

引用格式:

张宁, 许豆豆, 刘玉杰, 刘爱玉, 屠小菊. 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.

ZHANG N, XU D D, LIU Y J, LIU A Y, TU X J. Effects of summer-sowing short-season-cultivation on spatial-temporal characteristics of boll-formation and yield composition of cotton[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2024, 50(1): 15–22.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



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

张宁, 许豆豆, 刘玉杰, 刘爱玉, 屠小菊*

(湖南农业大学农学院, 湖南 长沙 410128)

摘要: 以 10 个不同基因型棉花品系为试验材料, 采用株式图记载棉株各部位蕾铃发生、生长和脱落情况, 以探明棉花在夏播短季栽培条件下的棉铃形成时空分布特征。结果表明: 在时间分布上, 现蕾高峰期为播种后第 56 天至第 80 天, 开花高峰期为播种后第 77 天至第 96 天, 成铃高峰期为播种后第 85 天至第 101 天, 各品系生殖器官(蕾、花、铃)数量积累均有显著差异; 在空间分布上, P56-3、07 单 12、07 单 6 和 07 单 7 表现为中部成铃最多, 其余品系则表现为下部成铃最多; P56-3、07 单 6 和 07 单 7 成铃率分布表现“下部果枝内空形”; 各品系产量结构有显著差异, 品系 2003-29 单株铃数较其他品系高 19.53%~119.55%, 籽棉和皮棉产量较其余品系分别高 21.82%~106.32%、22.46%~134.05%, 在所有参试品系中表现突出, 成铃分布均匀, 脱落较少, 单株成铃数和产量最高, 适宜在夏播短季栽培模式下种植。棉花夏播短季栽培成铃主要集中在 8 月, 不能用传统的“三桃”比例来衡量高产优质栽培的成铃结构。

关键词: 棉花; 夏播短季栽培; 成铃; 时空分布; 产量

中图分类号: S562.04

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2024)01-0015-08

Effects of summer-sowing short-season-cultivation on spatial-temporal characteristics of boll-formation and yield composition of cotton

ZHANG Ning, XU Doudou, LIU Yujie, LIU Aiyu, TU Xiaojun*

(College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China)

Abstract: In order to understand the spatial-temporal distribution characteristics of cotton boll-formation under summer-sowing short-season-cultivation conditions, 10 cotton lines of different genotypes were used as experimental materials, and the occurrence of bud bolls in each part of cotton plants was recorded by plant diagrams. The results showed that in terms of time distribution, the peak period of buds was 56-80 days after seeding, the peak period of flowering was 77-96 days after seeding, and the peak period of boll-formation was 85-101 days after sowing, and the accumulation of reproductive organs(buds, flowers and bolls) of different varieties/lines was significantly different. Regarding to the spatial distribution, P56-3, 07 single 12, 07 single 6 and 07 single 7 showed the most bolls in the middle, while the rest of the varieties showed the most bolls in the lower part. In addition, the distribution of boll-formation rates of P56-3, 07 single 6 and 07 single 7 also showed “hollow shape in the lower fruit branches”. The yield structure of each line was significantly different, and the number of bolls per plant in 2003-29 was 19.53%-119.55% higher than those of other cultivars, and the yield of seed cotton and lint cotton was 21.82%-106.32% and 22.46%-134.05% higher than those of other varieties, respectively. Among 10 genotypes, the strain 2003-29 showed optimal characters including uniform boll-formation, less shedding, the highest number of bolls and yield per plant and thus it was suitable for planting in the

收稿日期: 2023-07-07

修回日期: 2023-12-07

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); 湖南省农业专项(湘财建指[2023]98号)

作者简介: 张宁(2000—), 男, 甘肃定西人, 硕士研究生, 主要从事棉花栽培生理研究, 2929098345@qq.com; *通信作者, 屠小菊, 博士, 实验师, 主要从事棉花栽培与育种研究, tuxiaoju@126.com

summer-sowing short-season-cultivation mode. Therefore, the summer-sowing short-season-cultivation of cotton was mainly concentrated in August, and the traditional ratio of “three peaches” was not applicable to measure the boll-formation structure of high-yield and high-quality cultivation.

Keywords: cotton; summer-sowing short-season-cultivation; boll-formation; spatial-temporal distribution; yield

棉花成铃的时空分布可反映栽培措施的优劣,预测纤维品质和棉花产量;因此,优化成铃是棉花高产优质栽培的重要措施^[1]。一般来说,棉铃质量最好、单铃质量最大、纤维品质最优的理想空间位置是中部内围棉铃^[2]。棉花成铃的时空分布受栽培措施影响较大,通过推迟播期可以相应减少伏桃和伏前桃比例,进而增加秋桃占比^[3]。群体结构对棉铃时空分布也有显著影响,构建合理的棉花冠层对棉铃时空分布具有调节作用^[4]。

长江流域传统植棉全生育期长达 210~230 d,与冬季作物争地矛盾日渐突出。因成铃时空跨度大,导致吐絮历期长、棉花纤维品质降低^[5]。棉花夏播短季栽培可顺应长江流域棉田多熟制机械化生产的需要,利用棉花的生育期和株型弹性大、可调控的特点,改传统的“春播”为“夏播”,以“群体产能”取代“个体优势”,通过增密减氮、株型调控、催熟脱叶等措施缩短生产周期,实现集中吐絮的绿色高效生产技术体系,在提高棉花生产效益、解决与冬作物的季节矛盾的同时,提高棉花纤维品质,为棉花全程机械化提供保障^[6-7]。当前对于该种植模式下的棉铃形成时空分布规律研究较少。本研究中,以 10 个不同基因型棉花品系为材料,分析其在夏播短季栽培模式下的蕾铃时空分布特征和产量表现,以期对棉花夏播短季栽培品种选择和栽培调控提供依据。

1 试验地基本概况

试验于 2022 年 5—10 月在湖南农业大学浏阳基地(113°49'E, 28°18'N)进行。土壤为砂壤土, pH 为 6.3, 有机质、全氮、全磷、全钾含量分别为 9.38、0.94、0.81、6.76 g/kg, 碱解氮、速效磷、速效钾含量分别为 161.81、35.18、212 mg/kg。前茬作物为马铃薯。

2 材料和方法

2.1 材料

5 个早熟品系 LH970513-1(V1)、P56-3(V2)、LH-1(V3)、LAT-3(V4)、2016-27(V5)和 5 个晚熟品

系 07 单 12(V6)、2003-29(V7)、07 单 6(V8)、07 单 7(V9)、2013-43(V10)均由湖南农业大学棉花研究所选育并提供。

2.2 试验设计

2022 年 5 月 18 日播种, 种植密度为 5.25×10^4 株/hm², 小区面积为 21 m²(7 m×3 m), 株距为 25 cm, 行距为 75 cm。随机区组设计, 3 次重复, 共 30 个小区。于蕾期(7 月 10 日)一次性施入复合肥(N、P、K 质量比为 19:9:19)750 kg/hm², 其余田间管理同当地高产大田。

2.3 测定项目与方法

2.3.1 蕾铃时空分布

从 6 月 20 日开始, 采用株式图记载各株现蕾、开花、成铃、脱落动态。每小区选择生长基本一致的 5 株棉花, 每隔 5 d 记载 1 次。现蕾记载至 8 月 10 日, 开花和成铃记载分别截至 8 月 31 日和 9 月 10 日。将开花 10 d 后还未脱落的棉铃记为成铃。

参照李显恩等^[8]的方法拟合棉株生殖器官(棉蕾、花、成铃)的数量增长动态。棉株各生殖器官着生位点的成铃率参照雷亚平等^[9]的方法进行计算。

2.3.2 产量调查

于成熟期(10 月 5 日)测产。每小区随机调查连续 20 株棉花的单株成铃数, 并采摘 50 个正常吐絮棉铃, 晒干, 测定单铃质量, 轧花后测定皮棉质量, 计算衣分和产量。

2.3.3 数据处理

采用 Excel 2010 进行数据整理; 采用 SPSS 19.0 进行 Logistic 方程拟合、方差分析和显著性检验(Duncan 法); 采用 Surfer16 绘图。

3 结果与分析

3.1 棉铃形成时间分布特征

3.1.1 蕾的变化动态

在夏播短季栽培模式下, 各品系现蕾强度均随时间推移呈现先上升后降低的趋势(表 1)。6 月 21

日起各品系相继开始现蕾,在现蕾初期(6月21日至6月30日)V6、V3、V2、V5、V4现蕾强度显著高于V8、V9、V10的,V6在此阶段现蕾强度最大,每日每株达0.39个,较平均水平高69.57%,显著高于V1、V7、V8、V9、V10的。7月1日至7月10日,现蕾强度品系间的差异较小,除V6、V5的显著高于V7、V8、V9和V10的外,其余品系之间无显著差异。到7月中旬, V8、V10、V9的现蕾强度开始急增,较上一时段增幅分别达136.21%、

117.65%、112.50%,增幅高于同期其他品系的。各品系现蕾强度峰值均出现在7月21日至7月31日,此时V2、V4、V7、V8、V5、V3、V9、V10、V6、V1的现蕾强度依次减弱。从8月1日开始,各棉花品系现蕾强度出现不同程度的降低,其中降幅较大的是V4和V3,分别比前一阶段降低了35.80%和32.72%。截止到8月10日,V2的单株蕾数最高,为60.53个,较平均水平高16.49%;V1的最低,为43.80个,较平均水平低15.70%。

表 1 不同时间段的棉花现蕾数量

Table 1 Cotton squaring number in different time periods

品系	平均每日每株现蕾数					单株蕾数
	06-21至06-30	07-01至07-10	07-11至07-20	07-21至07-31	08-01至08-10	
V1	0.20bcd	0.71bcde	1.19bc	1.31c	0.98b	43.80b
V2	0.34a	0.72abcde	1.43a	1.93a	1.62a	60.53a
V3	0.36a	0.73abcd	1.38ab	1.62abc	1.09ab	51.93ab
V4	0.31abc	0.83abc	1.40ab	1.76ab	1.13ab	54.33ab
V5	0.32ab	0.87ab	1.32abc	1.64abc	1.29ab	54.60ab
V6	0.39a	0.88a	1.33abc	1.48bc	1.32ab	54.00ab
V7	0.19cd	0.67cde	1.37ab	1.75ab	1.50ab	54.80ab
V8	0.07d	0.58def	1.37ab	1.74ab	1.71a	54.73ab
V9	0.07d	0.56ef	1.19abc	1.57abc	1.29ab	46.93b
V10	0.07d	0.51f	1.11c	1.52bc	1.19ab	43.93b
平均值	0.23	0.71	1.31	1.63	1.31	51.96

同列数据不同小写字母表示品系间的差异有统计学意义($P < 0.05$)。

对10个棉花品系在夏播短季栽培模式下的生殖器官数量积累数据进行曲线拟合,发现棉株各生殖器官(蕾、花、成铃)均符合Logistic生长曲线模型。对不同棉花品系单株生殖器官数量积累进行Logistic模型拟合并进行特征值计算,结果(表2)显示,在10个供试品系中,棉蕾数量理论最大值与实际值相似,均表现为V2的最高,V1的最低。平均来看,各品系棉蕾数量的快速增长期为播种后第

56天至第80天(7月13日至8月6日),其中V1、V3、V4、V5和V6于播种后第54天(7月11日)最早进入棉蕾快速增长期,较其他品系早3~6d。V6棉蕾快速增长持续时间最长,为27d,相比于其他品系多了2~7d。品系间棉蕾数量最大增长速率的差异较大,表现为V8的最大,V2的次之,V1的最小。

表 2 棉蕾数量积累拟合方程及其特征值

Table 2 The number of cotton squares accumulates the fitting equation and its eigenvalues

品系	Logistic 模型	相关系数(r)	W_m	t_1	t_2	$\Delta t/d$	$V_m/(\text{个 } d^{-1})$
V1	$W=48.37/(1+e^{(7.61-0.116t)})$	0.998	48.37	07-11	08-03	23	1.40
V2	$W=73.21/(1+e^{(7.33-0.106t)})$	0.999	73.21	07-14	08-08	25	1.93
V3	$W=59.62/(1+e^{(7.22-0.109t)})$	1.000	59.62	07-11	08-05	25	1.62
V4	$W=60.61/(1+e^{(7.54-0.115t)})$	0.999	60.61	07-11	08-03	23	1.74
V5	$W=62.67/(1+e^{(7.10-0.106t)})$	0.999	62.67	07-11	08-05	25	1.66
V6	$W=63.84/(1+e^{(6.65-0.099t)})$	0.998	63.84	07-11	08-07	27	1.58
V7	$W=64.25/(1+e^{(7.89-0.114t)})$	0.999	64.25	07-15	08-07	23	1.83
V8	$W=64.37/(1+e^{(8.62-0.122t)})$	0.997	64.37	07-17	08-07	21	1.97
V9	$W=53.20/(1+e^{(8.51-0.124t)})$	0.997	53.20	07-15	08-05	21	1.65
V10	$W=50.41/(1+e^{(8.81-0.128t)})$	0.998	50.41	07-16	08-05	20	1.61
平均值			60.06	07-13	08-06	24	1.70

W 为单株棉蕾数; W_m 为 W 的理论最大值; t 为播种后时间; t_1 、 t_2 为单株棉蕾数积累快速增长期的起始日期和终止日期; Δt 为快速增长期的持续时间; V_m 为棉蕾数量最大增长速率。

3.1.2 花的变化动态

从表3可以看出,各品系开花强度与现蕾强度趋势基本一致,V1、V7、V8、V9、V10开花较晚,前期开花强度显著低于V6,V6在开花起始阶段强度最高,为每日每株0.25朵。到7月下旬,各品系开花强度开始出现上升趋势,V1、V7、V8、V9、V10这5个品系开花较晚,但增幅较高。8月初,V3开花强度率先达到峰值,为每日每株1.48朵,

之后V3开花强度开始下降。8月中旬,除V3外,其余品系开花强度均达到顶峰,此时,V2开花强度最高,为每日每株1.79朵;V8的次之,为每日每株1.78朵;V1开花强度最小,为每日每株1.25朵。到8月底,各品系开花强度均表现为下降趋势。单株花数表现为V2的最多,为单株54.73朵,较平均水平高15.71%;V1的最少,为单株37.33朵,较平均水平低21.08%。

表3 不同时间段的棉花开花数量

Table 3 Cotton flowering number in different time periods

品系	平均每日每株开花数					单株花数
	07-11至07-20	07-21至07-31	08-01至08-10	08-11至08-20	08-21至08-31	
V1	0.08bcd	0.63bc	1.17de	1.25b	0.60c	37.33c
V2	0.16abc	0.75ab	1.62a	1.79a	1.15ab	54.73a
V3	0.21ab	0.96a	1.48ab	1.45ab	0.72bc	48.20ab
V4	0.14abcd	0.92a	1.47abc	1.51ab	0.86bc	48.93ab
V5	0.20ab	0.94a	1.40abcd	1.53ab	1.04bc	51.07ab
V6	0.25a	0.98a	1.41abcd	1.50ab	0.81bc	49.47ab
V7	0.05cd	0.75ab	1.28bcde	1.75a	1.15ab	49.80ab
V8	0.01d	0.51bc	1.23cde	1.78a	1.51a	50.47ab
V9	0.01d	0.45c	1.11e	1.51ab	1.16ab	42.33bc
V10	0.03cd	0.45c	1.16de	1.43ab	0.99bc	40.67bc
平均值	0.11	0.73	1.33	1.55	1.00	47.30

同列数据不同小写字母表示品系间的差异有统计学意义($P < 0.05$)。

从表4可以看出,拟合方程中V2的花数量理论最大值最大,较平均值高14.14%,V1的最小,较平均值低24.32%,与实际值(表3)接近。播种后第77天至96天(8月3日至8月22日)为各品系花数量快速增长期,其中,V3于播种后第73天(7月

30日)最先进入快速增长期,较其余品系提前1~8d。开花阶段各品系快速增长期的持续时间无显著差异,均为19d左右,但各品系开花阶段最大增长率差异较大,V8的最大,V2的次之,V1的最小。

表4 棉花花数量积累拟合方程及其特征值

Table 4 The number of cotton flowers accumulates the fitting equation and its eigenvalues

品系	Logistic 模型	相关系数(r)	W_m	t_1	t_2	$\Delta t/d$	$V_m/(朵 d^{-1})$
V1	$W=38.90/(1+e^{(12.74-0.151t)})$	0.999	38.90	08-02	08-19	17	1.47
V2	$W=58.67/(1+e^{(11.82-0.137t)})$	0.999	58.67	08-03	08-22	19	2.01
V3	$W=50.66/(1+e^{(11.36-0.137t)})$	0.999	50.66	07-30	08-19	20	1.72
V4	$W=53.95/(1+e^{(10.85-0.128t)})$	0.998	53.95	07-31	08-21	21	1.73
V5	$W=55.62/(1+e^{(10.46-0.122t)})$	0.999	55.62	08-01	08-22	21	1.70
V6	$W=53.06/(1+e^{(10.67-0.127t)})$	0.999	53.06	07-31	08-20	20	1.69
V7	$W=54.46/(1+e^{(11.83-0.135t)})$	0.999	54.56	08-04	08-23	19	1.84
V8	$W=56.37/(1+e^{(12.91-0.143t)})$	0.998	56.37	08-07	08-25	18	2.02
V9	$W=46.09/(1+e^{(13.04-0.147t)})$	0.999	46.09	08-06	08-24	18	1.68
V10	$W=46.09/(1+e^{(13.04-0.145t)})$	0.999	46.09	08-05	08-23	18	1.62
平均值			51.40	08-03	08-22	19	1.75

W 为单株棉花的花数量; W_m 为 W 的理论最大值; t 为播种后时间; t_1 、 t_2 为单株棉花花数量积累快速增长期的起始日期和终止日期; Δt 为快速增长期的持续时间; V_m 为棉花花数量最大增长速率。

3.1.3 铃的变化动态

从表 5 可以看出,各品系成铃强度随时间推移均表现出较大差异。7 月下旬,除 V9 外各品系相继开始成铃,此时,V3 成铃强度最高,为每日每株 0.07 个;8 月初各品系成铃强度开始上升,各品系成铃强度峰值均出现在 8 月中旬,V8、V7、V6、V10、V9、V4、V1、V2、V5、V3 的成铃强度依次

减弱,之后成铃强度开始下降;在 9 月初,除 V1、V6、V10 的成铃强度继续下降,V3 保持不变外,其余品系单日成铃强度均出现不同程度的缓慢上升趋势。这可能是由于在 8 月底灌水所致。各品系之间铃数表现差异较大,V7 的最大,较平均水平高 29.98%;V9 的最少,较平均水平低 23.80%。

表 5 不同时间段的棉花成铃数量

Table 5 Cotton boll-formation number in different time periods

品系	平均每日每株成铃数					单株铃数
	07-21 至 07-31	08-01 至 08-10	08-11 至 08-20	08-21 至 08-31	09-01 至 09-10	
V1	0.03bc	0.21b	0.40bc	0.20a	0.19bc	10.40abc
V2	0.03bc	0.07bc	0.45abc	0.19a	0.26abc	10.07bc
V3	0.07a	0.20bc	0.52abc	0.12a	0.12c	10.33abc
V4	0.05ab	0.37a	0.52abc	0.22a	0.25abc	14.00ab
V5	0.05ab	0.18bc	0.43bc	0.14a	0.19bc	9.93bc
V6	0.06ab	0.23b	0.58ab	0.27a	0.17bc	13.20abc
V7	0.03bc	0.20bc	0.65a	0.31a	0.33ab	15.13a
V8	0.01c	0.03d	0.47abc	0.32a	0.42a	12.53abc
V9	0.00c	0.03d	0.33c	0.25a	0.27abc	8.87c
V10	0.03bc	0.15bcd	0.51abc	0.26a	0.24abc	11.93abc
平均值	0.04	0.17	0.49	0.23	0.24	11.64

同列数据不同小写字母表示品系间的差异有统计学意义($P < 0.05$)。

成铃数量拟合结果(表 6)显示,V6 具有最高成铃数量理论最大值,V7 次之,V9 最低,此结果与实际值有所出入,但差异不大。成铃数量快速增长期为播种后第 85 天至第 101 天(8 月 11 日至 8 月 27 日),其中品系 V4 在播种后第 81 天进入成铃数量

快速增长期,较其他品系提前 1~9 d。品系 V3 在播种后第 82 天进入成铃快速增长期,于播种后第 94 天(8 月 20 日)结束,其成铃数量快速增长持续时间最短,仅为 12 d,其余品系持续时间无明显差异,均在 16 d 左右。

表 6 棉花成铃数量积累拟合方程及其特征值

Table 6 The number of cotton boll-formation accumulates the fitting equation and its eigenvalues

品系	Logistic 模型	相关系数(r)	W_m	t_1	t_2	$\Delta t/d$	$V_m/(\text{个 } d^{-1})$
V1	$W=10.35/(1+e^{(14.13-0.155t)})$	0.988	10.35	08-09	08-26	17	0.40
V2	$W=10.98/(1+e^{(16.41-0.175t)})$	0.981	10.98	08-12	08-27	15	0.48
V3	$W=10.39/(1+e^{(18.77-0.213t)})$	0.993	10.39	08-08	08-20	12	0.55
V4	$W=14.72/(1+e^{(14.32-0.160t)})$	0.983	14.72	08-07	08-24	17	0.59
V5	$W=11.26/(1+e^{(15.04-0.165t)})$	0.984	11.26	08-09	08-25	16	0.46
V6	$W=17.10/(1+e^{(15.03-0.164t)})$	0.996	17.10	08-10	08-26	16	0.70
V7	$W=15.11/(1+e^{(14.97-0.161t)})$	0.986	15.11	08-11	08-27	16	0.61
V8	$W=12.43/(1+e^{(15.71-0.160t)})$	0.976	12.43	08-16	09-01	16	0.50
V9	$W=8.91/(1+e^{(15.56-0.158t)})$	0.981	8.91	08-16	09-02	17	0.35
V10	$W=11.76/(1+e^{(15.96-0.173t)})$	0.989	11.76	08-11	08-26	15	0.51
平均值			12.30	08-11	08-27	16	0.52

W 为单株棉花成铃数; W_m 为 W 的理论最大值; t 为播种后时间; t_1 、 t_2 为单株棉花成铃数量积累快速增长期的起始日期和终止日期; Δt 为快速增长期的持续时间; V_m 为棉花成铃数量最大增长速率。

3.2 棉花成铃空间分布特征

3.2.1 不同棉花品系成铃数空间占比分布特征

将棉花成铃在水平方向上分为内围(1~2果节)和外围(3果节及以上),垂直方向上分为下部(1~5果枝)、中部(6~10果枝)和上部(11及以上果枝)。水平方向上(图1),各品系内、外围棉铃占比均表现为内围铃大于外围铃,但所占比例大小各品系之间有差异,其中V10内围铃占比最大,为90.00%,V2内围铃占比最小,为69.70%,V10、V1、V9、V3、

V8、V7、V4、V5、V6、V2的内围铃占比依次降低。垂直方向上,V2、V6、V8、V9表现为中部、下部、上部成铃占比依次降低,其余品系则表现为下部、中部、上部成铃占比依次降低。品系V1下部成铃占比最高,为54.01%;V3的次之,为53.49%;V9下部成铃占比最低,为33.35%。品系V8和V9的上部成铃占比高于其他品系,是因为其在夏播短季栽培模式下,前期下部成铃脱落严重所致。V1上部成铃占比最低,为6.15%,显著低于其他品系。

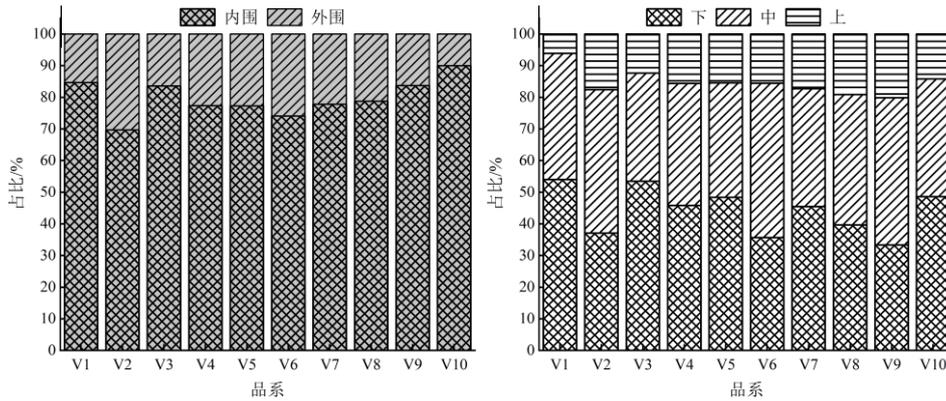


图1 不同棉花品系的成铃空间分布

Fig.1 Spatial distribution of boll-formation in different cotton lines

3.2.2 不同棉花品系成铃率空间分布特征

从图2可以看出,各品系较高成铃率均集中分

布在中、下部果枝,上部果枝成铃率则普遍偏低。V1较高成铃率主要分布在第1~8果枝的内围果节;

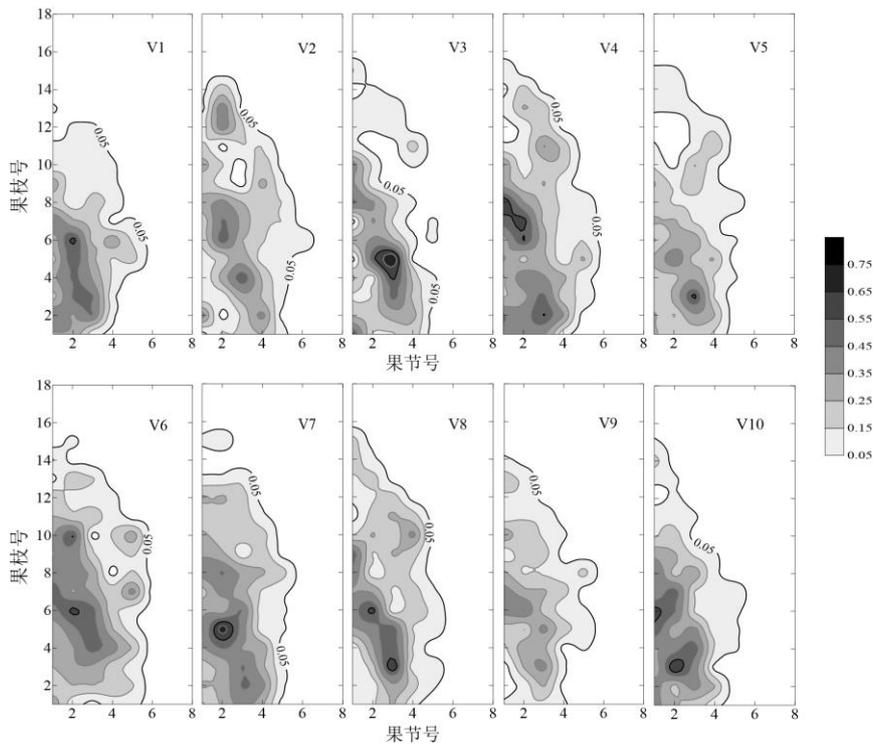


图2 不同棉花品系的成铃率空间分布

Fig.2 Spatial distribution of bell-formation rate of different cotton lines

V2 高成铃率部位为下部果枝第 2~4 果节、第 5~8 果枝及第 12、13 果枝的内围；品系 V3、V5、V7 和 V8 的成铃率分布相似，较高成铃率集中在下部第 1~3 果节处和中部内围果节；V4 较高成铃率部位呈现金字塔形，与 V10 类似，较高成铃率集中在中、下部果枝，由下往上外围成铃率逐渐降低；V6 第 3 果枝到第 11 果枝为主要成铃部位；V9 各部位平均成铃率处于较低水平；V4、V6 和 V7 的平均成铃率较高。品系 V2、V8、V9 下部果枝的内围脱落严重，成铃率分布较低，表现为“下部果枝内空形”，V6 第 1、第 2 果枝成铃率也处于较低水平。

3.3 不同棉花品系夏播栽培的产量及其构成

从表 7 可以看出，V7 的产量最高，籽棉产量和皮棉产量较其他品系分别高 21.82%~106.32%、22.46%~134.05%，其中皮棉产量显著高于其他品系（V4 除外）；V9 的籽棉产量和皮棉产量在参试品系中表现为最低。V5、V2、V9、V1、V4、V7、V3、V10、V6、V8 的单铃质量依次减少，V2、V3、V5、V6、V7、V4、V1、V10、V9、V8 的衣分依次降低。V7 的单株成铃数最多，为 21.67，较其他品系高 19.53%~119.55%，显著高于 V1、V2、V3、V5、V6、V9 和 V10 的，V9 的最低，仅为 9.87。

表 7 不同棉花品系的产量和产量构成

Table 7 Yield and yield structure of different cotton lines

品系	单株铃数	单铃质量/g	籽棉产量/(kg hm ⁻²)	衣分/%	皮棉产量/(kg hm ⁻²)
V1	11.73cd	4.82ab	2 982.30cd	33.09bc	988.43de
V2	14.27bcd	4.95a	3 726.81bcd	36.01a	1 351.33bcd
V3	12.13cd	4.62bcd	2 964.18cd	35.90a	1 056.79cde
V4	17.53ab	4.69adc	4 336.66ab	35.01ab	1 516.98b
V5	15.27bc	4.96a	4 002.86bc	35.66a	1 418.92bc
V6	14.87bc	4.50cd	3 504.80bcd	35.56a	1 250.26bcd
V7	21.67a	4.67abc	5 283.56a	35.45a	1 857.72a
V8	18.13ab	4.36d	4 164.70b	29.48d	1 224.68bcd
V9	9.87d	4.93a	2 560.84d	30.95cd	793.72e
V10	14.27bcd	4.60bcd	3 446.84bcd	32.92bc	1 137.50cde

同列数据不同小写字母表示品系间的差异有统计学意义($P<0.05$)。

4 结论与讨论

棉花的果枝、果节、蕾铃分布与棉花群体结构和经济产量密切相关^[10]。不同基因型棉花在不同生长环境下的蕾铃时空差异较大。棉花成铃时间分布一般分为伏前桃、伏桃、秋桃，高产群体要求“三桃齐结”。本试验结果表明，在夏播短季栽培条件下，各基因型棉花的蕾、花、铃数量快速增长期分别为播种后第 56 天至第 80 天、第 77 天至第 96 天、第 85 天至第 101 天，棉铃主要形成于 8 月，这与李显恩等^[8]的研究结果一致。可见，传统的“三桃齐结”棉花高产要求并不适用于夏播短季栽培模式。受棉花品种特性影响，不同熟性棉花品种在成铃空间分布上差异显著^[11]。本研究结果表明，在夏播短季栽培模式下，所有品系成铃空间占比均表现为水平分布上以内围铃为构成主体，垂直分布上以中部和下部棉铃为主体，这与一般高产棉田的成铃分布特征（以中、下部内围棉铃为主，上部和外围棉铃为辅）

一致。本研究中，品系 P56-3(V2)、07 单 6(V8)和 07 单 7(V9)下部果枝内围果节成铃率偏低，可能是这三个品系对于夏播短季栽培模式不适应所致；07 单 12(V6)虽然在早期现蕾、开花、成铃强度及生殖器官理论最大值中表现良好，但第 1、第 2 果枝和中、上部外围成铃率偏低，导致产量表现不佳；因此，夏播短季栽培模式下品种的选择尤为重要。

棉花的早熟性主要表现为生育期的长短和霜前花率的高低^[12]。早熟棉具有生育期较短、株型紧凑且普遍较矮、结铃吐絮集中、晚播早收等特征，是棉花育种的重要目标性状^[13]。早熟性状是一个复杂性状。喻树迅等^[14]对棉花 9 个早熟性状进行遗传研究，结果表明苗期、蕾期、脱落率、第 1 果枝节位及霜前花率可作为鉴定早熟性的指标。但棉铃蕾铃脱落受多种因素的影响，品种、栽培措施、环境条件等都可能影响棉株下部蕾铃脱落，现蕾到第 1 个棉铃吐絮的时间也会受到影响而不准确；因此，出苗至现蕾的时间可以更客观地衡量棉花的早熟

性。本研究中,在夏播短季栽培模式下,现蕾初期的现蕾强度和进入快速增长期的时间在基因型间差异显著,且与成铃快速增长期基本一致。

集中成熟是棉花轻简化、机械化的基本要求^[15]。然而棉花具有无限生长和株型可塑的特点,叶、枝和生殖器官等的建成过程相对复杂,只要环境适宜,便会不断生长结铃,导致机械化收花困难。前人^[16]研究表明,油后进行棉花直播可以有效促进棉株营养生长,缩短棉花出苗至现蕾的时间,从而达到加速棉花生育进程的目的。此外,棉花在夏直播模式下可使结铃盛期后移,有利于避开夏季高温危害,降低由于花粉高温败育导致的棉铃脱落^[17]。本试验中,各品系于7月中旬相继进入花铃期,8月中旬开花和成铃强度达到顶峰,与传统栽培相比,成铃周期缩短了。可见,夏播栽培更有利于棉花集中成熟。

综合现蕾、开花初期的现蕾/开花强度和进入快速现蕾/开花期的时间,可将07单12、P56-3、LH-1、LAT-3、2016-27作为早熟类型培育,将2003-29、07单6、07单7、2013-43作为晚熟类型培育。不同基因型棉花品种在夏播短季栽培模式下的成铃分布、产量结构均有显著差异,播种时应选择相对早熟、成铃率高的品种。本试验中,品系2003-29成铃占比分布均匀,各部位成铃率也处于较高水平,适宜在夏播短季栽培模式下种植。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] NIE J J, YUAN Y C, QIN D L, et al. Spatial distribution of bolls affects yield formation in different genotypes of Bt cotton varieties[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2019, 18(11): 2492-2504.
- [3] 刘爱玉,陈金湘,张志刚,等.栽培因子对抗虫杂交棉棉铃形成时空分布的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2004,30(1):9-13.
- [4] 朱晓伟,刘连涛,万华龙,等.整枝方式和冠层高度对棉铃时空分布及产量的影响[J].棉花学报,2019,31(1):79-88.
- [5] 刘爱玉,李瑞莲,邹茜.棉花油后直播集中吐絮栽培技术[J].湖南农业科学,2014(2):41-42.
- [6] 刘爱玉,陈金湘,李瑞莲.论长江流域棉花短季栽培[J].中国棉花,2014,41(2):7-10.
- [7] 邹茜,刘爱玉,李瑞莲,等.棉花短季直播栽培与营养钵育苗移栽产量和效益比较研究[J].中国棉花,2014,41(8):32-35.
- [8] 李显恩,马学峰,张钊,等.夏直播棉成铃时间分布与产量的关系[J].棉花学报,2022,34(5):416-429.
- [9] 雷亚平,韩迎春,王国平,等.棉花株式图信息数字化方法及其应用[J].棉花学报,2018,30(1):92-101.
- [10] 李雨,孟亚利,宋为超,等.氮素对棉花果枝、果节及蕾铃发生与脱落影响的模拟[J].农业工程学报,2013,29(增刊1):73-81.
- [11] 张金龙,董合林,陈国栋,等.不同熟性棉花品种棉铃空间分布及产量品质形成的差异[J].西北农业学报,2017,26(2):234-241.
- [12] 冯璐,董合忠.棉花熟性及其评价指标和方法[J].棉花学报,2022,34(5):458-470.
- [13] LI L B, ZHAO S Q, SU J J, et al. High-density genetic linkage map construction by F₂ populations and QTL analysis of early-maturity traits in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.)[J]. PLoS One, 2017, 12(8): e0182918.
- [14] 喻树迅,王寒涛,魏恒玲,等.棉花早熟性研究进展及其应用[J].棉花学报,2017,29(增刊1):1-10.
- [15] 聂军军,代建龙,杜明伟,等.我国现代植棉理论与技术的新发展:棉花集中成熟栽培[J].中国农业科学,2021,54(20):4286-4298.
- [16] 阳会兵,马一学,陈金湘,等.种植方式与密度对油后棉生育特性及产量构成的影响[J].激光生物学报,2015,24(2):191-198.
- [17] 张友昌,荣义华,黄晓莉,等.见花一次施氮量对夏直播棉花产量和品质的影响[J].华北农学报,2019,34(增刊1):235-241.

责任编辑:毛友纯
英文编辑:柳正