

杨长琴, 张国伟, 刘瑞显. 种植密度与缩节胺(DPC)对麦后直播机采棉产量和品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(6): 1288-1293.
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2016.06.015

种植密度与缩节胺(DPC)对麦后直播机采棉产量和品质的影响

杨长琴, 张国伟, 刘瑞显

(江苏省农业科学院经济作物研究所/农业部长江下游棉花与油菜重点实验室, 江苏 南京 210014)

摘要: 为探明麦后直播机采棉适宜的种植密度和化控水平, 2013年以早熟棉(中棉所50)为材料, 采用裂区设计, 在江苏省盐城市大丰区和南京市研究种植密度($1\text{ hm}^2\ 7.50\times 10^4$ 株、 $1\text{ hm}^2\ 9.75\times 10^4$ 株和 $1\text{ hm}^2\ 12.00\times 10^4$ 株)和缩节胺(DPC)用量(0 g/hm^2 、 52.5 g/hm^2 和 105.0 g/hm^2)对麦后直播棉产量、品质的影响。结果表明, 密度 $1\text{ hm}^2\ 9.75\times 10^4$ 株和DPC用量 52.5 g/hm^2 、 105.0 g/hm^2 处理叶面积指数高值持续期较长; 生物量累积速率达到峰值的时间随密度增加而提前, 吐絮期生物量以密度 $1\text{ hm}^2\ 9.75\times 10^4$ 株处理高于 7.50×10^4 株处理, 而 $1\text{ hm}^2\ 12.00\times 10^4$ 株处理最低。在密度 $1\text{ hm}^2\ 7.50\times 10^4$ 株条件下, DPC处理降低生物量; 密度 $1\text{ hm}^2\ 9.75\times 10^4$ 株和 $1\text{ hm}^2\ 12.00\times 10^4$ 株条件下DPC 52.5 g/hm^2 处理的生物量较高。大丰点产量以 $1\text{ hm}^2\ 9.75\times 10^4$ 株、DPC 52.5 g/hm^2 处理较高, 南京点以相同密度下DPC $52.5\sim 105.0\text{ g/hm}^2$ 处理较高; 纤维长度和比强度以 $1\text{ hm}^2\ 9.75\times 10^4$ 株和 $1\text{ hm}^2\ 12.00\times 10^4$ 株、DPC $52.5\sim 105.0\text{ g/hm}^2$ 处理较优。综上所述, 麦后直播机采棉种植密度 $1\text{ hm}^2\ 9.75\times 10^4$ 株、DPC用量 $52.5\sim 105.0\text{ g/hm}^2$, 有利于生物量累积和产量、品质形成。

关键词: 麦后直播机采棉; 种植密度; 缩节胺; 生物量; 产量; 品质

中图分类号: S562.01

文献标识码: A

文章编号: 1000-4440(2016)06-1288-06

Effects of planting density and dimethyl piperidinium chloride (DPC) on yields and fiber qualities of machine picked cotton after barley harvesting

YANG Chang-qin, ZHANG Guo-wei, LIU Rui-xian

(Institute of Industrial Crops, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences/Key Lab of Cotton and Rapeseed, Ministry of Agriculture, Nanjing 210014, China)

Abstract: The aim is to find out the appropriate density and chemical control level of machine picked cotton after barley harvesting. Using the early mature cotton (CCRI 50) as material, field experiments were carried out to evaluate the effects of planting density and dimethyl piperidinium chloride (DPC) on biomass, yield and fiber qualities of cotton in Nanjing and Dafeng, Jiangsu province of China in 2013. The main plots comprised three planting densities ($1\text{ hm}^2\ 7.50\times 10^4$, $1\text{ hm}^2\ 9.75\times 10^4$ and $1\text{ hm}^2\ 12.00\times 10^4$ plants), while DPC application rates (0 g/hm^2 , 52.5 g/hm^2 and 105.0 g/hm^2) constituted the subplots. The results showed that the higher leaf area index (LAI) lasted from full-flowering to boll-opening in the treatments of $1\text{ hm}^2\ 9.75\times 10^4$ plants with DPC of $52.5\sim 105.0\text{ g/hm}^2$. The time for peaking biomass accumulation

rate advanced with the density increase and the final biomass of $1\text{ hm}^2\ 9.75\times 10^4$ plants treatment was the highest. The biomass decreased in the treatments of $1\text{ hm}^2\ 7.50\times 10^4$ plants with DPC of $52.5\sim 105.0\text{ g/hm}^2$ and was higher in the treatments of $1\text{ hm}^2\ 9.75\times 10^4$ plants or $1\text{ hm}^2\ 12.00\times 10^4$ plants with DPC of 52.5 g/hm^2 . The higher yield was found at the density of $1\text{ hm}^2\ 9.75\times 10^4$ plants with DPC of 52.5 g/hm^2 in Dafeng and at the

收稿日期: 2016-02-04

基金项目: 江苏省三新工程项目[SXGC(2014)299]; 江苏省科技支撑计划项目(BE2014389)

作者简介: 杨长琴(1972-), 女, 江苏仪征人, 博士, 副研究员, 主要从事棉花栽培生理研究。(E-mail)ychq2003@qq.com

通讯作者: 刘瑞显, (E-mail)liuruixian2008@163.com

same plant density with DPC of 52.5–105.0 g/hm² in Nanjing. The higher values of the fiber length and strength showed up in the treatments of 1 hm² 9.75×10⁴–12.00×10⁴ plants with DPC regulation. In summary, the treatments of 1 hm² 9.75×10⁴ plants with DPC of 52.5–105.0 g/hm² for the machine picked cottons after barley harvesting were conducive to the biomass accumulation, yield and fiber quality.

Key words: machine picked cotton after barley harvesting; planting density; DPC; biomass; yield; fiber quality

棉花是中国重要的经济作物之一,也是劳动密集型作物。随着劳动力成本的上升,全面推广机械化植棉已成为棉花发展的根本出路,而机械化植棉的关键是机械化采收。国外很多农业技术发达的国家棉花机械化收获率达到80%以上。中国西北内陆棉区,棉花种植规模化程度较高,正逐步推广机采棉^[1]。自2012年起,黄河流域棉区山东和河南等省以及长江流域棉区江苏、安徽和湖南省相继开展机采棉试验。

麦棉两熟是长江流域棉区主要的种植制度。棉花麦(油)后直播和机采有利于实现粮棉两熟高产高效、协调发展^[2]。麦(油)后直播棉由于有效生育期短,宜选用早熟棉品种,采用以密增铃的技术途径。已有的研究表明,作物高产以较高的生物量累积和较高的经济系数为前提^[3]。在一定密度范围内,群体密度对棉花生长的影响主要表现在生物量积累上,随种植密度的增大,群体生物量增大^[3-6]。另有研究者指出,一定的密度范围内生物量与籽棉产量呈正相关,但密度过高,群体生物量增加不显著而籽棉产量显著降低^[7]。棉花具有宽泛的密度适应性,在一定密度范围内其产量和品质基本不受影响^[8]。但在不同生态条件、种植制度下,不同的品种存在适宜的密度水平^[5,9-11]。在长江下游棉区,由于棉花生长季雨水较多,密度增加易造成群体恶化,进而影响产量与品质形成。因此,在合理密植的基础上辅以化控协调群体生长对产量和品质形成尤为重要。

本研究在大田条件下,探讨高密度和化控耦合对麦后直播棉生物量及产量、品质的影响,明确麦后直播棉高产优质栽培的密度、化控措施,为其在生产中推广应用提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验以早熟棉品种中棉所50(CCRI50)为材料,2013年在江苏省南京市和盐城市大丰区进行。

南京点土壤为黄棕壤土,pH为5.7;大丰点土壤为潮盐土、沙性轻壤,0~20 cm土壤pH值为7.9,含全盐0.28%。设密度和化控2个试验因子,密度设1 hm² 7.50×10⁴株(D₁)、9.75×10⁴株(D₂)和12.00×10⁴株(D₃)3个水平,化控设清水对照(C₀)、轻控(C₁)和重控(C₂)3个水平[处理时间及缩节胺(DPC)用量见表1]。裂区设计,密度为主区,化控为副区,共9个处理,分别为D₁C₀、D₁C₁、D₁C₂、D₂C₀、D₂C₁、D₂C₂、D₃C₀、D₃C₁、D₃C₂,3次重复。行距76 cm,等行距种植,小区面积30 m²。大丰点和南京点分别于5月25日和5月24日播种。肥料运筹:氮肥150 kg/hm²(苗肥40%,花铃肥60%);P₂O₅ 75 kg/hm²(苗肥一次施用);K₂O 150 kg/hm²(基肥与花铃肥各50%)。苗肥于出苗后1周施入,花铃肥见花时施入。不整枝,其他田间管理措施按高产要求进行。

表1 缩节胺(DPC)用量和时间

Table 1 The amount and application time of dimethyl piperidinium chloride (DPC)

DPC 处理	DPC 用量 (g/hm ²)		
	蕾期	开花期	打顶后
C ₀	0	0	0
C ₁	7.5	15.0	30.0
C ₂	15.0	30.0	60.0

1.2 调查和测定内容

1.2.1 叶面积指数和生物量 于棉花主要生育时期取代表性棉株5株,测定叶面积(叶面积=长×宽×0.75)。叶面积指数(LAI)=叶片总面积/土地面积。植株样品于105℃杀青,75℃烘干至恒质量,称质量。计算生物量累积速率,生物量累积速率=生物量增加量/天数。

1.2.2 产量与品质 吐絮期每小区调查连续15株大铃数,收正常吐絮铃30个,测定铃质量、衣分和纤维品质。

1.3 统计分析方法

采用 Microsoft Excel2003 软件处理数据,用 SPSS 11.0 软件统计分析。

2 结果与分析

2.1 种植密度和 DPC 对叶面积指数(LAI)的影响

由表 2 可见,大丰点同一 DPC 水平下,盛蕾期 D₃和 D₁处理 LAI 较高;初花期 LAI 随密度增加而增加,盛花期和吐絮期 LAI 均以 D₂处理最高。可见,D₁处理初花期 LAI 不足;D₃处理 LAI 于初花期达到

峰值,其后下降;而 D₂处理于盛花后 LAI 保持较高水平。同一种植密度下,盛花期前 LAI 总体随化控水平的增加而降低,吐絮期则以 C₁处理的较高。南京点不同种植密度间 LAI 动态变化与大丰点相似,但同一种植密度不同 DPC 处理间规律性不明显。两试验点的不同结果与两地不同土壤和气候条件下植株形态差异较大有关。

通过多重比较(表 2)发现,盛蕾期以 D₁C₀和 D₃C₀处理 LAI 较高,初花期以 D₃C₀和 D₃C₁处理 LAI 较高,盛花期后以 D₂C₁处理 LAI 较高。

表 2 种植密度与 DPC 用量对棉花叶面积指数(LAI)的影响

Table 2 Effects of planting density and DPC amount on cotton LAI

种植密度	DPC 用量	大丰点 LAI				南京点 LAI			
		盛蕾期	初花期	盛花期	吐絮期	盛蕾期	初花期	盛花期	吐絮期
D ₁	C ₀	2.42a	2.71f	3.66c	3.66c	1.12c	2.62g	3.15f	4.53b
	C ₁	1.96bc	2.79ef	3.33d	4.03b	1.29a	2.86f	3.51e	3.47f
	C ₂	1.79cd	2.90e	3.19d	3.68c	1.00d	3.40d	3.56e	4.03de
D ₂	C ₀	2.07b	3.41d	4.29b	3.35de	1.11c	3.21e	5.00a	3.93de
	C ₁	1.99bc	3.24d	4.69a	4.91a	1.00de	3.59c	4.17cd	4.85a
	C ₂	1.60d	2.82ef	3.80c	3.66c	0.94de	3.28de	4.02d	4.09d
D ₃	C ₀	2.37a	4.63a	3.28d	3.35de	1.22ab	5.27ab	4.39bc	4.16cd
	C ₁	2.09b	3.90b	3.18d	3.61cd	1.13bc	5.20b	4.20d	4.39bc
	C ₂	1.84c	3.66c	3.16d	3.13e	0.91e	5.38a	4.59a	3.79e

D₁、D₂和 D₃分别代表密度为 1 hm² 7.50×10⁴株、1 hm² 9.75×10⁴株和 1 hm² 12.00×10⁴株;C₁、C₂和 C₃分别代表 DPC 用量为 0 g/hm²、52.5 g/hm²和 105.0 g/hm²。同列数值后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

2.2 种植密度和化控对生物量累积的影响

由表 3 可见,同一 DPC 水平下,现蕾期生物量累积速率 D₃处理>D₁处理>D₂处理,现蕾至初花期 D₃>D₂>D₁,初花至盛花期 D₂>D₁>D₃,盛花至吐絮期 D₁>D₂>D₃。表明随种植密度降低,生物量累积速率峰值期推迟。同一种植密度下,现蕾期生物量累积速率 C₀处理高于 C₁和 C₂处理,其他生育阶段不一致。表明生育前期化控对生物量累积影响较大。同一 DPC 水平下总生物量 D₂>D₁>D₃,且在 D₁条件下随化控水平增加总生物量降低,D₂和 D₃条件下均以 C₁处理的总生物量最高。两个试验点结果基本一致。

2.3 种植密度和 DPC 用量对产量及其构成的影响

种植密度和 DPC 用量对棉花产量均有显著影响,两试验点间略有差异(表 4)。大丰点皮棉产量 D₂处理显著高于 D₁和 D₃处理,且 D₁和 D₃处理间没

有显著差异;不同 DPC 水平下,C₁处理最高、C₀处理最低,且两两间差异显著。南京点皮棉产量 D₁和 D₂显著高于 D₃,且 D₁和 D₂处理间差异不显著;不同 DPC 水平下,C₁和 C₂显著高于 C₀,且 C₁、C₂处理间差异不显著。两个试验点种植密度和 DPC 对皮棉产量均存在互作效应。以 D₂C₁和 D₂C₂处理皮棉产量较高。

大丰点种植密度与 DPC 用量显著影响铃数、铃质量和衣分。不同种植密度下铃数 D₂>D₃>D₁,不同 DPC 水平下 C₁和 C₂显著高于 C₀。铃质量随密度增加而降低,不同 DPC 水平下铃质量 C₁>C₂>C₀。不同种植密度下 D₃处理衣分显著降低,不同 DPC 水平下 C₂处理衣分显著降低。南京点,种植密度对铃数、衣分没有显著影响,其他与大丰点相似。此外,种植密度和 DPC 用量对两个试验点的铃数和铃质量均存在互作效应。

表3 种植密度与DPC用量对棉花生物量累积和分配的影响

Table 3 Effects of planting density and DPC amount on accumulation and distribution of cotton biomass

地点	种植密度	DPC 用量	生物量累积速率[$\text{kg}/(\text{d} \cdot \text{hm}^2)$]				总生物量(kg/hm^2)
			现蕾期	现蕾~初花期	初花~盛花期	盛花~吐絮期	
大丰	D ₁	C ₀	107.9a	66.5e	159.5b	112.5a	9 614.1b
		C ₁	83.3c	105.9d	147.4b	112.7a	9 470.0b
		C ₂	89.3bc	96.5d	99.9c	112.9a	8 693.4b
	D ₂	C ₀	76.7d	148.5ab	180.1b	73.8bc	9 604.4b
		C ₁	66.3e	145.7b	220.4a	76.5b	10 020.0a
		C ₂	70.3de	127.4c	219.2a	69.8bcd	9 505.9b
	D ₃	C ₀	112.7a	152.9ab	100.3c	31.9e	8 005.8e
		C ₁	94.5b	159.4a	71.6cd	64.4cd	8 293.8d
		C ₂	92.2b	157.8a	60.5d	62.5d	7 990.3e
南京	D ₁	C ₀	55.9a	138.5e	119.2b	187.3ab	10 046.4b
		C ₁	46.2cd	141.4e	99.8c	168.9cd	9 198.8de
		C ₂	48.3bcd	126.5f	105.0c	167.6cd	8 983.3e
	D ₂	C ₀	44.0cd	181.8b	106.3c	160.6d	10 016.4b
		C ₁	41.9d	167.2c	137.8a	193.2a	10 902.7a
		C ₂	42.3d	154.2d	136.4a	157.4de	9 912.3b
	D ₃	C ₀	55.2ab	194.0a	68.5d	147.7e	9 492.9cd
		C ₁	50.0abc	191.2a	62.5d	175.1bc	9 738.3bc
		C ₂	47.7cd	192.5a	46.5e	169.3cd	9 293.8de

种植密度处理 D₁、D₂、D₃ 和 DPC 用量处理 C₀、C₁、C₂ 见表 2 注。同列数值后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

表4 种植密度和DPC对皮棉产量及其构成的影响

Table 4 Effects of planting density and DPC on cotton lint yield and yield components

种植密度	DPC 用量	大丰点				南京点			
		1 hm ² 铃数 ($\times 10^4$)	铃质量 (g)	衣分 (%)	皮棉产量 (kg/hm^2)	1 hm ² 铃数 ($\times 10^4$)	铃质量 (g)	衣分 (%)	皮棉产量 (kg/hm^2)
D ₁	C ₀	91.4d	4.58 b	38.3ab	1 441.7de	86.6de	4.25abc	41.1a	1 512.9b
	C ₁	86.6d	4.79a	39.1a	1 457.6de	86.4de	4.34a	39.7bc	1 483.1bc
	C ₂	92.2d	4.36 d	38.2ab	1 381.7e	93.3ab	4.18cd	39.7bc	1 523.3b
D ₂	C ₀	104.8bc	4.35 d	38.7ab	1 586.5c	82.5f	4.13de	40.8ab	1 368.0d
	C ₁	117.3a	4.55 bc	38.0ab	1 825.6a	91.8bc	4.29ab	39.5c	1 558.5ab
	C ₂	110.5b	4.53 bc	38.1ab	1 717.7b	95.9a	4.30ab	39.4c	1 624.7a
D ₃	C ₀	92.6d	3.88 f	38.1ab	1 231.3f	85.5ef	4.07e	40.3abc	1 403.4cd
	C ₁	99.8c	4.44 cd	37.8b	1 508.0cd	89.3cde	4.21bcd	39.6bc	1 490.1b
	C ₂	102.2c	4.18 e	36.3c	1 392.6e	90.0bcd	4.16cde	39.4c	1 480.1bc

种植密度处理 D₁、D₂、D₃ 和 DPC 用量处理 C₀、C₁、C₂ 见表 2 注。同列数值后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

2.4 种植密度和DPC用量对纤维品质的影响

不同种植密度下,纤维长度 D₁和 D₂处理显著高于 D₃处理;纤维比强度在不同种植密度处理间没有

显著差异。不同 DPC 水平下,纤维长度和比强度均以 C₁和 C₂处理显著高于 C₀处理;种植密度和 DPC 用量对纤维长度和比强度存在极显著的互作效应。

多重比较结果表明,大丰点纤维长度以 D_2C_1 、 D_2C_2 和 D_3C_1 、 D_3C_2 处理较高,纤维比强度以 D_2C_2 和 D_3C_1 处理较高;南京点纤维长度以 D_2C_1 和 D_1C_1 处理较高,纤维比强度以 D_2C_1 处理较高(表 5)。

表 5 种植密度和 DPC 用量对棉花纤维长度和比强度的互作效应

Table 5 Interaction effects of planting density and DPC amount on fiber length and strength of cotton

种植 密度	DPC	大丰点		南京点	
		长度 (mm)	比强度 (cN/tex)	长度 (mm)	比强度 (cN/tex)
D_1	C_0	28.7cde	27.2bc	27.4g	27.0f
	C_1	29.0bc	27.2bc	29.2a	28.2b
	C_2	28.6de	27.4bc	27.7f	27.8cd
D_2	C_0	28.8cd	27.1c	28.0e	27.2ef
	C_1	29.7a	27.2bc	29.3a	28.8a
	C_2	29.5a	27.9a	28.8b	27.8cd
D_3	C_0	28.4e	26.3d	28.2d	27.7d
	C_1	29.4a	27.5ab	27.5g	27.5de
	C_2	29.3ab	27.2bc	28.6c	28.1bc

种植密度处理 D_1 、 D_2 、 D_3 和 DPC 用量处理 C_0 、 C_1 、 C_2 见表 2 注。数值后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

3 讨论

3.1 种植密度和 DPC 化控对麦后直播棉光合产物累积的影响

叶面积指数 (LAI) 大小直接影响棉花对光能的截获,进而影响棉花物质生产^[12]。王志才等的研究表明,高密度条件下 LAI 上升快,而低密度群体前期 LAI 上升缓慢^[7]。吕新等^[13] 也指出低密度或超高密度导致 LAI 降低。本研究结果表明, $1\text{ hm}^2 7.50 \times 10^4$ 株处理促进了盛蕾前个体发育, LAI 较高,其后叶面积不足; $1\text{ hm}^2 12.00 \times 10^4$ 株处理 LAI 于初花期达到峰值,其后下降; $1\text{ hm}^2 9.75 \times 10^4$ 株处理于盛花至吐絮期 LAI 较高, LAI 高值持续期较长。

生物量累积是作物产量形成的基础。张旺锋等^[14] 研究发现,群体总光合物质积累量随密度增加而增加,但盛花期后中等密度处理光合物质的积累速率加快。罗宏海等^[15] 认为低密度群体个体健壮而群体生物量不足;高密度个体生长受到限制,难以获得高产;中密度群体 LAI 高值持续时间长,光合物质累积多。本试验中生物量累积速率随密度增加峰值期提前,吐絮期总生物量 $1\text{ hm}^2 9.75 \times 10^4$ 株处理

高于 $1\text{ hm}^2 7.50 \times 10^4$ 株处理,而 $1\text{ hm}^2 12.00 \times 10^4$ 株处理最低; $1\text{ hm}^2 7.50 \times 10^4$ 株密度下 DPC 处理降低生物量,而 $1\text{ hm}^2 9.75 \times 10^4$ 株和 12.00×10^4 株密度下, DPC 52.5 g/hm^2 处理生物量较高。

3.2 种植密度与 DPC 化控对麦后直播棉产量与品质的影响

密度和化控耦合是调节棉花生育和产量品质的重要措施。罗宏海等^[15] 研究表明,在适当化控下中密度处理棉花皮棉产量较高。李伶俐等^[16] 研究结果也表明合理密植结合适量的缩节胺调控,有利于麦后直播短季棉优质高产。本试验密度 $1\text{ hm}^2 12.00 \times 10^4$ 株时,两个试点皮棉产量均较低,表明种植密度过高不利于产量提高。从产量构成看,两试点种植密度对铃数的影响有差异,铃质量随种植密度增加而降低,而 DPC 调控显著增加铃数和铃质量。种植密度和 DPC 化控对铃数、铃质量均存在互作效应,表明适宜密度结合化控有利于产量构成因素的优化和协调。两试点试验结果的差异与土壤及气候条件有关,大丰点属于盐碱地类型,由于土壤地力和早熟棉生育特性双重因素的影响,盛花后棉花长势开始转弱。因此,中等密度 ($1\text{ hm}^2 9.75 \times 10^4$ 株) 以上、轻控 (DPC 52.5 g/hm^2) 处理,有利于生物量累积和产量提高。南京点由于地力条件较好,棉花长势强,一定密度范围内植株自我调节能力强,这是其不同种植密度下铃数没有差异的原因。而由于其较强的自我调节能力,不同种植密度条件下适宜的化控水平也不同。 $1\text{ hm}^2 7.50 \times 10^4$ 株条件下不化控或重控, $1\text{ hm}^2 9.75 \times 10^4$ 株条件下化控处理可获得较高的产量。但 $1\text{ hm}^2 7.50 \times 10^4$ 株条件下不控,易造成旺长,且果枝过长等株型特征不符合机械采收的要求,而化控则易造成生物量不足,影响最终产量。从纤维品质看,种植密度和 DPC 化控对纤维长度和比强度具有互作效应,且以 $1\text{ hm}^2 9.75 \times 10^4$ 株、化控组合处理的纤维品质较优。因此,在长江流域下游棉区麦后直播棉适宜密度为 $1\text{ hm}^2 9.75 \times 10^4$ 株, DPC 用量为 $52.5 \sim 105.0\text{ g/hm}^2$ 。

参考文献:

- [1] 端景波, 张晓辉, 范国强, 等. 棉花机械化采收技术的现状与研究[J]. 中国农机化学报, 2014(3): 61-65.
- [2] 杨长琴, 刘瑞显, 杨富强, 等. 种植密度对麦后直播棉产量与品质形成的影响[J]. 江苏农业学报, 2013, 29(6): 1221-1227.

- [3] 王子胜, 徐 敏, 张国伟, 等. 施氮量和种植密度对东北特早熟棉区棉花生物量和氮素累积的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(12): 3243-3251.
- [4] 黄 慧. 垄作和种植密度对棉花产量及相关农艺性状的影响[J]. 山东农业科学, 2014, 46(6): 67-69.
- [5] 赵中华, 刘德章, 南建福, 等. 棉花各器官干物质分配规律的数学模型[J]. 华北农学报, 1997, 12(3): 53-59.
- [6] 李秋芝, 杨中旭, 王士红, 等. 不同种植密度与施肥方式对红花标记抗虫杂交棉鲁 05H9 产量和品质的影响[J]. 山东农业科学, 2014, 46(2): 62-64.
- [7] 王志才, 李存东, 张永江, 等. 种植密度对棉花主要群体质量指标的影响[J]. 棉花学报, 2011, 23(3): 284-288.
- [8] 张国伟, 杨长琴, 刘瑞显, 等. 施氮量对麦后直播棉氮素吸收利用的影响[J]. 应用生态学报, 2016, 27(1): 157-164.
- [9] 刘瑞显, 史 伟, 徐立华, 等. 长江下游棉区抗虫杂交棉适宜密度研究[J]. 棉花学报, 2010, 22(6): 634-638.
- [10] DONG H Z, LI W J, TANG W, et al. Effects of genotypes and plant density on yield, yield components and photosynthesis in Bt transgenic cotton[J]. Journal of Agronomy and Crop Science, 2006, 192: 132-139.
- [11] 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: 235-240.
- [12] 罗宏海, 赵瑞海, 韩春丽, 等. 缩节胺(DPC)对不同密度下棉花冠层结构特征与产量性状的影响[J]. 棉花学报, 2011, 23(4): 334-340.
- [13] 吕 新, 张 伟, 曹连蕾. 不同密度对新疆高产棉花冠层结构光合特性和产量形成的影响[J]. 西北农业学报, 2005, 14(1): 142-148.
- [14] 张旺锋, 王振林, 余松烈, 等. 种植密度对新疆高产棉花群体光合作用、冠层结构及产量形成的影响[J]. 植物生态学报, 2004, 28(2): 164-171.
- [15] 罗宏海, 张旺锋, 赵瑞海, 等. 种植密度对新疆膜下滴灌棉花群体光合速率、冠层结构及产量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(4): 112-114.
- [16] 李伶俐, 杜远仿, 张东林, 等. 不同密度与缩节安用量对麦后短季棉光合特性及产量、品质的影响[J]. 河南农业科学, 2008(7): 51-53.

(责任编辑:张震林)