

不同密度水平对覆膜棉花田间小气候及产量的影响

娄善伟, 赵 强, 高云光, 郭仁松, 阿不力克木, 张巨松

(新疆农业大学, 教育部棉花工程研究中心, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘 要: 为了解棉花群体结构对棉田小环境的影响状况, 确定不同密度对产量影响的内在因素, 进行了不同棉花密度田间小气候测定试验。研究表明: 密度不同棉花的植株形态会发生很大变化, 因此大田的光、温、热等气候因子也会跟着改变。随着密度的增加不同层次的透光率均有减小趋势, 盛花后最小的透光率仅为 10% 左右。土壤水分方面, 密度过小麦地表散失严重, 密度过大叶片蒸腾过多耗水量大, 而 18 万株/hm² 密度更能充分利用水分。不同层次的温湿度上, 密度过小麦叶片蒸腾水分易散失, 密度过大散失虽慢但蒸腾多, 所以也是中等密度 18.0 和 22.5 万株/hm² 处理好, 不过各处理温度变化较小。产量上, 随密度增加, 产量先增大后减小, 18.0 万株/hm² 处理最高, 平均产量为 3 247.4 kg/hm²。

关键词: 小气候; 密度; 产量; 棉花

中图分类号: S 162.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009) 05-0088-05

作物的生长发育与气候变化的关系一直是地学界和农学界重点研究的问题之一^[1,2]。在日常工作中, 人们发现气候是影响作物产量的主要因子之一, 有关气象因素对作物产量影响的直观分析, 相关报道很多。在 20 世纪 80 年代以前, 气候领域主要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, 但对农田内部小气候的研究却相对较少。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。罗冰(2007 年) 对红壤旱地的间作生态系统小气候特征进行了分析, 黄良美等(2008 年) 也对南宁市植物群落结构特征与局地小气候效应的关系进行了分析。在小麦和马铃薯等作物上也早有类似研究, 郭峰等(2008 年) 曾进行过宽幅麦田套种田间小气候效应及对花生生长发育的影响研究, 而棉花方面, 阿布都克日本·阿巴司做过气候对新疆棉花产量的影响分析, 主要还是大的气象方面研究, 而棉花内部小气候的研究却很少, 尤其是不同密度群体的内部小气候研究更是缺少。棉花产量除个别年份受非自然因素影响外, 气象因子往往对其产生重大影响, 而气候因素的变化最终要通过改变棉田内部小环境来表现出来。同时密度的变化必然会影响到棉田的小环境, 究竟密度引起哪些小环境因子的变化是影响棉花产量的关键, 要真正了解其功能的作用机理, 必须系统分析其独特的小气候特

征。对这方面进行研究将对以后棉花的种植具有重要意义。新疆是我国近年发展起来的重要产棉区, 在中国棉花生产中占有重要地位。本试验在南疆阿克苏地区, 将群体结构特征与当地的土壤状况、栽培技术水平等因素充分结合起来, 对棉田小气候及棉花群体环境变化的关系进行研究, 以确定不同密度对棉花小气候和产量影响, 为棉花的种植提供依据^[3,4]。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验采用单因子随机区组设计, 供试品种为中棉 49 号。密度设置为 5 个处理: 9(A1)、13.5(A2)、18(A3)、22.5(A4)、27(A5) 万株/hm²。4 月 6 日人工点播, 播前结合整地深施尿素 300 kg/hm²、磷酸二铵 225 kg/hm², 在棉花见花期和盛花期各追施尿素 150 kg/hm² 和 75 kg/hm²。采用宽膜覆盖, 一膜四行, 每小区三膜十二行; 小区面积 8 m×5 m=40 m², 20 个小区, 重复 4 次, 试验区总长度为 35 m, 总宽度为 25 m, 试验区面积为 0.087 hm²。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、24.6、15.8、12.6、10.5 cm。小区排列如表 1, 密度由 A1 到 A5 按处理增大, A1、A2 作为低密度处理, A3、A4 作为中密度处理, A5 作为高密度处理, 其他田间管理参照高产试验田。

收稿日期: 2009-04-20
基金项目: 国家“十一五”科技支撑项目(2006BADB02-1); 新疆自治区科技攻关重大专项(200731133-1)
作者简介: 娄善伟(1982-), 山东日照人, 硕士研究生, 研究方向为作物栽培生理。

表 1 试验小区布置
Table 1 Test layout diagram

←北				
A1	A4	A3	A2	A5
A5	A1	A2	A3	A4
A2	A5	A1	A4	A3
A1	A2	A3	A4	A5

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 叶绿素、叶面积、光分布、光合速率测定 在棉花现蕾后定期测定各处理叶面积、群体光分布、群体光合作用的变化特征。光分布、叶面积指数采用 SunScan 冠层分析系统,叶绿素采用美国产 SPAD-502 叶绿素测定仪测定。光合速率(P_n)采用 tpa-2 便携式光合测定仪在晴天的上午测定。光分布采用 SunScan 冠层分析系统。

1.2.3 干物质积累 从 3 叶期开始,选 6 株棉花分根、茎、主茎叶、果枝叶、叶枝叶、蕾、花铃等器官测其干物重。

1.2.4 棉田小气候测定 在棉花现蕾后定期测定棉田群体冠层不同层次的温度、湿度、CO₂ 以及土壤

水分、温度的变化特征。应用 MicroLite 一U 盘型温度记录仪测定地温,土壤水分用 PR² 土壤剖面水分速测仪测定,把不同段测得的土壤含水量前值设为 W_1 ,后值设为 W_2 ,土壤水分的变化率为 W , $W = (W_2 - W_1) / W_2$ 。用 NK4000 手持气象仪测定棉花不同层次的温湿度。

1.2.5 经济产量 吐絮后实收小区产量,选取代表性 20 株调查单株果枝数、叶枝数和吐絮铃的空间分布测其铃重和衣分。

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 基本农艺性状

农艺性状如表 2,株高、茎粗、真叶数、果枝数、株宽、叶宽与密度成反比,低密度的 A1、A2 处理值明显高于其他处理且显著差异,其他处理间差异不明显。其中低、高密度处理间株高相差 10cm 以上,茎粗相差 3mm 以上,株宽相差 11cm 左右,叶宽相差 1cm 左右。果枝始节节数 A3 处理最小,而始节高度却最高,这可能与田间环境影响有关。主要因为低密度处理株距大,透光性好,前期生长营养供应充足,利于棉花的生长壮大。

表 2 不同密度处理的农艺性状
Table 2 Cotton agronomic characters under different density

处理 Treat ment	株高(cm) Plant height	茎粗(mm) Stem diameter	株宽(cm) Plant breadth	叶宽(cm) Leaf breadth	果枝始节(节) First fruiting shoot	始节高度(cm) Height of first shoot	真叶数(片) Main leaf number	果枝数(台) Fruit spur number
A1	72.60	13.03 _a	53.10	12.70	6.3 _a	18.80 _c	17.60 _a	12.40 _a
A2	78.20	12.22 _a	50.00	13.07	6.0 _b	18.93 _c	17.30 _a	12.20 _{ab}
A3	61.35	9.70 _b	39.90	11.93	5.8 _b	20.27 _a	15.70 _b	11.20 _{ab}
A4	58.30	9.01 _b	37.50	11.29	6.1 _b	19.53 _b	15.70 _b	10.90 _b
A5	57.00	8.72 _b	38.30	12.11	6.1 _b	20.30 _a	15.50 _b	10.70 _b

2.2 不同密度处理棉花冠层 40cm 处透光率

由图 1 可以看出棉花冠层 40cm 处透光率的变化情况,密度对小行和大行的透光率影响都是显著的。见花前(6 月 15)棉花株高刚超过 40cm,密度小的处理因肥水充足,生长快,株高高而遮光性强,密度大的处理生长慢而株高低,遮光性就弱,所以透光率按密度的增大而增大,大、小行均达到 70%~80%,最高的 A5 处理可达 90%以上。7 月初各处理株高均超过 50cm,株高作用减弱而密度作用增强,

所以透光率迅速降低到 20%左右并变为按密度的增大而减小,但大行透光率要好于小行,平均高出 14%左右。小行透光性最差出现在 7 月中旬,大行透光率最差出现在 7 月下旬的盛铃期,之后 A3 处理的透光率明显高于其他处理,见絮期(8 月 20)小行透光率在 20%,大行在 30%左右。透光率大,到达冠层底部的光就多,光截获就少,光合面积增大,光照时间延长,利于光合产物积累,同时也反映了棉田的通风透气性增强,对保证棉铃品质有利。

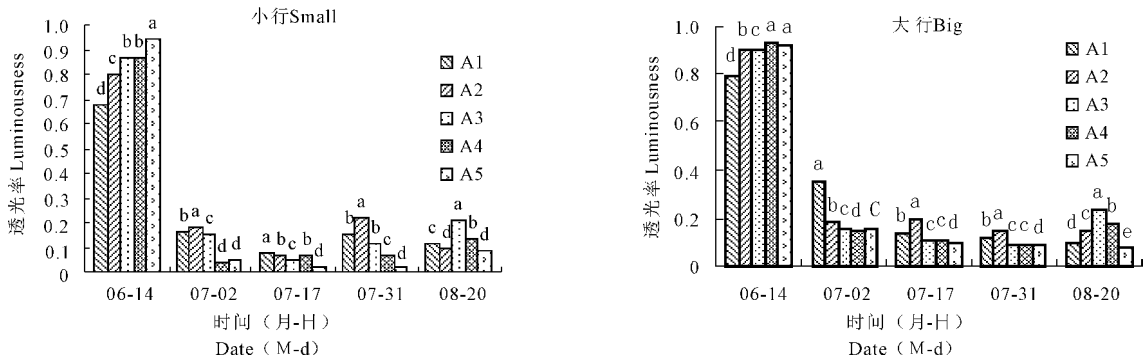


图 1 不同密度处理棉花小、大行冠层 40cm 处透光率

Fig.1 Light transmittance of the 40cm level small and big canopy of cotton under different density

2.3 不同密度处理土壤水分的变化

土壤水分的变化率与植株的需水量和水分的散失量有关。图 2 正值表明土壤水分含量增大，负值表明土壤水分含量下降。蕾期和盛铃期虽然不是棉花需水的关键时期，但是由于新疆地区采用的是灌溉模式，这两个时期灌溉较少土壤水分散失严重，表现为负值，相对而言是缺水的。而花期到初铃期虽然需水量比较大，由于灌溉及时，所以并不存在缺水现象。但保证这段时期水分供应非常重要，这也是获得棉花高产的关键^[5,9]。由图 3，各处理间，蕾期

水分散失有按密度增大而增大趋势，所以含水量按密度增大而减小。初花(6 月 15)到盛铃(7 月底)肥水增多，土壤含水量升高，低密度 A1、A2 处理由于植株间距大，揭膜后(6 月 16)地面水分散失严重，土壤含水量只增加了 7%，中密度 A3、A4 处理植株叶片紧凑，保水性增强，增加了 9%。而 A5 处理虽然植株紧凑但叶片失水较多仅增加了 7%。盛铃后由于不再灌溉，单位面积成铃多的处理耗水量大，加上植株衰老叶面积减少造成土壤水分散失加剧，所以 A2、A3、A4 处理水分变化增大，含水量变小，严重缺水。

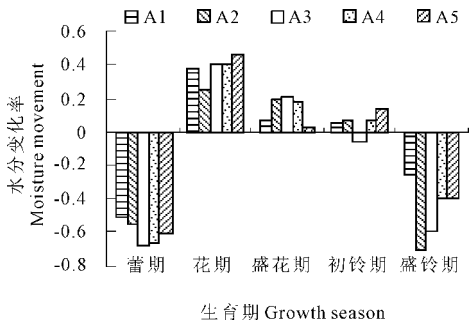


图 2 不同密度处理 15cm 土壤水分变化率

Fig.2 The change rate of 15cm soil moisture under different density

2.4 不同密度处理棉花中部温湿度的变化

由图 4、5 可以看出，花期棉花大田白天 20cm 处田间温度在 20℃ 以上，温度随时间不断升高，到 16:00 温度达到最高 34℃ 左右，其中 A3、A4 处理变化值最大增高 9.5℃，高于其他处理 1℃ 以上。然后缓慢下降，但一直到保持在 28℃ 以上。各处理间按密度的增大温度减小，可见密度大的处理棉花间距小，叶片重叠多，减少了阳光直射。到见絮期，棉花大田白天 20cm 处温度明显降低，虽然一天中最高温度仍出现在 16:00 点左右，但随后迅速下降，温度降至 18℃ 左右，A3 处理温度下降最小但各处理间基本保持相同温度，密度影响不再明显。主要因为见絮后

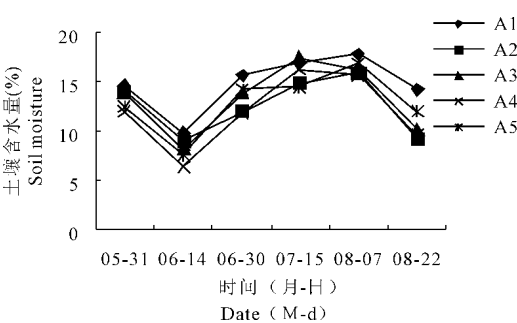


图 3 不同密度处理 15cm 土壤含水量变化

Fig.3 The change of 15cm soil moisture under different density

棉花开始出现衰老，叶片开始脱落，棉田通透性增大，使得密度的影响减弱。

由图 6、7 可以看出，棉花花期不同处理的大田 20cm 处湿度一天变化范围不是很大，相对见絮期要稳定。但由于温度较高，地面水分蒸发和叶片蒸腾作用很强，使得 20cm 处湿度相对较大，低中密度处理的相对湿度变化要小，各处理基本上在 50% 以上，并随着温度升高有下降趋势，但最低点出现的比温度最高点稍微滞后。处理间的规律性不明显，可能受地面水分蒸发影响较大，相对减弱了密度的影响，但 A3 处理相对湿度较高较稳定。到见絮期大田相对湿度明显下降，尤其中午只有 20%~30% 左

右,早上和傍晚由于光照减弱,温度降低,田间叶片水蒸气大量凝结,相对湿度增大。处理间受密度影响增大,开始按密度增大相对湿度有减少趋势,主要

因为见絮后,棉田早已停止灌溉,棉花大量耗水,造成土壤含水量降低,地面水分蒸发减少,从而减少了对棉田 20cm 处湿度的影响。

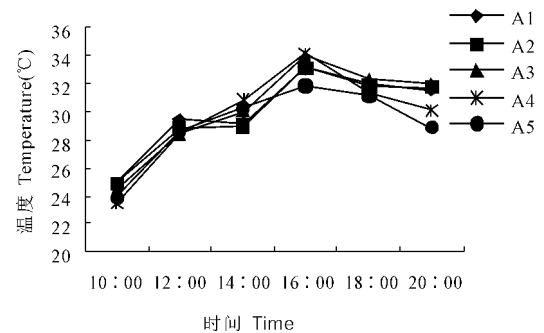


图 4 花期不同处理日温度变化

Fig .4 Daily temperature change in flowering stage under different treatment

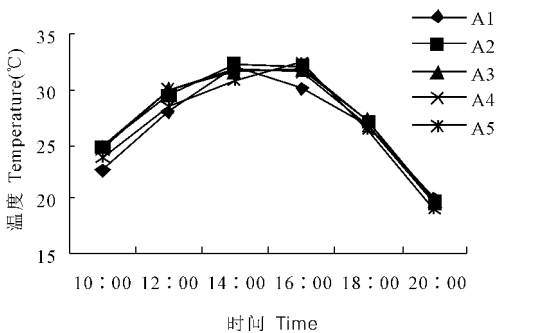


图 5 见絮期不同处理日温度变化

Fig .5 Daily temperature change in boll opening stage under different treatment

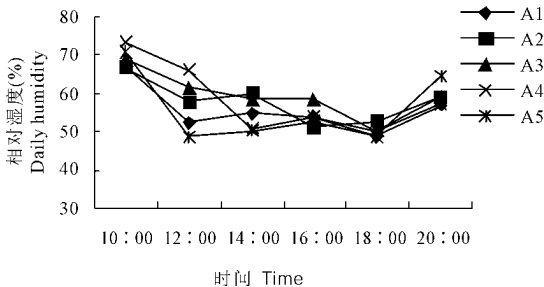


图 6 花期不同处理日相对湿度变化

Fig .6 Daily humidity change in flowering stage under different treatment

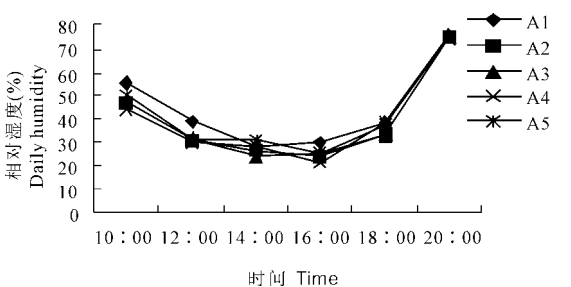


图 7 见絮期不同处理日相对湿度变化

Fig .7 Daily humidity change in boll opening stage under different treatment

2.5 不同密度处理棉花产量及其构成因素

由表 3 可以看出,密度与单株结铃呈负相关,密度越高单株结铃越少,反之越多,密度对单株铃数影响很大,处理 A 1 单株铃数最多为 12.8 个,而最少的 A 5 处理仅为 4.7 个。单铃重随着密度的增加而下降,A 1 处理与 A 3 处理差异显著,A 3 与 A 4、A 5 差异也显著。在衣分上各处理虽然也有差距,但并不明显,相互间差距较小,衣分值都在 40%~41%之间。

皮棉产量在一定的范围内随密度的增加而提高,但超过一定范围之后,随着密度增加棉花产量有下降的趋势,最大产量出现在 A 3 处理田块为3 247.4kg / hm²。密度较低的 A 1、A 2 处理与 A 3 处理差异显著,密度较高的 A 4、A 5 处理与 A 3 处理差距也显著。这说明棉花的适宜密度范围在 18 万株/hm² 左右,如果继续增大或降低密度,除非采用新的栽培措施,否则在现有栽培条件下产量将会降低^{7,9}。

表 3 不同密度处理的棉花产量和产量构成因素

Table 3 Yield and yield component under different planting density

处理 Treat ment	理论株数 (万株/hm ²) Theoretic plant number	收获株数 (万株/hm ²) Number of plant	单株铃数(个) Number of boll per plant	单铃重(g) Boll weight	衣分(%) Lint percentage	皮棉产量 (kg /hm ²) Yield
A 1	9.00	8.70	12.80 _a	6.05 _a	40.66 _{ab}	2740.5 _d
A 2	13.50	13.00	9.03 _b	6.04 _{ab}	41.15 _a	2900.9 _c
A 3	18.00	18.07	7.42 _c	5.93 _b	40.72 _{ab}	3247.4 _a
A 4	22.50	21.89	5.69 _d	5.82 _c	40.34 _{ab}	2961.6 _b
A 5	27.00	24.96	4.70 _e	5.62 _c	40.27 _b	2684.4 _d

3 讨 论

棉花产量的形成是在一定的光、温、热、水、肥满足的条件下实现的。密度不同,棉田内部不同层次的光、温、热就会发生相应改变,这些条件的改变会对产量产生影响^[9~11]。通过研究发现:首先,密度改变了植株形态。植株健壮,株高、株宽适宜是获高产的基础,试验结果中 A3 处理的植株性状最好,株高为 60~70cm,株宽 40~45cm,单株果枝数 11~12 个。其次,光合产物多,才能为产量的形成提供更多的干物质,密度过大,透光率减小,光合面积减少,光合性能减弱,光合产物少,产量就会降低;密度过小,光合产物总量就会降低,而有关研究发现干物质的积累关键是在盛铃后一段时期,试验中,中间密度 A3 处理在盛铃后透光性最好。另外,土壤水分多少不但能调节棉株的形态还能调节棉花的营养生长和生殖生长,水分多易旺长,水分少花蕾和铃容易脱落且易早衰,初花到盛铃是棉花需水的关键期,各处理中 A3 处理在这段时间土壤含水量增加快,保水性好,利于蕾铃的成长,为后期高产奠定了基础。最后,棉田不同层次的温湿度也受密度影响,棉层温湿度可以调节棉花叶片机能,与花蕾脱落和烂铃有关,适宜的温湿度才对产量有利,本试验 A3 处理花期日温度上升快而见絮期温度下降小,相对湿度变化

范围小含量较高较稳定。综合各项,A3 处理获得产量高,建议棉花密度最少要大于 15 万株/hm²,最高不要超过 22.5 万株/hm²,16.5~21 万株/hm² 密度的田间小气候较适宜。

参 考 文 献:

- [1] 龚京明. 棉花叶枝的发生及其利用[J]. 作物研究, 1997, (2): 36—37.
- [2] 孙培良, 王书同, 张培印, 等. 棉花全程化调控技术及其小气候研究[J]. 山东气象, 1999, 19(3): 20—23.
- [3] 狄佳春, 钱大顺, 张香桂, 等. 常规棉与杂交棉皮棉产量构成因素分析[J]. 江苏农业科学, 2000, (4): 24—26.
- [4] 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.
- [5] 李明思, 马富裕, 郑旭荣, 等. 膜下滴灌棉花田间需水规律研究[J]. 灌溉排水, 2002, 21(1): 58—60.
- [6] 李富先, 季枫, 杨举芳, 等. 北疆棉花膜下滴灌田间小气候特征性研究[J]. 新疆农业大学学报, 2002, 25(3): 16—19.
- [7] 金桂红. 小气候与棉花败育的关系[J]. 南京农业大学学报, 1985, (1): 21—25.
- [8] 刘海蓉, 刘进新, 李凤琴, 等. 不同气候条件对棉花产量的影响[J]. 新疆气象, 2005, (2): 21—23.
- [9] 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.
- [10] 潘学标, 李玉娥, 王延琴. 气候变异对新疆棉花产量影响的空间分析[J]. 中国棉花, 2000, 27(2): 10—12.
- [11] 刘凤仪. 棉花留叶枝去下部果枝控晚蕾优质高产栽培技术研究[J]. 山西棉花, 1990, (3): 22—25.

The effect of different density on microclimate and yield in cotton field under film mulching

LOU Shanwei, ZHAO Qiang, GAO Yunguang, GUO Ren song, A BULIKE MU, ZHANG Juesong

(Cotton Engineering Research Center of the Ministry of Education, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

Abstract: A field experiment was conducted to determine the effect of different density on the microclimate and yield components of cotton plants. The study results indicate that different density of cotton plants can affect the structure and lead to great changes; therefore the field's light, temperature and other climatic factors will change. The light transmittance has a reducing tendency with the density increasing at different levels. After peak flowering period the smallest transmittance is only about 10%. For soil moisture, too small density leads to serious surface dissipation while oversized density causes excessive leaf transpiration and great water consumption. Therefore the density of 180 000 plant/hm² can use the moisture content fully. In different humidity level, small density causes leaf transpiration which makes moisture dissipation, while oversized density leads to slow dissipation but quick transpiration. Therefore, the medium density of 180 000 plant/hm² and 225 000 plant/hm² has better results, and there is little temperature difference in each treatment. For yield, along with the density increasing, the yield increases first and then decreases, and the treatment of 180 000 plant/hm² has the highest yield, averaging 3 247.4 kg/hm².

Key words: microclimate; density; yield; cotton