

棉花促早抗逆栽培技术研究

范晓平 苏彩虹 杨淑巧 雷雪梅 李永山 范志杰

(山西省农业科学院棉花研究所, 运城 044000)

摘 要 通过 1991 ~ 1993 年对山西棉区密度、化控、氮磷钾营养、头水运筹等关键技术的研究结果, 提出了以大群体小个体增结第一二节位优质大铃为主要内容的早发早熟抵抗(避)气候逆境胁迫的促早抗逆栽培理论, 形成了以高密度化控(密度 9.0 万 ~ 10.5 万株/hm² 和 DPC3 ~ 4 最佳组合)为核心, 配合相应的氮磷钾营养和提早运筹水肥的高产稳产技术体系。连续 5 年大面积应用, 取得显著增产效应(产量达 1 800 kg/hm² 以上)和社会、经济、生态效益。

关键词 棉花 促早抗逆 化控

中图分类号 S562.01 文献标识码 A 文章编号 1000-7091(1999)03-0096-07

在分析了山西省棉区气候逆境特点与棉铃形成关系的基础上, 认为以山西为代表的我国北方半干旱棉区产量低而不稳的原因是棉花晚发迟熟, 优质铃形成的高能期与最佳结铃期不同步, 前期低温干旱苗不全、弱苗晚发, 中期高温伏旱最佳部位铃大量脱落, 后期霜早降温快或阴雨寡照棉铃不能正常成熟。为了解决上述问题, 于 1991 ~ 1993 年进行了扩大群体、压缩个体、配合相应的氮磷钾营养和提早水肥运筹等技术研究, 以期达到棉花早发早熟抵抗气候逆境胁迫的优质高产目的。

1 材料和方法

1.1 供试品种 晋棉 12 号

1.2 密度和化控裂区设计 密度设 4.5 万, 6.0 万, 7.5 万, 9.0 万, 10.5 万, 12.0 万株/hm²。每个密度又设 4 个不同时期不同剂量的缩节胺(DPC)化控处理: ①清水(ck); ②主茎 7 叶龄期(DPC)7.5(g/hm², 下同), 16 叶龄期(DPC)30.0; ③在②基础上增设 11 叶龄期(DPC)22.5; ④在③基础上增设 20 叶龄期(DPC)37.5。密度为主区, 化控为副区, 重复 4 次, 小区面积 26.67 m²。

1.3 氮磷钾施肥水平试验 在 7.5 万 kg/hm² 农家肥基础上设①N150, P₂O₅ 120, K₂O 90 (kg/hm² 下同); ②N225, P₂O₅ 180, K₂O 135; ③N300, P₂O₅ 240, K₂O 180, 磷钾肥全部作底肥 1 次施入, 氮肥 1/3 作种肥, 2/3 在盛蕾、初花追施。田间随机排列, 重复 4 次, 小区面积 26.67 m²。

1.4 头水试验

分别在主茎 11 叶龄期、16 叶龄期、20 叶龄期开始灌头水, 灌水量皆为 450 m³/hm²。大区

1998-08-14 收稿。
作者简介: 范晓平, 女, 1968 年生, 助理研究员, 在职研究生, 从事栽培生理和生物技术棉花转基因研究工作。

排列, 重复 4 次。

施肥和头水试验密度 9.0 万株/hm², 化控 4 次。

1.5 调查内容 各处理按主茎叶龄取样(10 株), 调查主茎叶、果枝数、蕾花铃数、叶面积、干物质等, 在 20 叶龄期测定不同部位光照强度等。

2 结果与分析

2.1 不同密度和不同化控组合产量比较

表 1 表明, 不同密度、不同化控处理的皮棉产量以 9.0 万~10.5 万株/hm² 和化控 4 次的最高, 可达 1 878.0~1 909.9 kg/hm²; 不同密度同一化控处理皆以 9.0 万和 10.5 万株/hm² 密度的产量最高; 同一密度不同化控皆以化控 4 次的产量最高; 不同密度不同化控处理皆高于相应密度不化控处理(ck)。

不同密度和不同化控组合的产量差异性比较, 产量最高和较高的, 密度为 10.5 万~9.0 万株/hm² 和化控 4~3 次的各处理组合间的产量没有极显著性差异, 但与其他各处理组合间皆有极显著差异。

表 1 不同处理组合产量差异比较

密 度 (万株/hm ²)	DPC (次)	皮棉产量 (kg/hm ²)	差异显著性		密 度 (万株/hm ²)	DPC (次)	皮棉产量 (kg/hm ²)	差异显著性	
			0.05	0.01				0.05	0.01
10.5	4	1909.9	a	A	12.0	2	1437.0	e	DE
9.0	4	1878.0	ab	AB	6.0	3	1405.1	ef	DE
10.5	3	1872.4	ab	AB	4.5	3	1363.9	f	DE
9.0	3	1837.9	b	AB	6.0	2	1354.5	f	E
10.5	2	1785.8	b	B	7.5	2	1318.5	f	E
7.5	4	1636.9	c	C	4.5	2	1306.9	f	EF
9.0	2	1626.0	cd	C	6.0	ck	1221.8	g	F
12.0	4	1583.3	cd	C	10.5	ck	1186.9	g	FG
6.0	4	1558.1	d	C	7.5	ck	1185.0	gh	FG
12.0	3	1499.3	de	CD	9.0	ck	1184.6	gh	FG
4.5	4	1455.8	e	D	4.5	ck	1117.1	h	G
7.5	3	1448.3	e	D	12.0	ck	1077.8	h	G

对密度主效应和副区 DPC 处理的多重比较结果(表 2)表明, 以密度 10.5 万和 9.0 万株/hm² 处理产量最高, 并极显著地高于其他密度处理, 此两密度之间差异显著; 密度 12.0 万,

表 2 密度主效应和副区(DPC)多重比较(LSR)(1993)

密 度 (万株/hm ²)	平均产量 (kg/hm ²)	差异显著性		DPC (次)	平均产量 (kg/hm ²)	差异显著性	
		0.05	0.01			0.05	0.01
10.5	1688.75	a	A	4	1670.33	a	A
9.0	1631.63	b	A	3	1571.15	b	B
12.0	1399.35	C	B	2	1471.45	c	C
7.5	1397.18	c	B	ck	1162.20	d	D
6.0	1384.88	c	BC				
4.5	1310.95	d	C				

7.5 万和 6.0 万株/hm² 之间没有显著差异, 而三者和 4.5 万株/hm² 有显著差异。4 种化控处

理产量差异皆达极显著水平,以化控4次的产量最高。

对密度和化控处理的互作效应的分析表明(表3),在密度为9.0万和10.5万株/hm²,化控4次和3次没有显著性差异,但二者和化控2次、ck(不化控)有极显著性差异;在密度较低(4.5万~7.5万株/hm²)和较高(12.0万株/hm²)时,则4种化控处理之间存在显著性差异,特别是化控4次与其他化控处理还存在极显著差异。

表3 密度和DPC处理互作效应分析

密 度 (万株/hm ²)	DPC (次)	平均产量 (kg/hm ²)	差异显著性		密 度 (万株/hm ²)	DPC (次)	平均产量 (kg/hm ²)	差异显著性	
			0.05	0.01				0.05	0.01
4.5	4	1455.8	a	A	9.0	4	1878.0	a	A
	3	1363.9	b	B		3	1837.9	a	A
	2	1306.9	c	B		2	1626.0	b	B
	ck	1117.1	d	C		ck	1184.6	c	C
6.0	4	1558.1	a	A	10.5	4	1909.9	a	A
	3	1405.1	b	B		3	1872.4	a	A
	2	1354.5	c	B		2	1785.8	b	B
	ck	1221.8	d	C		ck	1186.8	c	C
7.5	4	1636.9	a	A	12.0	4	1583.3	a	A
	3	1448.3	b	B		3	1499.3	b	A
	2	1318.5	c	C		2	1437.0	c	B
	ck	1185.0	d	D		ck	1077.8	d	C

2.2 不同氮磷钾施肥水平和头水试验产量分析

在氮磷钾营养比例为1∶0.8∶0.6基础上,重点研究了氮磷钾施肥水平与产量的关系。表4表明在中等以上肥力的砂壤土种植密度为9.0万株/hm²,4次化控,产量最高的是N225P₂O₅180K₂O135(kg/hm²,下同)施肥水平,达1882.5kg/hm²;其次为N125P₂O₅120K₂O90施肥水平。两者之间产量差异达显著和极显著水平,前者与N300P₂O₅240K₂O180施肥水平间差异达显著和极显著水平。

在头水试验中,按N225P₂O₅180K₂O135kg/hm²施肥水平,种植密度9.0万株/hm²,4次化控,在主茎11叶龄期灌头水产量最高,达1884.4kg/hm²,其次为16叶龄期灌头水,二者之间没有显著差异,但11叶龄期与20叶龄期灌头水的产量差异达显著水平。

表4 不同施肥水平和头水试验产量分析

1993

施肥水平	平均产量 (kg/hm ²)	差异显著性		头水叶 龄时期	平均产量 (kg/hm ²)	差异显著性	
		0.05	0.01			0.05	0.01
N225 P ₂ O ₅ 100 K ₂ O 135	1882.5	a	A	11.0	1884.4	a	A
N150 P ₂ O ₅ 120 K ₂ O 90	1859.6	b	B	16.0	1832.3	ab	A
N300 P ₂ O ₅ 240 K ₂ O 160	1852.1	b	B	20.0	1814.6	b	A

2.3 不同处理组合产量结构分析

表5表明,不同密度和不同化控处理组合的单株成铃数随密度的增加而递减,密度9.0万~10.5万株/hm²各处理组合的单位面积总铃数最多,铃重最高,产量最高;同密度不同化控处理,以化控4次的总铃数最多,铃重最高,产量最高,随着化控次数减少,株铃数、总铃数、铃重、衣分和产量皆逐渐减少。通径分析表明,在低密度(4.5万~7.5万株/hm²)化控与不化控处理中,产量与铃数的通径系数最大(0.5985),相关系数也最高(r=0.9577^{**}),其次为铃重和衣分。说明在密度为7.5万株/hm²以下时,产量的决定因素是单位面积的铃数,因此,增株

增铃是提高产量的关键。而在高密度(9.0 万~12.0 万株/hm²)化控与不化控处理中,产量与铃重的通径系数最大(0.5417)r=0.9620^{**},其次为铃数和衣分。说明密度在 9.0 万株/hm²以上时,产量的决定因素是铃重,因此,提高铃重是实现高产的关键。

表 5 不同处理组合产量结构分析

1993

密 度 (万株/hm ²)	DPC (次)	株铃数 (个)	铃数 (万个/hm ²)	铃重 (g)	衣分 (%)	皮棉产量 (kg/hm ²)
4.5	4	18.9	85.05	4.45	38.4	1455.8
	3	18.7	84.15	4.24	38.2	1363.9
	2	18.4	82.80	4.15	37.9	1306.9
	ck	18.0	81.10	3.64	37.9	1117.1
6.0	4	15.8	94.80	4.21	38.1	1558.1
	3	15.1	90.60	4.09	38.0	1405.1
	2	14.7	88.20	4.04	38.0	1354.5
	ck	13.9	83.40	3.95	37.9	1221.8
7.5	4	12.9	96.75	4.38	39.0	1636.9
	3	11.8	88.50	4.28	38.0	1448.3
	2	11.0	82.50	4.23	37.0	1318.5
	ck	10.7	80.25	3.96	37.0	1185.0
9.0	4	11.8	106.20	4.59	38.6	1878.0
	3	11.6	104.40	4.58	38.4	1837.9
	2	10.9	98.10	4.40	37.7	1626.0
	ck	10.5	94.50	3.36	37.4	1184.6
10.5	4	10.1	106.00	4.67	38.6	1909.9
	3	10.1	106.00	4.60	38.4	1872.4
	2	9.8	102.90	4.57	38.0	1785.8
	ck	8.7	91.35	3.51	37.0	1186.9
12.0	4	8.1	97.20	4.24	38.5	1583.3
	3	7.9	94.90	4.16	38.0	1499.3
	2	7.8	93.60	4.15	37.0	1437.0
	ck	7.6	91.20	3.20	37.0	1077.8

2.4 不同处理组合群体株型和冠层结构

表 6 表明,不同密度和不同 DPC 处理组合随着密度和化控次数的增加,株高降低,节间长度和果枝长度缩短,单株果枝数、果节数、叶片数、叶面积等逐级递减,而单位面积的果枝数、果

表 6 不同处理组合群体株型和冠层结构

1992~1993

密度 (万株/hm ²)	DPC (次)	株高 (cm)	节间 长 (cm)	果枝 长度 (cm)	果枝数		果节数		叶片数		叶面积			第一二节位	
					单 株	公顷 枝数 (万)	单 株	公顷 节数 (万)	单 株	公顷 片数 (万)	单 叶	单 株	系 数	成铃数 (个)	单铃重 (g)
4.5	4	118.5	6.0	41.0	15.1	68.0	65.0	292.5	84.5	380.3	98.5	8323.3	3.75	69.0	4.135
4.5	ck	128.7	6.9	50.3	14.7	66.2	70.2	315.9	93.2	419.4	100.3	9348.0	4.21	63.8	4.070
6.0	4	110.7	6.2	36.7	13.1	78.6	51.0	306.0	71.0	426.0	83.2	5907.2	3.54	73.0	4.140
6.0	ck	123.4	6.8	43.7	12.6	75.6	64.3	385.8	83.5	501.0	94.1	7857.4	4.71	67.3	4.115
7.5	4	92.0	6.0	25.5	12.1	90.8	41.0	307.5	63.3	474.8	74.0	4684.2	3.51	79.7	4.180
7.5	ck	107.8	6.5	35.4	11.8	88.5	51.5	386.3	77.3	542.3	85.8	6632.3	4.97	70.1	4.225
9.0	4	79.0	4.9	19.5	11.2	100.8	34.2	307.8	55.0	495.0	61.3	3371.5	3.03	87.6	4.660
9.0	ck	98.2	6.4	25.4	10.1	90.9	38.2	343.8	60.0	540.0	71.3	4278.0	3.85	71.4	4.200
10.5	4	75.0	4.8	18.8	9.7	101.9	29.5	309.8	49.0	514.5	57.5	2817.5	2.96	91.2	4.645
10.5	ck	87.0	6.1	24.9	8.7	91.4	30.6	321.3	55.5	582.8	68.4	3716.2	3.98	74.1	4.175
12.0	4	74.8	4.8	18.0	8.9	106.8	26.5	318.0	46.0	552.0	53.1	2442.6	2.93	92.5	4.320
12.0	ck	85.4	6.0	24.3	8.7	104.4	28.0	3360.0	47.4	568.8	65.9	3123.7	3.75	75.8	4.185

节数、叶片数则逐级递增;同密度不化控处理,虽棉株表现高大,但也呈同样递增和递减趋势;尤其是高密度化控处理表现矮株、短枝、小叶、大铃,我们称之为大群体小个体(以下简称小个体),相对的低密化控和不化控处理以及高密度不化控处理,统称为小群体大个体和大群体大个体(以下简称大个体)。

大群体小个体棉花的群体株型和冠层结构特点:

矮株:棉株高度由大个体的100 cm以上降到70~80 cm,节间长度由大个体6~7 cm缩短到4~5 cm。

短枝:果枝长度由大个体棉株的40~50 cm缩短到20 cm左右,在盛花期不会出现果枝横向交叉提早封垅现象。而且单株果枝数、果节数也由大个体棉株的14~15个和40~60个减少到8~10个和20~30个;每 hm^2 的果枝数却由60~90万个增加到100万个以上,果节数也相应增加;这就增加了第一二节的铃位,从而增加第一二节成铃的机率。

小叶:单株叶片数、单叶面积、株叶面积、叶面积系数都比大个体棉株减小,但是每 hm^2 叶片数由300万~400多万片增加到500万片以上;据报道,消光系数与叶片总数呈显著负相关,而与单叶面积呈正相关,小个体棉株总叶片数增多、单叶面积减少(小叶)正符合这种高光效特性要求。

大铃:小个体棉株单株成铃减少,而增加了第一二节位铃。从表6看出,第一二节位成铃占株铃数,小个体棉株为87.6%~91.2%,而大个体棉株仅为63.0%~79.7%;平均铃重,小个体棉株为4.65~4.66 g,而大个体仅4.07~4.26 g。由于大个体棉株3节位及其以远节位的铃多,其铃重降低,品质变差。

2.5 不同处理组合光合特性分析

2.5.1 不同处理组合光能利用率比较 试验资料表明,不同密度同一化控处理,单株物质、子棉重、生物学产量皆随密度增加而减少;子棉重以9.0万~10.5万株/ hm^2 、化控4次组合的最高,经济系数最大,分别为0.4002和0.3989;生物学产量和经济学产量的光能利用率最高,分别达1.200%~1.204%和0.483%~0.501%。不同密度皆以不化控处理的经济系数最小,光能利用率也最低。

2.5.2 不同处理组合群体透光率比较 试验资料表明,9.0万~10.5万株/ hm^2 、化控4次处理组合的小个体棉株下部光强都在光补偿点以上,约占自然光强的3.74%~3.75%,而低密度不化控和高密度不化控处理组合的大个体棉株光强都在光补偿点以下,约占自然光强的1.4%~1.5%;小个体棉株下、中部的透光率为3.5%~3.8%和11.4%~11.7%,而大个体棉株分别仅为2.0%~2.4%和5.2%~7.1%;小个体棉株群体消光系数下、中部为1.13~1.20和0.98~1.02,而大个体棉株消光系数分别为1.24~1.30和1.04~1.18;这种下部光强高于光补偿点,下、中各部位透光率增加,消光系数减小,说明小个体棉株行间太阳光能直射和透射到地面以及下中部果枝、叶片、蕾铃的光强增加,减少了光能的截获,有利于延长中、下部叶片功能和降低光呼吸消耗,提高成铃和纤维发育,提早成熟,有利减少多雨年份的烂铃。

2.6 促早抗逆栽培关键技术

试验表明在地膜覆盖、选用早熟高衣分品种、适时早播等促早配套措施的基础上,产量达1500~1800 kg/hm^2 的关键技术有以下几点。

2.6.1 高密度(大群体) 以密度为9.0万~10.5万株/ hm^2 的单位面积铃数多,铃重高,产

量可达 $1\ 800\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 以上; 低于或高于此密度难以达到此产量水平。

2.6.2 DPC 3~4 次重叠化控(小个体) 欲使产量达 $1\ 500\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 以上, 密度为 $6.0\ \text{万} \sim 12.0\ \text{万株}/\text{hm}^2$ 皆须在 7, 11, 16 和 20 主茎叶龄期使用 DPC $60.0 \sim 97.5\ \text{g}/\text{hm}^2$ 进行重叠化控促使形成矮株、短枝、小叶、大铃的群体株型和高光效冠层结构。

2.6.3 稳氮增磷补钾 欲获 $1\ 800\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 以上高产, 要在施农家肥 $7.5\ \text{万 kg}/\text{hm}^2$ 基础上, 按 $\text{N}225\ \text{P}_2\text{O}_5\ 180\ \text{K}_2\text{O}\ 135\ \text{g}/\text{hm}^2$ 施入化肥。

2.6.4 提早水肥施用时间 水肥提早到盛蕾—初花期施用, 化控后灌水, 既满足棉株正常需水, 又防止棉株狂长, 可保证在最佳结铃期最佳部位成铃对水肥的需求。

3 讨论

3.1 大群体小个体是符合山西等半干旱棉区气候特点的高产稳产技术路线

根据开花—吐絮 $\geq 15\ ^\circ\text{C}$ 最低临界积温 $1\ 100 \sim 1\ 300\ ^\circ\text{C}$ 计, 山西中熟和中早熟棉区优质棉开花终止期是 8 月上旬, 特早熟棉区在 7 月底。从 6 月下旬始花至终花仅 40 多 d 最佳结铃期, 而且 7 月下旬至 8 月上旬还有 10 多 d 高温伏旱的落铃高峰期, 单株开花成铃仅能达 10~12 个果枝, 22~30 个铃位, 按脱落 50%~60% 计, 单株仅能成 10~12 个铃。如果目标产量是 $1\ 800\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 以上, 则必须有 100 万个铃以上, 而且 90% 以上是 1, 2 节位优质大铃。所以种植密度不少于 $9.0\ \text{万} \sim 10.5\ \text{万株}/\text{hm}^2$, 方可达到单株果枝 10~12 个, 1, 2 节铃位 20~24 个, 每 hm^2 180~250 万个, 形成矮株、短枝、小叶、大铃的大群体小个体高光效冠层结构, 从而改善棉田通风透光状况, 提高棉株光合性能, 增结 1, 2 节位铃, 达到高产、早熟、优质, 解决了小群体大个体和大群体大个体棉田郁闭, 1, 2 节位铃脱落严重以及晚发迟熟问题。1991~1995 年历经 5 个不同气候年型在山西 3 个棉区 18 个县(市)推广应用, 累计 $18.9\ \text{万 hm}^2$, 平均产量 $1\ 493\ \text{kg}/\text{hm}^2$, 增产 $217.2\ \text{kg}/\text{hm}^2$, 增产率达 18.73%; 其中有 2 万多 hm^2 平均达到 $1\ 800\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 以上, 占总推广面积 10.6%。

3.2 大群体小个体使最佳部位成铃与最佳结铃期相吻合

采用大群体小个体、配合相应的地膜、早种、以及水肥促进, 提早开花成铃使最佳部位成铃与最佳结铃期相吻合。减少最佳部位铃脱落, 并使最佳结铃期向前延伸, 在 40 多 d 时间每 hm^2 总成铃达到 100 万个以上, 这就避开了山西棉区中期高温伏旱和后期气候逆境的胁迫, 显示出较强的抗逆能力。

3.3 高能低耗、短距运转

小个体棉株株矮、枝短, 运转距离缩短近 $1/2 \sim 2/3$, 单位长度运转干物质累积量却高达 92.1%~102.6%, 所以小个体也是一项高能低耗、就近短距运转、提高水肥利用率、高效节能型栽培技术。

3.4 棉铃虫为害轻, 有利防治

小个体棉株株型和冠层结构改变, 相应的改变了棉田生态环境, 不利于棉铃虫产卵、孵化和生存。据调查, 棉铃虫全年 3 个世代落卵量按株数计比大个体棉田减少 63.6%, 按单位面积计, 则全年减少 43.0%; 达到防治指标的时间比大个体棉田延迟, 需要用药控制时间减少。这就减轻了防治压力, 有利防治。同时, 小个体棉株施药操作方便, 防效高, 所以小个体也是一

项具有一定抗虫性的栽培技术。

参 考 文 献

- 1 范志杰, 马良吉, 潘启明 等. 棉花大群体小个体促早抗逆栽培. 山西农业科学, 1994, 22(2): 1~9
- 2 裴炎, 邱晓, 刘明钊. 棉花冠层结构及光合作用研究. 作物学报, 1988, 14(3): 215~219
- 3 李永山, 冯利平, 郭美利 等. 棉花根系的生长特性及其与栽培措施和产量关系的研究II. 棉花学报, 1992, 4(2): 59~66

A Study on Adverse Resistance Cultural Techniques for Early Maturation in Cotton

Fan Xiaoping Su Caihong Yang Shuqiao
Lei Xuemei Li Yongshan Fan Zhijie

(Cotton Research Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences Yuncheng 044000)

Abstract The experiments were conducted from 1991 to 1993 to study the effects of key techniques such as planting density, chemical regulation, N, P, K, fertilizers and time of first water irrigation under the stress of weather on the yield and qualities of cotton in Shanxi province. The results showed that first 1—2 noder and bollforming rate could be increased with planting density. Higher photosynthetic efficiency, good population type and canopy structure with dwarf plant, short sympodia, smaller leaver and bigger bolls could be obtained by chemical regulation. On the bases of higher population density with dwarf plants, chemical regulation, good quality and bigger bolls of on 1—2 nodes increased, early sowing could prevent from the stress of weather. Early sowing combined with high population density and chemical regulation and with early water irrigation and fertilizer (N, P, K) dressing produced a high and stable yield. The theory have been applied to practice in large scale for 5 years and gained significant yield increase, economic, social and ecological benefits.

Key words: Cotton; Early maturity; Adversity resistance; Chemical control