

引用格式:

覃业玲, 谢章书, 李佳芮, 张宁, 成芳, 张永莉, 李肖, 王文斌, 李飞, 贺云新, 刘爱玉, 吴碧波, 邹平, 周仲华. 播期和种植密度及施氮量对短季直播棉成铃时空分布及产量形成的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2024, 50(5): 8–14.

QIN Y L, XIE Z S, LI J R, ZHANG N, CHENG F, ZHANG Y L, LI X, WANG W B, LI F, HE Y X, LIU A Y, WU B B, ZOU P, ZHOU Z H. The effects of sowing date, density and nitrogen application on the spatio-temporal distribution of boll formation and yield formation of short-season direct seeded cotton [J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2024, 50(5): 8–14.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



## 播期和种植密度及施氮量对短季直播棉成铃 时空分布及产量形成的影响

覃业玲<sup>1</sup>, 谢章书<sup>1</sup>, 李佳芮<sup>1</sup>, 张宁<sup>1</sup>, 成芳<sup>1</sup>, 张永莉<sup>1</sup>, 李肖<sup>1</sup>, 王文斌<sup>1</sup>,  
李飞<sup>2</sup>, 贺云新<sup>2</sup>, 刘爱玉<sup>1</sup>, 吴碧波<sup>3</sup>, 邹平<sup>4</sup>, 周仲华<sup>1\*</sup>

(1.湖南农业大学农学院, 湖南 长沙 410128; 2.湖南省棉花科学研究所, 湖南 常德 415101; 3.湖南生物机电职业技术学院继续教育学院, 湖南 长沙 410127; 4.湖南省衡阳县农业农村局, 湖南 衡阳 421299)

**摘要:**以早熟棉品种 JX0010 为材料, 于 2022 年和 2023 年进行大田试验, 设置 2 个播期 A1(5 月 17 日播种)、A2(5 月 30 日播种), 3 个种植密度 B1 (30 000 株/hm<sup>2</sup>)、B2 (45 000 株/hm<sup>2</sup>)、B3 (60 000 株/hm<sup>2</sup>), 3 种施氮量 C1(150 kg/hm<sup>2</sup>)、C2(180 kg/hm<sup>2</sup>)、C3(210 kg/hm<sup>2</sup>), 研究播期、种植密度和施氮量对短季直播棉成铃时空分布及产量形成的影响。结果表明: 晚播能够促进棉铃向中、下部及内围果节集中, 改善蕾铃脱落情况, 但在多雨年份会显著增加秋桃比例, 存在晚熟风险; 早播有利于提高棉花产量, 在 2022 年, A1 的籽棉产量和皮棉产量分别较 A2 提高 16.3% 和 15.3%; 在 2023 年, A1 的籽棉产量、皮棉产量分别较 A2 的显著提高 37.4%、39.9%; 种植密度对成铃时间分布影响不显著; 增加种植密度可显著提高产量, 2022 年, B3 的籽棉产量分别较 B2、B1 的提高 10.0%、20.6%, 皮棉产量分别提高 7.7%、21.6%; 2023 年, B3 的籽棉产量较 B2、B1 的分别显著提高 16.5%、23.5%, B3 的皮棉产量分别较 B2、B1 的显著提高 15.8%、24.1%; 施氮量对蕾铃空间分布无显著影响; 2022 年 C2 处理降低了脱落率, 增加了单株铃数, 提高了产量, C2 的籽棉产量较 C1、C3 的分别提高 11.7%、12.2%; 2023 年 C1 处理降低了脱落率, 增加了单株铃数, 提高了产量, C1 的籽棉产量较 C2、C3 的分别提高 39.8%、41.3%。综上, 湖南棉区适宜播期为 5 月中旬, 最佳种植密度为 60 000 株/hm<sup>2</sup>, 考虑天气条件, 在短季栽培一次性施肥模式下, 建议氮肥用量减至 150~180 kg/hm<sup>2</sup>。

**关键词:** 棉花; 播期; 种植密度; 施氮量; 蕾铃脱落; 产量

中图分类号: S562.04

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2024)05-0008-07

## The effects of sowing date, density and nitrogen application on the spatio-temporal distribution of boll formation and yield formation of short-season direct seeded cotton

QIN Yeling<sup>1</sup>, XIE Zhangshu<sup>1</sup>, LI Jiarui<sup>1</sup>, ZHANG Ning<sup>1</sup>, CHENG Fang<sup>1</sup>, ZHANG Yongli<sup>1</sup>, LI Xiao<sup>1</sup>,  
WANG Wenbin<sup>1</sup>, LI Fei<sup>2</sup>, HE Yunxin<sup>2</sup>, LIU Aiyu<sup>1</sup>, WU Bibo<sup>3</sup>, ZOU Ping<sup>4</sup>, ZHOU Zhonghua<sup>1\*</sup>

(1.College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China; 2.Hunan Institute of Cotton

收稿日期: 2024-03-20

修回日期: 2024-10-21

基金项目: 湖南省棉花产业技术体系栽培与良种繁育岗位专家项目(湘农发[2022]31号); 湖南省农业农村厅项目(湘财建指[2023]98号、湘财建指[2024]162号)

作者简介: 覃业玲(1995—), 女, 湖南常德人, 硕士研究生, 主要从事棉花栽培生理研究, 879151390@qq.com; \*通信作者, 周仲华, 博士, 教授, 主要从事棉花栽培生理及分子育种研究, zhouzhonghua1976@hotmail.com

Science, Changde, Hunan 415101, China; 3.College of Continuing Education, Hunan Biological and Electromechanical Polytechnic, Changsha, Hunan 410127, China; 4.Agricultural and Rural Bureau of Hengyang County, Hengyang, Hunan 421299, China)

**Abstract:** Using the early-maturing variety JX0010 as the material, field trials were conducted in 2022 and 2023 to study the effects of sowing date, density and nitrogen application on the spatio-temporal distribution of boll formation and yield formation of short-season direct seeded cotton. The experiments were set with two sowing periods A1(sown on 17 May) and A2(sown on 30 May), three planting densities B1(30 000 plants/hm<sup>2</sup>), B2(45 000 plants/hm<sup>2</sup>), B3(60 000 plants/hm<sup>2</sup>), and three nitrogen application rates C1(150 kg/hm<sup>2</sup>), C2(180 kg/hm<sup>2</sup>), C3 (210 kg/hm<sup>2</sup>). The results showed that late sowing could promote the concentration of cotton bolls to the middle, lower and inner peripheral nodes and improve the situation of bud and boll shedding, while in the rainy years, this pattern could significantly increase the proportion of autumn peaches with a risk of late ripening. And early sowing was conducive to improving cotton yields. The seed and lint yields of A1 increased by 16.3% and 15.3% compared with those of A2 in 2022, and the seed and lint yields of A1 increased significantly by 37.4% and 39.9% compared with those of A2 in 2023. The effect of planting density on the temporal distribution of boll formation was not significant, while the effect on the spatial distribution of buds and bolls and the rate of abscission varied markedly from year to year. Increasing planting density could significantly improve yields. The seed cotton yield of B3 was higher than that of B2 and B1 by 10.0% and 20.6%, respectively, and the lint yield of B3 was higher than that of B2 and B1 by 7.7% and 21.6%, respectively in 2022. And the seed cotton yield of B3 was significantly higher than that of B2 and B1 by 16.5% and 23.5%, respectively, and the lint yield of B3 was significantly higher than that of B2 and B1 by 15.8% and 24.1%, respectively in 2023. Nitrogen application had no significant effect on the spatial distribution of buds and bolls. The C2 treatment lowered the rate of abscission, increased the number of bolls per plant, and raised the yield, and the seed cotton yield of C2 increased by 11.7% and 12.2% compared with that of C1 and C3, respectively in 2022. , And the C1 treatment reduced the rate of abscission, increased the number of single bolls, and improved the yield, and the seed cotton yield of C1 was 39.8% and 41.3% higher than that of C2 and C3, respectively in 2023. In conclusion, from the study, the suitable sowing date in Hunan cotton area is mid-May, the optimal planting density is 60 000 plants/hm<sup>2</sup>. Considering the weather conditions, it is recommended to reduce the amount of nitrogen fertilizer to 150-180 kg/hm<sup>2</sup> under the one-time fertilizer application mode of short-season cultivation.

**Keywords:** cotton; sowing date; planting density; nitrogen application; bud and bell shedding; yield

湖南是中国重要的棉花产区, 2022 年湖南省棉花产量位列全国第五, 在保障中国用棉安全和促进农民脱贫增收中发挥了重要作用<sup>[1-2]</sup>。针对湖南地区的环境气候特点和产业发展趋势, 本研究团队提出了“长江流域棉花短季直播栽培”模式。该模式以适宜本区域的早熟棉花品种为基础, 通过种子直播、调整播期、整合农艺农机技术、精简肥料管理等策略, 旨在缩短棉花生育期, 提高产量, 并实现种植全过程的轻简化和机械化<sup>[3]</sup>。在棉花短季栽培中, “迟播增密、以密补迟”, “增密减氮、减投不减产”, “简化施肥、节工省本”已成为提高棉花产量和效率的主要栽培措施。当前, 关于棉花播期、种植密度、施氮量的研究已有许多, 但大多是从单、双

因素角度进行探讨, 从三因素角度出发的研究较少。基于此, 笔者通过 2 年大田试验, 研究播期、种植密度和施氮量对棉花蕾铃脱落和产量的影响, 旨在探讨湖南棉区“短季直播栽培模式”下适宜的栽培因子, 优化该模式下高产栽培技术, 促进棉花增产提效。

## 1 试验地基本情况

试验于 2022 和 2023 年在湖南农业大学浏阳教学科研综合基地(113°49'E, 28°18'N)进行。土壤(0~20 cm 耕层)基础肥力如表 1 所示。2023 年较 2022 年降水量增多, 温度无显著差异。

表 1 2022 和 2023 年田间试验土壤的基础养分

Table 1 Soil base nutrients for field trials in 2022 and 2023

年份	有机质质量 分数/(g kg <sup>-1</sup> )	pH	全氮质量 分数/(g kg <sup>-1</sup> )	碱解氮质量 分数/(mg kg <sup>-1</sup> )	有效磷质量 分数/(mg kg <sup>-1</sup> )	速效钾质量 分数/(mg kg <sup>-1</sup> )
2022	24.94	5.73	1.49	152.15	104.76	150
2023	25.70	5.86	1.55	153.34	126.13	120

## 2 材料和方法

### 2.1 材料

供试品种为湖南农业大学选育的早熟棉品种 JX0010(全生育期 130 d 左右)。试验前进行脱绒和晒种,挑选籽粒饱满的种子。

### 2.2 试验设计

试验采用 3 因素裂区设计,分别为播期(主区因素)、种植密度(裂区因素)和施氮量(裂-裂区因素)。3 次重复。播期设定 2 个水平:5 月 17 日播种(A1)和 5 月 30 日播种(A2);种植密度设定 3 个水平:30 000 株/hm<sup>2</sup>(B1)、45 000 株/hm<sup>2</sup>(B2)和 60 000 株/hm<sup>2</sup>(B3);施氮量设定 3 个水平:150 kg/hm<sup>2</sup>(C1)、180 kg/hm<sup>2</sup>(C2)和 210 kg/hm<sup>2</sup>(C3),在花铃期一次性施用。共设 54 个小区,单个小区面积为 19.2 m<sup>2</sup>(3.2 m×6 m)。参照 DB 43/T 286—2006《棉花栽培技术规范》进行田间管理。

### 2.3 测定项目与方法

#### 2.3.1 成铃时间

于 7 月 20 日(伏前桃)、8 月 20 日(伏桃)、9 月 20 日(秋桃)在每个小区连续选取 10 株棉株,直径 2 cm 以上的棉花为成铃,其余为幼铃和当日花,每 3 个幼铃或当日花折算成 1 个成铃。

#### 2.3.2 成铃空间

在吐絮期,每个小区选择 10 株棉花,分别按照内围(第 1、2 果节)、外围(第 2 果节以上)和下部(第 1~4 果枝)、中部(第 5~10 果枝)、上部(第 10 以上果枝)调查单株成铃情况和脱落情况。

#### 2.3.3 产量及其构成

在吐絮期,每个小区采摘中上部吐絮正常的 50 个铃收花,晒干后轧出皮棉,分别称量籽棉质量和轧花后的皮棉质量,计算单铃质量、衣分、皮棉产量和籽棉产量。

### 2.4 数据处理和统计分析

采用 SPSS 21.0 进行数据分析;采用 Origin 9.80 绘图。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同处理对成铃时间分布的影响

由表 2 可知,播期和施氮量是影响成铃时间分布的主要因素,种植密度对成铃的时间分布影响较小。

播期对三桃比例的影响在不同年份不一致。2022 年,A1 条件下,伏前桃比例较 A2 的显著增加 20 个百分点,伏桃比例较 A2 显著减少 20 个百分点,对秋桃比例几乎无影响。2023 年,A1 条件下,伏前桃比例较 A2 的显著增加 7 个百分点,对

表 2 不同处理下棉花成铃的时间分布和方差分析结果

Table 2 Temporal distribution of bolls under different treatments and ANOVA results

因素	2022 年三桃比例/%			2023 年三桃比例/%		
	伏前桃	伏桃	秋桃	伏前桃	伏桃	秋桃
A1	20a	39b	41	7a	50	43b
A2	0b	59a	41	0b	49	51a
B1	9	47	44	3	50	47
B2	9	51	40	3	51	46
B3	10	49	41	3	49	48
C1	11	41b	48b	4	37b	59a
C2	10	48b	42b	3	55a	42b
C3	8	58a	34a	3	57a	40b
<i>P<sub>A</sub></i>	0.000**	0.000**	0.981	0.000**	0.645	0.000**
<i>P<sub>B</sub></i>	0.696	0.671	0.627	0.922	0.607	0.538
<i>P<sub>C</sub></i>	0.312	0.000**	0.001**	0.231	0.000**	0.000**
<i>P<sub>A×B</sub></i>	0.696	0.398	0.579	0.922	0.044*	0.043*
<i>P<sub>A×C</sub></i>	0.312	0.668	0.998	0.231	0.262	0.210
<i>P<sub>B×C</sub></i>	0.791	0.998	0.913	0.545	0.257	0.151
<i>P<sub>A×B×C</sub></i>	0.791	0.105	0.181	0.545	0.768	0.672

不同小写字母表示同一因素不同处理间的差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。"\*""\*\*""\*\*\*"分别示 0.05、0.01 水平显著。

伏桃比例几乎无影响, 秋桃比例较 A2 的显著减少 8 个百分点。

施氮量对伏前桃比例影响较小, 对伏桃与秋桃比例有显著影响, 随着施氮量的增加, 伏桃比例不断增加, 秋桃比例不断减少。2022 年, C3 的伏桃比例较 C2、C1 分别增加 10 个百分点和 17 个百分点, 秋桃比例较 C2、C1 分别减少 8 个百分点和 14 个百分点。2023 年, C3 的伏桃比例较 C2、C1 的分别增加 2 个百分点和 20 个百分点, C3 的秋桃比例分别较 C2、C1 减少 2 个百分点和 19 个百分点。在降水量偏多的 2023 年, 播期与种植密度对伏桃和秋桃比例有显著的互作效应。

### 3.2 不同处理对成铃空间分布的影响

由表 3 可知, 播期显著影响棉铃的空间分布,

而种植密度与施氮量对其影响较小。2022 年, 随播期推迟, 上部铃比例显著减少, 中、下部铃比例显著增加, 与 A1 相比, A2 上部铃比例减少 9 个百分点, 中部铃比例增加 4 个百分点, 下部铃比例增加 5 个百分点。2023 年, 随播期推迟, 上、中部铃比例显著减少, 下部以及内围铃比例显著增加, 与 A1 相比, A2 上部铃比例减少 19 个百分点, 中部铃比例减少 8 个百分点, 下部铃比例增加 27 个百分点, 内围铃比例增加 14 个百分点。随种植密度增加, 内围铃比例上升, 外围铃比例下降, 2022 年, B3 较 B2、B1 的内围铃比例分别增加 3 个百分点和 8 个百分点。施氮量对蕾铃空间分布无显著影响。

从各因素的交互作用来看, 在降水偏多的 2023 年, 播期与种植密度、播期与施氮量、种植密度与施氮量的互作效应均对内、外围铃比例有显著影响。

表 3 不同处理下棉花成铃的空间分布和方差分析结果

Table 3 Spatial distribution of bolls under different treatments and ANOVA results

因素	2022 年成铃			2022 年成铃		2023 年成铃			2023 年成铃	
	纵向分布比例/%			横向分布比例/%		纵向分布比例/%			横向分布比例/%	
	下部果枝	中部果枝	上部果枝	内围果节	外围果节	下部果枝	中部果枝	上部果枝	内围果节	外围果节
A1	32b	45b	23a	56	44	29b	51a	20a	57b	43a
A2	37a	49a	14b	58	42	56a	43b	1b	71a	29b
B1	33	46	21a	53b	47a	42	46	12	64	36
B2	35	46	19ab	58a	42b	44	46	10	64	36
B3	35	50	15b	61a	39b	42	47	11	65	35
C1	36a	47	17	61a	39b	43	46	11	62	38
C2	35a	47	18	55b	45a	41	48	11	66	34
C3	31a	48	21	56ab	44ab	43	46	11	65	35
$P_A$	0.007**	0.049*	0.000**	0.258	0.258	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**
$P_B$	0.441	0.193	0.054	0.018*	0.018*	0.643	0.914	0.232	0.858	0.858
$P_C$	0.095	0.910	0.307	0.077	0.077	0.385	0.341	0.803	0.325	0.325
$P_{A \times B}$	0.693	0.990	0.686	0.817	0.817	0.517	0.412	0.149	0.005**	0.005**
$P_{A \times C}$	0.863	0.808	0.673	0.898	0.898	0.346	0.519	0.409	0.001**	0.001**
$P_{B \times C}$	0.774	0.448	0.240	0.776	0.776	0.922	0.669	0.469	0.038*	0.038*
$P_{A \times B \times C}$	0.473	0.935	0.551	0.957	0.957	0.748	0.923	0.207	0.441	0.441

不同小写字母表示同一因素不同处理间的差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。"\*""\*\*""\*\*\*"分别示 0.05、0.01 水平显著。

### 3.3 不同处理对蕾铃脱落情况的影响

由表 4 可以看出, 播期、种植密度与施氮量均对蕾铃的脱落有显著影响。随着播期推迟, 脱落率降低。2022 年和 2023 年, 与 A1 相比, A2 的整株棉花脱落率均降低 4 个百分点, 2022 年, A2 的下部蕾铃脱落率较 A1 的显著降低 7 个百分点, 上部蕾铃脱落率显著降低 10 个百分点, 中部蕾铃脱落

率几乎无变化; 2023 年, A2 处理下、中、上部果枝脱落率较 A1 的均显著降低, 分别降低 16 个百分点、5 个百分点和 21 个百分点。种植密度对整株棉花脱落率的影响仅在 2023 年达到显著水平, B3 的脱落率较 B2、B1 的均增加 10 个百分点。

施氮量对整株棉花脱落率的影响在不同年份表现不一致。2022 年, 整株棉花脱落率以 C2 的最低, 较 C3、C1 的低 5 个百分点, C2 的中部果枝脱

落率分别较 C3、C1 的降低 3 个百分点、6 个百分点, C2 的上部果枝蕾铃脱落率分别较 C3、C1 的降低 14 个百分点、13 个百分点; 2023 年整株棉花脱落率以 C1 的最低, 分别较 C2、C3 的降低 4 个百分点和 9 个百分点, 主要体现在中部果枝蕾铃的脱落率降低。

从各因素的交互作用来看, 在降水偏多的 2023 年, 播期与施氮量对下、中部果枝蕾铃脱落率具有显著影响, 种植密度与施氮量以及播期、种植密度和施氮量三者互作均对棉株上部果枝蕾铃脱落率具有显著影响。

表 4 不同处理下的各部位蕾铃脱落情况和方差分析结果

Table 4 The detachment of various parts under different treatments and ANOVA results

因素	2022 年各部位的脱落率/%				2023 年各部位的脱落率/%			
	下部果枝	中部果枝	上部果枝	整株棉花	下部果枝	中部果枝	上部果枝	整株棉花
A1	56a	61	49a	56	59a	45a	40a	51a
A2	49b	59	39b	52	43b	40b	19b	47b
B1	53	59	45	54	49	43	32	46b
B2	51	60	44	53	51	42	27	46b
B3	53	60	43	54	53	43	29	56a
C1	49	63a	48a	55a	53	40b	30	45c
C2	54	57b	35b	50b	50	42ab	28	49b
C3	55	60a	49a	55a	50	46a	29	54a
$P_A$	0.020*	0.546	0.018*	0.058	0.000**	0.005**	0.000**	0.015*
$P_B$	0.757	0.968	0.906	0.870	0.301	0.813	0.509	0.000**
$P_C$	0.279	0.025*	0.006**	0.022*	0.424	0.020*	0.881	0.000**
$P_{A \times B}$	0.515	0.628	0.282	0.502	0.735	0.658	0.410	0.414
$P_{A \times C}$	0.589	0.290	0.455	0.208	0.012*	0.011*	0.433	0.050
$P_{B \times C}$	0.632	0.392	0.234	0.423	0.871	0.363	0.017*	0.742
$P_{A \times B \times C}$	0.948	0.898	0.999	0.877	0.932	0.556	0.002*	0.721

不同小写字母表示同一因素不同处理间的差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。\*\*\*\*分别示 0.05、0.01 水平显著。

### 3.4 不同处理对棉花产量及构成因素的影响

由表 5 可知, 播期、种植密度、施氮量均对棉花产量有显著影响, 且主要表现为单株铃数的差异。2022 年, 随播期推迟, 产量显著下降, 早播有利于棉花增产, A1 的籽棉产量和皮棉产量分别较 A2 提高 16.3% 和 15.3%; 随种植密度增加, 籽棉产量、皮棉产量均增加, B3 的籽棉产量分别较 B2、B1 的提高 10.0%、20.6%, 皮棉产量分别提高 7.7%、21.6%; 随施氮量增加, 籽棉产量呈先增加后降低的趋势, C2 较 C1、C3 分别提高 11.7%、12.2%。从产量构成因素来看, 播期、种植密度以及施氮量对单株铃数皆有显著影响。随播期推迟, 单株铃数显著下降, A2 较 A1 降低 15.6%; 随种植密度增加, 单株铃数呈显著下降趋势; 随施氮量增加, 单株铃数呈先增加后降低的趋势, C2 的单株铃数分别较 C1、C3 提高 13.3%、12.1%。从单铃质量来看, 播期对其有显著影响, 而种植密度和施氮量对其无显

著影响。随播期推迟, 单铃质量增加, A2 较 A1 提高 4.1%。三因素协同处理下, 播期、种植密度与施氮量的交互作用对单株铃数和产量有显著影响。

2023 年, A1 的籽棉产量、皮棉产量较 A2 的分别显著提高 37.4%、39.9%; B3 的籽棉产量较 B2、B1 的分别显著提高 16.5%、23.5%, B3 的皮棉产量分别较 B2、B1 的显著提高 15.8%、24.1%; 随施氮量减少, 籽棉产量和皮棉产量均显著增加, C1 的籽棉产量较 C2、C3 的分别高 39.8%、41.3%, C1 的皮棉产量较 C2、C3 的分别高 36.8%、39.2%。不同播期和种植密度处理下单株铃数的变化趋势与 2022 年的相同, A1 较 A2 的显著提高 39.8%, B1 较 B2、B3 的分别显著提高 39.8%、62.9%; 随着施氮量增加, 单株铃数呈下降趋势, C1 较 C2、C3 的分别高 33.5%、39.9%。从单铃质量来看, 各因素均对其无显著影响。播期、施氮量的互作效应对单株铃数、单铃质量、衣分及产量的影响显著。

表 5 不同处理下的棉花产量及其构成因素和方差分析结果

Table 5 Cotton yield and its constituent factors under different treatments and ANOVA results

年份	因素	单株铃数	单铃质量/g	衣分	籽棉产量/(kg hm <sup>-2</sup> )	皮棉产量/(kg hm <sup>-2</sup> )
2022	A1	21.99a	4.39b	0.44a	4 133.46a	1 947.03a
	A2	18.55b	4.57a	0.44a	3 553.36b	1 688.58b
	B1	25.98a	4.49a	0.43a	3 492.13b	1 630.74b
	B2	19.03b	4.49a	0.45a	3 827.80ab	1 840.44a
	B3	15.81c	4.46a	0.44a	4 210.30a	1 982.23a
	C1	19.35b	4.56b	0.43b	3 704.59b	1 743.62b
	C2	21.92a	4.44b	0.43b	4 138.03a	1 930.94b
	C3	19.55b	4.44b	0.45b	3 687.61b	1 778.85b
	<i>P<sub>A</sub></i>	0.000**	0.002**	0.404	0.001**	0.002**
	<i>P<sub>B</sub></i>	0.000**	0.835	0.311	0.003**	0.002**
	<i>P<sub>C</sub></i>	0.022*	0.137	0.247	0.043*	0.115
	<i>P<sub>A&gt;B</sub></i>	0.459	0.743	0.744	0.163	0.160
	<i>P<sub>A&gt;C</sub></i>	0.623	0.234	0.648	0.243	0.103
	<i>P<sub>B&gt;C</sub></i>	0.385	0.560	0.911	0.230	0.199
<i>P<sub>A&gt;B&gt;C</sub></i>	0.023*	0.670	0.214	0.020*	0.015*	
2023	A1	23.61a	4.14	0.44	4 152.09a	2 223.68a
	A2	16.89b	4.17	0.44	3 021.21b	1 589.84b
	B1	26.08a	4.13	0.44	3 265.70b	1 724.81b
	B2	18.66b	4.15	0.44	3 462.23ab	1 849.68ab
	B3	16.01b	4.18	0.44	4 032.02a	2 141.31a
	C1	24.66a	4.25	0.43	4 440.80a	2 333.51a
	C2	18.47b	4.05	0.44	3 176.15b	1 705.53b
	C3	17.63b	4.16	0.44	3 143.00b	1 676.76b
	<i>P<sub>A</sub></i>	0.000**	0.798	0.241	0.000**	0.000**
	<i>P<sub>B</sub></i>	0.000**	0.936	0.835	0.047*	0.045*
	<i>P<sub>C</sub></i>	0.000**	0.310	0.125	0.000**	0.000**
	<i>P<sub>A&gt;B</sub></i>	0.292	0.445	0.704	0.508	0.448
	<i>P<sub>A&gt;C</sub></i>	0.015*	0.024*	0.002**	0.011*	0.018*
	<i>P<sub>B&gt;C</sub></i>	0.628	0.390	0.539	0.948	0.908
<i>P<sub>A&gt;B&gt;C</sub></i>	0.528	0.372	0.567	0.580	0.508	

同一年份同列不同字母表示同一指标不同处理间的差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。“\*\*”“\*”“\*”分别示 0.05、0.01 水平显著。

#### 4 结论与讨论

短季直播栽培模式下,棉花的生育期缩短,成铃主要由伏桃和秋桃组成<sup>[4-5]</sup>。伏桃是决定棉花品质的关键因子,秋桃比例过高则可能导致晚熟,造成棉花产量降低<sup>[6]</sup>。有研究<sup>[7]</sup>指出,播期推迟后,伏桃和秋桃的数量增多,其中秋桃随播期的变化差异显著。高产棉田要求棉铃向内围及中下部集中,有利于棉铃集中成熟和机械化采收<sup>[8]</sup>。本研究中,采用短季棉适时晚播的策略,能够有效促进棉花成铃向植株的中下部以及内围果节集中。

在一定范围内,随着种植密度提高,棉株群体中、下部铃和内围铃也随之增加,但与此同时烂铃数也会随着种植密度增加而增加<sup>[9]</sup>。本试验结果表明,种植密度对蕾铃空间分布影响较小,仅在 2022 年对内外围铃分布的影响达到显著水平,随着种植密度增加,蕾铃脱落率呈上升趋势。在多雨的 2023 年,高密度种植(60 000 株/hm<sup>2</sup>)条件下,脱落率增加了 10 个百分点。这可能是由于高种植密度增加了植株间的水分和养分竞争,特别是在雨水充足的年份。氮肥对棉花生长影响较大<sup>[10]</sup>。本试验中,随施氮量增加,伏桃比例有所上升,秋桃比例下降,表明施

氮量在调控棉花成铃结构中也起到了重要作用。

前人<sup>[11]</sup>研究表明,早播会使棉花生育期延长,棉株能充分利用光照、热量和土壤水分等资源,从而获得较高的产量。随着播期的推迟,早熟棉花品种的收获指数、衣分和平均铃质量均有所下降,减产风险增加。在长江流域,晚播 10~19 d 的麦/油后直播棉产量下降<sup>[12]</sup>。本试验中,随着播期推迟,产量显著下降。阳会兵等<sup>[13]</sup>研究发现,种植密度是影响单株成铃数的主要因子,且籽棉产量与种植密度呈开口向下的二次曲线关系。本研究中,高种植密度(B3)的产量均优于中、低、种植密度(B2、B1)的产量。罗长成等<sup>[14]</sup>的研究结果表明,产量会随着施氮量的增加先增加后降低。刘安达<sup>[15]</sup>研究表明,见花一次性追施较低量(180 kg/hm<sup>2</sup>)的氮肥可以改善麦后直播棉花的氮代谢,提高氮肥利用率,优化生物质量的积累和分配,并获得与较高施氮量(270 kg/hm<sup>2</sup>和 360 kg/hm<sup>2</sup>)相当的籽棉产量。本试验中,2022年中量氮肥(180 kg/hm<sup>2</sup>)处理较其他处理增产 11.7%~12.2%;2023年单株铃数与产量随施氮量增加呈现逐渐下降的趋势,低量氮肥(150 kg/hm<sup>2</sup>)处理的籽棉产量较其他处理增产 39.8%~41.3%。以上结果表明适宜氮肥用量(180 kg/hm<sup>2</sup>或 150 kg/hm<sup>2</sup>)有助于提高产量。此外,播期、种植密度、施氮量的互作效应对 2022 年的单株铃数及产量有显著影响,播期、施氮量的互作效应对 2023 年的单株铃数、衣分及产量有显著影响,表明通过调整播种期、种植密度和施氮量,可以有效控制单株铃数、衣分和产量,从而提高棉花的生产效率。

综上,湖南棉区短播直播棉花的适宜播期为 5 月中旬左右,最佳种植密度为 60 000 株/hm<sup>2</sup>。棉株对氮肥的需求在不同时期不同环境下表现不一致,建议在短季栽培中减少氮肥的使用量,一次性施肥模式下,氮肥用量可减至 150~180 kg/hm<sup>2</sup>。未来可进一步扩大氮肥用量的范围,并探索更高的种植密度/播期梯度;同时,为避免天气等因素对试验可能造成的干扰,开展“一年多点”、“多年多点”或年度间的长期定位试验,进一步明确湖南棉区短季直播栽培模式下“增密减氮”的最佳组合,实现增产增效。

## 参考文献:

- [1] 国家统计局. 国家统计局关于 2022 年棉花产量的公告 [EB/OL]. (2022-12-26)[2024-03-20]. [https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202302/t20230203\\_1901689.html](https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202302/t20230203_1901689.html).
- [2] 谢章书, 廖良秀, 李侃, 等. 种子球化处理、播种密度和播期对直播棉生理特性及生长发育的影响[J]. 江苏农业学报, 2023, 39(6): 1312-1322.
- [3] 刘爱玉, 屠小菊, 周仲华, 等. 棉花夏播短季轻简化栽培技术[J]. 湖南农业科学, 2022(2): 28-31.
- [4] 王国平. 麦棉两熟时空配置对短季棉产量形成的效应及其机理研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2022.
- [5] 张宁, 许豆豆, 刘玉杰, 等. 夏播短季栽培对棉花成铃时空分布特征及产量构成的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2024, 50(1): 15-22.
- [6] 董合忠, 毛树春, 张旺锋, 等. 棉花优化成铃栽培理论及其新发展[J]. 中国农业科学, 2014, 47(3): 441-451.
- [7] 高雄. 迟播减氮对冀中南棉花生长生理和产量的影响 [D]. 保定: 河北农业大学, 2021.
- [8] 董合忠, 张艳军, 张冬梅, 等. 基于集中收获的新型棉花群体结构[J]. 中国农业科学, 2018, 51(24): 4615-4624.
- [9] 周相. 品种和密度对棉花成铃规律及棉铃内部产量构成的影响[D]. 阿拉尔: 塔里木大学, 2022.
- [10] 段松江, 彭增莹, 申莹莹, 等. 不同海岛棉品种产量及纤维品质对氮肥的响应[J]. 新疆农业科学, 2023, 60(7): 1569-1579.
- [11] DEOL J S, RUPINDER K, BRAR Z S. Growth and yield of upland cotton(*Gossypium hirsutum* L.) as affected by sowing dates and plant spacings[J]. Environment Ecology, 2011, 29(4): 1886-1888.
- [12] 张友昌, 黄晓莉, 胡爱兵, 等. 长江流域麦/油后直播棉花播种时间下限研究[J]. 棉花学报, 2021, 33(2): 155-168.
- [13] 阳会兵, 杨俊兴, 周仲华, 等. 栽培因子对长江流域早熟棉花短季栽培产量影响及建成模型研究[J]. 激光生物学报, 2019, 28(3): 281-288.
- [14] 罗长成, 王清连. 密度、打顶时间与施氮量对长绒棉 BMC79 产量的影响[J]. 河南科技学院学报(自然科学版), 2023, 51(4): 1-10.
- [15] 刘安达. 一次性施氮对不同熟制棉花氮素利用和产量形成的效应及其生理机制[D]. 武汉: 华中农业大学, 2022.

责任编辑: 毛友纯  
英文编辑: 柳 正