

新疆石河子棉区高密条件下冠层结构和光分布特征

王春艳¹, 磯田昭弘², 王道龙¹, 李茂松², 阮明艳³, 苏跃¹

(1. 中国农业科学院农业环境与可持续研究所, 北京, 100081; 2. 日本千葉大学园艺学部, 日本千葉县松戸市, 271-0085; 3. 新疆石河子中亚干旱农业环境研究所, 石河子 831000)

摘要:对新疆石河子5个棉花主栽品种全生育期的干物质积累、生长参数、产量和盛铃期的冠层结构、光渗透能力和光分布等进行了测量分析。结果表明,作物生长速率、铃生长率以及子棉产量等均与总受光量呈正相关关系,净同化率则与单位叶面积受光量呈正相关关系,说明受光量是决定干物质生产和产量的重要因素;单位叶面积受光量即光的渗透能力与单位土地面积总受光量呈正相关关系、而与LAI呈负相关关系,说明冠层结构也是影响冠层受光量的主要因素;总受光量与LAI呈显著的正相关关系,说明LAI最大值并未达到最适宜水平。新疆地区棉花高产棉田的主要特征可以总结为叶数少、叶片大、冠层结构为椭圆形。由于叶面积指数尚未达到最适宜水平,增加种植密度可能是提高产量的一个途径。

关键词:新疆;棉花;生长参数;受光量;冠层结构

中图分类号:S562.01 **文献标识码:**A

文章编号:1002-7807(2006)04-0223-05

Canopy Structure and Radiation Interception of Cotton Grown under High Density Condition in Northern Xinjiang

WANG Chun-yan¹, ISODA Akihiro², WANG Dao-long¹, LI Mao-song¹, RUAN Ming-yan³, SU yue¹

(1. *Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, China Academy of Agricultural Science, Beijing 100081, China*; 2. *Faculty of Horticulture, Chiba University, 271-0085, Japan*; 3. *Shihezi Agricultural and Environmental Institute for Arid Area of Central Asia, Xinjiang, 831000, China*)

Abstract: Five local cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars, including Xinluzao 6, Xinluzao 8, Xinluzao 10, Xinluzao 11 and Shixuan 87 were grown under high planting density in Shihezi, Xinjiang, China, in 2000. The dry weights of root, stem, leaf, square and boll of ten plants were measured in 2 weeks intervals. Leaf area was measured with an automatic area meter. The growth parameters: leaf area index (LAI), crop growth rate (CGR), net assimilate rate (NAR), boll growth rate (BGR) were calculated. At boll filling stage, three plants of each replication were chosen for measuring the intercepted radiation with simple integrated solarimeter films. The radiation interception per unit leaf area (IRL) and the amount of radiation interception of each leaf were calculated. LAI and accumulated radiation interception of layer every 10 cm were also calculated. The results showed that IRL had highly significant positive relations to leaf number, and IRG had significant relation to mean leaf area, suggesting that less leaf number but large leaf size would be benefit for radiation interception in cotton cultivars under high planting density. CGR, BGR, total dry matter (TDM) and yield showed significant positive relations to IRG, suggesting that the total radiation interception would be

收稿日期:2005-11-15 作者简介:王春艳(1971-)女,博士, chunyanrx@yahoo.com.cn

基金项目:日本文部省奖学金资助

a main factor in dry matter and yield production at boll filling stage. The NAR showed a significant positive relation to IRL, indicating that the ability of radiation interception of leaves at each layer would be important for higher assimilating ability of the canopy. Less leaf number, large single leaf area and the ellipse shape were considered as the characteristics of the ideotype of cotton canopy in radiation interception and dry matter production.

Key words: Xingjiang; Cotton; Growth parameters; Radiation interception; Canopy structure

新疆棉区的气候干燥、日照充足、病虫害轻,所产棉花以色泽白、成熟度好、纤维长、品级高而著称^[1]。新疆春季多低温天气,秋季降温较快,为充分利用当地气候资源,新疆棉区多采用矮密早膜匀和膜下滴灌等技术栽培棉花^[2-5,15-17]。新疆,尤其是北疆地区棉花的高产是与其充分利用生长季充足的光热资源密不可分的,单株收获铃数少但单位土地面积铃数多是北疆地区棉花取得高产的主要原因^[6]。种植密度是北疆地区棉花产量稳定与提高的关键。但是随着密度的增加,光向棉田群落冠层内部的渗透能力迅速减弱,当密度增加到一定程度后,干物质生产和产量就会受到影响^[7-9]。因此,有必要探明在当前栽培密度下冠层受光量和光分布特征,以确定目前的种植密度是否有进一步提高的可能。本研究拟通过大田栽培试验,确定新疆地区主栽品种在盛铃期的冠层结构、光渗透能力和冠层光分布特征,对这些参数与生长参数和产量的相关关系进行分析,并进一步讨论适合当地栽培方式品种的主要冠层特征。

1 材料和方法

试验于2000年在新疆石河子中亚干旱农业环境研究所进行,供试品种为新陆早6号、新陆早8号、新陆早10号、新陆早11号和石选87。每个品种设置2个重复,每个重复面积为20 m×5 m,4月28日播种,6月12日开始干物质取样,每2周一次。取样方法为每个重复取14株,去掉最大和最小的2株,将各个器官分离。用叶面积仪(AMM-7, Hayashideno, JAPAN)测量叶面积,之后把根、茎、叶、蕾、铃分别放在105℃杀青30 min,然后在80℃下直至烘干。根据作物生长解析原理,分别计算不同阶段作物生长率(CGR)、净同化率(NAR)、铃生长率(BGR)、叶面积指数(LAI)、干物质分配到生殖器官和营养器官的比例(蕾铃重/茎叶重,简称分配比RVR)、最大分配比(全生育期最大铃重/最大茎叶重),各生长参数的平均值为所有生育阶段值的平均。9月4日起

开始人工采收,去子,分别测量子棉和皮棉重。

冠层受光量试验是在8月5日到8月6日使用日射计测量。日射计是一种表面镀过特殊材料的红色胶片,在光照下均匀褪色,根据其放置在光下的褪色比例计算受光量^[10]。这种胶片的重量几乎为0,能够较长时间放置在叶片上而不影响叶片的运动,从而能够记录较长一段时间内的每层每枚叶片的受光态势和累积受光量。每个品种在每个重复选择有代表性长势均匀的3株,共30株,于8月4日晚太阳落山后,用双面透明胶布将日射计贴在每一枚叶片的中央,于8月6日晚在太阳落山后收回。日射计贴片前后透光率均用分光光度计测量(U-1000, Hitachi Corp, Japan),日射计贴片取下后同时测量叶片的叶面积和各叶片距离地面的高度,从而计算每10 cm层的平均单叶面积(MLA)、叶面积指数(LAI)、平均单位叶面积受光量(简称IRL,表示光的渗透能力)、单位土地面积受光量($\Sigma(MLA \times IRL)$,简称IRG)和冠层叶面积指数($= \Sigma(\text{每层 LAI})$)、平均单叶面积(MLA)、平均单位叶面积受光量(IRL)和平均单位土地面积总受光量($= \Sigma(\text{各层 IRG})$)。8月5日、6日天气良好,平均地表受光量为 $16.3 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$,4:00-19:00时的平均空气温度为26.5℃。

2 结果与分析

2.1 生长参数

由表1可知,新陆早10号和石选87的平均作物生长率、平均净同化率和干物质分配比较高,而新陆早6号和新陆早11号的值比较低。

2.2 单位叶面积和单位土地面积受光量

由图1可知,不同品种间平均单叶面积差异很大,其中石选87叶片最大,新陆早11号最小;同一品种的各层间的平均单叶面积也有差异,一般上部的叶片比下部大。随着冠层高度的降低,单位叶面积的受光量迅速下降,中层的IRL仅为顶层的一半以下。品种之间差异显著,新陆早10号中

上层受光量最大,说明中上部的光分布好,新陆早 11 号下层受光量最高,表明冠层光渗透性最强。

表 1 各品种的全生育期平均作物生长率、铃生长率、净同化率、最大干物质分配比

Table 1 The growth parameters of the five cotton cultivars

品种	平均作物生长率 /(g · m ⁻² · d ⁻¹)	铃生长率 /(g · m ⁻² · d ⁻¹)	净同化率 /(g · m ⁻² · d ⁻¹)	最大干物质分配比 /(g · g ⁻¹)
新陆早 6 号	12.8 d*	9.2 cd	7.3 b	0.86 c
新陆早 8 号	13.0 d	9.5 cd	8.6 ab	1.11 ab
新陆早 10 号	15.4 ab	11.6 ab	9.6 a	1.17 a
新路早 11 号	11.1 e	8.9 d	8.0 ab	1.10 ab
石选 87	15.8 a	12.7 a	8.7 ab	1.21 a

注: * 不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。

图 2 表明,新陆早 10 号的冠层呈明显的椭圆形分布,非常有利于光的截获和渗透。而石选 87 总受光量的 70%以上集中于上层,光的渗透性较

差。新陆早 11 号的各层 LAI 分布非常均匀,但叶面积小,总受光量少。

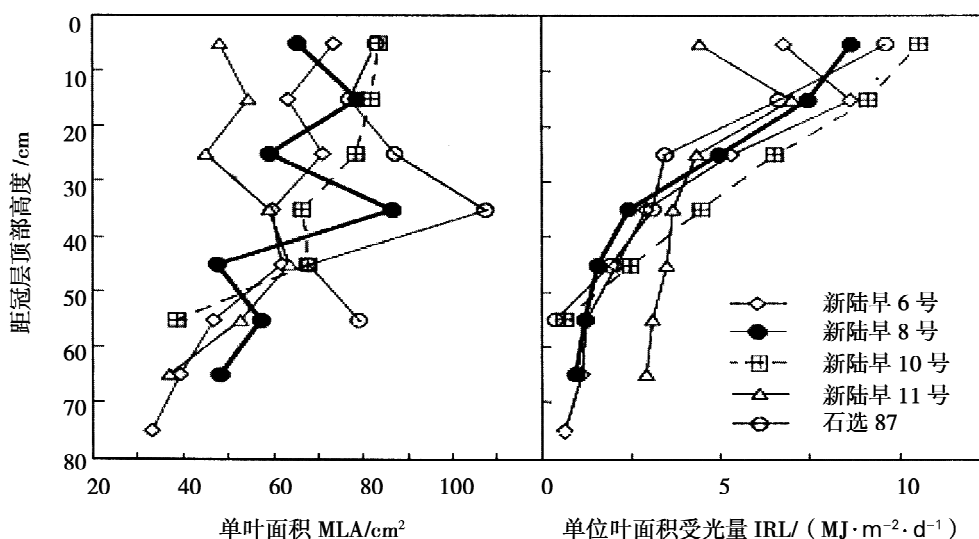


图 1 各品种各层平均单叶面积和平均叶片受光量

Fig. 1 The mean single leaf area and mean radiation interception per unit leaf area of each layer from top to ground of the five cotton cultivars.

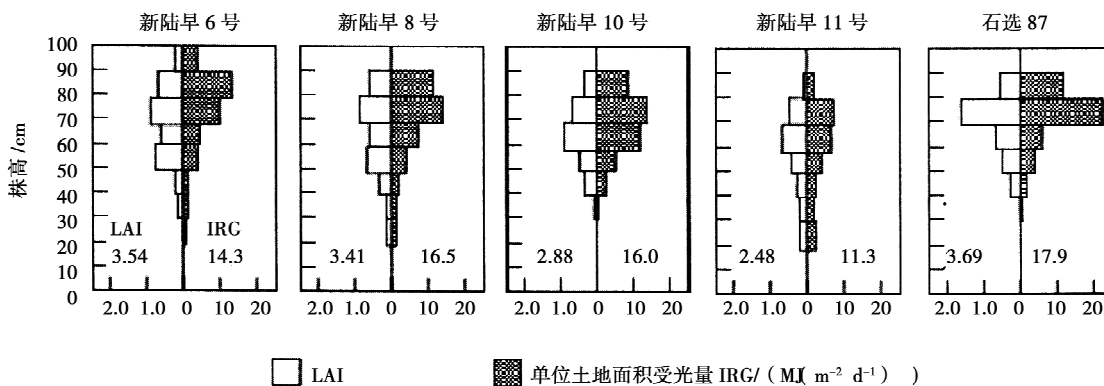


图 2 各品种分层叶面积指数 LAI 与单位土地面积受光量 IRC

Fig. 2 LAI and radiation interception per unit ground area of each layer of five cultivars

由表 2 可知,新陆早 6 号的叶片数最多,新陆早 10 号的叶片数最少;石选 87 的平均单叶面积

最大,新陆早 11 号最小;新陆早 10 号的单位叶面积受光量最大,石选 87 的单位土地面积的总受光

量最大。由表3可知,单位叶面积受光量与叶数呈显著负相关,而单位土地面积受光量与叶面积指数和单叶面积呈显著正相关,说明叶片数越少,光向冠层的透过性越好,而叶面积指数越大,单叶面积越大,则单位土地面积受光量越多。

表2 各品种间冠层参数

Table 2 Canopy characteristics of 5 cotton cultivars.

品种	LAI	单株叶片数 /株	单叶面积 /cm ²	单位叶面积受光量 /(MJ·m ⁻² ·d ⁻¹)	单位土地面积受光量 /(MJ·m ⁻² ·d ⁻¹)
新陆早6号	3.54 ab*	31.3 a	61.0 bc	3.6 b	14.3 ab
新陆早8号	3.41 ab	27.7 ab	66.5 b	3.9 b	16.5 ab
新陆早10号	2.88 bc	21.0 c	74.1 ab	5.7 a	16.0 ab
新陆早11号	2.48 c	26.7 ab	50.2 c	4.2 b	11.3 b
石选87号	3.69 a	24.3 bc	81.1 a	4.2 b	17.9 a

注: * 不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。

表3 冠层参数间的相关关系

Table 3 Relationships among canopy characteristics.

	单株叶片数	单叶面积	单位叶面积受光量	
单位叶面积受光量	-0.456	-0.907**	0.380	-
单位土地面积受光量	0.751*	-0.356	0.946**	0.166

注: * 表示在 0.05 水平上差异显著。

2.3 产量和产量构成要素

由表4可知,棉花产量品种间的差异显著。其中石选87和新陆早10号的子棉和皮棉产量较高,新陆早11号的产量最低;石选87的单株收获铃数最高;新陆早6号、新陆早10号铃重高;新陆

早11号的收获指数最高。

表5结果表明,无论是单位叶面积受光量和单位土地面积受光量均与产量和生长参数呈正相关关系。说明在新疆石河子地区,受光量是影响棉花生长发育和产量的主要因素。

表4 产量与产量构成要素

Table 4 Yield and yield components

品种	子棉产量 /(kg·hm ⁻²)	皮棉产量 /(kg·hm ⁻²)	衣分 /%	单株铃数 /个	铃重 /g	收获指数
新陆早6号	4032 b	1460 c	36.2 c	4.5 c	5.42 a	0.34 c
新陆早8号	4006 b	1547 b	38.6 ab	5.1 b	4.68 c	0.38 ab
新陆早10号	4414 a	1809 a	41.0 a	4.7 c	5.68 a	0.36 b
新陆早11号	3793 c	1545 b	40.7 a	4.9 bc	4.68 c	0.39 a
石选87	4528 a	1782 a	39.4 ab	5.5 a	4.94 bc	0.33 c

注:不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。

表5 受光量与生长参数和产量的相关关系

Table 5 Relations among growth parameters and yields

	NAR	CGR	BGR	子棉	皮棉
单位叶面积受光量	0.856*	0.528	0.516	0.780*	0.511
单位土地面积受光量	0.528	0.861*	0.762*	0.821*	0.586

注: * 表示在 0.05 水平上差异显著。

3 结论与讨论

试验结果表明,作物生长速率、铃生长率以及

子棉产量等均与总受光量呈正相关关系,净同化率则与单位叶面积的受光量呈正相关关系,说明

受光量是决定干物质生产和产量的重要因素。单位叶面积受光量即光的渗透能力与单位土地面积总受光量呈正相关关系,而与 LAI 呈负相关关系,说明冠层结构也是影响冠层受光量的主要因素。同时叶数越少则光向冠层内部的渗透能力越强,单叶面积越大,总的受光能力越强。如新陆早 10 号,虽然 LAI 较低,但是其较少的叶片数和椭圆形的冠层结构使得光向冠层内部的渗透能力强,较大的单叶面积又使其每层的光截获量多,因而新陆早 10 号的总受光量较高。叶片少也使冠层内部通风良好,有利于干物质生产。相反,石选 87 虽然单叶面积大,叶数少,但是 70% 以上的叶片都集中在冠层最上部,使得所有上部叶片受光比较均匀,但向内部渗透的光极少。对于棉花生殖生长盛期的光截获来说,冠层叶片的分布比 LAI 的影响更大^[12-14]。总受光量与 LAI 呈显著的正相关关系,说明 LAI 最大值并未达到最适宜水平。这与本人的前一研究结果一致,即在本试验栽培密度下,棉花冠层并未严重郁闭,叶面积指数可能未达到最大值。尤其是新陆早 11 号,最大叶面积小于 3,虽然其冠层结构好,但是光线可以直接射到地表,使得光不能充分被冠层截获,总受光量低。对于这样的品种,提高叶面积指数、增加种植密度是进一步提高单产的途径。

由此可见,根据品种的冠层特征,在每公顷 18.5 万株的基础上适当增加播种密度可能是进一步稳产的关键。但是已有试验结果表明,当密度达到每公顷 30 万株时,棉花品质也会受到影响^[15]。因此,在本试验密度每公顷 18.5 万株和可能密度每公顷 30 万株之间,根据不同品种的冠层特征选择适宜的播种密度,有可能进一步提高产量。从目前的情况来看,2005 年新疆大部分棉区已经实现了一膜 4 行的栽培方式,密度也增加到每公顷 20 万~24 万株左右,因此需要再进行试验研究来确定进一步增加密度是否有利于提高单产^[15]。从上述结论可以看出,新疆地区棉花高产棉田的主要特征是叶数少、叶片大、冠层结构为椭圆形。由于叶面积指数尚未达到最适宜水平,增加种植密度可能是提高产量的一个途径。

参考文献:

- [1] 胡保民. 新疆棉花资源优势分析[J]. 新疆农业大学学报, 2002, 25(3): 87-90.
- [2] 马富裕, 赵志鸿. 新疆北疆棉花高产群体因素分析及其栽培技术途径 [J]. 棉花学报, 2002, 14(2): 91-94.
- [3] 徐文修, 许秉钊. 北疆棉花生产力及生产潜力的研究 [J]. 棉花学报, 2002, 14(2): 113-116.
- [4] 马富裕, 周治国, 郑 重, 等. 新疆棉花膜下滴灌技术的发展与完善 [J]. 干旱地区农业研究 [J]. 2004, 22(3): 202-208.
- [5] 李星华. 新疆棉花“矮密早”技术的气候条件 [J]. 新疆气象, 2002, 25(6): 19-21.
- [6] WANG C, Isoda A, Wang P. Growth and Yield Performance of Some Cotton Cultivars in Xinjiang, China, An Arid Area with Short Growing Period [J]. J Agron. & Crop Sci. 2004, 190: 177-183.
- [7] HEITHOLT J J, Pettigrew W T, Meredith W R. Light interception and lint yield one narrow row cotton [J]. Crop Sci. 1992, 32: 728-733.
- [8] AIKMAN D P. Potential increase in photosynthetic efficiency from their distribution of solar radiation in a crop [J]. J Exp Bot. 1989, 40: 855-856.
- [9] MONTEITH J L. Validity of the correlation between intercepted radiation and biomass [J]. Agri Forest Meteorol. 1994, 68: 213-220.
- [10] YOSHIMURA T, Komiyama K, Ishikawa T. Simple recording film for measurement of integrated global solar radiation [J]. J Jpn Solar Energy, 1990, 9: 193-204.
- [11] RETA-SANCHEZ D Z, Fowler J L. Canopy light environment and yield of Narrow-row cotton as affected by canopy architecture [J]. Agron J, 2002, 94: 1317-1323.
- [12] HEITHOLT J J. Canopy characteristics associated with deficient and excessive cotton plant population densities [J]. Crop Sci. 1994, 34: 1291-1297.
- [13] RICHARDSON A J, Wiegand C L. Modeling planting configuration and canopy architecture effects on diurnal light absorption changes in cotton [J]. International Journal of Remote Sensing (UK) 1988, 9: 701-714.
- [14] MARANI A, Ephrath J. Penetration of radiation into cotton crop canopies [J]. Crop Sci. 1985, 25(2): 309-313.
- [15] 吕 新, 白 萍, 王克如. 不同棉花品种群体冠层构成分析 [J]. 中国棉花, 2001, 28(4): 14-15.
- [16] 张旺锋, 李蒙春, 沟 玲, 等. 北疆高产棉花养分吸收特性的研究 [J]. 棉花学报, 1998, 10(2): 88-95.
- [17] 张旺锋, 沟 玲, 李蒙春, 等. 北疆高产棉花群体光合速率及产量关系的研究 [J]. 棉花学报, 1999, 11(4): 185-190.