

## 黄河流域棉区北部留叶枝棉栽培的适宜密度研究

王汉霞,范希峰,田晓莉,段留生,李召虎\*

(中国农业大学作物化学控制研究中心,北京 100193)

**摘要:**以中等密度(6.0万株·hm<sup>2</sup>)下的传统整枝为对照,于2004—2005年研究了密度(1.5万~12.0万株·hm<sup>2</sup>)对留叶枝棉产量和品质的影响。结果表明,随密度增加,留叶枝棉的子棉产量和单位面积铃数先升高后降低,但在3.0万~9.0万株·hm<sup>2</sup>范围内无显著差异;单株铃数、铃重和纤维的麦克隆值则随密度增加显著下降。中等密度下,留叶枝棉的子棉产量在降雨较少的2004年与对照相当,但在降雨较多的2005年减产13.4%。在黄河流域棉区北部,留叶枝棉栽培的适宜密度为6.0万株·hm<sup>2</sup>左右,多雨年份要注意防止群体过大造成郁闭。

**关键词:**棉花;叶枝;密度;产量;品质

中图分类号:S562.01 文献标识码:A

文章编号:1002-7807(2010)05-0430-07

## Response of Cotton (*Gossypium hirsutum*) with Sympodial Branches to Plant Density in the North of the Yellow River Areas

WANG Han-xia, FAN Xi-feng, TIAN Xiao-li, DUAN Liu-sheng, LI Zhao-hu\*

(Center of Crop Chemical Control, Key Laboratory of Crop Cultivation and Farming System, Beijing 100193, China)

**Abstract:** Field studies were conducted in 2004 and 2005 at Wujiao experimental station, Hebei province, of China Agricultural University, to investigate the effect of plant density on yield and fiber quality of cotton with sympodial branches, with hybrid cotton Xinza2 and conventional cotton Guokang12 as materials. The results showed that there was no significant difference in seed cotton yield between cotton with and without sympodial branches at medium density (60000 plants·hm<sup>2</sup>) in 2004, characterized by less rainfall. However, yield of seed cotton with sympodial branches significantly reduced 13.4% compared to that without sympodial branches in 2005, characterized by excessive rainfall during blooming stage, mainly due to fewer bolls per plant. Compared to Guokang12, Xinza2 was less susceptible to rainfall. Additionally, the reservation of sympodial branches could decrease fibre micronaire value. With the increase of population density from 15000 to 120000 plants·hm<sup>2</sup>, the yield of seed cotton with sympodial branches increased at first, while reached the peak at about 60000 plants·hm<sup>2</sup>, then decreased. Nevertheless, there were no significant differences in yield among population density from 30000 to 90000 plants·hm<sup>2</sup>. The change tendency of boll numbers per unit area with population density was similar to that of yield, and boll numbers per plant and boll weight reduced significantly with the increase of density. Moreover, high density could reduce the micronaire value of cotton. It was concluded that 60000 plants·hm<sup>2</sup> is appropriate for the cultivation of cotton with sympodial branches in the North of the Yellow River area, but it is necessary to avoid excessive vegetative growth during overcast and/or rainy period.

**Key words:** cotton; sympodial branches; plant density; yield; fiber quality

精细整枝和合理密植是我国棉花传统栽培中应用最普遍的两项措施<sup>[1]</sup>。但随着棉花简化栽培的发展,稀植留叶枝的栽培方式在黄河流域棉区逐渐受到关注<sup>[2-3]</sup>。留叶枝对果枝生长有抑制效应,如使果枝结铃减少、果枝铃重降低等,但叶枝

结铃对主茎结铃有补偿效应,当补偿效应超过抑制效应时,表现为增产<sup>[4-7]</sup>,抵消时表现为平产<sup>[8-9]</sup>,不足时表现为减产<sup>[10]</sup>。为利用叶枝的补偿效应,绝大多数研究认为留叶枝棉的密度应较传统整枝适当降低<sup>[10-13]</sup>,而降低幅度及留叶枝棉的适宜密

收稿日期:2010-05-17

作者简介:王汉霞(1980-),女,在读博士, wanghanxia314@163.com; \* 通讯作者, lizhaohu@cau.edu.cn

基金项目:国家自然科学基金(30100111)

度取决于生态区、供试品种和气候等因素<sup>[44-48]</sup>。

为了探索黄河流域棉区北部留叶枝棉栽培的适宜密度,以 Bt 基因抗虫棉国抗 12 和转 Bt 基因抗虫杂交棉欣杂 2 号为材料,于 2004—2005 年在中国农业大学吴桥实验站(河北省吴桥县)研究了密度对留叶枝棉产量和品质的影响。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料和地点

供试品种为转 Bt 基因抗虫棉国抗 12 (GK12)和转 Bt 基因抗虫杂交棉欣杂 2 号(XZ2),由河北省国欣农村技术服务总会提供。

试验于 2004—2005 年在中国农业大学吴桥试验站(N 37° 41',E 116° 37')进行。试验田为壤土,速效钾、速效磷和碱解氮的含量分别为 150.10、44.64 和 77.00 mg·kg<sup>-1</sup>,有机质含量为 1.12%,前

茬作物为棉花。试验期间的月平均气温和降雨量见表 1,气象资料由试验站人工气象站测定。

### 1.2 试验设置和大田管理

2 品种均设 6 个处理:CK、RV1.5、RV3.0、RV6.0、RV9.0 和 RV12.0 (2005 年 GK12 缺少 RV1.5 处理)。CK 为当地传统整枝处理,密度为生产中常用的 6 万株·hm<sup>-2</sup>,于 6 月 14 日去掉全部叶枝,之后于盛蕾期和花铃期各整枝(去叶枝,抹赘芽)1 次,7 月 15 日打掉主茎顶心;RV1.5、RV3.0、RV6.0、RV9.0 和 RV12.0 为留叶枝处理,密度分别为 1.5 万、3.0 万、6.0 万、9.0 万、12.0 万株·hm<sup>-2</sup>,仅于 7 月 15 日打掉主茎顶心和全部营养枝顶心,整个生育期不进行抹赘芽处理。试验采用随机区组排列,重复 4 次,每小区 6 行,大小行种植,大行行距 1 m,小行 0.5 m,行长 10 m,小区面积 45 m<sup>2</sup>。

表 1 试验期间月平均气温和降雨量

Table 1 Monthly mean temperature and precipitation during experiment period

年份	项目	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月
2004	气温 /°C	17.66	20.60	27.39	27.95	25.73	21.40	14.41	7.88
	降水 /mm	3.70	33.70	50.50	61.10	93.40	45.90	0.00	7.20
2005	气温 /°C	16.27	20.47	24.38	26.17	24.80	21.60	14.00	6.27
	降水 /mm	18.90	63.10	190.70	259.80	70.10	35.20	2.00	5.30

2004 年于 4 月 20 日播种,采用地膜覆盖,各处理肥料运筹相同。底肥施农家肥约 30 t·hm<sup>-2</sup>、过磷酸钙 750 kg·hm<sup>-2</sup>、硫酸钾 150 kg·hm<sup>-2</sup>,蕾期追施尿素 150 kg·hm<sup>-2</sup>,花铃期追施尿素 300 kg·hm<sup>-2</sup>。2005 年于 4 月 22 日播种,其它管理同 2004 年。缩节胺防徒长技术的应用以将 CK 的株型和群体大小控制在合理范围内为准。

### 1.3 试验调查内容与方法

每小区选代表性棉株 10 株,吐絮后按果枝和节位单铃收获,风干后称铃重;轧花后测纤维重,并计算衣分。纤维样品送农业部棉花品质监督检验测试中心进行品质测定,所用仪器为 HVI 900。纤维样品取样方法如下:主茎棉铃分为 9 部分,即果枝分为上(10 果枝以上)、中(6~10 果枝)、下(1~5 果枝)3 个部位,各部位果枝的果节又分为内(1 果节)、中(2 果节)外(3 果节及以上)3 个部位,叶枝铃单独作为 1 部分,以上 10 部分棉铃按重量百分比取纤维样品并混合。

每小区实收中间 2 行的子棉,以此计算单位面积产量。霜前收 3 次,霜后收 2 次。

### 1.4 数据分析方法

数据采用 SAS 软件(Ver.8.2)进行方差分析和多重比较,差异显著水平为  $P=0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 密度对留叶枝棉子棉产量、霜前花率和叶枝产量贡献率的影响

在 1.5 万~12.0 万株·hm<sup>-2</sup> 范围内,留叶枝棉的子棉产量随密度增加先升高后降低,但在 3.0 万~9.0 万株·hm<sup>-2</sup> 范围内差异不显著,降至 1.5 万株·hm<sup>-2</sup> 和升至 12.0 万株·hm<sup>-2</sup> 时减产明显(表 2)。2 品种 RV6.0 处理的子棉产量在 2004 年与同密度精细整枝的 CK 无显著差异;但在多雨的 2005 年(表 1)均低于 CK,且 GK12 达到显著水平。方差分析显示,年份与密度、品种与密度间的互作均达到显著水平(结果未列出),表明留叶枝

棉的密度确定需要综合考虑品种特性和不同年份气候条件等因素的影响。

果枝对留叶枝棉子棉产量的贡献率在 60.7%~99.3%之间,与密度呈正比;叶枝对子棉产量的贡献率在 39.2%~0.0%之间,与密度呈反比(表 2)。

与 CK 相比,RV6.0 的霜前花率有降低的趋

势,但差异未达显著水平(表 2)。各处理 2005 年的霜前花率均明显低于 2004 年;XZ2 留叶枝棉霜前花率在 2005 年随密度增加显著降低(多雨条件下密度越高中下部蕾铃脱落越严重),2004 年密度间无明显差异(表 2)。

表 2 不同密度留叶枝棉的子棉产量、霜前花率和果枝产量贡献率

Table 2 Effects of population density on seed cotton yield, yield rate before frost and contribution rate of sympodial branches to total yield of cotton with sympodial branches

年份	品种	处理	子棉产量 /(kg·hm <sup>2</sup> )	霜前花率 /%	产量贡献率 /%	
					果枝	叶枝
2004	XZ2	CK	3362.8a	96.9a	100.0a	—
		RV1.5	2789.9b	97.2a	69.3c	30.6a
		RV3.0	3180.2a	96.9a	72.9c	27.0a
		RV6.0	3455.9a	95.2a	90.5b	9.5b
		RV9.0	3237.1a	96.9a	97.7a	2.2c
		RV12.0	3062.1b	96.7a	96.1a	3.8c
	GK12	CK	3678.1a	97.3a	100.0a	—
		RV1.5	2846.6b	96.3a	60.7c	39.2a
		RV3.0	3461.6a	93.6a	75.9c	24.0b
		RV6.0	3520.4a	97.1a	89.9b	10.0c
		RV9.0	3552.8a	97.5a	98.0a	1.9d
		RV12.0	3048.7b	98.5a	99.1a	0.9c
2005	XZ2	CK	3826.9a	89.5a	100.0a	—
		RV1.5	2951.4c	87.0a	66.1d	33.9a
		RV3.0	3493.4b	85.7ab	75.1c	24.8b
		RV6.0	3476.7b	83.3ab	88.3b	11.6c
		RV9.0	3034.8c	81.3b	99.3a	0.6d
		RV12.0	2779.2c	82.9b	100.0a	0.0d
	GK12	CK	3676.8a	89.0a	100.0a	—
		RV3.0	2934.8b	82.9a	72.12b	27.8a
		RV6.0	3001.5b	84.6a	89.9a	10.0b
		RV9.0	3048.1b	82.8a	94.6a	5.3b
		RV12.0	2960.0b	84.4a	95.8a	4.1b

注:相同小写字母表示处理间差异不显著( $P > 0.05$ ),下同。

## 2.2 密度对留叶枝棉铃数的影响

由表 3 可以看出,随密度增大,留叶枝棉的单株铃数显著减少;单位面积铃数先升高后降低,但在 3.0 万~12.0 万株·hm<sup>2</sup> 范围内无显著差异(2005 年 XZ2 除外)。另外,XZ2 各密度的铃数在 2004 和 2005 年之间无显著差异,而 GK12 在 2005 年显著低于 2004 年,说明多雨条件对 GK12 成铃的影响较大,留叶枝栽培的稳产性较低。2 品种 RV6.0 处理的总铃数在 2004 年与 CK 无显著差异,在 2005 年则少于 CK。

## 2.3 密度对留叶枝棉铃重的影响

由表 4 可以看出,留叶枝棉果枝和叶枝铃重均随密度增加逐渐降低;叶枝铃重低于果枝铃重(密度较低的 RV1.5 处理除外),而且密度越高、相差的幅度越大。XZ2 的铃重在 2004 和 2005 年均显著高于 GK12,说明铃重与品种的遗传特性有关;XZ2 的铃重在年份间无显著差异,但 GK12 在 2005 年的铃重高于 2004 年,这与其 2005 年的铃数较少有关(表 3)。RV6.0 的果枝铃重和整株平均铃重与 CK 无显著差异。

表 3 不同密度留叶枝棉的铃数

Table 3 Effects of population density on boll numbers of cotton with sympodial branches

年份	品种	处理	单株铃数 / 个	单位面积铃数	果枝铃数	单株叶枝铃数
				/ (个·m <sup>2</sup> )	/ 个	/ 个
2004	XZ2	CK	11.1d	73.5a	11.1c	—
		RV1.5	34.8a	52.1b	24.5a	10.3a
		RV3.0	23.8b	67.9a	17.2b	6.7b
		RV6.0	12.7c	75.9a	11.3c	1.3c
		RV9.0	7.4d	66.6a	7.2d	0.2d
		RV12.0	6.3e	63.7a	6.1d	0.2d
	GK12	CK	13.9c	83.4a	13.9c	—
		RV1.5	41.6a	62.4b	25.4a	16.2a
		RV3.0	25.5b	76.3ab	18.9b	6.6b
		RV6.0	14.9c	89.2a	13.1c	1.8c
		RV9.0	10.4d	93.8a	10.2d	0.2d
		RV12.0	6.7e	80.5a	6.7e	0.1d
2005	XZ2	CK	13.7c	82.2a	13.7b	—
		RV1.5	33.0a	51.2d	22.0a	11a
		RV3.0	21.3b	61.1c	15.9b	5.4b
		RV6.0	11.1d	73.2a	9.7c	1.4c
		RV9.0	7.7e	67.5b	7.6d	0.1d
		RV12.0	6.1f	67.5b	6.1d	0.0d
	GK12	CK	13.7b	82.2a	13.7ab	—
		RV3.0	22.3a	59.0b	15.8a	6.5a
		RV6.0	11.2c	65.2b	10.5b	0.7b
		RV9.0	8.6d	69.7b	8.0c	0.6b
		RV12.0	6.1e	64.5b	6.1c	0.1c

表 4 不同密度留叶枝棉的铃重

Table 4 Effects of population density on boll weight of cotton with sympodial branches g

品种	处理	2004 年			2005 年		
		整株	果枝	叶枝	整株	果枝	叶枝
XZ2	CK	4.68a	4.68a	—	4.76a	4.76a	—
	RV1.5	4.85a	4.78a	5.04a	4.61ab	4.56b	4.68a
	RV3.0	4.70a	4.80a	4.59b	4.72a	4.69ab	4.57a
	RV6.0	4.76a	4.76a	4.21b	4.59ab	4.60ab	4.20b
	RV9.0	4.14b	4.14b	3.81c	4.46b	4.54b	3.56c
	RV12.0	4.00b	4.06b	3.76b	4.13b	4.12b	3.38b
GK12	CK	4.17b	4.17b	—	4.38ab	4.38b	—
	RV1.5	4.55a	4.58a	4.63a	—	—	—
	RV3.0	4.05bc	4.07bc	3.72b	4.46a	4.63a	4.37a
	RV6.0	4.10bc	4.16b	3.47b	4.54a	4.56a	4.22a
	RV9.0	3.98c	3.96c	3.62b	4.29b	4.35b	3.33b
	RV12.0	3.46c	3.50c	3.06b	4.07b	4.08b	3.25b

#### 2.4 密度对留叶枝棉衣分的影响

由表 5 可以看出, RV6.0 处理与 CK 间、留叶枝棉不同密度处理间、果枝和叶枝间、不同年份

间的衣分均无显著差异, 但 XZ2 的衣分在 2 年中均显著高于 GK12, 说明衣分主要由基因型决定, 受栽培措施和环境条件的影响较小。

表5 不同密度留叶枝棉的衣分

Table 5 Effects of population density on lint percentage of cotton with sympodial branches %

品种	处理	2004年			2005年		
		整株	果枝	叶枝	整株	果枝	叶枝
XZ2	CK	40.10a	40.10a	—	39.84a	39.84a	—
	RV1.5	39.94a	39.65a	40.64a	39.72a	39.53a	40.09a
	RV3.0	39.72a	39.60a	40.02a	39.58a	39.62a	39.46a
	RV6.0	40.56a	40.55a	40.70a	39.15a	39.16a	39.11a
	RV9.0	38.47a	38.79a	39.66a	38.30a	38.33a	38.47a
	RV12.0	38.77a	38.57a	39.71a	38.52a	38.40a	38.46a
GK12	CK	37.32a	37.34a	—	36.47a	36.47a	36.26a
	RV1.5	36.44a	36.35a	36.59a	—	—	—
	RV3.0	37.16a	37.23a	36.97a	35.68a	35.93a	35.13a
	RV6.0	37.17a	37.04a	38.16a	35.69a	35.68a	35.78a
	RV9.0	36.55a	36.48a	36.77a	35.84a	35.90a	35.04a
	RV12.0	37.59a	37.61a	37.28a	36.08a	36.11a	35.60a

### 2.5 密度对留叶枝棉纤维品质的影响

由表6可以看出,随种植密度增加,不同年份和品种留叶枝棉的麦克隆值均显著降低,其它

纤维品质指标不受密度的影响。RV6.0处理与CK相比,除麦克隆值趋于降低或显著降低外,其它纤维品质指标均无显著差异。

表6 不同密度留叶枝棉的纤维品质

Table 6 Effects of population density on fiber quality of cotton with sympodial branches

年份	品种	处理	上半部平均长度	整齐度指数	麦克隆值	断裂比强度	伸长率
			/mm	/%		/(cN·tex <sup>-1</sup> )	/%
2004	XZ2	CK	29.44a	84.25a	4.67b	28.75a	5.58a
		RV1.5	29.66a	83.81a	4.99a	27.81a	5.81a
		RV3.0	29.58a	84.15a	4.71b	28.63a	5.49a
		RV6.0	29.69a	84.13a	4.59bc	28.97a	5.32a
		RV9.0	29.83a	83.72a	4.26c	29.44a	5.04a
		RV12.0	29.86a	84.43a	4.30c	29.04a	5.07a
	GK12	CK	30.49a	84.55a	4.52a	30.22a	5.39a
		RV1.5	29.66a	84.36a	4.86a	29.13a	5.72a
		RV3.0	29.96a	84.54a	4.58b	30.07a	5.78a
		RV6.0	30.19a	84.14a	4.34bc	29.66a	5.85a
		RV9.0	29.86a	83.88a	4.03c	29.37a	6.16a
		RV12.0	30.74a	84.04a	3.66c	30.38a	5.48a
2005	XZ2	CK	30.11a	84.18a	4.67a	27.81a	5.65a
		RV1.5	30.04a	84.53a	4.73a	27.82a	5.88a
		RV3.0	29.83a	84.19a	4.65a	28.02a	5.76a
		RV6.0	29.99a	84.17a	4.19b	27.52a	6.26a
		RV9.0	30.17a	84.01a	4.30b	27.79a	6.22a
		RV12.0	29.98a	84.09a	4.20b	27.28a	6.39a
	GK12	CK	30.92a	84.28a	4.48a	28.76a	6.32a
		RV3.0	30.68a	84.08a	4.53a	27.54a	6.75a
		RV6.0	31.01a	84.81a	4.34a	28.51a	6.70a
		RV9.0	30.83a	84.99a	4.32a	28.34a	6.67a
		RV12.0	30.03a	84.12a	3.94b	27.66a	6.96a

### 3 讨论

#### 3.1 留叶枝对棉花产量和品质的影响

本试验结果表明,在密度适中的条件下(6.0 万株·hm<sup>-2</sup>),黄河流域棉区北部留叶枝棉的产量与品种及年份有关,杂交棉 XZ2 较常规棉 GK12 更适宜留叶枝栽培。此外,多雨年份(2005 年)留叶枝棉产量较整枝对明显下降。唐薇等同期在山东济南和临清应用早熟品系 K9918 的试验也得到相似的结果<sup>[18]</sup>。这表明,棉花留叶枝栽培除了选用适宜的品种外,还应针对不同年份的气候特点及时调整其它管理措施,如多雨年份应特别注意合理应用化学控制技术和合理进行肥料运筹,以增加群体的通透性、防止蕾铃的大量脱落。关于留叶枝对棉纤维品质的影响,有的报道认为留叶枝棉的纤维品质无显著变化<sup>[19]</sup>,有的认为纤维比强度降低<sup>[10]</sup>、总体品质变差<sup>[14]</sup>,本试验留叶枝棉纤维麦克隆值降低(XZ2 在 2005 年升至 A 级),对纤维品质具有一定的改良作用。

#### 3.2 留叶枝棉栽培的适宜密度

棉花产量在很大密度范围内可保持稳定<sup>[20-21]</sup>,如中棉所 12 在 6.0 万~9.0 万株·hm<sup>-2</sup> 之间、鲁棉研 21 在 3.0 万~7.5 万株·hm<sup>-2</sup> 之间的产量均无显著差异<sup>[22-23]</sup>。本试验留叶枝棉的子棉产量在 3.0 万~9.0 万株·hm<sup>-2</sup> 范围内维持较高水平且无显著差异,与前人结果<sup>[16]</sup>一致。此外,杂交棉 XZ2 在 3.0 万~6.0 万株·hm<sup>-2</sup> 范围内产量略高,常规棉 GK12 在 6.0 万~9.0 万株·hm<sup>-2</sup> 范围内略高(表 2),这与杂交棉的长势较强有关,也提示黄河流域棉区北部留叶枝棉的适宜密度可能在 6.0 万株·hm<sup>-2</sup> 左右,杂交棉可低一些,常规棉可高一些。密度仅使留叶枝棉纤维品质的麦克隆值降低,且在 9.0 万~12.0 万株·hm<sup>-2</sup> 的高密度下达到 A 级(3.7~4.2),这与 Siebert 等<sup>[21]</sup>和 Bednarz 等<sup>[24]</sup>的结果一致。

需要指出,本试验传统整枝只设了 1 个密度(6.0 万株·hm<sup>-2</sup>),所得结果不能反映不同密度条件下的叶枝去留效应和去叶枝条件下的合理密度。然而,本文旨在探讨棉花留叶枝栽培的适宜密度,因此,这并不影响本试验对生产的指导作用。另外,本试验化控的时间和剂量根据 CK 来确定,可能存在低密度留叶枝棉控制过度、同密

度和高密度控制不足的情形,这在一定程度上可能会影响产量结果。

### 4 结论

与传统整枝相比,留叶枝棉(密度为 6.0 万株·hm<sup>-2</sup>)的产量增减因品种和年份而不同。其中,生长势较强的品种更适合留叶枝栽培,多雨条件下留叶枝棉因铃数大幅减少而使产量显著降低。留叶枝棉的子棉产量在很大密度范围内(3.0 万~9.0 万株·hm<sup>-2</sup>)保持稳定,生产上应在 6.0 万株·hm<sup>-2</sup> 左右的基础上适当调整。留叶枝和增加密度均只降低纤维的麦克隆值,对其它纤维品质指标无显著影响。

#### 参考文献:

- [1] 中国农业科学院棉花研究所. 中国棉花栽培学[M]. 上海:上海科技出版社,1983:516-519.  
Cotton Research Institute, CAAS. China cotton cultivation[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1983: 516-519.
- [2] 戴敬,郑伟,杨举善. 棉花叶枝的生长及利用研究进展[J]. 中国棉花,2003,30(6):2-5.  
DAI Jing, Zheng Wei, Yang Ju-shan. Advances of researches on growth and utilization of cotton leaf shoot[J]. China Cotton, 2003, 30(6): 2-5.
- [3] 董合忠,李维江,李振怀,等. 棉花营养枝的利用研究[J]. 棉花学报,2003,15(5):313-317.  
DONG He-zhong, Li Wei-jiang, Li Zhen-huai, et al. Review on utilization of vegetative branches of cotton plants[J]. Cotton Science, 2003, 15(5): 313-317.
- [4] 董合忠,李振怀,李维江,等. 抗虫棉保留利用营养枝的效应和技术研究[J]. 山东农业科学,2003(3):6-10.  
DONG He-zhong, Li Zhen-huai, Li Wei-jiang, et al. Effects and utilization technique of vegetative branches on Bt transgenic cotton plants[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2003(3): 6-10.
- [5] 申贵芳,王景会,王宗文,等. 不同生态区抗虫杂交棉稀植留叶枝效应研究[J]. 山东农业科学,2008(5):34-37.  
SHEN Gui-fang, Wang Jing-hui, Wang Zong-wen, et al. Effects of reducing density and retaining leafy shoots on insect-resistant hybrid cotton in different ecological regions[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2008(5): 34-37.
- [6] 董合忠,牛曰华,李维江,等. 不同整枝方式对棉花源库关系的调节效应[J]. 应用生态学报,2008,19(4):819-824.  
DONG He-zhong, Niu Yue-hua, Li Wei-jiang, et al. Regulation effects of various training modes on source-sink relation of cot-

- ton[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(4): 819-824.
- [7] 徐立华,何循宏,李国锋,等. 留叶枝棉花的成铃规律[J]. 江苏农业学报,2002,18(1):37-41.  
XU Li-hua, He Xun-hong, Li Guo-feng, et al. Bolling regularity of cotton plant retaining leafy shoots[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2002, 18(1): 37-41.
- [8] 李维江,董合忠,李振怀,等. 棉花简化栽培技术在山东的效应研究[J]. 中国棉花,2000,27(9):14-15.  
LI Wei-jiang, Dong He-zhong, Li Zhen-huai, et al. Study on effects of the Simplified Cultural Practices in Shandong [J]. China Cotton, 2000, 27(9):14-15.
- [9] 孙学振,施培,单世华,等. 留营养枝棉花群体干物质积累分配规律研究[J]. 华北农学报,2000,15(3):77-81.  
SUN Xue-zhen, Shi Pei, Shan Shi-hua, et al. Dry matter accumulation and allocation of cotton with vegetative branches [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2000, 15(3): 77-81.
- [10] 李伶俐,马宗斌,房卫平,等. 稀植留叶枝棉花的光合特性和产量品质研究[J]. 棉花学报,2007,19(1):8-12.  
LI Ling-li, Ma Zong-bin, Fang Wei-ping, et al. Studies on photosynthetic characteristics yield and quality of sparse planting cotton-retaining-leafy-shoots[J]. Cotton Science, 2007,19(1): 8-12.
- [11] 杨铁钢,黄树梅,赵志鹏,等. 棉花留叶枝对其生育性状和产量的影响[J]. 河南农业科学,1999(8):11-13.  
YANG Tie-gang, Huang Shu-mei, Zhao Zhi-peng, et al. Effects of cotton retaining leafy shoots on developmental traits and yield[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 1999(8): 11-13.
- [12] 徐立华,朱永歌,王铁书,等. 密度对棉花叶枝利用的调节效应[J]. 江苏农业科学,2000(5):26-27.  
XU Li-hua, Zhu Yong-ge, Wang Tie-shu, et al. Density for regulating effect on utilization of leaf shoot of cotton [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2000(5): 26-27.
- [13] 毛树春,董合林,裴建忠. 棉花栽培新技术[M]. 上海:上海科学技术出版社,2002:78-91.  
MAO Shu-chun, Dong He-lin, Pei Jian-zhong. New cultivating technologies of cotton[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2002: 78-91.
- [14] 王国印,李妙,张晓. 抗虫杂交棉种植密度与叶枝利用效应研究[J]. 河北农业科学,2003,7(2):1-5.  
WANG Guo-yin, Li Miao, Zhang Xiao. Studies on application of leaf shoot and planting density for hybrid cotton resistance to bollworm[J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2003, 7(2): 1-5.
- [15] 李国锋,何循宏,徐立华,等. 棉花留叶枝密度与产量及构成产量诸因子关系的分析[J]. 江西棉花,2001,23(5):19-22.  
LI Guo-feng, He Xun-hong, Xu Li-hua, et al. Analysis of relationship between density and yield and its components of cotton-retaining-leafy-shoots[J]. Jiangxi Cottons, 2001, 23(5): 19-22.
- [16] 罗振,李维江,董合忠,等. 密度与整枝对抗虫杂交棉产量分布的影响[J]. 山东农业科学,2009(12):43-47.  
LUO Zhen, Li Wei-jiang, Dong He-zhong, et al. Effects of density and plant pruning on yield distribution of hybrid Bt cotton[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2009(12): 43-47.
- [17] 王士杰,史立强,王国印,等. 不同株型抗虫杂交棉叶枝利用的栽培模式研究[C]// 中国棉花学会 2009 年年会论文汇编. 安阳:中国棉花杂志社,2009:213-215.  
WANG Shi-jie, Shi Li-qiang, Wang Guo-yin, et al. Cultivation models of different plant-types of leafy shoot of insect-resistant hybrid cotton[C]// Paper Compilation of the Cotton Science Society of China. Anyang, Henan: China Cotton Magazine House, 2009: 213-215.
- [18] 唐薇,牛曰华,张冬梅,等. 留叶枝去早果枝对抗虫棉生长发育及产量的影响[J]. 中国农学通报,2006,22(8):178-182.  
TANG Wei, Niu Yue-hua, Zhang Dong-mei, et al. Effects of retention of vegetative branches and removal of early fruiting branches on the growth and development and yield of Bt transgenic cotton[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2006, 22(8): 178-182.
- [19] 钟吉萍,李景龙. 棉花叶枝的利用研究[J]. 中国农学通报,1999,15(2):18-20.  
ZHONG Ji-ping, Li Jing-long. Study on utilization of cotton vegetative branch [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 1999, 15(2): 18-20.
- [20] BEDNARZ C W, Bridges D C, Brown S M. Analysis of cotton yield stability across population densities[J]. Agronomy Journal, 2000, 92(1): 128-135.
- [21] SIEBERT J D, Stewart A M, Leonard B R. Comparative growth and yield of cotton planted at various densities and configurations[J]. Agronomy Journal, 2006, 98(3): 562-568.
- [22] 王延琴,潘学标. 不同密度棉花成铃分布及铃重变化规律[J]. 中国棉花,2001,28(6):21-22.  
WANG Yan-qin, Pan Xue-biao. Change regularity of distribution of boll-setting and boll weight under different density[J]. China Cotton, 2001, 28(6): 21-22.
- [23] DONG He-zhong, Li Wei-jiang, Tang Wei, et al. Yield, quality and leaf senescence of cotton grown at varying planting dates and plant densities in the Yellow River Valley of China [J]. Field Crops Research, 2006, 98(2/3): 106-115.
- [24] BEDNARZ C W, Shurley W D, Anthony W S, et al. Yield, quality, and profitability of cotton produced at varying plant densities[J]. Agronomy Journal, 2005, 97(1): 235-240. ●