

密度对棉花冠层小气候影响及其与棉花相关生理特征和纤维品质的关系

娄善伟^{1,2}, 赵强¹, 高云光¹, 郭仁松¹, 阿不力克木¹, 张巨松^{1*}

(1. 新疆农业大学, 乌鲁木齐 830052; 2. 国家棉花工程技术研究中心, 乌鲁木齐 830052)

摘要: 为了探讨密度对棉花冠层小气候的影响, 进一步研究密度与棉花生理特征和品质的关系, 设计了 5 种不同密度(9 万~27 万株·hm²)的田间试验。试验结果表明: 不同冠层的透光率初花后迅速下降, 各处理中 A3(18 万株·hm²)处理透光率均变为最高。空气温度花期 20 cm 处冠层以 A3 处理空气温度最高, 吐絮后规律性不明显。花期相对湿度较高且变化较小, 以 A3 处理的相对湿度最为稳定, 变化最小。吐絮期, 不同冠层相对湿度变化趋势基本一致, 早、晚的相对湿度较高, 处理间规律性不明显。A3 处理皮棉产量最高, LAI 高峰出现在盛铃期, 吐絮时仍保持在 2.5~2.6。8 月 14 日左右棉花第 10 果枝叶开始衰老, 5 d 后第 8 果枝叶开始衰老, 其 A3 处理能维持较长时间的正常生理状态。不同处理棉花纤维品质无显著差异, 密度增加能增进纤维品质, 但密度大于 A4(22.5 万株·hm²)后, 又对纤维品质产生负效应。

关键词: 小气候; 密度; 品质; 棉花

中图分类号: S562.048 **文献标识码:** A

文章编号: 1002-7807(2010)03-0260-07

The Effect of Different Density to Canopy-Microclimate and Quality of Cotton

LOU Shan-wei^{1,2}, ZHAO Qiang¹, GAO Yun-guang¹, GUO Ren-song¹, ABULI Ke-mu¹, ZHANG Ju-song^{1*}

(1. Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. Chinese National Engineering Research Center of Cotton, Urumqi 830052, China)

Abstract: In order to study the effects of different density to the micro-climate of cotton canopy and the relationship between cotton physiology characteristic and its quality, we has designed five kinds of different densities in field study. The results indicated that the transmittance of different crown level after first flowering dropped rapidly, in different crown level the transmittance A3 (180000 plants per hectare) became the highest. In the flowering season air temperature was the highest by A3 when the crown level was 20 cm. After the boll opening, the regularity was not obvious. In the flowering season relative humidity was high, but its change was small. The relative humidity was the stablest by A3, and the change was the smallest. The change was big by other treatments. In the boll opening period, change tendency of relative humidity was consistent basicly in different crown levels, the relative humidity was a little higher in the morning and evening, the regularity was not obvious among different treatments. The yield of ginned cotton in A3 was the highest, the LAI peak appeared during the cotton bolling period, it still maintained 2.5~2.6 at the boll opening stage. The leaves of tenth fruit branches senesced in August 14th, after 5 days began the eighth fruit branches, A3 could maintain the normal physiological condition longer. Cotton textile fiber quality of different treatments had no significant difference, the increasing of the density could promote the fiber quality, but it had negative effect on the fiber quality beyond the density of A4(225000 plants per hectare).

Key words: microclimate; density; quality; cotton

20 世纪 80 年代以前, 关于气候变化及其影响的研究已成为科学研究中的活跃领域之一。近

年来, 随着对气候特征研究的不断深入, 局部小气候的影响越来越被重视。新疆是我国重要产棉

收稿日期: 2009-07-20 **作者简介:** 娄善伟(1982-), 男, 硕士 wei.lou@163.com; * 通讯作者, songzj3821@yahoo.com.cn

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BADB02-1); 自治区科技攻关重大专项(200731133-1); 公益性行业(农业)科研专项(Nyhyzx07-005)

区,在中国棉花生产中占有重要地位^[1]。随着地膜覆盖技术的应用,棉花种植密度一直在增加。密度不同,棉花的相关生理特征和群体质量性状就会发生相应变化,也必然会引起田间小气候的变化,要真正了解其功能的作用机理,就必须系统分析其独特的小气候特征。罗冰对红壤旱地的间作生态系统小气候特征进行了分析^[2]。陈巧文等研究了不同覆盖物对马铃薯的生长发育及产量和品质的影响^[3]。李富先等对新疆棉花膜下滴灌田间小气候规律进行了研究^[4]。关于气候方面的研究大都侧重于农作物生长发育、产量形成以及产量预测等生物过程或要素与各个气候要素之间关系的研究,对农田内部小气候的研究相对较少且不够深入。同时,有关与棉花品质关系的研究较少。赵振勇等认为,在现有密度基础上增加密度,棉花内在品质的主要指标纤维长度、纤维强度、整齐度、麦克隆值也有随密度增大而下降的趋势。而卢守文研究发现,高密度栽培模式对纤维品质未造成不良影响,产量高低与棉纤维品质指标无明显相关,所以观点并不一致^[5-8]。本试验通过对不同密度棉花冠层的光照、空气温度、相对湿度等进行研究,探讨密度对棉花冠层小环境的影响,同时分析棉花的相关生理特征与品质变化,以期改善棉纤维品质并指导棉花生产,实现棉花高产高效。

1 材料和方法

1.1 试验材料与设计

田间试验设在南疆阿克苏市。阿克苏市位于新疆天山南麓、塔里木盆地北缘,总面积 13.25 万平方公里,属温带大陆性气候,光照时间长、昼夜温差大,年平均气温 9.9~11.5℃,无霜期 183~228 d,适宜多种农作物生长。试验点土壤为壤土,耕层土壤有机质含量为 17.6 g·kg⁻¹,碱解氮 26.2 mg·kg⁻¹,速效磷 24.9 mg·kg⁻¹,速效钾 179 mg·kg⁻¹。

供试品种为中棉所 49,由中国农科院棉花研究所提供。

试验采用单因子随机区组设计。密度设置为 5 个处理:9 万(A1)、13.5 万(A2)、18 万(A3)、22.5 万(A4)、27(A5)万株·hm⁻²。4 月 6 日人工点播,播前结合整地深施尿素 300 kg·hm⁻²、磷酸二铵 225

kg·hm⁻²,见花期和盛花期各追施尿素 150 kg·hm⁻²和 75 kg·hm⁻²。采用宽膜覆盖,1 膜 4 行,每小区 3 膜 12 行。小区面积 40 m²,20 个小区,重复 4 次,试验区面积为 900 m²。行距配置为(20+50+20+50)cm 的宽窄行模式,试验株距分别为:31.7 cm、24.6 cm、15.8 cm、12.6 cm、10.5 cm。密度由 A1 到 A5 按处理增大,其它田间管理参照高产试验田。

1.2 测定项目

1.2.1 生育进程与农艺性状。调查各处理的生育期,自 3 叶期开始调查测定各处理在不同生育时期的株高、主茎叶片数、果枝数、现蕾数、成铃数。

1.2.2 光分布测定。在棉花现蕾后,采用 SunScan 冠层分析系统在晴天 12:00—14:00 每隔 15 d 定点测定棉花窄行内冠层离地面 20 cm 和 40 cm 处的光分布。

1.2.3 冠层温、湿度。棉花现蕾后,采用美国产高精度 NK4000 手持气象站每隔 15 d 定点(3 个)测定一次棉田群体窄行内冠层不同层次(离地面 20 cm 和 40 cm)的空气相对温度、相对湿度。

1.2.4 叶绿素含量。采用日本产 SPAD-502 叶绿素测定仪,在盛铃后每隔 5 d 定株(内外各 5 株)测定第 10 果枝和第 8 果枝主茎叶叶绿素绝对含量,记录 SPAD 值。

1.2.5 叶面积测定。采用 WDY-500A 微电子叶面积测量仪,取不同时期具有代表性的完整植株 6 株,剪下所有叶片进行测定,计算平均叶面积。

1.2.6 经济产量与品质分析。吐絮后实收记录小区产量,选取有代表性棉株 20 株,调查单株果枝数和吐絮铃的空间分布(1~3 果枝、4~6 果枝、7 以上果枝),并选取上、中、下 50 个吐絮铃测其铃重和衣分,并送交农业部棉花质量监督检验测试中心(乌鲁木齐)进行品质检验。

采用 Excel 与 DPS 软件进行数据统计与分析,方差分析均为 0.05 水平下,采用 LSD 法。

2 结果与分析

2.1 密度对棉花冠层小气候的影响

2.1.1 密度对棉田冠层透光率的影响。由图 1 可知,初花前(6 月 15 日)棉花 20 cm 和 40 cm 处冠层的透光率变化趋势明显不同,20 cm 处的透光

率随着密度的增大而减小,而 40 cm 处的透光率却呈相反趋势。这主要受棉花株高的影响。因为此时棉花株高刚过 40 cm 且随密度增大而降低,20 cm 处透光率受影响较大,透光率仅为 15% 左右,而 40 cm 冠层的透光率受影响较小,可达 80% 左右,二者相差 65%。不同处理间,各冠层透光率差异均为显著。20 cm 处透光率极差为 9%,40 cm 处透光率极差为 27%,远大于 20 cm 处。7

月初—8 月底各处理株高均超过 50 cm,株高作用减弱而密度作用增强,各处理透光率迅速下降,前期随密度增大而减小,后期规律性逐渐不明显。处理间差距有所减小,20 cm 处透光率低于 10%,40 cm 处透光率低于 20%,但 40 cm 处透光率仍大于 20 cm 处 10 个百分点。到见絮时(8 月 20 日),不同冠层的透光率均有所增加,其中 A3 处理的透光率明显高于其它处理。

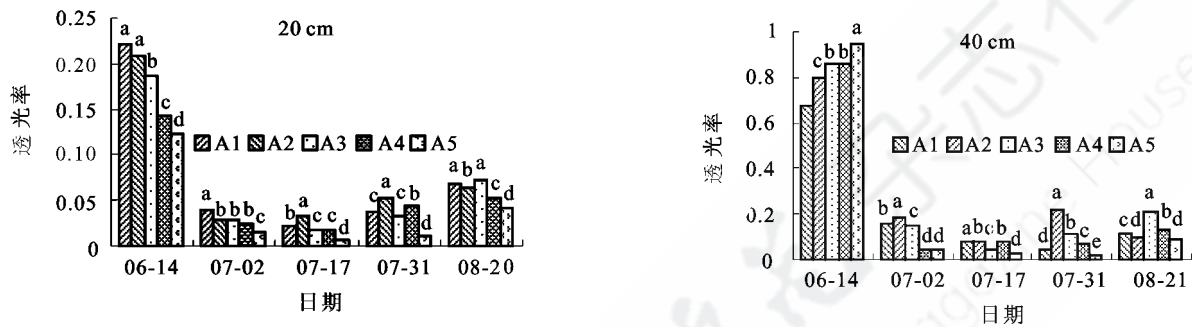


图 1 不同密度处理棉花冠层 20 cm 与 40 cm 处透光率

Fig.1 The cotton canopy transmittance at 20,40 cm place at different densities

2.1.2 密度对棉花冠层空气温度的影响。由图 2 可知,花期和吐絮期各处理棉花不同冠层田间的空气温度变化趋势基本相同,空气温度均超过

19℃,并随当日时间先升高后下降,且花期空气温度大于吐絮期。日温差花期小于 10℃,吐絮期大于 10℃,且受冠层高度影响不大。

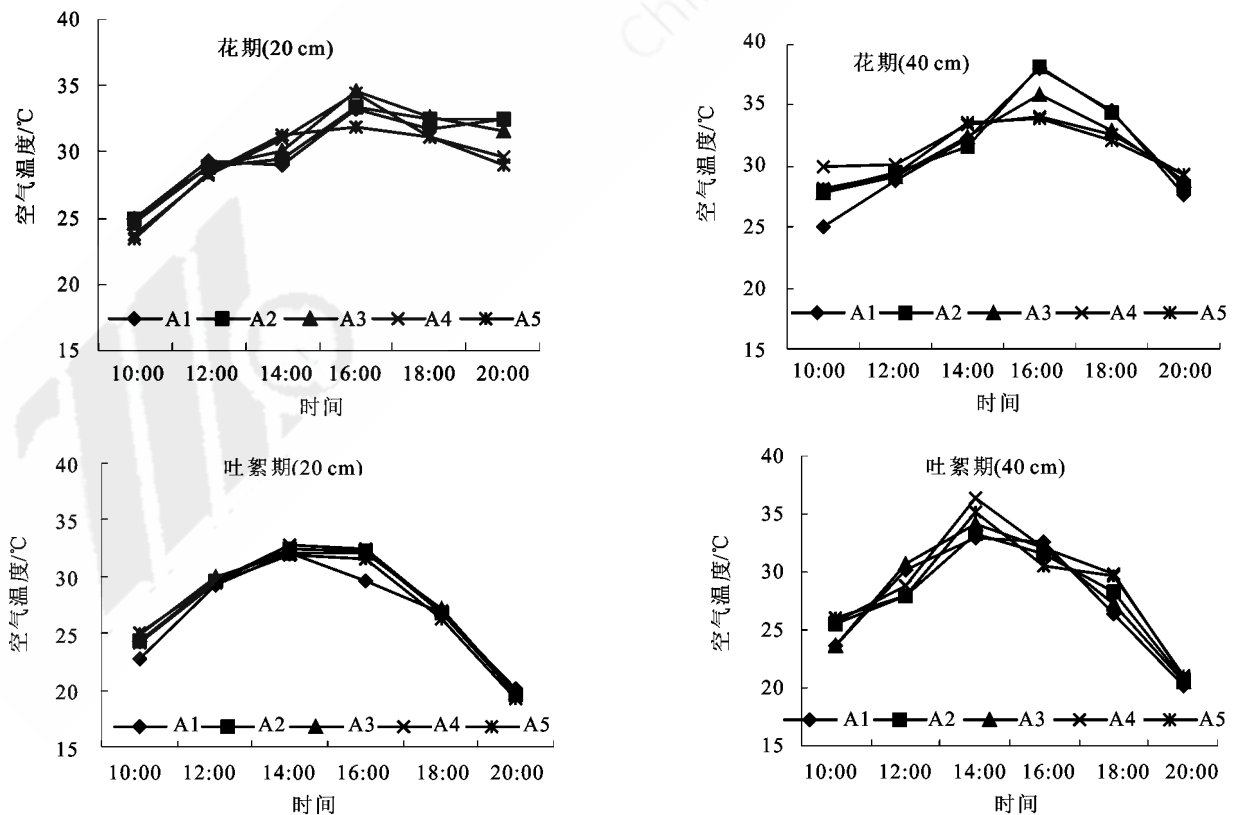


图 2 不同密度处理棉花冠层温度

Fig.2 The temperature changes of cotton canopy at different densities

花期各处理空气温度在 16:00 左右最高,达 35~38℃,然后缓慢下降。20 cm 处冠层空气温度平均下降不到 3℃,而 40 cm 处冠层空气温度平均下降超过 7℃,说明 20 cm 处冠层的空气流动慢,保温效果好,温度变化也慢。20 cm 处冠层的最高温是 A3 处理,为 34.6℃,主要是因为 A1、A2 处理密度过低空气流通快,温度散失也快,A4、A5 处理密度过大,叶片遮荫大,阻碍温度升高。40 cm 处冠层因叶片遮荫少,空气温度受阳光直射影响大,所以最高空气温度着随密度增大而减小,但空气温度要高于 20 cm 处。

吐絮期各处理空气温度在 14:00 左右达到最高,然后迅速下降,20 cm 和 40 cm 处冠层空气温度下降差距不大,平均都在 12~13℃。说明二者受冠层高度影响不大,温度变化基本一致,这主要是因为吐絮期棉花开始衰老,叶片大量脱落。不同处理间,20 cm 处冠层早晚保温效果较好的是 A3 处理,主要是因为 A1、A2 处理密度低温度散失快,A4、A5 处理密度大衰老快,叶片脱落多而保温能力下降。40 cm 处冠层因叶片脱落多,空气流通快,日空气温度上升快下降也快并随密度的增大而增大,但规律性不明显。

2.1.3 密度对棉花冠层空气相对湿度的影响。由表 1 可知,在花期,不同处理冠层的相对湿度较高而其日变化范围不大,20 cm 处冠层的相对湿度要高于 40 cm 处冠层,是因为 20 cm 处冠层温度较高,地面水分蒸发和叶片蒸腾作用很强。

处理间,相对湿度基本上在 50%~75%之间。10:00—12:00 相对湿度最高,可达 70%左右,12:00—18:00 相对湿度较低且平缓,维持在 50%~60%之间,18:00 后又再次升高。其中低密度 A1、A2 处理的相对湿度较低,变化范围较小,中间密度 A3 处理的相对湿度较高,变化范围最小,而高密度 A4、A5 处理的变化范围最大。40 cm 处冠层同样也存在这种现象,但相对湿度范围变小。各处理间相对湿度差距较小,在 18:00 之前,相对湿度均小于 20 cm 处。

到吐絮期,由于棉田已停止灌溉,棉花大量耗水,造成土壤含水量降低,地面水分蒸发减少,不同处理冠层相对湿度的日变化范围增大,相对湿度值也明显降低。20 cm 处冠层,处理间规律性不明显,12:00—16:00 相对湿度在 20%~30%之间,早、晚的相对湿度较高,最高在 20:00,可达 70%。低密度 A1、A2 处理的相对湿度高,而中间密度处理相对湿度低,呈现两边高中间低的现象。40 cm 处冠层,处理间受密度影响较大,相对湿度有随密度增大而减少的趋势,但处理间差距较小,总体变化趋势与 20 cm 处冠层相一致。

通过进行方程模拟,符合开口向上抛物线模型,相关系数最高可达 0.9933($y=411.94x^2-445.05x+166.9$),这说明了相对湿度的变化是先下降后升高。通过方程可以得出棉花冠层相对湿度变化情况,找出不同冠层和不同密度处理相对湿度的差距,分析田间水分盈缺状况,以便指导灌溉。

表 1 不同处理冠层日相对湿度变化

Table 1 The humidity changes of cotton canopy at different densities

时期	时间	A1/%		A2/%		A3/%		A4/%		A5/%	
		20 cm	40 cm	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm
花期	10:00	68.6	56.6	66.3	62.4	66.3	61.2	72.3	54.8	73.8	60.5
	12:00	56.7	46.6	53.1	48.8	58.3	60.4	65.6	56.9	61.7	60.5
	14:00	52.0	48.7	57.2	41.3	54.8	43.3	59.5	46.5	50.5	40.2
	16:00	54.9	48.5	50.4	39.1	51.4	42.2	51.5	40.9	51.3	41.2
	18:00	58.0	44.3	54.6	52.1	56.7	50.7	47.2	46.7	51	51.4
	20:00	57.0	68.3	56.1	69.7	59.6	58.7	61.5	60.4	68	64.7
吐絮期	10:00	57.5	49.9	43.8	43.9	43.9	47.4	44.5	39.0	50.3	38.9
	12:00	36.9	35.6	30.0	31.3	31.4	31.0	28.7	32.3	30.0	35.0
	14:00	34.5	32.0	23.0	21.1	23.9	23.0	26.4	21.3	30.1	20.2
	16:00	29.1	31.4	23.5	24.6	27.2	24.4	21.7	26.3	23.6	26.9
	18:00	36.0	34.3	31.4	29.9	31.6	28.8	38.1	30.8	39.8	28.5
	20:00	75.5	75.1	74.2	68.3	74.3	71.2	73.6	69.1	75.2	68.9

2.2 密度对相关生理特征的影响

2.2.1 密度对棉花冠层叶面积指数的影响。叶面积指数(LAI)是衡量棉花群体结构是否合理的一个重要生理动态指标。由图 3 可知,出苗—现蕾,各密度处理的 LAI 增长较为缓慢,到现蕾时,A1、A2 处理的 LAI 为 0.5~0.7,A3,A4 为 0.8~1.0,但 A5 的 LAI 为 1.5,表现为各处理的 LAI 随着密度的增加而增大。这是因为,现蕾前各密度处理的棉花植株较小,个体间尚未产生对养分、水分及光照的竞争;现蕾后,随着气温的不断升高,棉花生长加速,LAI 增长明显增快。各密度处理的 LAI 峰值的大小及出现的时间表现不一,A1、A2 处理 LAI 峰值出现在棉花的盛花期,最大值为 4.1~4.2,A3、A4、A5 处理 LAI 峰值出现在棉花的盛铃期,最大值分别为 3.4、5.1 和 5.8。这进一步表明,增加密度可增加 LAI,也显著影响 LAI 峰值出现的早晚。棉花吐絮时,无论密度大小,其 LAI 均维持在 2.3~2.6。说明在棉花生长后期,由于群体与个体以及个体相互间的激烈竞争,密度愈大处理其群体叶片的光合性能减弱越快,与各处理的 LAI 峰值相比,到吐絮期,A1-A5 处理

的 LAI 分别下降了 36.7%、45.0%、28.4%、53.2% 和 47.6%。其中,A3 处理下降较为平缓,且下降幅度为最小,表明 A3 处理维持叶面积的光合时间相对较长,这与最后 A3 产量最高相一致。

2.2.2 密度对棉花中部果枝主茎叶 SPAD 值变化的影响。叶绿素含量的高低直接影响叶片的光合能力,同时,叶绿素的变化情况还能反应棉花的生长和衰老状况。前人研究证明,叶绿素仪读数可以直接反映叶绿素含量的高低^[9]。在棉花盛铃期以后,对不同密度处理棉花第 8、10 果枝主茎叶进行定期 SPAD 值测定,由图 4-a 可知:不同密度处理的第 10 果枝主茎叶 SPAD 值在 8 月 14 日左右达到最大,分别为 68.7、67.5、66.2、65.6、62.4,然后逐渐减小,说明 8 月 14 日后棉花开始有衰老现象。各处理中,A4、A3、A1 的 SPAD 值后期保持较高的水平,这与冠层 40 cm 处透光率相对应,说明光照能促进叶片的叶绿素含量,使叶片衰老变晚,利于棉花的成铃。而 A2、A5 处理 SPAD 值明显低于其它处理,这是因为其土壤相对干旱,所以植株衰老加快。

由图 4-b 可知,棉花第 8 果枝主茎叶 SPAD 值初期高于第 10 果枝,平均值高出 5 个单位。从 8 月 4 日开始逐渐减小,减小趋势要早于第 10 果枝。整体趋势较平缓一致,且处理间变化不大。但 8 月 19 日后各处理 SPAD 值变化加大且呈下降趋势,A1、A2 处理下降幅度较大,其次是 A4、A5 处理,只有 A3 处理仍保持较高水平,到见絮后 SPAD 值相差最大达 13 个单位。这说明外界环境和植株生理变化从 8 月 19 日开始影响到了第 8 果枝,SPAD 值相对较高,则衰老的慢,反之,则衰老的快。

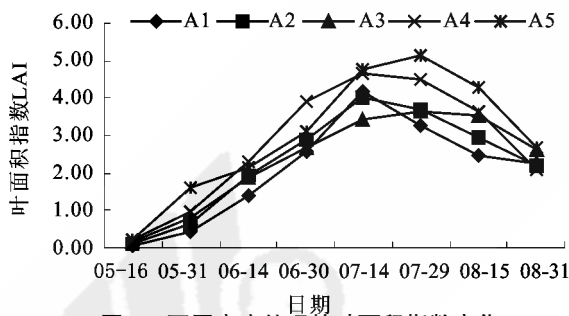


图 3 不同密度处理的叶面积指数变化

Fig.3 The LAI changes at different cotton densities

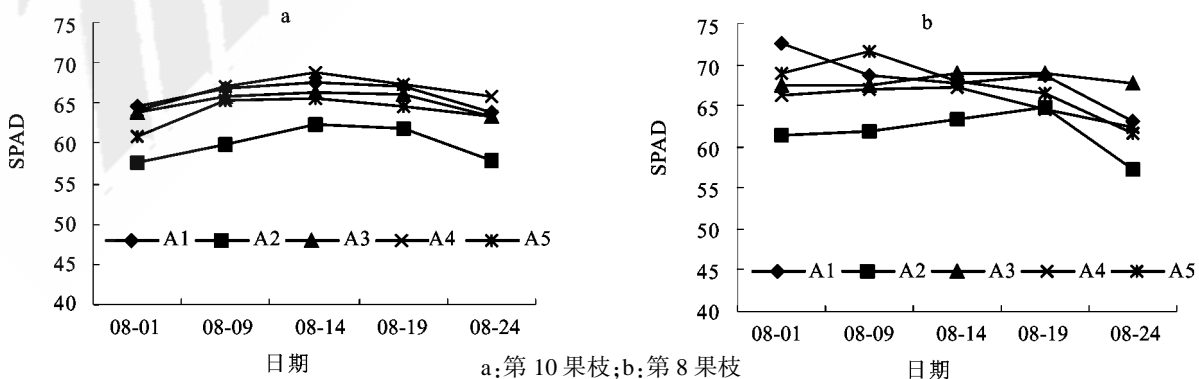


图 4 不同密度第 10 果枝与第 8 果枝主茎叶 SPAD 值变化情况

Fig.4 The SPAD changes of tenth and eighth fruit-branch main stalk leaves under different densities

2.3 密度对棉纤维品质性状的影响

棉花纤维品质分析结果见表 2, 不同密度处理棉花纤维品质之间无显著差异。上、中、下各部位棉花纤维的长度均随密度增大而减小, 中部平均纤维长度最长, 其次为下部, 上部纤维长度最短。上、中、下各部位比强度、麦克隆值均随密度变化先变大后减小, 相同部位间差异不显著, 各处理麦克隆值均超过 4.10, 但中、上部值比下部高 0.40 以上, 所以差距明显。

分析认为, 棉花上部棉铃纤维长度随密度增大而减小, A1 最长为 29.19 mm, A5 最短为 28.20 mm。而伸长率和可纺系数规律性较差。比强度、麦克隆值随密度先变大后减小, 但与中部棉铃相比比强度变小而麦克隆值增大; 整齐度以 A1 最

好为 85%, A5 最差, 为 83.9, 成熟度随密度的增加而降低。处理间各品质指标没有差异。棉花中部纤维的长度、伸长率随密度增大有减小的趋势, 但其值要比下部的高, 而可纺系数、成熟度则随密度变大有增大趋势, 差异大于上部但不明显。麦克隆值以 A3 处理最大, 为 4.72; 比强度有先变大后小趋势, 但无规律。棉花下部铃纤维的长度、伸长率、可纺系数均有随密度增大而减小的趋势, 长度最大相差 1.67 mm, 伸长率最大相差 7.6%, 可纺系数最大相差 18, 但它们之间差异性并不明显。而 A3 处理麦克隆值最大, 为 4.29, A1 处理最小, 为 4.1。成熟度基本没差异, A2 处理比强度最大, 为 32 cN·tex⁻¹。

表 2 不同密度处理的纤维品质

Table 2 The fiber quality under different densities

部位	处理	长度 / mm	比强度 / (cN·tex ⁻¹)	麦克隆值	伸长率 / %	可纺系数	成熟度
上部	A1	29.19a	30.0a	4.71a	6.67a	138a	0.90a
	A2	28.21a	29.7a	4.70a	6.60a	134a	0.90a
	A3	29.05a	30.4a	4.76a	7.03a	137a	0.91a
	A4	28.79a	29.9a	4.43a	6.67a	139a	0.89a
	A5	28.20a	27.8b	4.44a	7.17a	127a	0.88a
中部	A1	30.96a	30.9a	4.39a	6.90a	149a	0.89b
	A2	30.65a	32.1a	4.62a	6.80a	150a	0.91ab
	A3	30.56a	32.3a	4.72a	7.13a	152a	0.91a
	A4	30.37a	31.9a	4.68a	7.07a	151a	0.91a
	A5	30.28a	32.4a	4.69a	7.27a	153a	0.92a
下部	A1	30.98a	31.4ab	4.10a	7.63a	159a	0.89a
	A2	30.72a	32.0a	4.15a	7.33ab	152a	0.88a
	A3	30.86a	31.0ab	4.29a	6.87b	154a	0.89a
	A4	29.31a	29.5b	4.22a	7.30ab	141a	0.88a
	A5	30.80a	31.1ab	4.19a	7.03ab	154a	0.88a

3 结论与讨论

在日常农业生产中, 人们发现气候是影响作物产量的主要因子之一^[10]。密度不同, 棉田冠层内部不同层次的光、温、热就会发生相应改变, 叶面积指数、叶绿素含量等生理指标也会发生相应改变, 最终影响到棉花的产量和品质。

本研究发现, 初花前棉花冠层 20 cm 和 40 cm 处的透光率受棉花株高的影响明显不同, 二者透光率相差达 65% 左右。初花后二者透光率受密度影响而明显下降, 其差距也减小为 10% 左右, 直到吐絮时透光率才有所回升。不同处理间

差距均为显著。吐絮期 A3 透光率最高, 透光率高, 到达冠层底部的光就多, 光截获就少, 利于光合产物积累, 同时也反映出棉田的通风透气性增强, 对保证棉铃品质有利。花期和吐絮期棉花冠层温度较高, 花期中午冠层温度可达 35~38℃, 但受密度和冠层高度影响较大。20 cm 处冠层以 A3 处理空气温度最高, 提供了充足的光热。40 cm 处冠层空气温度大于 20 cm 处, 且种植密度高的处理温度也高。吐絮后棉花开始出现衰老, 叶片大量脱落, 棉田通透性增大。密度与冠层高度影响减弱, 但白昼温差明显增大。棉花不同冠

层日相对湿度变化趋势基本相同,为先下降后升高。花期相对湿度较高且变化较小,各处理以中间密度的相对湿度最为稳定,变化最小,其它处理变化较大。20 cm 处冠层相对湿度在 10:00—18:00 较高,但 18:00 后开始低于 40 cm 处。吐絮期,20 cm 和 40 cm 处冠层相对湿度变化趋势基本一致,早、晚的相对湿度较高,处理间规律性不明显,呈现两边高中间低的现象,这有利于棉花吐絮,减少烂铃的发生。

密度增加可增加 LAI,也显著影响 LAI 峰值出现的早晚。随着密度增大,LAI 的峰值出现变晚。A3 处理的 LAI 高峰出现在盛铃期,其值在 3.5~3.6 之间,吐絮时仍保持在 2.5~2.6, LAI 符合高产棉花标准。盛铃后 SPAD 值的高低能反应棉花衰老情况,SPAD 值下降快则说明叶片已开始衰老。第 10 果枝主茎叶 SPAD 值在 8 月 14 日左右达到最大后下降迅速,第 8 果枝主茎叶 SPAD 值在 8 月 19 日后迅速下降,只有 A3 处理仍保持较高。说明第 8 果枝叶衰老晚于第 10 果枝叶,A3 处理能维持较长时间的正常生理状态。

密度对品质有无影响尚存争议。经研究,不同密度处理之间棉花纤维品质无显著差异,不同部位间以中部棉铃的纤维品质最好。同时,密度增加能改进纤维品质,但密度大于 22.5 万株·hm² 后,又会对衣分、强度、麦克隆值产生负效应,对产量和纤维品质不利。所以,在生产实践中,要立足实际,切实做到合理密植,将密度控制在 22.5 万株·hm² 以下。

参考文献:

- [1] 袁玉江,李新建,何清.影响阿克苏棉区棉花单产的温度要素分析[J].中国农业气象,2001,22(1):34-38.
YUAN Yu-jiang, Li Xin-jian, He Qing. Analysis of temperature elements affecting per unit area output of cotton in Akesu cotton region[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2001, 22(1): 34-38.
- [2] 罗冰.红壤旱地的间作生态系统小气候特征分析[J].江西农业大学学报,2007, 29(4):634-637.
LUO Bing. Analysis of characters microclimate of intercropping ecosystems in upland redsoil[J].Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2007, 29(4):634-637.
- [3] 陈巧文,黎保序.冬种免耕马铃薯栽培小气候变化及最佳播种期气象依据探讨试验[J].广西农学报,2008,8(4):1-4.
CHEN Qiao-wen, Li Bao-xu. The micro-weather change on winter no-tillage potato cultivation and its best seeding period [J]. Journal of Guangxi Agriculture, 2008, 8(4):1-4.
- [4] 李富先,杨举芳,季枫,等.棉花膜下滴灌田间小气候规律的试验研究[J].石河子大学学报,2002,6(2):105-108.
LI Fu-xian, Yang Ju-fang, Ji Feng, et al. A study on microclimate rule of cotton with drip irrigation under plastic films[J]. Journal of Shihezi University, 2002, 6(2):105-108.
- [5] 赵振勇,田长彦,马英杰.高密度对陆地棉产量及品质的影响[J].干旱区研究,2003,20(4):292-295.
ZHAO Zhen-yong, Tian Chang-yan, Ma Ying-jie. Influence of close planting on the yield and quality of cotton[J]. Arid Zone Research, 2003, 20 (4): 292-295.
- [6] 卢守文,葛军.新疆棉花密度和产量水平对纤维品质的影响[J].中国棉花,2003,30(9):16-17.
LU Shou-wen, Ge Jun. The effect of different density to fiber quality of cotton [J]. China Cotton, 2003, 30(9):16-17.
- [7] 张志刚,陈金湘,曾昭云,等.栽培因子对棉株不同座果点纤维品质影响的研究[J].棉花学报,2003,15(1):37-41.
ZHANG Zhi-gang, Chen Jin-xiang, Zeng Zhao-yun, et al. Study of the effects of the cultural factors on the fiber quality of different fruiting position in cotton [J]. Cotton Science, 2003, 15(1):37-41.
- [8] Meredith W R Jr, Heltholt J J, Pettigrew W T, et al. Comparison of obsolete and modern cotton cultivars at two nitrogen levels[J]. Crop Sci, 1997, 37:1453-1457.
- [9] 张怀志,曹卫星,周治国,等.棉花适宜叶面积指数的动态知识模型[J].棉花学报,2003,15(3):151-154.
ZHANG Huai-zhi, Cao Wei-xing, Zhou Zhi-guo, et al. A dynamic knowledge model for optimal LAI in cotton[J]. Cotton Science, 2003, 15(3):151-154.
- [10] CRAIG W B, Robert L N, Steve M B. Plant density modifies within canopy cotton fiber quality[J]. Crop Science, 2006, 2(24): 950-956. ●