

新疆棉花高产栽培生理指标研究

王克如¹, 李少昆^{1,2}, 宋光杰³, 陈刚³, 曹栓柱³

(¹ 石河子大学新疆作物高产研究中心, 石河子 832003; ² 中国农业科学院作物育种栽培研究所/农业部作物遗传育种重点开放实验室, 北京 100081; ³ 新疆生产建设兵团农三师, 喀什 844000)

摘要: 通过研究提出实现公顷产皮棉 3 000kg 的栽培生理指标是: 总干物质积累 19 480kg/ha, 积累速率最大值 V_{max} 出现在盛铃初期(8 月 1 日左右), 为 $315.2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, 籽棉收获指数 36.70%, 皮棉收获指数 15.56%; LAI 在苗期、现蕾期、开花期、吐絮期分别为 0.2、0.72、2.35 和 3.94, 在盛铃期达最大, 为 4.28; 总光合势 $3.65 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{d}$, 其中见絮至盛絮期占 17.0%; 群体光合速率变化在一生中呈单峰曲线, 盛铃期达最大, CAP_{max} 为 $5.40 \text{ gCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$, 盛絮期仍保持在 $2.05 \text{ gCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$; 单位叶面积负载的果节量控制在 84~97 果节/ m^2 叶, 叶铃数目比 3.93~4.59:1, 单位叶面积载铃量 30.3 个铃/ m^2 叶, 单位叶面积负载的皮棉重 0.069~0.078kg/ m^2 叶; 产量结构冀棉 20 为收获株数 12.4 万~13.6 万株/ha, 单株成铃 8.9~10.0 个, 公顷有效铃数大于 120 万个, 铃重 6g, 衣分 42%; 中棉所 23 和石远 321 为收获株数 13.1 万~14.7 万株/ha, 单株成铃 9.4~9.8 个, 公顷有效铃数大于 130 万个, 铃重 5.6g, 衣分 41.2%。

关键词: 新疆; 高产栽培; 棉花; 生理指标

Studies on Cultivated Physiological Indexes for High-yielding Cotton in Xinjiang

WANG Ke-ru¹, LI Shao-kun^{1,2}, SONG Guang-jie³, CHEN Gang³, CAO Shuan-zhu³

(¹ Research Center of Xinjiang Crop High-yield, Shihezi University, Shihezi 832003; ² Institute of Crop Breeding and Cultivation Key Laboratory of Crop Genetic and Breeding, Ministry of Agriculture, CAAS, Beijing 100081;

³ The Third Agricultural Shi, Xinjiang, Kashi 844000)

Abstract: The cultivated physiological indexes of cotton for a yield of lint 3 000kg/ha were studied in field in Xinjiang. The results showed that its total dry matter was 19 480kg, the maximum accumulation velocity (V_{max}) $315.2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ appeared at the beginning of boll forming peak stage (about Aug. 1th), harvested coefficient of seed cotton 36.70%; the optimum index of leaf 4.28 at full boll stage; total photosynthetic potential $3.65 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{d}$ (the value from the beginning to the peak of boll opening stage accounted for 17.0% of the total); the change of canopy apparent photosynthesis rate was a curve with single-peak in the whole growth period, the peak value was $5.40 \text{ gCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ at full boll stage, and at boll opening peak stage it could keep on $2.05 \text{ gCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$; its total fruiting nodes load per m^2 leaf area were 84-97, the No. ratio of leaf to boll 3.93~4.59:1, bolls load per m^2 leaf area 30.3, lint yield per m^2 leaf area 0.069-0.078kg. The yield components were 124 000-136 000 plants/ha, 8.9-10.0 bolls per plant, boll weight 6g, the lint percentage 42% for Jimian20; and 131 000-147 000 plants/ha, 9.4-9.8 bolls per plant, boll weight 5.6g, the lint percentage 41.2% for Shiyuan321 and Zhongmian23.

Key words: Xinjiang; High yield culture; Cotton; Physiological indexes

收稿日期: 2002-02-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(39760040)和“十五”攻关支持项目(2001BA507A04)

作者简介: 王克如(1968-), 男, 安徽凤台人, 讲师, 硕士, 主要从事作物高产栽培生理研究。本文通讯作者李少昆, Tel: 010-68976176; E-mail:

Shaokun0004@sina.com

新疆地处欧亚大陆腹地,属于干旱灌溉植棉,年降雨量少,日照充足,热量丰富,病虫害少,是世界高产棉区。自1990年经中国棉花学会等单位专家验收,南疆农三师45团在1.422ha棉田上创2973kg皮棉/ha(折198.2kg/亩)的全国高产纪录^[1]后,3000kg皮棉/ha超高产田不断出现^[2],但重演性差。究其原因,除气候因素外,主要是国内外目前对2500kg/ha以上产量水平棉花的产量形成研究甚少,栽培技术缺乏可靠的调控指标。为此,笔者于1997~1999年在创全国高产纪录的农三师45团,对棉花公顷产皮棉3000kg的高产群体生育动态和生理特性进行量化研究,以提出相应栽培生理指标和调控技术。对进一步挖掘新疆棉花生产潜力,实现高产的重现和突破有重要意义,并对内地棉区的棉花高产栽培有借鉴作用。

1 材料与方 法

1.1 高产试验地情况

试验于1997~1999年在位于新疆南部塔克拉玛干沙漠西缘的农三师45团(39°N,77°E)高产攻关田进行。年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温4000~4300 $^{\circ}\text{C}$,无霜期200~213d,平均降雨量46mm,蒸发量2525mm,日照时数在2768h以上,日照率为64%。每年选8块条田,均为历年高产田出现地块,基础养分为有机质0.83%~1.1%,碱解氮53.8~70.8mg/kg,速效磷8.60~15.8mg/kg,速效钾91~129mg/kg,土壤以轻壤土为主。按高产栽培模式统一管理。播前结合翻地每公顷施入油渣1500kg、尿素300kg、磷酸二铵300kg、硫酸钾75kg,于头水前结合开沟施尿素300kg。生育期间灌水4次。采用1.2m宽膜覆盖,宽窄行配置(30+60+30+70+30+60+30+70+30+60+30cm),平均行距46.7cm,株距因所选品种不同,平均理论留苗株数150000株/ha。供试品种为中熟陆地棉冀棉20、石远321、中棉所23和中棉所12,分别由河北省农林科学院棉花研究所、石家庄市农业科学院和中国农业科学院棉花研究所育成,生育期150d左右。

1.2 测定项目和方 法

每田选有代表性区域定2个点,每点12株,于7d调查一次棉株生育时期和株高、果枝数、叶片数、蕾铃数等常规项目。出苗、现蕾、盛蕾、始花、盛花、盛铃、见絮、盛絮等关键时期各田取2点10株,用PG-250型光电式和CF-203激光叶面积仪测定叶面积,并将植株分成主茎、果枝、叶枝、叶片、蕾、花、铃

等不同器官烘干称重。群体光合(CAP)参照董树亭^[4]的方法,用BAU光合系统测定。同化箱用铝合金制成,外罩透明聚酯薄膜,透光率90%左右,箱体为100cm \times 90cm \times 90cm,内装两支风扇用于气流搅拌。选晴天中午进行测定,光合有效辐射一般在1400 $\mu\text{E m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上。同化箱内罩12~14株棉株,每点测1min。按李少昆^[3]介绍的方法计算棉花生育阶段群体叶源量CLSC,
$$\text{CLSC} = \sum_{i=1}^n [(\text{CAP}_i + \text{CAP}_{i+1})/2] \cdot \text{D}_j$$
 式中 $\text{CAP}_i, \text{CAP}_{i+1}$ 为第*i, i+1*次测定的CAP, D_j 为第*i*至*i+1*次CAP测定间隔时间(d)。成熟期收获计产,同时由棉花专家和师团农业局技术人员实地测产。

2 结果与分析

2.1 高产棉花产量结构

3年试验结果表明,除1999年因多次遭受大风灾害而未达3000kg/ha高产目标产量外,1997和1998两年中有6块棉田共12ha达到或接近产量指标(表1)。在可实现高产目标的3个品种中,冀棉20属长势强、生长量偏大、叶片中等偏大、株型较松散、大铃、高衣分品种,密度应在13万株/ha(12.40万~13.57万株/ha),单株果枝数12.4台(12.1~12.7台),单株结铃9.3个(8.9~10.0个),公顷铃数120万以上,单铃重6g(5.9~6.1g),衣分42.9%(42.0%~43.7%);中棉所23和石远321属叶片清秀上举、结铃性强、铃中等大小的品种,密度应在13.8万株/ha(13.05万~14.7万株/ha),果枝数11.4台(11.0~12.0台),单株结铃9.6个(9.4~9.8个),公顷铃数130万个以上,单铃重5.6g(5.5g~5.7g),衣分41.4%(41.0%~42.3%)。此外,与高产田相比,同一品种未达产量目标的主要因素是单株结铃数和铃重偏低;而中棉所12未能达产量目标的原因是铃重和衣分均较低,产量潜力有限。与内地高产棉相比^[5~7],新疆独特的气候条件能容纳较大的群体和形成大铃,高的收获株数、单铃重和衣分是高产形成的主要原因。

2.2 高产棉花生育进程

从表2可见,公顷产3000kg皮棉高产田适合的生育进程为4月4~9日播种,4月16~20日出苗,5月20~27日现蕾,6月20~26日始花,8月29日至9月6日见絮。播种至出苗需11~12d,出苗至现蕾需30~34d,现蕾至始花需30~31d,始花至见絮需70~72d,生育期146~151d。

表 1 高产棉田皮棉产量及产量构成

Table 1 The yield and component for high yield cotton in Xinjiang

年份 Years	品种 Varieties	条田 Experimental spot	皮棉产量 ¹⁾ Lint yield (kg/ha)	株数 Plant No. of 10 ⁴ plants/ ha	果枝数 No. of fruiting branch	株铃数 Bolls / plant	铃重 Boll weight (g)	衣分 Lint percentage (%)
1997	冀棉 20 Jimian20	14-8-1	3119.7 I	13.57	12.1	8.9	6.0	43.1
		13-16-1	3092.9 I	12.75	12.3	9.1	6.1	43.7
	中棉所 23 Zhongmiansuo23	1-6	3072.7 I	12.40	12.7	10.0	5.9	42.0
		2-30-1	2699.4 II	12.24	12.7	8.9	5.9	42.0
		15-13	2628.7 II	12.25	11.5	8.9	5.6	43.0
		4-169	2591.1 II	12.31	12.5	8.9	5.5	43.0
		2-30-2	2026.3 III	12.24	10.4	7.0	5.5	43.0
		6-2	2098.9 III	12.98	10.8	7.0	5.5	42.0
		4-160	3248.6 I	14.70	11.0	9.8	5.5	41.0
		2-30-1	2957.7 I	13.05	12.0	9.4	5.7	42.3
2-30-2	2061.6 III	13.05	11.0	7.3	5.3	41.0		
1998	石远 321 Shiyuan321	13-16-1	2977.3 I	13.65	11.3	9.5	5.6	41.0
		13-16-2	2644.5 II	15.23	10.4	7.7	5.5	41.0
	中棉所 12 Zhongmiansuo12	14-8-1	2437.8 II	14.04	10.0	7.7	5.5	41.0
		12-23	1987.2 III	14.93	10.0	7.1	4.7	40.0
		6-2	2460.4 II	14.23	10.0	9.1	5.0	38.0
		Zhongmiansuo2						

¹⁾ I, II, III 分别表示产量水平为 3 000kg/ha, 2 500kg/ha 和 2 000kg/ha. 下同

I, II, III represent yield range at 3 000kg/ha, 2 500kg/ha, and 2 000kg/ha, respectively. The same as below

表 2 高产棉田的生育进程(月-日)¹⁾

Table 2 Growth and development stages of high yield cotton(month-date)

年份 Years	品种 Varieties	条田 Experimental spot	播种期 PD	出苗期 SS	现蕾期 BS	始花期 EFS	盛花期 FPS	盛铃期 BFS	见絮期 BBOS	盛絮期 BOPS
1997	冀棉 20 Jimian20	14-8-1	04-08	04-20	05-30	06-29	07-10	08-20	09-05	09-20
		13-16-1	04-06	04-18	05-27	06-26	07-09	08-18	09-03	09-17
	中棉所 23 Zhongmiansuo23	1-6	04-07	04-17	05-24	06-23	07-08	08-17	09-03	09-18
		2-30-1	04-07	04-17	05-24	06-23	07-08	08-17	09-03	09-18
		15-13	04-08	04-18	05-27	06-26	07-09	08-18	09-02	09-15
		4-169	04-04	04-14	05-20	06-20	07-07	08-15	08-28	09-13
		2-30-2	04-07	04-17	05-24	06-23	07-08	08-15	08-30	09-10
		6-2	04-03	04-15	05-20	06-20	07-06	08-13	08-25	09-08
		4-160	04-09	04-17	05-22	06-22	07-07	08-14	08-30	09-13
		2-30-1	04-04	04-16	05-20	06-20	07-05	08-12	08-29	09-10
1998	石远 321 Shiyuan321	13-16-1	04-08	04-20	05-24	06-25	07-10	08-20	09-06	09-20
		13-16-2	04-08	04-20	05-20	06-25	07-15	08-20	09-07	09-16
	中棉所 12 Zhongmiansuo12	14-8-1	04-12	04-23	05-25	06-28	07-16	08-22	09-10	09-22
		12-23	04-10	04-21	05-23	06-26	07-18	08-22	09-08	09-15
		6-2	04-07	04-17	05-24	06-25	07-11	08-19	08-30	09-11
		Zhongmiansuo2								

¹⁾ PD = Planting date; SS = Seedling stage; BS = Budding stage; EFS = Early Flowering stage; FPS = Flowering peak stage; BFS = Boll forming stage; BBOS = The beginning of boll opening stage; BOPS = Ball opening peak stage

2.3 高产棉田干物质动态积累与分配

产量的形成过程是干物质积累与分配的过程。以 1997 年 13-16、21-30-1 及 2-30 等 3 块棉田分别代表公顷产 3 000、2 500 和 2 000 kg 皮棉产量水平的结果分析(表 3)表明,皮棉 3 000kg/ha 高产棉花群体干物质积累速度($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$) 现蕾期应达到 59.5,开花期 130.0,盛花期 229.2,盛铃初期 308.5,盛铃后期 267.8,见絮期 110.0,盛絮期 43.7;经曲

线拟合,积累的直线增长期始于出苗后 80d(7 月 10 日)前后,结束于 123d(8 月 25 日)前后,持续时间 43d,积累量为 6 166kg/ha,其中 V_{\max} 出现在盛铃初期(出苗后 101d,8 月 1 日左右),达 $315.2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ 。群体生殖器官积累速度($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$) 现蕾期为 11.4,开花期为 34.0,盛花期为 85.6,盛铃初期为 171.2,盛铃后期为 214.8,初絮期为 85.6,盛絮期为 27.5;积累的直线增长期起于出苗后 93d(7

月 25 日)左右,止于 128d(8 月 30 日)左右,持续时间 35d,积累量为 7 753kg/ha,其中 V_{max} 出现在盛铃中期(出苗后 110d,8 月 10 日前后),为 $221.3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$;营养器官积累直线增长期起止时间分别为出苗后 65d(6 月 22 日)左右和 104d(8 月 25 日)左右,持续时间 43d,积累量为 6 166kg/ha,其中 V_{max} 出现在盛花期(出苗后 85d,7 月 15 日前后),为 $143.4 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{d})$ 。群体及生殖器官快速积累期开始时间早,积累强度大,持续时间长是获得高产的重要特征。另外,从群体生殖器官重直线增长期所处时间段看,高产棉田为 7 月 25 日至 8 月 30 日前后,此时光温条件优越,有利于棉铃的发育。2 500

kg 产量水平的棉田生殖生长偏弱,2 000kg 的前期营养生长偏弱,均是导致其产量未达指标的原因。

成熟期皮棉 3 000kg/ha 高产棉田的总生物产量应达到 19 747.8kg,其中籽棉产量 7 247kg,占 36.70%,皮棉产量 3 072.9kg,占 15.56%,铃壳(包括未成熟棉铃)占 23.10%,茎枝占 20.79%,叶片占 19.38%。积累总量分别比 2 500kg/ha 和 2 000kg/ha 高出 15.59%和 33.60%(表 3)。与内地棉区高产田相比,新疆高产棉表现出群体总光合产物高(高出近 1 倍),而分配给生殖器官的比例低(低 12.2%)^[8]的特点。

表 3 新疆高产棉花干物质积累特征¹⁾

Table 3 The accumulation characteristics of dry matter of high-yield cotton in Xinjiang

	产量水平 Yield range	拟合方程 Fitting equation	R	总积累量 TADM (kg/ha)	D ₁ (d)	D ₂ (d)	D ₃ (d)	快增期积累量 ADMSIS (kg/ha)	占总干物重 PTDMW (%)	V_{max} ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)	D ₄ (d)
总干物质 Total dry matter	I	$y = 20405.24 / (1 + 537.72e^{-0.0618x})$	0.997**	19478.2	80	123	43	13553.6	66.4	315.2	101
	II	$y = 18275.04 / (1 + 318.90e^{-0.0546x})$	0.997**	16951.9	93	127	34	8483.0	46.4	249.5	105
	III	$y = 15588.22 / (1 + 1063.90e^{-0.0665x})$	0.996**	14592.0	85	125	40	10386.0	66.5	259.2	104
生殖器官 Reproduction organs	I	$y = 11556.06 / (1 + 4740.19e^{-0.0765x})$	0.995**	11654.0	93	128	35	7752.5	67.1	221.3	110
	II	$y = 11496.10 / (1 + 4436.33e^{-0.0685x})$	0.998**	10771.0	98	135	37	7655.3	66.6	206.9	116
	III	$y = 7676.73 / (1 + 2334643.50e^{-0.1352x})$	0.996**	7956.0	99	118	19	4903.9	66.4	258.1	108
营养器官 Nutrient organs	I	$y = 8523.1 / (1 + 443.3e^{-0.0716x})$	0.980**	7824.2	65	104	43	6166.0	78.8	143.4	85
	II	$y = 6281.3 / (1 + 661.9e^{-0.0814x})$	0.995**	6180.9	63	95	32	4038.0	65.3	126.2	79
	III	$y = 7586.0 / (1 + 54.7e^{-0.9827x})$	0.983**	6636.0	68	115	47	4483.0	67.6	95.4	92

1) ** 是在 0.01 水平上检验达显著, D₁、D₂ 是干物质增长直线期起止时间(出苗后天数), D₃ 持续天数, D₄ 是 V_{max} 出现的时间

** means significantly at 0.01 level. In straight increase stage for dry matter accumulation, D₁、D₂ were the beginning date and concluded date, D₃ was the lasting time, D₄ the date appeared the highest velocity respectively

TADM= The total accumulation of dry matter of whole growing stage; ADMSIS= The accumulation of dry matter in the straight increase stage; PTDMW= The percentage account for total dry matter weight

2.4 高产棉田光合生理指标的动态变化

2.4.1 叶面积指数(LAI) 由表 4 可见,3 个产量水平叶面积消长总趋势相同,呈单峰曲线,最大值出现在盛铃期,但各生育阶段的扩展速率差异较大,特别表现在生育后期。3 000kg/ha 高产棉田的 LAI 动态变化是,现蕾时达到 0.72,始花时 2.35,盛花期

3.18,盛铃期(约出苗后 120d,8 月 15 日前后)达最大值,为 4.35,此后缓慢下降,至见絮(9 月 1 日前后)和盛絮(9 月 15 日前后)时仍分别保持在 3.94 和 3.64。与公顷 2 500kg 和 2 000kg 棉田相比,盛蕾期分别高 25% 和 59%,盛铃期高 13% 和 29%,盛絮期高 135% 和 163%。

表 4 不同产量水平棉花 LAI 和光合势的变化

Table 4 Development dynamics of LAI and photosynthetic potential in different levels of cotton yield

项目 Item	产量水平 Yield range	出苗期 SS	现蕾期 BS	盛蕾期 BPS	始花期 EFS	盛花期 FPS	盛铃期 BFS	见絮期 BBOS	盛絮期 BOPS
LAI	I	0.0	0.72	1.46	2.35	3.18	4.28	3.94	3.34
	II	0.0	0.52	1.17	1.96	2.64	3.80	3.02	1.42
	III	0.0	0.36	0.92	1.67	2.37	3.31	2.74	1.27
光合势 Photosynthetic potential	I	14.4	15.2	28.6	38.8	111.9	94.5	61.9	
	II	10.4	11.8	23.4	32.2	106.3	78.4	37.7	
	III	7.1	8.9	19.4	28.3	93.7	69.6	34.1	

$\times 10^4 \text{ m}^2/\text{d}$

2.4.2 光合势 公顷产3 000kg 皮棉高产棉田总光合势为 $3.65 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{d}$, 分别比 2 500kg、2 000kg 产量水平的高出 21.7% 和 39.8%。各生育阶段光合势占总光合势的比例分别是出苗至现蕾 3.9%, 现蕾至盛蕾 4.2%, 盛蕾至始花 7.8%, 始花至盛花 10.6%, 盛花至盛铃期 30.7%, 盛铃至盛絮期 42.8%, 其中见絮至盛絮期占 17.0% (表 4)。

2.4.3 CAP 棉田 CAP 一生呈单峰曲线, 前期随 LAI 平稳增长而增长, 至盛铃期达最大, 此后随棉叶

老化下降。不同产量水平棉田 CAP 随生育进程推移差异逐渐加大, 3 000kg 皮棉/ha 高产棉田盛铃期 CAP_{max} 达 $5.40 \text{ g} \cdot \text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$, 比 2 500kg、2 000kg 的高出 12.7% 和 31.7%; 盛絮期保持在 $2.05 \text{ g} \cdot \text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$, 相应高出 28.1% 和 53.0%。公顷产 3 000kg 皮棉高产棉田各生育阶段 CLSC 占总 CLSC 的百分比分别是, 出苗至盛蕾 4.8%, 盛蕾至始花 3.2%, 始花至盛花 4.5%, 盛花至盛铃期 21.5%, 盛铃至盛絮期 66.0% (表 5)。

表 5 不同产量水平棉花群体光合速率和叶源量指标的动态变化

Table 5 Development dynamics of canopy apparent photosynthesis rate and leaf source capability in different yield levels of cotton

项目 Item	产量水平 Yield range	出苗期 SS	盛蕾期 BPS	始花期 EFS	盛花期 FPS	盛铃期 BFS	见絮期 BBOS	盛絮期 BOPS
CAP ($\text{gCO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)	I	0.0	2.79	3.50	3.99	5.40	4.17	2.05
	II	0.0	2.50	3.12	3.55	4.79	3.45	1.60
	III	0.0	2.30	2.75	3.26	4.10	2.99	1.34
CLSC ($\text{gCO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$)	I	92.1	61.9	87.0	412.5	586.1	680.8	
	II	78.9	56.0	75.8	326.5	424.7	470.9	
	III	65.1	46.4	60.2	235.3	277.7	290.1	

按 25cm 左右的高度把棉花冠层分成上、中、下三层测定各层的 CAP。结果形成 3 000kg 皮棉/ha 的高产棉田, 在盛铃期冠层上层 CAP 的贡献应占总 CAP 的 48%, 中层占 42%, 下层占 10%; 在初絮期, 冠层上层应占 76%, 中层占 20%, 下层占 4%; 在盛絮期, 冠层上层应占 88%, 中层占 12%。

由上可见, 棉花生育前期发苗快、群体动态合理, 中后期保持较高的 LAI、光合势, CAP 是高产棉花产量形成的重要物质基础。因此, 棉花生育前期应注意壮苗早发, 并建立合理的群体结构, 在生育后期采取根外追肥, 适当推迟停水时间等养根护叶措施, 保持花铃期和吐絮期较高的群体光合能力和光合势是获得高产的重要途径。

2.5 高产棉花群体的源库关系

3 000kg 皮棉/ha 高产棉花群体质量高, 源库比例协调, 其适合的调控指标为: 生物产量干重 kg/m^2 叶比为 0.473 (0.435 ~ 0.511); 公顷群体果节量 390 万 (376 万 ~ 404 万), 每形成 1kg 皮棉需要 1 215 ~ 1 244 个果节, 叶面积负载果节量 90.6 个/ m^2 叶 (84.0 ~ 97.2 个/ m^2 叶); 成铃率 33.24% (30.83% ~ 35.64%); 叶铃比 4.26:1 (3.93 ~ 4.59:1), 铃/ m^2 叶比为 30.3 (26.0 ~ 34.6); 皮棉 kg/m^2 叶比 0.074 (0.069 ~ 0.078)。与江苏棉区 1 875kg 皮棉/ha 超高产^[9]果节量 225 万 ~ 323 万、叶铃比 3.55 ~ 4.11:1、铃/ m^2 叶比为 32 的指标相比, 新疆高产棉产量高的关键是有较大的群体库容潜力和较高的叶铃比, 而反映源库比的铃/ m^2 叶指标两地接近。

表 6 不同产量水平棉田的叶面积载荷量¹⁾

Table 6 Sink capacity load of unit leaf area in different yield levels

产量水平 Yield range	果节数 FNPH (10^4 个/ha)	铃数 Bolls ($\times 10^4$ /ha)	果节/ m^2 叶 FNPLA	铃数/ m^2 叶 BPLA	生物量 kg/m^2 叶 BPLA	籽棉重 kg/m^2 叶 SCWPLA	皮棉重 kg/m^2 叶 LCWPLA	叶铃比 NRLB	成铃率 BHP (%)
I	390.3	130.0	90.60	30.30	0.473	0.174	0.074	4.26	33.2
II	328.0	108.5	81.80	27.03	0.417	0.154	0.064	4.39	33.3
III	338.6	90.3	102.40	27.30	0.428	0.148	0.061	4.92	26.7

¹⁾ FNPH = 公顷果节数; FNPLA = 果节/ m^2 叶; BPLA = 铃数/ m^2 叶; BPLA = 生物量 kg/m^2 叶; SCWPLA = 籽棉重 kg/m^2 叶; LCWPLA = 皮棉重 kg/m^2 叶; NRLB = 叶铃比; BHP = 成铃率

FNPH = Fruiting nodes per hectare; FNPLA = Fruit nodes per m^2 leaf area; BPLA = Bolls per m^2 leaf area; BPLA = kg biomass per m^2 leaf area; SCWPLA = kg seed cotton weight per m^2 leaf area; LCWPLA = kg lint cotton weight per m^2 leaf area; NRLB = The no. ratio of leaf to boll; BHP = Boll harvest percentage

3 讨论

3.1 高产栽培生理指标

LAI_{max} 出现在盛铃期达 4.28; 见絮至盛絮时仍保持在 3.94 ~ 3.64。全生育期公顷总光合势为 $3.65 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{d}$, 其中盛花至盛铃期占 30.7%, 盛铃至盛絮期占 42.8%, 见絮至盛絮期占 17.0%。CAP_{max} 为 $5.40 \text{ gCO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$, 盛絮期仍保持在 $2.05 \text{ gCO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

地上部生物产量在 19 480kg/ha 左右。其中生殖器官在 11 654 kg/ha 左右, 占总生物产量的 60%, 经济系数不低于 36%。群体干物质积累最大速度 V_{max} 为 $315.2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, 出现在盛铃初期(8月1日左右), 营养器官积累 V_{max} 为 $143.4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, 出现在盛花期(7月15日前后), 群体生殖器官积累 V_{max} 为 $221.3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, 出现在盛铃中期(8月10日前后)。群体果节量在 376 万 ~ 404 万个/ha; 单位面积有效铃数在 120 万个以上; 成铃率高于 33%, 单铃重不低于 6g。

单位叶面积负载的果节量控制在 84 ~ 97 果节/ m^2 叶, 叶铃比控制在 3.93 ~ 4.59:1 的范围, 铃/ m^2 叶比平均 30.3 个铃/ m^2 叶, 单位叶面积负载的皮棉重为 0.069 ~ 0.078kg/ m^2 叶。

3.2 高产栽培要点

经 3 年高产攻关研究, 以栽培生理指标的的实现为核心, 提出新疆 3 000kg/ha 高产棉花栽培技术要点。

3.2.1 品种选择 选择抗病、优质、丰产性能好、生育期与该棉区气候条件基本吻合特别是有效结铃期与当地的最佳光温期吻合的大铃品种, 如冀棉 20、中棉所 23、石远 321、中棉所 35 等原种或一代。

3.2.2 产量结构 冀棉 20 收获株数 12.4 万 ~ 13.6 万株/ha, 植株高度 78 ~ 80cm, 果枝台数 12 ~ 13 台, 单株铃数 8.9 ~ 10.0 个, 公顷铃数大于 120 万个, 铃重 6g, 衣分 42%。中棉所 23 和石远 321 收获株数 13.1 万 ~ 14.7 万株/ha, 植株高度 70 ~ 75cm, 果枝台数 11 ~ 12 台, 单株成铃 9.4 ~ 9.8 个, 公顷铃数大于 130 万个, 铃重 5.6g, 衣分 41.2%。

3.2.3 生育进程 4月4 ~ 9日播种, 4月16 ~ 20日出苗, 5月20 ~ 27日现蕾, 6月20 ~ 26日始花, 8月29日至9月6日见絮, 生育期 146 ~ 151 d。

3.2.4 施肥与灌水 需肥水平按每公顷纯 N 428.1 kg、 P_2O_5 111.8 kg、 K_2O 552 kg, N : P_2O_5 : K_2O 为 1 : 0.26 : 1.29。其中 N、P 肥的 50% 和 K 肥的

100% 结合翻地做基肥深施, 50% 的 N、P 肥结合灌第一水(在始花期, 6月25日左右)追施。生育期灌水 4 次, 第一水在 6月25日左右, 此时正值群体营养器官快速生长始期; 第二水在 7月10日左右, 此时正值群体旺盛生长始期; 第三水在 7月31日前后, 此时为生殖器官大量形成阶段; 第四水在 8月25日前后, 此时生殖器官大量充实期。灌量均为 $1200 \text{ m}^3/\text{ha}$ 。

3.2.5 化学调控、整枝 于 2 片真叶开始进行第一次化学调控, 此后分别在始蕾期、盛蕾期、初花期、盛花期、盛铃期进行化学调控, 方法是用缩节胺、尿素、过磷酸钙、磷酸二氢钾等进行叶面喷雾。目标是调节植株节间长度基本均匀, 平均长度 5 ~ 6 cm。

在盛蕾后, 人工脱去第一果枝以下的叶片及叶枝, 促使叶面积稳定增加, 实现发棵稳长, 搭好丰产架子, 为多现蕾、早现蕾奠定基础, 但要防止叶面积的过快增长; 盛花期 LAI 增长最快, 应注意调控。在 7月10 ~ 12 日去除主茎顶端优势, 打顶时按品种不同预留不同的果枝台数。盛花至吐絮期, 去除群体顶端优势, 并除去下部老叶、叶枝及无效果节部分。通过化控、整枝等措施提高群体内高效叶面积量即果枝叶比例, 充分发挥其光合功能, 减少低效、无效叶量(下部老叶、叶枝叶), 减少恶化群体的不良作用。目标是调控 LAI 的发展动态、协调营养生长和生殖生长的关系, 塑造理想株型、培育合理的群体冠层结构。在盛铃期有较高的 LAI, 到吐絮期仍保持较高水平。

References

- [1] Gossypii Academy of China and Department of Xinjiang, Team of Identification and Exploration High Yield Cotton in Xinjiang. Explorative report of identification and technique on high yield cotton in Xinjiang. *China Cotton*, 1991, (1): 2 - 4. (in Chinese)
中国棉花学会, 新疆分会, 新疆高产棉田鉴定考察组. 新疆高产棉田鉴定与技术考察报告. *中国棉花*, 1991, (1): 2 - 4.
- [2] Rao S M. Zhongmiansuo 19 created high yield in Xinjiang. *China Cotton*, 1995, (6): 23. (in Chinese)
饶世明. 中棉所 19 在新疆创高产. *中国棉花*, 1995, (6): 23.
- [3] Li S K, Zhang W F, Ma F Y, Wang K R, Mu Z X. A study on physiological characteristics of super high yield (Lint 2 000kg/ha) cotton in North Xinjiang. *Acta Agronomica Sinica*, 2000, 26 (4): 508 - 512. (in Chinese)
李少昆, 张旺锋, 马富裕, 王克如, 慕自新. 北疆超高产棉花 (2000kg 皮棉/ha) 生理特性研究. *作物学报*, 2000, (4): 508 - 512.
- [4] Dong S T. Study and test method on canopy photosynthesis of crop with growth condition. *Husbandry and Cultivation*, 1988, 3: 62 - 64. (in Chinese)
董树亭. 大田条件下作物群体光合作用的研究及测定方法. *耕作与栽培*, 1988, 3: 62 - 64.
- [5] Zhu Y G, Lin F G, Yu Q S, Ji C L, Shen J H, Shu L H. Analy-

- sis of yield components of high yield cotton in Jiansu. *China Cotton*, 1999, 26(2):16 - 17. (in Chinese)
朱永歌,林付根,俞全胜,纪从亮,沈建辉,束林华. 江苏高产棉田群体构成分析. *中国棉花*, 1999, 26(2):16 - 17.
- [6] Chen B L, Jin G H, Gao Q, Tang Y Z, Zhang P T, Wang Y L, Wang J T, Gu X M, Ren X G, Sun C, Cai L R, Cheng S H, Xu Y D, Chen H Q, Jiang H, Yang T H, Gu J. Analysis of population components and the contribution in creating high yield in cotton. *Acta Gossypii Sinica*, 1998, 10(5):268 - 271. (in Chinese)
陈兵林,金桂红,高 缪,汤一卒,张培通,王永乐,王建棠,顾兴门,任学刚,孙 财,蔡良让,成善红,徐永东,陈洪强,蒋 洪,杨天和,顾 俊. 棉花单一群体创“150”产量构成及其贡献率分析. *棉花学报*, 1998, 10(5):268 - 271.
- [7] Nan D J, Zhao H Z, Wu Y K, Qin C S, Nie A Q, Yang S L, Fan Z J, Chen Q E. Study on mechanism and technique of improving yield by configured of cotton. *Acta Gossypii Sinica*, 1995, 7(4):238 - 242. (in Chinese)
南殿杰,赵海祯,吴云康,秦灿石,聂安全,杨苏龙,范志杰,陈奇恩. 棉花株型栽培的增产机理及技术研究. *棉花学报*, 1995, 7(4):238 - 242.
- [8] Ji C L, Yu J Z, Liu Y L, Wu Y K. Characteristics of yield constitution of high-yielding cotton varieties. *Jiangsu Journal of Agricultural Sci.* 2000, 16(1):25 - 30. (in Chinese)
纪从亮,俞敬忠,刘友良,吴云康. 棉花高产品种的产量构成特点. *江苏农业学报*, 2000, 16(1):25 - 30.
- [9] Chen D H, Xiao S L, Wang Z G, Wu Y K, Zhan J Q, Ji C L, Duan M X. The study on the relationship between yield and population quality for super high yield in cotton. *Acta Gossypii Sinica*, 1996, 8(4):199 - 203. (in Chinese)
陈德华,肖书林,王志国,吴云康,展金奇,纪从亮,端木鑫. 棉花超高产群体质量与产量关系研究. *棉花学报*, 1996, 8(4):199 - 203.