花	霜后花
第 一 期	I		04-21	04-29	06-05	06-30	09-06	09-29	11.54	6.55
	II		04-21	04-29	06-05	06-30	09-05	09-29	12.22	4.69
	III		04-21	04-29	06-05	06-30	09-05	09-29	11.58	5.72
第 二 期	I		04-29	05-09	06-05	07-04	09-10	09-29	7.56	8.34
	II		04-29	05-09	06-08	07-04	09-10	09-29	10.05	6.49
	III		04-29	05-09	06-08	07-04	09-12	09-29	8.13	8.80
第 三 期	I		05-07	05-15	06-10	07-09	09-12	09-29	5.21	9.93
	II		05-07	05-15	06-10	07-09	09-12	09-29	9.31	7.01
	III		05-07	05-15	06-08	07-09	09-18	09-29	2.70	9.74
第 四 期	I		05-15	05-23	06-17	07-14		09-29	0.98	10.97
	II		05-15	05-23	06-15	07-14		09-29	3.39	9.32
	III		05-15	05-23	06-17	07-16		09-29	1.16	7.25
第 五 期	I		05-23	05-29	06-19	07-16		09-29	0.00	11.79
	II		05-23	05-29	06-19	07-18		09-29	0.00	8.11
	III		05-23	05-29	06-19	07-18		09-29	0.00	7.71

的下限温度和适宜温度,在借鉴文献^[7,9]基础上,重新构造了模糊隶属度函数来计算热量指数,这

样更有利于反映棉花生长过程中热量不足的状况,计算公式如下:

$$F_i(T) = \begin{cases} 0 & T_i < T_1 \\ 100(1 - (T_2 - \frac{0}{T_i})^2 / (T_2 - T_1)^2) & T_1 \leq T_i < T_2 \\ 100 & T_2 \leq T_i \end{cases} \quad (1)$$

计算热量指数时,选取了播种—出苗、出苗—现蕾、现蕾—开花、开花—裂铃、裂铃—停止生长5个生长阶段。为了便于农业气象服务使用,5个生长阶段的起止时间以旬为基本单位来统计。规定:生育期在某一旬超过3d(不论旬初还是旬末),则将该旬计在该生育期内,少于或等于3d的则忽略不计。根据公式(1)计算了各个生长阶段的逐旬热量指数。公式(1)中*i*(*i*=1,2,3,...,36)表示旬序列数,*T_i*表示棉花某生长阶段的旬平均气温,*T₁*表示棉花某生长阶段的下限温度,*T₂*表示棉花某生长阶段的适宜温度,*F_i*(*T*)则表示每一旬的热量指数,可见,热量指数*F*(*T*)是无量纲数,值在0~100之间。计算棉花的五个生长阶段内各旬的平均值作为该生长阶段热量指数,每个生长阶段的*F*(*T*)值越大,说明热量条件越能满足该阶段棉花生长的需要。

1.4 分期播种试验热量指数的订正计算

由于第4、5播期的播种日期远远晚于大田播期,造成棉花还没有进入裂铃普遍期就已经停止生长。对此,在计算不同播期裂铃—停止生长阶段的热量指数时作了时间系数订正:用裂铃—停止生长阶段实际生长的旬数除以3,这样处理的依据是:第一播期(4月21日)棉花裂铃至停止生长阶段有3旬的时间(表1)。另外,1990—2002年新疆北疆棉区3个台站的棉花物候期中裂铃—停止生长阶段的平均时间为3~4旬(表3)。根据以上分析,将分期播种试验裂铃至停止生长阶段的正常生长时间确定为3旬,不足3旬的采用乘订正系数方法来计算热量指数,更能客观地反映出棉花后期生长时间长短和温度对棉花该阶段

生长的热量贡献。根据此方法,对5个播期共计15组棉花裂铃—停止生长阶段的热量指数进行订正,结果见表2。表中各项数值均为同一播期的3个重复的平均值,棉花生长前期是指从播种到开花这一阶段,棉花生长后期指开花到停止生长阶段。

1.5 考虑权重的棉花生长前期、后期以及全生育期热量指数计算方法

在得到棉花5个生长阶段热量指数的基础上,为计算更长时间段的热量指数,结合各生育期长短(以旬为单位)并考虑其权重,构造如下热量指数计算公式:

$$F_0(T) = \sum_{i=n1}^{n2} a_i * F_i(T) \quad (2)$$

$$a_i = t_i / \sum_{i=n1}^{n2} t_i \quad (3)$$

计算公式(2)中,*F_i*(*T*)为各生育期的热量指数,*a_i*为权重系数,*i*=1,2,3,4,5,分别表示棉花播种—出苗、出苗—现蕾、现蕾—开花、开花—裂铃、裂铃—停止生长5个生长阶段;(2)式中当*n1*=1,*n2*=5时,则计算的*F₀*(*T*)是棉花全生育期热量指数,当*n1*=1,*n2*=3时,*F₀*(*T*)是棉花生长前期的热量指数,当*n1*=4,*n2*=5时,*F₀*(*T*)是棉花生长后期的热量指数。权重系数*a_i*由(3)式计算得到。(3)式中,分子*t_i*是指棉花生长的第*i*个阶段的时间(旬数),分母是所计算时段的所有生长阶段的旬数之和。5个播期5个生长阶段以及生长前期、后期、棉花全生育期的热量指数计算结果见表2。

表2 分期播种的棉花各生育期热量指数及产量

Table 2 Heat indexes and output of cotton in five growth periods

试验分期次	第一期	第二期	第三期	第四期	第五期	
各生长阶段热量指数	播种—出苗	55.3	44.8	63.7	82.6	87.0
	出苗—现蕾	73.0	97.4	97.4	99.6	100.0
	现蕾—开花	99.4	99.5	99.4	98.2	97.6
	开花—裂铃	95.4	95.4	92.9	78.3	76.4
	裂铃—停止生长	42.7	13.4	8.9	—	—
产量	生长前期	80.7	91.1	89.7	96.8	96.6
	生长后期	79.6	69.5	64.9	56.9	54.2
	全生育期	80.1	78.6	76.4	73.7	69.9
子棉单产/(kg·hm ²)	5697.2	5378.0	4782.1	3476.0	3007.6	
霜前花比例/%	67.6	52.1	39.2	16.7	0.0	

1.6 棉花多年平均发育期及历年棉花各生长阶段的热量指数

利用石河子、精河、炮台 3 站 1991—2002 年地膜棉生育期观测资料,选取播种、出苗、现蕾、开花、裂铃、停止生长 6 个发育期,计算每个台站 6

个棉花生长发育日期的 12 年平均值,代表当前棉花生产水平下北疆棉区的棉花生长发育进程。各生育期间的平均旬序列数见表 3,以 1~36 数字编号表示一年中的第 1~36 旬。

表 3 北疆棉区 3 台站棉花生长发育期多年平均旬序列

Table 3 Average period of ten days serial of cotton growth for years

台 站	播种—出苗	出苗—现蕾	现蕾—开花	开花—裂铃	裂铃—停止生长
石河子	12~13	13~16	17~19	19~25	25~28
精 河	12~13	13~17	17~19	19~25	25~28
炮 台	12~13	14~16	16~19	19~24	25~28

根据三站 1961—2002 年逐旬平均气温,用公式(1)~(3)计算,得到了北疆棉区三站的 1961—

2002 年逐年的各生长阶段热量指数,然后得到的 42 年平均值见表 4。

表 4 北疆棉区棉花各生育期热量指数

Table 4 Heat Index at different cotton growth periods in the northern Xinjiang

	播种—出苗	出苗—现蕾	现蕾—开花	开花—裂铃	裂铃— 停止生长	播种— 停止生长	播种—开花	开花— 停止生长
	石河子	52.8	76.5	93.5	90.8	19.0	70.2	76.9
精 河	55.5	83.4	94.6	92.4	22.4	73.7	81.1	67.0
炮 台	55.1	89.2	93.0	97.8	22.1	75.0	83.3	67.6
北疆棉区	54.5	83.0	93.7	93.7	21.2	73.0	80.4	66.4

2 结果与分析

乌兰乌苏所在的石河子棉区是新疆生产建设兵团的一个垦区,棉花生产水平较高,2000—2003 年 1 年子棉单产平均为 $5038.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。2003 年乌兰乌苏分期播种试验地段的管理方式同大田,第一、二期的产量高于该水平,第三播期的产量略低于该水平,以后各期的单产下降很快,远远低于当地大田单产水平。因此取分期播种的第一到第四期的平均子棉单产 $4833.3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 为基数。以往研究确定棉花冷害指标时,以减产 5%~10% 为一般冷害减产年,减产 10% 以上为严重冷害减产年^[5]。由于试验田的产量一般都要高于大田产量,所以在应用试验地段棉花产量进行分析时,减产指标应在上述基础上都增加 5%,即一般延迟型冷害年按减产 10% 计,对应于子棉单产低于 $4349.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$;严重延迟型冷害减产年按减产 15% 计,对应于子棉单产低于 $4108.3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

2.1 不同生长阶段的热量指数变化

5 个播期的棉花在 5 个生长阶段的热量指数(表 2)显示:(1)随播期期推后,棉花生长前期的热量满足率整体上呈现出明显增加趋势。在播种—出苗、出苗—现蕾两个阶段表现得最为明显。

播种—出苗阶段热量指数由第一期的 55 增加到第五期的 87。另外,第二期该阶段的热量指数为 45,反而略低于第一期的 55,说明春季气温不稳定,虽然在适播期内播种,该阶段的热量满足程度与冷空气活动强度及次数关系密切,未必是开播越早越有利。(2)现蕾—开花阶段,热量满足状况变化不大,从第一期到第五期热量指数都稳定维持在 97 以上,可满足该生长阶段的热量需求。(3)随播期推后,棉花生长后期的热量指数下降幅度大,如裂铃—停止生长阶段,热量指数值由第一期的 42.7 降到第三期的 8.9,第四、第五期播种的棉花在霜冻出现之前甚至还未到裂铃期。5 个分期播种的全生育期热量指数在 69.9~80.1 之间,也随播期的推后而下降。

将分期播种的棉花生长前期、后期的热量指数与北疆棉区的多年平均值进行比较(表 4),可以看到:(1)生长前期热量指数从第一播期到第五播期整体上呈增加趋势,第一播期的 80.7 与北疆棉区 42 年棉花生长前期热量指数平均值 80.4 相当,说明 2003 年正常播种的棉花前期生长热量条件接近该棉区的多年平均状况。也就是说,5 个播期棉花生长前期的热量都能满足,从分期播种的试验结果中无法得到有关棉花生前期热量条件不足与单产的关系。(2)棉花生长后期热量指数

随播期的后推而迅速递减,第一期(79.6)、第二期(69.5)高于该棉区42年同期热量指数平均值(66.4),第三期(64.9)开始都低于平均值,这在很大程度上表明:棉花前期生长热量能够满足时,若棉花生长后期热量指数高于65,则可以排除延迟型冷害的可能。

2.2 单产与热量指数

随播期推后单产下降很快(表2),第五播期的单产只有第一期的53%。由于分期播种试验棉花前期生长的热量都得到了满足,因此进一步分析不同播期棉花生长全生育期以及生长后期的热量指数与单产的关系。应用5个播期、3个重复的热量指数和单产资料,以棉花全生育期热量指数和生长后期热量指数与分期试验产量进行相关分析(图1),相关系数分别达到了0.8296和0.7882,都通过了0.001信度检验。

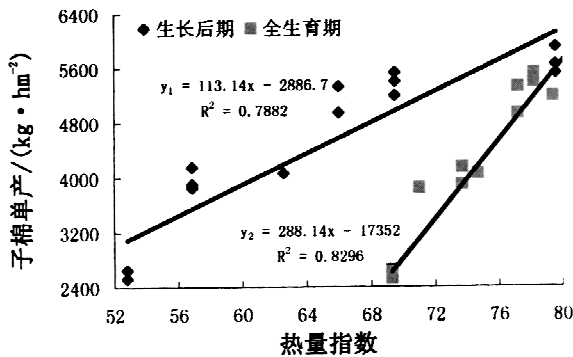


图1 热量指数与单产关系

Fig. 1 Correlation between heat index and output per hectare

根据前面确定的延迟型冷害年减产指标和图1中的模型,一般延迟型冷害年对应的棉花全生育期的热量指数指标为75.3,生长后期的生长热量指数指标为64.0。严重延迟型冷害年对应的棉花全生育期热量指数指标为74.5,生长后期的热量指数指标为61.8。

2.3 霜前花率与热量指数

霜前花与霜后花的棉纤维品质差异很大^[1],因此霜前花率也是反映棉花品质的一项关键指标。分期播种试验中,霜前花率由第一期的67.6%下降到第五期的0.0%,平均每推后一个播期,霜前花率下降18%,棉花全生育期以及生长后期的热量指数也呈不同程度的下降趋势(表2)。应用5个播期、3个重复的热量指数和霜前花率资料,用热量指数和分期播种的霜前花率进

行线性相关分析(图2),相关系数分别达到了0.8971和0.8807,都通过了0.001信度检验。热量指数与霜前花率之间也有较好的线性对应关系。

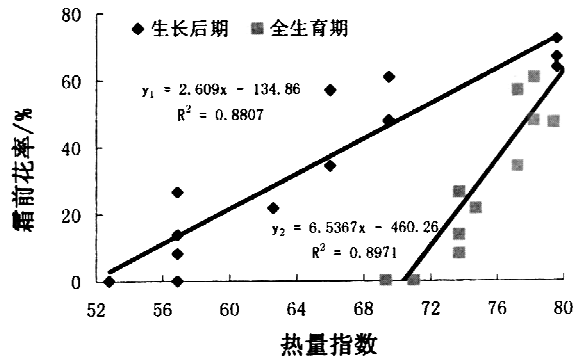


图2 热量指数与霜前花率关系

Fig. 2 Correlation between heat index and rate of cotton harvested before frost

根据试验结果,若不论产量如何,仅以霜前花率在50%以下、棉花不能充分自然成熟造成品质下降认为是一般延迟型冷害的结果,根据图2中的两个模型,对应的棉花全生育期热量指数指标为78.1,生长后期热量指数指标为70.9;不论产量如何,霜前花率在30%以下认为是严重延迟型冷害年,对应的棉花全生育期热量指数指标为75.0,棉花生长后期热量指数指标为63.2。棉花生长后期热量指数对棉花品质的影响更大。

3 讨论

以减产量和霜前花率为标准确定的表示冷害的热量指数指标不尽相同,两种指标如何相结合和搭配的问题还有待进一步研究。由于霜前花百分率主要与秋季初霜期的早晚有直接关系,也与生长期是否出现持续的热量不足有关。因此,在确定延迟型冷害年的指标时,应主要考虑根据单产确定的热量指数,再结合根据霜前花百分率确定的热量指数进行分析。

由于仅用一年的试验资料,且本年度试验点棉花停止生长期比常年早1周左右,因此以霜前花百分率确定的延迟型冷害年热量指数指标还有待于进一步试验验证和完善。

参考文献:

[1] 郑维,林修碧. 新疆棉花生产与气象[M]. 乌鲁木齐

- 齐:新疆科技卫生出版社,1992.
- [2] 徐德源. 新疆农业气候资源区划[M]. 北京:气象出版社,1989.
- [3] 姜逢清,杨德刚. 新疆棉花产量构成要素分析[J]. 干旱区研究,2003,20(2):104-109.
- [4] LI X J, HE Q, YUAN Y J, et al. Cold Disasters, the Most Serious Meteorological Disasters to the Cotton Production in Xinjiang, China [J]. Proceedings of SPIE,2003,4890:406-411.
- [5] 李新建,何清,袁玉江. 新疆棉花严重气候减产年的热量特征分析[J]. 新疆农业大学学报,2000,23(4):27-36.
- [6] 袁玉江,李新建,何清. 影响阿克苏棉区棉花气象产量的温度因子研究[J]. 棉花学报,2001,13(4):220-224.
- [7] 吕厚荃. 棉花气候条件评价. 国家气候中心. 全国气候影响评价2002[M]. 北京:气象出版社,2003. 83-89.
- [8] 钱 拴,王建林. 棉花产量丰歉气象指标评价模型[J]. 气象科技,2001,29(3):30-35.
- [9] 郭建平,田志会,张涓涓. 东北地区玉米热量指数的预测模型研究[J]. 应用气象学报,2003,14(5):626-633.
- [10] 国家气象局. 农业气象观测规范[M]. 北京:气象出版社,1993. ●

中国棉花学会六届二次理事长扩大会议纪要

中国棉花学会于2004年1月29日在北京召开了六届二次理事长扩大会议,喻树迅理事长主持会议。会议主要就2005年年会的有关事项进行了商讨,主要结果如下:

一、2005年年会定于在河南安阳召开,8月7日报到。无特殊情况学会每年的年会都在这个时间召开。

二、年会主题为“杂交棉与中国棉花生产稳定”。

三、本次年会由河南省棉花学会等单位联合举办。

四、年会期间将进行青年优秀论文评选,评委会按学科分别评出1,2,3等奖若干名。参加优秀论文评选人员的年龄在40周岁以下(1966年2月1日以后出生)。

五、根据需要学会决定增补部分理事和常务理事,在年会召开的理事会议上表决。

六、两年一次的中越双边会议今年在越南举办,年会结束后,我方组团赴越参加会议。参会人员要提前准备英文论文,论文由越方汇编成册。

其他参会人员:副理事长:马淑萍、王坤波、刘惠民、张天真、郑文俊。副秘书长:李雪源、杨伟华、祝水金、鄂芳敏。

中国棉花学会
二〇〇五年一月九日