

李亚楠, 聂军军, 战丽杰, 等. 早打顶对棉花集中成熟的影响机制[J]. 江苏农业学报, 2025, 41(5): 840-847.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2025.05.002

早打顶对棉花集中成熟的影响机制

李亚楠¹, 聂军军², 战丽杰², 徐士振², 李振怀², 张艳军², 代建龙², 崔正鹏²,
张冬梅², 孙琳², 孙红春¹, 董合忠^{1,2}

(1. 河北农业大学农学院, 河北 保定 071001; 2. 山东省农业科学院经济作物研究所, 山东 济南 250100)

摘要: 集中成熟是棉花机械收获的基础。为探索棉花集中成熟的新途径, 本研究于 2022 和 2023 年以 K836 为试验材料, 设置早打顶(初花期)处理和常规打顶(盛花期)对照(CK), 比较分析不同打顶时间对棉花株型、棉铃时空分布、干物质积累与分配、产量与品质和集中成熟的影响。结果表明, 早打顶不影响籽棉产量和纤维品质。与 CK 相比, 早打顶处理铃重和生物产量分别降低 9.1% 和 24.0%, 铃密度和收获指数分别提高 11.6% 和 33.2%; 早打顶处理果枝数减少 40.5%, 盛花期、盛铃期和吐絮期的叶面积指数和干物质积累量大幅度降低, 但早打顶处理的节枝比较 CK 提高 59.3%, 盛花期、盛铃期和吐絮期光合产物向棉铃的分配比例分别提高 10.6%、29.2% 和 32.7%。早打顶处理见絮后 42 d 吐絮率达 92.8%, 显著高于 CK 的 63.8%; 早打顶处理吐絮率达到 95.0% 所需时间比 CK 缩短 10 d。因此, 本试验条件下初花期打顶能在维持棉花产量和品质稳定的基础上, 促进棉花的集中成熟。本研究结果为棉花集中成熟调控提供了新途径。

关键词: 棉花; 早打顶; 产量形成; 集中成熟; 集中吐絮

中图分类号: S562 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2025)05-0840-08

Influencing mechanism of early topping on the concentrated maturation of cotton

LI Yanan¹, NIE Junjun², ZHAN Lijie², XU Shizhen², LI Zhenhuai², ZHANG Yanjun², DAI Jianlong²,
CUI Zhengpeng², ZHANG Dongmei², SUN Lin², SUN Hongchun¹, DONG Hezhong^{1,2}

(1. College of Agronomy, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China; 2. Institute of Industrial Crops, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China)

Abstract: Concentrated maturation is essential for the mechanized harvesting of cotton. To explore new approaches for achieving concentrated maturation in cotton, experiments were conducted using a commercial cotton cultivar K836 as the testing material in 2022 and 2023, with the two treatments such as early topping at early flowering stage and conventional topping at peak flowering stage (CK). The effects of different topping times on plant architecture, spatial and temporal distribution of cotton bolls, dry matter accumulation and partitioning, yield and quality, and concentrated maturation were compared. The results

收稿日期: 2024-10-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(32372229); 国家棉花产业技术体系项目(CARS-15-15)

作者简介: 李亚楠(2001-), 女, 山西吕梁人, 硕士研究生, 研究方向为作物栽培学与耕作学。(Tel) 0531-66655039; (E-mail) lyn08182021@163.com

通讯作者: 董合忠, (Tel) 0531-66659255, (E-mail) donghezhong@163.com; 聂军军, (Tel) 0531-66655039, (E-mail) niejunjun521@126.com; 孙红春, (Tel) 0312-758411, (E-mail) sunhongchun@126.com

showed that early topping had no significant impact on seed cotton yield and fiber quality compared to conventional topping. Compared with CK, the cotton boll weight and biological yield of early topping treatment decreased by 9.1% and 24.0%, respectively, and the cotton boll density and harvest index increased by 11.6% and 33.2%, respectively. The number of fruit branches in early topping treatment decreased by 40.5%, the leaf area index and dry matter accumulation in peak flowering stage, peak boll-setting stage and boll opening

stage decreased significantly, but the node-branch ratio increased by 59.3%. Compared with CK, partition ratios of photosynthetic products to cotton bolls in peak flowering stage, peak boll-setting stage and boll opening stage increased by 10.6%, 29.2% and 32.7%, respectively. The boll-opening rate at 42 d after initial boll opening in early topping treatment was 92.8%, which was significantly higher than that of CK (63.8%). The time required for the boll opening rate to reach 95.0% in early topping treatment was ten days shorter than that of CK. Therefore, under the conditions of this experiment, topping at the early flowering stage could promote the concentrated maturation of cotton on the basis of maintaining the stability of cotton yield and quality. This study provides a new path for the regulation of cotton concentrated maturation.

Key words: cotton; early topping; yield formation; concentrated maturity; concentrated boll opening

棉花是中国重要的大宗经济作物,在国民经济发展中占有至关重要的地位,其加工产物有纤维、油和饲料等。棉花种植过程中,特别是棉花采摘过程中,需要大量的劳动力,实现机械化采摘是提高棉花生产效率的重要手段。棉花较长的吐絮期增加了机械化采摘的难度与成本,因此提高棉花的集中成熟水平对棉花的可持续发展至关重要。黄河流域是我国三大棉区之一,该区多采用一熟春棉种植模式,虽然产量较高,但棉花集中成熟困难,常采用传统人工多次采收方式,导致劳动强度大、成本高^[1-3]。近年来,利用播期推迟和密植等方式来提升棉花集中成熟水平,取得了一定效果,但上述措施又带来中下部果枝结铃减少、铃重降低以及脱叶困难等问题,因此,生产中亟需提高棉花集中成熟水平的新措施。

棉花生长具无限特性,适宜环境下持续现蕾、开花及结铃,调控顶端生长可为集中成熟提供突破口^[4]。适时打顶可破除顶端优势、减少无效生长,有利于光热资源高效利用和合理株型构建,从而促进早熟^[5-8]。黄河流域棉区传统的棉花栽培模式一般于7月中下旬打顶,果枝数多达14~16个,吐絮成熟期长达70~80 d,需要人工收花4至7次^[3],严重影响了棉花集中成熟和机械收获。目前,在打顶时间对棉花产量和品质的影响方面已有一些研究^[6, 8],但在打顶时间对棉花集中成熟方面的研究相对较少。基于此,本研究以K836品种为材料,设置早打顶(初花期)处理和常规打顶(盛花期)对照,分析早打顶对棉花株型、干物质积累与分配、棉铃时空分布、吐絮成熟期、产量和品质的影响,旨在为棉花集中成熟调控提供新思路。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2022-2023年在山东省农业科学院经济作物研究所临清试验站(115°42'E, 36°61'N)进

行。供试土壤为沙壤土,有机质含量1.07%,全氮含量578.00 mg/kg,速效磷含量16.50 mg/kg,速效钾含量163.00 mg/kg。

1.2 试验设计和田间管理

以中早熟棉花(*Gossypium hirsutum* L.)品种K836为材料,2022和2023年分别于4月25和4月21日播种。棉花出苗后,人工放苗,行距76 cm,株距22 cm,二叶期定苗,每穴留1株健壮棉苗。棉花苗期(5月中旬)、蕾期(6月中旬)和花期(7月初)分别喷施15 g/hm²、30 g/hm²和45 g/hm²的甲哌磺进行生长调控。其他管理方案参照当地棉花田高产管理技术。试验设早打顶(初花期)和常规打顶(盛花期)2个处理。随机区组设计,每处理4次重复,每重复面积6 m×10 m。早打顶和常规打顶分别在初花期(7月1日前后)和盛花期(7月20日前后)摘除主茎顶心。两年均于10月收获。2022年和2023年棉花生长季的日平均温度和降水量如图1所示。

1.3 测定项目与方法

测定不同处理的生长发育指标、产量及构成因素,包括棉花株型性状、叶面积指数、棉株干物质积累与分配、棉铃时空分布、籽棉产量、生物产量、收获指数和吐絮进程等。

1.3.1 生物产量、籽棉产量与产量构成因素 早打顶处理于8月下旬、9月中旬和9月下旬,常规打顶处理在9月中旬、10月初和10月底,分别分3次采摘各小区中间2行吐絮棉铃,籽棉自然风干后(含水量≤12%)称重计产。收花后,在每小区选择连续且有代表性的10株棉花,连根挖出,冲洗干净,自然风干后称重,计算生物产量(籽棉产量与棉花秸秆干重之和)和收获指数。

1.3.2 棉铃时空分布与集中成熟 开花期,每隔15 d调查2个处理直径≥2 cm的有效棉铃数量,并以始絮期平均单株有效铃数计算铃密度(单位面积上的有效

铃数)。吐絮期,根据棉铃在棉株上的位置,将棉铃自下而上分为基部铃(早打顶棉花为第1~3果枝,常规打顶棉花为第1~4果枝)、中部铃(早打顶棉花为第4~6果枝,常规打顶棉花为第5~8果枝)和上部铃(早打顶棉花为第7及以上果枝,常规打顶棉花为第9及

以上果枝)3个部分,果枝横向伸长方向分为内围铃(第1~2个果节上的棉铃)和外围铃(第3个及以外果节上的棉铃)2个部分。分次收取吐絮棉铃,晒干后称重,轧花后称皮棉重,计算衣分,并测定纤维的上半部平均长度、断裂比强度等品质指标。

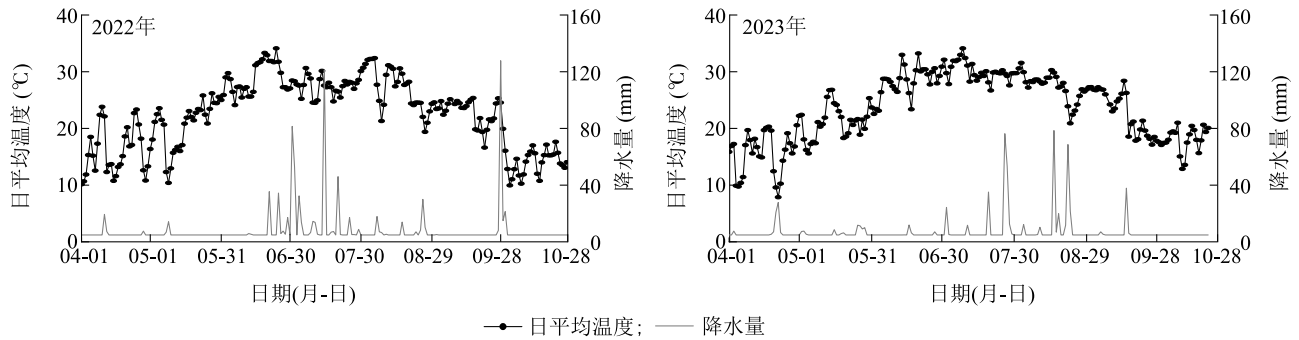


图1 2022年和2023年棉花生长期日平均温度和降水量

Fig.1 Daily mean air temperature and rainfall amount during the cotton growing season in 2022 and 2023

吐絮期,每隔15d调查不同处理棉花的吐絮情况,记录吐絮铃数,计算吐絮率。以见絮后42d的吐絮率和吐絮率达到95%时的日数作为集中成熟的指标。

1.3.3 农艺性状 始絮期,在每小区选择10株连续且有代表性的棉花植株,调查棉花的株高、果枝和果节数,并计算节枝比。

1.3.4 叶面积指数及干物质积累与分配 在棉花盛蕾期、盛花期、盛铃期和吐絮期,每小区选取有代表性棉株3株,连根挖出。用LI-3100叶面积分析仪(美国Li-Cor公司产品)测定棉花叶面积,并计算叶面积指数。然后,将植株按营养器官和生殖器官分别装袋,并烘干至恒重,记录各器官重量,并计算干物质分配比例。

1.4 试验数据处理

采用Excel软件进行数据统计分析,利用SPSS

26.0及T检验法进行处理间差异分析($\alpha=0.05$),利用Origin 2021绘图。

2 结果与分析

2.1 打顶时间对棉花产量及其构成因素的影响

打顶时间对棉花产量、产量构成因素和收获指数的影响及其方差分析结果分别如表1和表2所示。从表1可以看出,与常规打顶相比,早打顶处理的棉花铃重和生物产量分别下降9.1%和24.0%,而铃密度和收获指数分别提高11.6%和33.2%;2个处理的衣分和籽棉产量无显著差异,说明早打顶处理通过提高铃数和收获指数达到与常规打顶对照相当的产量。从表2可以看出,打顶时间能显著影响棉花的铃密度、铃重、生物产量和收获指数,但对衣分和籽棉产量没有显著影响;年际变化对衣分、籽棉产量和收获指数均没有影响,但是铃密度、铃重和生物产量受年际变化的影响。

表1 打顶时间对棉花产量、产量构成因素和收获指数的影响

Table 1 Effects of topping time on cotton yield, yield components and harvest index

处理	铃密度 (个, 1 m ²)	铃重 (g)	衣分 (%)	生物产量 (kg/hm ²)	籽棉产量 (kg/hm ²)	收获指数 (%)
早打顶	98.9a	4.78b	38.1a	11 016.0b	4 728.0a	42.9a
常规打顶	88.6b	5.26a	38.7a	14 486.0a	4 668.0a	32.2b

同一列数据后的不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.2 打顶时间对棉花纤维品质的影响

打顶时间对棉花纤维品质的影响及其方差分析

分别如表3和表4所示。从表3可以看出,与常规打顶相比,早打顶处理的棉花马克隆值降低

14.9%,而上半部平均长度、纤维比强度、整齐度指数及纤维伸长率与常规打顶处理无显著差异。方差分析结果显示,打顶时间和年份及其互作对纤维长

度、比强度、整齐度指数与纤维伸长率均没有影响,但打顶时间显著影响棉花纤维的马克隆值(表4)。

表2 打顶时间和年际变化对棉花产量、产量构成因素和收获指数效应的方差分析

Table 2 Analysis of variance of the effects of topping time and interannual variations on cotton yield, yield components and harvest index

处理	铃密度	铃重	衣分	生物产量	籽棉产量	收获指数
年份	0.039 2	0.040 8	ns	0.028 6	ns	ns
打顶时间	<0.000 1	<0.000 1	ns	<0.000 1	ns	<0.000 1
年份×打顶时间	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns表示影响不显著。

表3 打顶时间对棉花纤维品质的影响

Table 3 Effect of topping time on the fiber quality of cotton

处理	上半部平均长度(mm)	纤维比强度(eN/tex)	马克隆值	整齐度指数(%)	纤维伸长率(%)
早打顶	28.39a	30.71a	4.04b	86.52a	7.23a
常规打顶	28.72a	30.38a	4.75a	86.24a	7.22a

同一列数据后的不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

表4 打顶时间和年际变化对棉花纤维品质效应的方差分析

Table 4 Analysis of variance of effects of topping time and interannual variations on the fiber quality parameters of cotton

处理	上半部平均长度	纤维比强度	马克隆值	整齐度指数	纤维伸长率
年份	ns	ns	ns	ns	ns
打顶时间	ns	ns	0.003 1	ns	ns
年份×打顶时间	ns	ns	ns	ns	ns

ns表示影响不显著。

表5 打顶时间对棉铃在棉株纵向分布的影响

Table 5 Effects of topping time on the longitudinal distribution of bolls within a cotton plant

处理	铃数(个/株)			占比(%)		
	基部铃(LF)	中部铃(MF)	上部铃(UF)	基部铃(LF)	中部铃(MF)	上部铃(UF)
早打顶	6.6a	6.6a	6.3a	33.8a	33.8a	32.4b
常规打顶	5.0b	5.5b	6.4a	29.6b	32.5a	37.9a

基部铃:着生在棉株第1~3果枝(早打顶处理)和第1~4果枝(常规打顶处理)的棉铃;中部铃:着生在早打顶棉株第4~6果枝(早打顶处理)及第5~8果枝(常规打顶处理)的棉铃;上部铃:着生在早打顶棉株第7及以上果枝(早打顶处理)和第9及以上果枝(常规打顶处理)的棉铃。同一列数据后的不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

表6 打顶时间对棉铃横向分布的影响

Table 6 Effects of topping time on the horizontal distribution of bolls within a cotton plant

处理	铃数(个/株)		占比(%)	
	内围铃	外围铃	内围铃	外围铃
早打顶	8.8b	10.7a	45.1b	54.9a
常规打顶	11.3a	5.5b	67.3a	32.7b

内围铃:靠近主茎的第1~2果节所结的棉铃;外围铃:果枝第3果节及以上果节所结棉铃。同一列数据后的不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.3 打顶时间对棉铃时空分布的影响

打顶时间对棉铃时空分布的影响如表5和表6所示。从表中可以看出,早打顶能提高棉株基部和中部果枝结铃数量,基部铃占比显著提高,棉株基、中、上部结铃数的比例接近1:1:1。早打顶的内围铃数比常规打顶对照降低22.1%,而外围铃数则提高94.5%。方差分析结果显示,打顶时间和年际变化能显著影响棉花基部和中部果枝铃数,以及基部铃的占比,而对上部果枝结铃数没有显著影响,并且两者没有互作效应(表7)。此外,打顶时间还显著影响棉花内外果节结铃数及其占比,年际变化则对其没有影响(表7)。

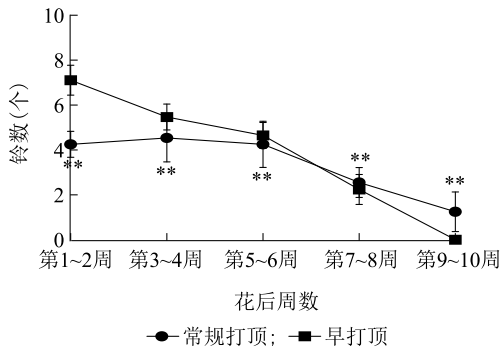
早打棉顶棉花在花后第1~2周、3~4周和5~6周的成铃数分别比常规打顶对照提高67.2%、20.6%和9.3%,但第7~8周则降低12.2%,花后第9~10周早打顶没有结铃(图2)。

表 7 打顶时间和年际变化对棉铃时空分布效应的方差分析

Table 7 Analysis of variance of the effects of topping time and interannual variations on the spatial and temporal distribution of cotton bolls

处理	纵向分布铃数			纵向分布铃占比			横向分布铃数		横向铃占比	
	基部铃	中部铃	上部铃	基部铃	中部铃	上部铃	内围铃	外围铃	内围铃	外围铃
年份	0.041 1	0.002 7	ns	0.035 5	0.010 9	ns	ns	ns	ns	ns
打顶时间	<0.000 1	<0.000 1	ns	0.000 4	ns	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1
年份×打顶时间	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns 表示影响不显著。



** 表示在 0.01 水平差异显著。

图 2 打顶时间对棉花结铃动态的影响

Fig.2 Effects of topping time on the boll-setting dynamics of cotton

2.4 打顶时间对棉花集中成熟的影响

早打顶棉花的吐絮高峰期在见絮后 3~4 周,而常规打顶对照棉花则在见絮后 5~6 周(表 8)。见絮后 42 d,早打顶棉花的吐絮率达到 92.8%,而常规打顶对照的吐絮率为 63.8%。早打顶处理和常规打顶对照棉花吐絮率达到 95.0%的时间分别是见絮后 55 d 和 65 d,说明早打顶棉花集中成熟程度明显高于常规打顶棉花。方差分析结果显示,打顶时间能显著影响棉花吐絮后第 1~2 周、3~4 周、7~8 周和 9~10 周的吐絮铃数,年际变化则影响吐絮后第 1~2 周和 3~4 周的吐絮率,年际变化与打顶时间之间没有互作效应(表 9)。

表 8 打顶时间对棉花吐絮进程的影响

Table 8 Effects of topping time on the boll opening process of cotton

处理	第 1~2 周 (%)	第 3~4 周 (%)	第 5~6 周 (%)	第 7~8 周 (%)	第 9~10 周 (%)
早打顶	15.2a	40.1a	37.5a	7.2b	0b
常规打顶	6.4b	21.1b	36.3a	25.3a	11.0a

同一列数据后的不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。

与常规时间打顶相比,早打顶棉花的果枝数和果节数分别降低 40.5% 和 22.0%,节枝比提高

59.3%(表 10)。方差分析结果显示,打顶时间能显著影响棉花的果枝数、果节数和节枝比,但是年际变化、年际变化与打顶时间互作对果枝数、果节数和节枝比没有显著影响(表 11)。

表 9 打顶时间和年际变化对棉花吐絮进程效应的方差分析

Table 9 Analysis of variance of the effects of topping time and interannual variations on the boll opening process of cotton

处理	第 1~2 周 (%)	第 3~4 周 (%)	第 5~6 周 (%)	第 7~8 周 (%)	第 9~10 周 (%)
年份	0.027 8	0.005 4	ns	ns	ns
打顶时间	<0.000 1	<0.000 1	ns	<0.000 1	<0.000 1
年份×打顶时间	ns	ns	ns	ns	ns

ns 表示影响不显著。

表 10 打顶时间对棉花果枝数和果节数的影响

Table 10 Effects of topping time on the number of fruiting branches and fruiting nodes of cotton

处理	果枝数 (条/株)	果节数 (条/株)	节枝比
早打顶	7.83b	27.83b	3.84a
常规打顶	13.17a	35.67a	2.41b

同一列数据后的不同字母表示差异显著(P<0.05)。

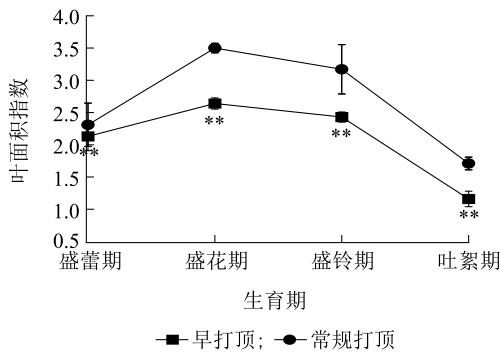
表 11 打顶时间和年际变化对棉花果枝数和果节数效应的方差分析

Table 11 Analysis of variance of the effects of topping time and interannual variations on the number of fruiting branches and fruiting nodes of cotton

处理	果枝数	果节数	节枝比
年份	ns	ns	ns
打顶时间	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1
年份×打顶时间	ns	ns	ns

ns 表示影响不显著。

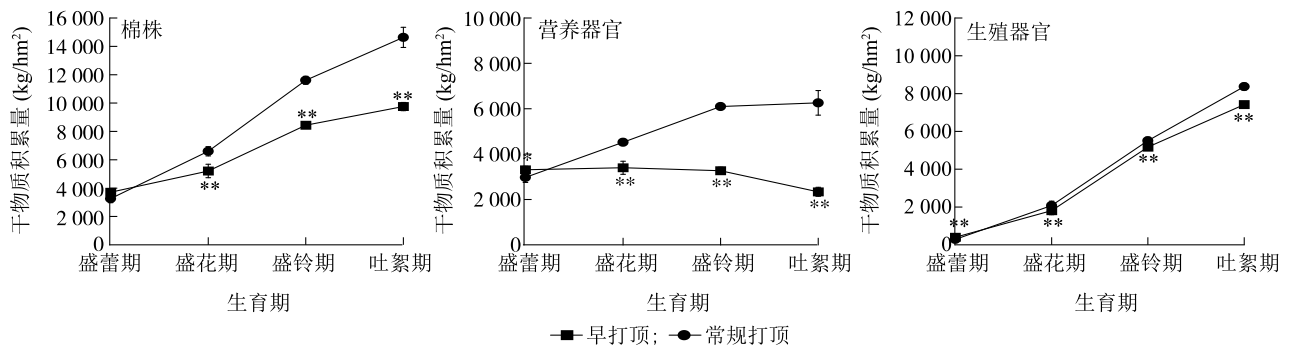
早打顶和常规时间打顶棉花的叶面积指数均在盛花期达最大值。与常规时间打顶相比,早打顶处理棉花盛蕾期、盛花期、盛铃期和吐絮期的叶面积指数分别降低 8.1%、24.5%、23.2%和 32.1%(图 3)。



** 表示处理间差异极显著 ($P < 0.01$)。

图3 打顶时间对棉花叶面积指数动态的影响

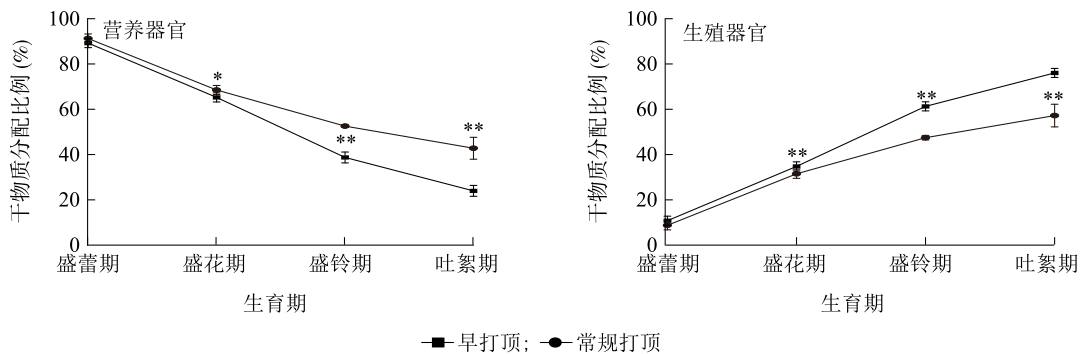
Fig.3 Effects of topping time on the dynamic of leaf area index of cotton



** 表示处理间差异极显著 ($P < 0.01$), * 表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)。

图4 打顶时间对不同生育时期棉株干物质积累量的影响

Fig.4 Effects of topping time on dry matter accumulation of cotton plant at different growth stages



** 表示处理间差异极显著 ($P < 0.01$), * 表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)。

图5 打顶时间对不同生育时期棉株干物质分配的影响

Fig.5 Effects of topping time on dry matter partition of cotton plant at different growth stages

3 讨论与结论

打顶可以破除棉花顶端优势,促进棉花由营养生长向生殖生长过渡,促进早结铃,减少无效果枝和蕾铃,协调棉株茎叶生长和结铃的关系,提高棉花的

2.5 打顶时间对棉花干物质积累与分配的影响

随着生育进程推进,棉花植株干物质积累量逐渐增加,并且早打顶处理的干物质积累量较常规打顶对照极显著降低(图4)。与常规打顶相比,盛花期、盛铃期和吐絮期早打顶处理棉株总干物质积累量分别降低 21.1%、27.3%和 33.3%,营养器官干物质积累量分别降低 24.8%、46.5%和 62.7%,生殖器官干物质积累量分别降低 12.9%、6.1%和 11.4%。盛花期、盛铃期和吐絮期早打顶处理棉株营养器官干物质分配比例分别比常规打顶对照降低 4.8%、26.4%和 44.0%,而棉铃的干物质分配比例分别提高 10.6%、29.2%和 32.7%(图5)。

早熟性和产量^[9-11]。在中国西北内陆棉区,打顶时间由7月下旬提前到6月30日-7月5日可显著提高棉花的铃重、吐絮率和产量^[12-13]。棉花打顶过早,果枝数不够,无法形成高产;打顶时间过晚,棉花的株高越高、果枝数越多,单铃重降低,亦不利于棉

花产量和品质的提高^[14-17]。即打顶时间的早晚,能影响棉花的库源关系,适期打顶能协调与优化库源关系,而过早或过迟打顶则会恶化库源关系,导致棉花早衰或贪青晚熟,最终减产^[18-20]。与不打顶相比,人工或化学打顶通过促进棉株光合产物向棉铃的转运提高了群体铃数,进而促进了产量的提升^[21-22]。本研究结果显示,打顶时间显著影响棉花的铃数、铃重、生物产量和收获指数,但是对籽棉产量没有显著影响。与常规盛花期打顶对照相比,初花期早打顶处理棉花生物产量降低 24.0%,但收获指数却能提高 33.2%,说明早打顶能促进光合产物向棉铃的转移,进而提高收获指数,弥补光合生产力和生物产量的不足,达到与常规打顶相当的产量。在纤维品质指标上,早打顶的马克隆值比常规打顶降低 14.9%,上半部平均长度、纤维比强度等指标两者没有差异,说明早打顶对棉花的纤维品质没有显著的不利影响。早打顶处理棉花植株果枝和果节数量比常规打顶对照分别减少 40.5%和 22.0%,但节枝比却提高 59.3%,说明早打顶能促进果枝横向补偿生长,节枝比提高,为棉花多结铃创造条件。早打顶棉花在盛蕾期、盛花期、盛铃期和吐絮期的叶面积指数分别比常规打顶降低 8.1%、24.5%、23.2%和 32.1%,光合生产能力有所下降,干物质积累量也显著降低。但早打顶棉花盛花期、盛铃期和吐絮期的棉株干物质向生殖器官分配的比例比常规时间打顶分别提高 10.6%、29.2%和 32.7%,即早打顶能优化光合物质分配,促进光合产物向棉铃的转运,优化棉花的群体质量^[23-24]。

棉花集中成熟的关键是集中结铃,集中结铃不仅要求结铃时间上的集中,并且棉株结铃的位置也要相对集中^[3]。棉花的优质铃一般位于棉株的中部果枝和内围果节^[25-26]。高产棉田棉铃的空间分布具有双层塔形结构特征,内围铃是超高产创建的基础,外围铃是超高产的潜力所在^[27]。打顶能减少果枝数,促进上部果枝结铃^[28];适时早打顶能促进棉株基部和中部果枝及内围果节结铃^[29-30]。本研究发现,初花打顶棉花的基部和中部果枝的铃数分别比常规打顶对照提高 32.0%和 20.0%,上部果枝结铃两者相当;早打顶处理的棉花植株内围铃数比常规打顶处理降低 22.1%,外围铃数却提高 94.5%。这说明,早打顶处理能促进棉株中下部果枝外围果节结铃,进而增加群体铃密度。早打顶棉

花花后第 1~2 周、3~4 周和 5~6 周的成铃数分别比常规打顶提高 67.2%、20.6%和 9.3%,第 7~8 周的成铃数降低 12.2%,花后第 9~10 周没有结铃,说明早打顶棉花的开花结铃期集中在花后第 8 周以内,比常规打顶缩短 2 周。在棉铃吐絮上,早打顶棉花见絮后 42 d 吐絮率比常规打顶提高 29.0 个百分点,吐絮率达到 95.0%的时间提早 10 d。上述结果说明,初花期早打顶不但能影响棉株的结铃位置,还能提高棉花结铃和吐絮的集中度。

本试验条件下,初花期打顶能抑制棉花主茎顶端优势,促进棉株光合产物向果枝和棉铃的转运,增强果枝横向生长和结铃,能在维持棉花产量和品质稳定的基础上,促进棉花集中成熟,这为机械化采摘提供了良好的条件,表现出较高的生产应用价值。但是,这一方法是否能在黄河流域棉区广泛推广,还需要多年、多点以及多品种的试验验证。

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:上海科学技术出版社,1983:52-66.
- [2] 张冬梅,张艳军,李存东,等. 论棉花轻简化栽培[J]. 棉花学报,2019,31(2):163-168.
- [3] 聂建军,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.
- [4] 董冬忠,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.
- [5] NIE J J, SUN L, ZHAN L J, et al. Terminal removal at first square enhances vegetative branching to increase seedcotton yield at low plant density[J]. Field Crops Research,2023,302:109096.
- [6] 蒋从军,沙红,孔杰,等. 枣棉间作棉花打顶时间对其产量和品质的影响[J]. 棉花科学,2012,34(2):7-9.
- [7] 张祥,张丽,王书红,等. 棉花源库调节对铃叶光合产物运输分配的影响[J]. 作物学报,2007,33(5):843-848.
- [8] 熊路,李雄峰,雷志祥,等. 打顶时间对江汉平原油后直播棉成铃分布及产量和品质的影响[J]. 棉花科学,2022,44(3):16-20,30.
- [9] KITTOCK D L, FRY K E. Effects of topping *Pima* cotton on lint yield and boll retention I[J]. Agronomy Journal,1977,69(1):65-67.
- [10] ZHAO W Q, YAN Q, YANG H K, et al. Effects of mepiquat chloride on yield and main properties of cottonseed under different plant densities[J]. Journal of Cotton Research,2019,2:10.
- [11] DAI J L, LUO Z, LI W J, et al. A simplified pruning method for profitable cotton production in the Yellow river valley of China[J]. Field Crops Research,2014,164:22-29.

- [12] 彭强吉,胡 斌,罗 昕,等. 不同打顶时间和高度对北疆高产棉花产量的影响[J]. 中国棉花,2012,39(5):23-25.
- [13] DAI J L, TIAN L W, ZHANG Y J, et al. Plant topping effects on growth, yield, and earliness of field-grown cotton as mediated by plant density and ecological conditions[J]. *Field Crops Research*, 2022, 275:108337.
- [14] 马 辉,戴 路,田立文,等. 阿克苏地区打顶时间和化控量及叶面喷硼量对棉花产量的影响[J]. 棉花科学,2018,40(2):29-33.
- [15] 于 宁,李国君,沙帅帅. 不同打顶时间对棉花农艺性状和纤维长度的影响[J]. 新疆农垦科技,2019,42(6):16-17.
- [16] 戴翠荣,王献礼,练文明,等. 阿拉尔垦区打顶时间对棉花产量和纤维品质的影响[J]. 新疆农垦科技,2020,43(12):8-10.
- [17] 贺美球,蔡利华,练文明,等. 打顶时间对一膜三行等行距密植机采棉的影响[J]. 中国棉花,2021,48(3):33-35,46.
- [18] 胡 群,马建江. 雹灾后不同打顶时间对棉花产量和品质的影响[J]. 新疆农垦科技,2017,40(4):8-9.
- [19] 杨成勋,张旺锋,徐守振,等. 喷施化学打顶剂对棉花冠层结构及群体光合生产的影响[J]. 中国农业科学,2016,49(9):1672-1684.
- [20] CHEN Y Z, KONG X Q, DONG H Z. Removal of early fruiting branches impacts leaf senescence and yield by altering the sink/source ratio of field-grown cotton[J]. *Field Crops Research*, 2018, 216:10-21.
- [21] DAI J L, LI W J, TANG W, et al. Manipulation of dry matter accumulation and partitioning with plant density in relation to yield stability of cotton under intensive management[J]. *Field Crops Research*, 2015, 180:207-215.
- [22] NIE J J, LI Z H, ZHANG Y J, et al. Plant pruning affects photosynthesis and photoassimilate partitioning in relation to the yield formation of field-grown cotton[J]. *Industrial Crops and Products*, 2021, 173:114087.
- [23] XING F F, HAN Y C, FENG L, et al. Genotypic variation in spatiotemporal distribution of canopy light interception in relation to yield formation in cotton[J]. *Journal of Cotton Research*, 2018, 1:13.
- [24] NIE J J, QIN D L, MAO L L, et al. Genotypic variance in ¹³C-photosynthate partitioning and within-plant boll distribution in cotton[J]. *Journal of Cotton Research*, 2020, 3:15.
- [25] JENKINS J N, MCCARTY J C, PARROTT W L. Fruiting efficiency in cotton: boll size and boll set percentage[J]. *Crop Science*, 1990, 30(4):857-860.
- [26] 柳洪鹏,史春余,柴沙沙. 不同产量水平甘薯品种光合产物分配差异及其原因[J]. 作物学报,2015,41(3):440-447.
- [27] 陈冠文. 超高产棉田产量结构与棉铃空间分布特征[J]. 中国棉花,2005,32(增刊1):21-24.
- [28] 韩焕勇,王方永,陈 兵,等. 灌水量对北疆棉花增效缩节胺化学封顶效应的影响[J]. 棉花学报,2017,29(1):70-78.
- [29] DE ALMEIDA A Q, ROSOLEM C A. Cotton root and shoot growth as affected by application of mepiquat chloride to cotton seeds[J]. *Acta Scientiarum-Agronomy*, 2012, 34(1):61-65.
- [30] 李海鹏. 打顶时间和乙烯利浓度对晚播高密棉田熟相调控及其效应[D]. 保定:河北农业大学,2022.

(责任编辑:石春林)