

# 不同打顶方式在棉花上的应用效果研究



卢小燕<sup>1,2</sup>, 陈兵<sup>1,\*</sup>, 刘太杰<sup>1</sup>, 赵静<sup>1</sup>, 王琼<sup>1</sup>, 白志坤<sup>1,3</sup>, 徐明军<sup>1</sup>, 宁新柱<sup>1</sup>

<sup>1</sup>新疆农垦科学院棉花研究所, 新疆石河子 832003

<sup>2</sup>新疆生产建设兵团铁门关市三十团, 新疆铁门关 841006

<sup>3</sup>塔里木大学农学院, 新疆阿拉尔 843300

**摘要:** 开展无人机不同打顶方式对棉花打顶效果的研究, 为无人机喷施棉花打顶剂提供技术支撑。通过设计不同打顶方式(人工打顶, 无人机和机车)喷施打顶剂3个处理, 分析不同处理打顶后对棉花生长发育、产量和品质的影响。结果表明: 打顶前, 不同打顶处理的生长发育参数差别很小, 差异不显著。打顶后, 人工打顶 CK (CL1) 株高增加 1.2cm, 叶龄和果枝台数不变, 单株结铃数增加 5.4, 无人机 (CL2) 和机车 (CL3) 不同施药打顶方式的株高增加 2.2~2.6cm, 叶龄增加 0.9~1.1 片, 果枝台数增加 0.3 个, 单株结铃数增加 4~4.6 个, 均有效控制了棉花的生长发育。总干重的各处理变化趋势与叶干重一致, 均是人工打顶(CK)增加最快, 重量最大, 30474.8kg/hm<sup>2</sup>, 其次是机车施药打顶 (CL3), 28519.6 kg/hm<sup>2</sup>, 再次是无人机施药打顶 21469.6kg/hm<sup>2</sup>。籽棉产量最高的是人工打顶 CK 7713.0kg/hm<sup>2</sup>; 其次是无人机施药打顶 CL2, 低于 CK 1330.5 kg/hm<sup>2</sup>; 再次是机车施药打顶 CL3, 低于 CK 1072.5kg/hm<sup>2</sup>。无人机施药打顶的处理 CL2 品质较好, 与机车施药打顶 CL3 的品质相当。CK 的效益最好 2.6 万元/hm<sup>2</sup>, 其次是机车打顶 CL3, 效益 1.9 万元/hm<sup>2</sup>, 效益率 0.7%, 再次是无人机打顶 (CL2) 效益 1.8 万元/hm<sup>2</sup>。综上, 不同打顶方式都能起到打顶效果, 对棉花的生长发育、产量和品质影响各不相同, 效益也存在差异, 可根据实际需要选择使用。

**关键词:** 棉花; 无人机; 打顶剂; 施药效果; 产量; 品质

DOI: 10.57237/j.jaf.2024.03.001

## Study on the Application Effect of Unmanned Aerial Vehicle Spraying Chemical Topping Agent on Cotton

Lu Xiaoyan<sup>1,2</sup>, Chen Bing<sup>1,\*</sup>, Liu Taijie<sup>1</sup>, Zhao Jing<sup>1</sup>, Wang Qiong<sup>1</sup>, Bai Zhikun<sup>1,3</sup>, Xu Mingjun<sup>1</sup>, Ning Xinzhu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Cotton Institute, Xinjiang Academy Agricultural and Reclamation Science, Shihezi 832003, China

<sup>2</sup>Xinjiang Production and Construction Corps Tiemenguan City 30 Regiment, Tiemenguan 841006, China

<sup>3</sup>College of Agriculture, Tarim University, Alar 43300, China

**Abstract:** The effect of different topping methods of UAV on cotton topping was studied to provide technical support for spraying cotton topping agent by UAV. By designing three treatments of different topping methods (manual topping, UAV and locomotive) spraying topping agent, the effects of different topping treatments on the growth, yield and quality

基金项目: 国家重点研发计划: 棉花抗逆栽培技术集成与应用 (2020YFD1001002); 新疆“天山英才”计划 (2023TSYCCX0126); 新疆兵团农业创新工程专项: 棉田信息智能采集与智慧管理创新团队 (NCG202304).

\*通信作者: 陈兵, zyrbc@126.com

收稿日期: 2024-05-08; 接受日期: 2024-06-17; 在线出版日期: 2024-06-18

<http://www.agrforestry.com>

of cotton were analyzed. The results showed that the growth and development parameters of different topping treatments were not significantly different before topping. After topping, compared with manual topping CK (CL1), the plant height increased by 1.2cm, the leaf age and the number of fruit branches remained unchanged, the number of bolling per plant increased by 5.4, the plant height of UAV (CL2) and locomotive (CL3) with different topping methods increased by 2.1-2.6cm, the leaf age increased by 0.9-1.1 pieces, the number of bolls per plant increased by 4-4.6, and the number of fruit branches increased by 0.3. There was no significant difference between CL2 and CL3, both of which effectively controlled the growth and development of cotton. The change trend of total dry weight was consistent with that of leaf dry weight. Manual topping (CK) had the fastest increase and the largest weight ( $30474.8\text{kg}/\text{hm}^2$ ), followed by locomotive topping (CL3) with  $28519.6\text{kg}/\text{hm}^2$ , and UAV topping ( $21469.6\text{kg}/\text{hm}^2$ ). The highest yield of seed cotton was artificial topping CK  $7713.0\text{kg}/\text{hm}^2$ ; The second was CL2, which was lower than CK  $1330.5\text{kg}/\text{hm}^2$ , and the difference was significant. The second is the locomotive topping CL3, lower than CK  $1072.5\text{kg}/\text{hm}^2$ , the difference is significant. The quality of CL2 in the topdressing treatment of UAV is better than that of CL3 in the topdressing treatment of locomotive, and the difference between parameters is significant. CK has the best benefit of 26,000 yuan  $/\text{hm}^2$ , followed by the locomotive topping CL3, with the benefit of 19,000 yuan  $/\text{hm}^2$  and the benefit rate of 0.7%, The third is the drone top (CL2) benefit of 18,000 yuan  $/\text{hm}^2$ . In summary, different topping methods can play a topping effect, the impact on the growth and development of cotton, yield and quality is different, the benefit is also different, can be selected according to actual needs.

**Keywords:** Cotton; UAV; In Multi-topping Agent; Spraying Effect; Production; The Quality

## 1 引言

新疆是中国棉花的主产区, 在中国的棉花种植中占有极其重要的地位[1, 2]。据统计, 2020 年新疆棉花面积已占全国种植面积的 78.9%, 产量占全国棉花产量的 87.3% [3]。在棉花的种植管理过程中, 打顶的效果直接关系到棉花产量的提高和品质的好坏, 因此, 打顶技术是提高棉花产量和品质的关键技术之一, 起着至关重要的作用[4-6]。国内外学者针对棉花打顶技术开展了大量研究。大量学者开展了不同打顶时间对棉花生长、产量和品质的影响研究, 例如较早打顶能促进早开花、早结铃, 虫害减小; 随着打顶时间的推迟, 株高增加, 果枝数增加同时空果枝也增多, 内围铃所占的比例减小, 外围铃的比例增加, 产量则呈先增加后减少的趋势[7-9], 较晚的化学打顶对棉花生长发育具有较好的调节作用, 对籽棉产量的提高具有促进作用[10]。部分学者开展了化学打顶对棉花生长和产量提升的机理研究, 包括: 光合作用、光谱特征、酶和激素变化、水分利用率、营养生长和生殖生殖变化等[11]。与人工打顶相比, 化学打顶后棉花的叶面积指数等指标变化幅度较小, 顶部叶片净光合速率增加, 光谱反射率在近红外波段显著增加, 水分利用率无显著变化, 倒 2 叶 IAA 含量 5 天后明显增加, 提高了光能利用率, 改变了内源激素含量[12-16]。化学打顶棉花株高显著

高于人工打顶, 平均高出 17%, 中上部果枝显著变短, 冠层中部透光率平均提高约 13% [16]。棉花化学打顶后通过叶片吸收药剂, 封顶效应较慢, 与人工打顶相比叶面积指数较高[15], 株形紧凑, 冠层开度增加, 保证了冠层中、下部高的光吸收率, 为棉花利用化学打顶控制株型提供了依据[17]。也有部分学者开展了不同打顶方式分类和优缺点研究, 有的学者将棉花打顶方式主要分为人工打顶、机械打顶和无人机打顶。有的学者分析了与不同打顶方式的优缺点, 无人机打顶具有省时、省力、成本低等优点[18-20], 近年来已逐渐被广大农户所认可, 如喷施化学打顶剂氟节胺能有效控制棉花植株顶端的生长, 使得棉花株型更为紧凑[21], 使用化学打顶剂可抑制主茎和叶枝顶芽的生长, 增加棉花株高和果枝数, 降低叶枝长和节间平均长度, 增加铃数和内围铃, 纤维品质差别不显著[22]。为了弄清以上问题, 本研究开展不同打顶方式打顶效果研究, 分析不同打顶方式对棉花农艺性状, 产量及品质的影响, 解决棉农在棉花不同打顶方式选择上的困扰, 对棉花打顶技术的提高和化学打顶技术的推广均有重要意义。

2 材料与方法

2.1 试验地基本情况

2021 年试验地设在新建生产建设兵团铁门关市三十团 2 连 1-1 号地(41°49'34" N, 85°30'10"E), 面积 7.3hm<sup>2</sup>, 前茬作物为棉花, 棉花品种为新陆中 75 号, 试验地土壤为沙壤土, 肥力中等, 含碱解氮 171.5mg/kg, 有机质 17.1g/kg, 速效磷 29.7mg/kg, 速效钾 213.2mg/kg, 总盐 2.1g/kg。4 月 5 日播种, 6 月 2 日头水, 保苗株数: 19.7 万株/hm<sup>2</sup>, 一穴一粒, 膜宽为 1.25 米, 双膜覆盖, 机采模式 (66cm+10cm) ×11cm, 采用膜下滴灌方式, 一膜 4 行, 一管四行。理论种植密度 24.0 万株/hm<sup>2</sup>, 收获株数 19.7 万株/hm<sup>2</sup>。冬季压碱 2250m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 生育期灌水 12 次, 总水量 5700m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 施用尿素为 705kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 为 330kg/hm<sup>2</sup>, K<sub>2</sub>O 为 375kg/hm<sup>2</sup>。其

他按高产栽培模式管理。

2.2 试验设计

试验选择土优塔化学打顶剂 (含 250g/L 甲哌噁水剂, 河南中棉小康生物科技有限公司, 农药登记号 PD20091092)+(中量元素水溶肥料, 含 Ca+Mg≥10.0%, 河南东立信生物工程有限公司固体肥料, 肥料登记证号: 农肥 2019 准字 15152 号); 助剂为打顶剂配套助剂, 采用人工打顶、无人机和机车施药 3 种打顶方式, 以人工打顶为对照, 共计 3 个处理, 分别用 CL1、CL2、CL3 表示。根据三十团试验的实际情况, 每个处理及空白对照 0.0667hm<sup>2</sup>, 宽: 1.25 米, 长: 178 米, 3 个重复。每个施药处理施药前 5 天用 75g/hm<sup>2</sup> 缩节胺化控一次, 所有打顶方式均实施 1 遍。试验处理见表 1。

表 1 试验处理

Table 1 Test processing

试验处理 Test processing	药剂名称 Drug name	药量 L/hm <sup>2</sup> Dosage L/hm <sup>2</sup>	水量 kg/hm <sup>2</sup> Water kg/hm <sup>2</sup>	打顶方式 In topping way
CL1 (CK)	土优塔 TYT	无 (None)	0	人工打顶 (Artificial multi-topping)
CL2		1.05 (制剂 Mother liquor) + 0.21 (助剂 Additive)	15	无人机施药 (Drone spraying)
CL3		0.75 (制剂 Mother liquor) + 0.15 (助剂 Additive)	600	机车施药 (The locomotive spraying)

注: 助剂为打顶剂配套助剂

2.3 施药方法

施药时间为 2021 年 7 月 13 日上午 10: 30~11: 10 分, 喷施打顶剂采用机车和无人机进行, 均匀喷雾。无人机选用极飞 p20 机型, 喷头型号: SNZ-14000A, 喷头数量: 4 个, 流速: 5.6L/分钟, 飞行高度 2.5 米, 喷幅 4 米, 速度 5 米/秒, 下药量 15kg/hm<sup>2</sup>。机车喷施药罐载重 1.8 吨, 行驶速度 5 公里/小时, 喷幅 12 米, 机车类型为牵引式喷杆喷雾剂, 喷雾方式为顶喷, 拖喷数量为 24 个, 药液泵压力 0.03~0.035MPa, 下药量 600kg/hm<sup>2</sup>。施药前先用桶配制剂, 再倒进药罐摇匀即可, 人工打顶同步进行。

2.4 气象资料

施药当天晴转多云, 最高温度为 36℃, 最低温度为 26℃, 平均温度为 31℃, 施药时温度 28℃, 施药时风速小于 3m/s, 相对湿度为 20%。

2.5 测定项目及方法

2.5.1 农艺性状调查

每个处理设 3 个点, 定点选取长势均匀一致的健康植株 10 株 (内外行各 5 株), 挂牌标记, 分别在施药前 1 天, 施药后 5 天、10 天、15 天、20 天调查植株生长发育情况, 调查项目包括株高、叶龄、果枝台数、单株结铃数。

2.5.2 物质积累量测定

每次调查同步取样, 每个处理取 3 个点, 每个点内外行各 5 株, 按器官分样后放置在烘箱内 105℃ 杀青 30 分钟, 85℃ 烘干至恒重, 然后称取棉样测干生物量[23]。

2.5.3 产量和纤维品质测定

机械采收前 1 天, 每处理调查收获株数和有效铃

数，计算平均单株结铃数，取全部正常吐絮铃测定平均铃重，并计算产量。同时每处理分 3 层采收棉株上、中、下部各 20 朵完全吐絮棉铃，送新疆石河子纤维检验所进行纤维品质参数绒长、比强、马克隆值、整齐度、伸长率、短纤维、成熟度指数等检测。

2.6 统计分析

采用 EXCEL2007 和 DPS9.1 对试验数据进行 LSD 方差分析，0.5 显著性水平。

3 结果与分析

3.1 不同打顶处理的棉花农艺参数变化分析

表 2 可知，打顶前，不同打顶处理（CL1~3）的株高、叶龄、果枝台数、单株结铃数变化较小，差异不显著。打顶后，不同打顶处理（CL1~3）的株高和叶龄都在增加，人工打顶（CK）增加幅度最小，机车施药

打顶（CL3）较大，无人机施药打顶（CL2）最大。人工打顶（CK）株高比机车施药打顶（CL3）增幅小 1.0cm，比无人机施药打顶（CL2）处理增幅小 0.5~4cm，差异不显著；人工打顶（CK）叶龄比无人机施药打顶处理（CL2）小 1.8 片，差异显著，比机车施药打顶（CL3）的小 1.1 片，差异显著；人工打顶（CK）的果枝台数不增加，单株结铃数仍在增加，增加了 5.4 个，无人机施药打顶（CL2）和机车施药打顶（CL3）的果枝台数和单株结铃数都在增加，无人机施药打顶（CL2）增加幅度较大，机车施药打顶（CL3）的增幅较小，人工打顶（CK）的果枝台数与无人机施药打顶（CL2）相差 1.7 台，差异显著；人工打顶（CK）的单株结铃数比无人机施药打顶（CL2）多 0.7 个，差异不显著。分析结果可知，不同打顶方式 20 天后，株高、叶龄和果枝台数基本不再变化，都起到了打顶控叶龄的效果，但效果存在较大差异，人工打顶 10 天后就不再变化，效果最好，机车施药打顶 15 天后基本不再变化，效果其次，无人机施药打顶 20 天后基本不再变化，效果再次。

表 2 不同处理的棉花农艺参数变化

Table 2 Changes of cotton agronomic parameters under different treatments

时间 Time	参数 Param	CL1	CL2	CL3
施药前 Before applying pesticide	株高 H/cm	81.6a	83.4a	76.8a
	叶龄 LY/片	16.5a	17.4a	16.5a
	果枝台数 BN/台	10.9a	11.8a	11.0a
	单株结铃数 BP/个	2.7a	2.8a	2.3a
施药后 5d 5 d after applying pesticide	株高 H/cm	82.2a	84.5a	78.3a
	叶龄 LY/片	16.5c	17.4 ab	16.5bc
	果枝台数 BN/台	10.9a	11.8a	11.2a
	单株结铃数 BP/个	4.0 a	2.9 abc	2.6bc
施药后 10d 10 d after applying pesticide	株高 H/cm	82.8a	84.9a	78.5a
	叶龄 LY/片	16.5c	18.2a	16.8bc
	果枝台数 BN/台	10.9a	12.4a	11.5a
	单株结铃数 BP/个	4.5c	4.6ab	3.8bc
施药后 15d 15 d after applying pesticide	株高 H/cm	82.8a	85.4a	78.8a
	叶龄 LY/片	16.5b	18.3a	17.6a
	果枝台数 BN/台	10.9c	12.6a	11.7b
	单株结铃数 BP/个	6.3 b	6.1b	5.3 b
施药后 20d 20 d after applying pesticide	株高 H/cm	82.8a	86.0a	79.0a
	叶龄 LY/片	16.5b	18.3a	17.6a
	果枝台数 BN/台	10.9b	12.1ab	11.3ab
	单株结铃数 BP/个	8.1ab	7.4 b	6.3b

注：H, LY, BN, BP 分别表示 株高，叶龄，果枝台数，单株结铃数。H, LY, BN, BP 分别表示 High, Leaf yesrs, Branch number, Bolls per plant



3.2 不同打顶处理的棉花干物质积累量变化分析

表 3 可知，打顶前不同打顶处理（CL1~3）干物质积累量变化较小，除蕾铃干重 CL3 差异显著外，其他处理间差异均不显著。各处理间（CL1~3）叶干重和茎干重分别在 5132.4~5771.6 kg/hm<sup>2</sup>，6467.24~6786.8 kg/hm<sup>2</sup>之间，相差 639.2 kg/hm<sup>2</sup>，319.56 kg/hm<sup>2</sup>，人工打顶（CK）与无人机施药打顶（CL2）和机车施药打顶（CL3）处理间差异均不显著；蕾铃干重在 2425.2~3308.8kg/hm<sup>2</sup>之间，相差 883.6kg/hm<sup>2</sup>，人工打顶（CK）与无人机施药打顶（CL2）和机车施药打顶（CL3）差异均不显著，总干重在 14081.2~15228 kg/hm<sup>2</sup>之间，相差 1146.8kg/hm<sup>2</sup>，人工打顶（CK）与无人机施药打顶（CL2）和机车施药打顶（CL3）的差异均不显著。打顶后所有处理变化很大，各器官干重均增加，总干重增加最大，其次是蕾铃干重，再次是茎干重，最后是叶干重，生殖器官蕾铃干重均大于营养器官茎和叶干重。不同打顶处理 20d 后，人工打顶（CK）叶干重增加最快，重量最大，达到 7106.4 kg/hm<sup>2</sup>，其次

是机车施药打顶（CL3）的叶干重，达到 6429.6 kg/hm<sup>2</sup>，无人机施药打顶（CL2）的叶干重较小，5038.4kg/hm<sup>2</sup>，无人机施药打顶（CL2）与机车施药打顶（CL3）表现差异显著，机车施药打顶（CL3）与无人机施药打顶（CL2）差异不显著。茎干重是人工打顶（CK）增加最快，重量最大，13178.8 kg/hm<sup>2</sup>，其次是机车施药打顶（CL3），9443.6 kg/hm<sup>2</sup>，最后是无人机施药打顶（CL2）8836 kg/hm<sup>2</sup>。人工打顶（CK）与其他处理（CL2）均差异显著。蕾铃干重是机车施药打顶（CL3）增加最快，重量最大，12746.4 kg/hm<sup>2</sup>，其次是人工打顶（CK），10189.6 kg/hm<sup>2</sup>，再次是无人机施药打顶（CL2），7595.2 kg/hm<sup>2</sup>。无人机施药打顶（CL2）与机车施药打顶（CL3）差异显著。总干重的各处理变化趋势与叶干重一致，均是人工打顶（CK）增加最快，重量最大，30474.8kg/hm<sup>2</sup>，其次是机车施药打顶（CL3），28519.6 kg/hm<sup>2</sup>，再次是无人机施药打顶（CL2）21469.6kg/hm<sup>2</sup>。处理间差异不显著，综上可知，不同打顶方式的各器官干生物量都在增加，都促进了棉花各器官干物质积累。但是，不同打顶方式对棉花干物质积累过程有差异，各器官积累程度也不同。

表 3 不同处理的棉花干生物量变化（kg/hm<sup>2</sup>）  
Table 3 Changes of cotton dry biomass under different treatments (kg/hm<sup>2</sup>)

时间 Time	参数 Param	CL1	CL2	CL3
施药前 Beforeapplying pesticide	叶干重 LDW	5188.8abc	5132.4abc	5771.6a
	茎干重 SDW	6467.24ab	6786.8a	6730.4ab
	蕾铃干重 BDW	2425.2ab	3308.8a	3008.0a
	总干重 TDW	14081.2a	15228.0a	15510.0a
施药后 5d 5 d afterapplying pesticide	叶干重 LDW	7839.6a	5978.4c	7595.2abc
	茎干重 SDW	9851.2a	7839.6a	9550.4a
	蕾铃干重 BDW	7012.4a	4136.0b	4474.4b
	总干重 TDW	24703.2a	17954.0b	21620.0ab
施药后 10d 10 d after applying pesticide	叶干重 LDW	6504.8bc	5809.2c	7407.2b
	茎干重 SDW	8516.4a	6448.4b	9813.6a
	蕾铃干重 BDW	5489.6ab	3948.0bc	5113.6abc
	总干重 TDW	20510.8ab	16205.6b	22334.4a
施药后 15d 15 d after applying pesticide	叶干重 LDW	5602.4ab	4756.4b	5470.8ab
	茎干重 SDW	6899.6b	6711.6b	8121.6ab
	蕾铃干重 BDW	6617.6b	3271.2b	4775.2ab
	总干重 TDW	19119.6ab	14739.2c	18367.6abc
施药后 20d 20 d after applying pesticide	叶干重 LDW	7106.4bc	5038.4c	6429.6ab
	茎干重 SDW	13178.8a	8836.0b	9443.6b
	蕾铃干重 BDW	10189.6ab	7595.2bc	12746.4a
	总干重 TDW	30474.8a	21469.6a	28519.6a

注：LDW, SDW, BDW, TDW 分别表示叶鲜重，茎鲜重，蕾铃鲜重，总鲜重。LDW, SDW, BDW, TDW 分别表示 Leaf gry weight, Stalk gry weight, ball gry weight, Total gry weight.

3.3 不同打顶处理的棉花产量变化分析

表 4 可知，无人机施药打顶（CL2）和机车施药打顶（CL3）的单铃重，株数，衣分均与人工打顶（CK）相差较小，分别在  $5.4 \times 10^{-3} \sim 6.3 \times 10^{-3}$  kg/个，18~19.9 万株/hm<sup>2</sup>，45.1%~45.4% 差异不显著；无人机施药打顶（CL2）的铃数均比人工打顶（CK）少 6.2 万个/hm<sup>2</sup>，无显著差异，机车施药打顶（CL3）的铃数最少，比人工打顶（CK）少 19.0 万个/hm<sup>2</sup>，差异显著，比无人机

施药打顶（CL2）的铃数少 12.8 万个/hm<sup>2</sup>，差异不显著；无人机施药打顶（CL2）的籽棉产量小于人工打顶（CK）1330.5 kg/hm<sup>2</sup>，差异显著；机车施药打顶处理（CL3）的籽棉产量小于人工打顶（CK）1072.5kg/hm<sup>2</sup>，差异显著；可见，不同打顶方式对产量的影响差异较大，主要受单铃重和铃数影响较大，施药打顶降低了棉花产量，其中无人机施药打顶降低幅度较大，机车打顶降低幅度较小。

表 4 不同处理的棉花产量及其产量构成因子变化

Table 4 Yield and yield component changes of cotton under different treatments

处理	单铃重 (kg/个*10 <sup>-3</sup> )	铃数 (万个/hm <sup>2</sup> )	株数 (万株/hm <sup>2</sup> )	籽棉单产 (kg/hm <sup>2</sup> )	衣分 (%)
Treatment	Single boll weight	Number of bolls	Number of mu	Seed cotton yield	Fiber yield
CL1	6.2ab	124.4a	19.7a	7713.0a	45.4ab
CL 2	5.4b	118.2ab	19.9a	6382.5b	45.1ab
CL3	6.3ab	105.4b	18.0a	6640.5b	45.3ab

3.4 不同打顶处理的棉花品质变化分析

表 5 可知，无人机施药打顶（CL2）和机车施药打顶（CL3）处理的绒长、马克隆值、比强度、整齐度、伸长率、成熟度指数与人工打顶（CK）差异不显著；人工打顶（CK）短纤维指数与机车施药打顶（CL3）

差异显著，相差 0.5%，说明不同打顶方式对棉花短纤维指数有一定影响。综上，不同打顶方式主要影响了短纤维指数，对绒长、马克隆值、比强度，对整齐度、伸长率、成熟度指数基本无影响。

表 5 不同处理的棉花品质参数变化

Table 5 The change of cotton quality parameters for different treatments

处理 Treatment	绒长 Mean fiber length LEN (mm)	比强度 Specific strength STR (CN tex <sup>-1</sup> )	马克隆值 Micronaire MIC	整齐度 Uniformity index UI (%)	伸长率 Elongation at steak ELG (%)	短纤维指数 Short fiber index SF (%)	成熟度指数 Maturity MR
CL1	26.8ab	26.0ab	4.7ab	84.7a	6.7a	7.7c	0.8a
CL 2	26.7ab	26.7ab	4.7ab	84.2a	6.7a	7.9abc	0.8a
CL3	26.6ab	26.0b	4.8b	83.9a	6.7a	7.2ab	0.8a

3.5 不同打顶处理的棉花经济效益比较分析

表 6 可知，2021 年按棉花交售单价 6.8 元/公斤，无人机施药打顶 90 元/hm<sup>2</sup>，机车施药打顶 75 元/hm<sup>2</sup>，施药打顶以外的成本 2.6 万元/hm<sup>2</sup>，计算每个处理施药成本效益。人工打顶（CK）的产值、效益、效益率分别是 5.2 万元/hm<sup>2</sup>，2.6 万元/hm<sup>2</sup>，0 元/hm<sup>2</sup>。无人机施药打顶（CL2）和机车施药打顶（CL3）的产值均低于

人工打顶（CK）0.7~0.9 万元/hm<sup>2</sup>，无人机施药打顶（CL2）低于机车施药打顶（CL3）的产值 0.2 万元/hm<sup>2</sup>。无人机施药打顶（CL2）和机车施药打顶（CL3）的效益低于人工打顶（CK）0.7~0.8 万元/hm<sup>2</sup>。人工打顶（CK）效益最好，机车施药打顶（CL3）效益率较对照低 26.9%，无人机施药打顶效益率较差，较对照低 30.8%。。产值大小、效益大小、效益率大小顺序均为：CL1 > CL3 > CL2。可见，无人机施药打顶（CL2）和机车施药打顶（CL3）都降低了棉花产值和效益，机车施药打顶的降低的幅度较大，无人机施药打顶降低的幅度较机车施药大。

表 6 不同处理的棉花经济效益分析

Table 6 Economic benefit analysis of cotton form different treatments

处理号 N0.	机（人）成本 （元/hm <sup>2</sup> ） Cost of machine	药成本 （元/hm <sup>2</sup> ） Cost of drug	施药成本合计 （元/hm <sup>2</sup> ） Total spraying cost	棉花产值 （万元/hm <sup>2</sup> ） Cotton output	效益 （万元/hm <sup>2</sup> ） Benefit	相对对照效益 （万元/hm <sup>2</sup> ） Relative benefit	效益率% Benefit rate
CL1	825.0	0.0	825.0	5.2	2.6	0.0	0.0
CL2	90.0	220.5	310.5	4.3	1.8	-0.8	-30.8
CL3	75.0	157.5	232.5	4.5	1.9	-0.7	-26.9

4 讨论

本研究发现，打顶后，人工打顶的棉花株高和叶铃基本不变，机车施药打顶的棉花株高和叶铃增加较小，无人机施药打顶的株高和叶铃增加较大，20 天后均趋于稳定。表明人工打顶、化学打顶、机车打顶三种打顶方式均能有效控制棉花株高，机车和无人机药剂打顶后棉花顶部营养生长仍持续较长时间才停止，对株高和叶龄的控制能力较人工打顶差，无人机药剂打顶的顶部控制能力比机车差。研究结果与赵强[16]等认为化学打顶剂能有效控制棉花株高，抑制顶芽生长，最终起到免打顶效果一致。人工打顶对棉花干生物量积累最多，其中茎秆的干生物量积累最多，机车施药打顶对棉花干生物量积累较多，其中蕾铃的干生物量积累最多，无人机施药打顶对棉花各个器官干物质积累较少。不同打顶方式对棉花不同器官的干物质质量积累过程存在异同，人工打顶突出增加了茎秆积累量，有助于预防倒伏，机车打顶突出增加了蕾铃的积累量，有助于增产，不同打顶方式的叶干物质质量积累量都最小，都趋向于向生殖生长积累，符合棉花打顶后的生长发育特性。与王刚[22]等的研究机车药剂打顶增加了单铃重和产量具有一致的结果。

本研究表明，不同打顶方式对单铃重影响不同，人工打顶、无人机施药打顶和机车施药打顶之间的单铃重影响较小。人工打顶的亩铃数和衣分最高，无人机施药打顶的亩铃数高于机车打顶，衣分小于机车打顶。无人机施药打顶的亩铃数均高于机车施药打顶，但是单铃重和衣分均少于机械打顶，说明不同打顶方式对棉花产量构成因子单株结铃数和单铃重影响不同，但也符合各产量构成因子相补的规律。该研究结果与康正华等[22]在南疆使用化学打顶剂可在一定程度上增加棉株单铃重和籽棉重，进而促进棉花增产结果不一致。与茅凤麟等[23]的研究也不一致，茅凤麟认为氟节胺化学打顶的产量显著高于缩节胺化学

打顶，与人工打顶产量相当。不一致的原因可能是试验使用的药剂不同、试验区域不同、药剂喷施方法不同、试验棉花品种也不同等原因所致。不同打顶方式对品质有较大的影响，主要影响了短纤维指数，对绒长、比强度、马克隆值、伸长率、成熟度指数影响不明显。

5 结论

本文通过对不同打顶方式对棉花生长发育，产量及品质等进行研究，得到以下结论：

1. 人工打顶后株高小幅增加，叶龄和果枝台数不变，无人机和机车喷施打顶剂后株高、叶龄和果枝台数均大幅度增加，无人机药剂打顶增加幅度大于机车打顶，说明人工打顶后对棉花营养生长抑制性最强，其次是机车施药打顶，再次是无人机施药打顶，不同打顶方式的棉花单株结铃数均增加，均呈先快后慢的趋势，人工打顶增加最快，其次是机车施药打顶，再次是无人机施药打顶，人工打顶营养生长向生殖生长转化最快，机车较快，无人机较慢。
2. 人工打顶的干物质积累量最大，机车施药打顶较大，无人机施药打顶较小，不同打顶方式的不同器官的蕾铃干重积累量最大，其次是茎干重，再次是叶干重。
3. 不同打顶处理对铃数的影响最大，其次是单铃重，导致最终产量的差异。不同打顶方式下，人工打顶的单产最高，衣分表现最好，其次是机车喷施打顶剂，最后是无人机喷施打顶剂。
4. 人工打顶和无人机施药打顶的绒长和马值均好于机车施药打顶，无人机施药打顶的比强度好于机车施药，机车打顶的短纤维指数好于人工和无人机施药打顶。
5. 人工打顶的产值和效益最大，其次是机车施药打顶，再次是无人机施药打顶。

## 参考文献

- [1] 李培良, 雷亚平, 李亚兵, 等. 中国棉花产业发展现状与未来展望. 农业展望 [J], 2012, 16(12): 38~45. (Li P L, Lei Y P, Li Y B, *et al* Development status quo of china's cotton industry and its outlook. *Agricultural Outlook* [J], 2012, 16(12): 38~45.)
- [2] 彭勇. 机械采收棉花提质增效关键技术. 农业工程技术 [J], 2018, 38(5): 31~31. (Peng Y. Key technology of improving quality and efficiency of mechanical cotton harvesting. *Agricultural Engineering Technology* [J], 2018, 38(5): 31~31.)
- [3] 国家统计局, 国家统计局关于 2020 年棉花产量的公告, [N], 2020~12~18. 15: 30.  
[http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202012/t20201218\\_1810113.html](http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202012/t20201218_1810113.html) (National Bureau of Statistics, National Bureau of Statistics announcement on cotton output in 2020. [N], 2020~12~18. 15: 30.  
[http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202012/t20201218\\_1810113.html](http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202012/t20201218_1810113.html))
- [4] 刘晓飞, 王卫军, 孙宝林, 等. 打顶剂对麦后直播棉产量构成及生长发育的影响 [J]. 西北农业学报, 2019, 28(7): 1100~1109. (Liu X F, Wang W J, Sun B L, *et al* Effect of topping on yield components and growth of direct-seeded cotton after wheat. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica* [J], 2019, 28(7): 1100~1109.)
- [5] 王刚, 王静, 陈兵, 等. 基于不同配置棉花化学控顶的光谱特征和光合特征响应研究. 西北农业学报 [J], 2021, 30(1): 83~92. (Wang G, Wang J, Chen B, *et al* Hyperspectral and photosynthetic characteristics of cotton top controlled by chemical technology based on different configurations. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica* [J], 2021, 30(1): 83~92.)
- [6] Choudhary R K, Kaushik M K, Choudhary R S, *et al*. Impact of irrigation, nitrogen and topping management on indian mustard. *International Journal of Agricultural Science And Research* [J], 2016. 6(5): 303~306.
- [7] 李涛, 杨德松. 棉花不同打顶方式应用分析. 新疆农垦科技 [J], 2021, 44(2): 14~15. (Li T, Yang D S. Application analysis of different topping methods of cotton. *Xinjiang Farm Research of Science and Technology* [J], 2021, 44(2): 14~15.)
- [8] 张选, 彭小峰, 马丽. 南疆棉区打顶时间对棉花产量和纤维长度的影响. 棉花科学 [J], 2016, 38(3): 33~36. (Zhang X, Peng X F, Ma L. Influence of the topping time on cotton yield and fiber length in south xinjiang cotton area. *Cotton Sciences* [J], 2016, 38(3): 33~36.)
- [9] Alain R, Idrissa T, Mamoutou T. Manual topping decreases bollworm infestations in cotton cultivation in Mali. *Crop Protection* [J], 2011(30): 1370~1375.
- [10] 徐守振, 左文庆, 陈民志, 等. 北疆植棉区滴灌量对化学打顶棉花植株农艺性状及产量的影响. 棉花学报 [J], 2017, 29(4): 345~355. (Xu S Z, Zuo W Q, Chen M Z, *et al* Effect of drip irrigation amount on the agronomic traits and yield of cotton grown with a chemical topping in northern xinjiang, china. *Cotton Science*, 2017, 29(4): 345~355.)
- [11] 冯国艺, 姚炎帝, 罗宏海, 等. 新疆超高产棉花冠层光分布特征及其与群体光合生产的关系, 应用生态学报, 2012. 05: 1286-1294.
- [12] 马辉, 张明, 戴路, 等. 基于投影寻踪法综合评价棉花不同化学打顶剂效果, 中国棉花 [J]. 2021, 48(6): 5~10. (Ma H, Zhang M, Dai L, *et al*. Comprehensive evaluation of the effects of different chemical topping agents on cotton based on the projection pursuit method. *China Cotton* [J]. 2021, 48(6): 5~10.)
- [13] Chen B, Wang J, Wu Q F, *et al*. Spectral and photosynthetic characteristics of cotton under chemical-controlled topping technology. *Plant Diseases and Pests* [J], 2021, 12(3), 9~16, 24.
- [14] 王刚, 张鑫, 陈兵, 等. 土优塔棉花打顶剂对新陆早 61 号倒四叶内源激素含量的影响. 分子植物育种 [J], 2018, 16(2): 572~577. (Wang G, Zhang X, Chen B, *et al*. Effects of toyota-cotton chemical topping agents on the endogenous hormones of xinluzao 61. *Molecular Plant Breeding* [J], 2018, 16(2): 572~577.)
- [15] Chen Y F, Zhang Z S, Wang X J, *et al* Sap velocity, transpiration and water use efficiency of drip-irrigated cotton in response to chemical topping and row spacing. *Agricultural Water Management* [J], 2022, (267): 107611.
- [16] 赵强, 张巨松, 周春江, 等. 化学打顶对棉花群体容量的拓展效应. 棉花学报 [J], 2011, 23(5): 401~407. (Zhao Q, Zhang J S, Zhou C J, *et al*. Chemical detopping increases the optimum plant density in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Cotton Science* [J]. 2011, 23(5): 401~407.)
- [17] 杨成勋, 姚贺盛, 杨延龙, 等. 化学打顶对棉花冠层结构指标及产量形成的影响. 新疆农业科学 [J], 2015, 52(7): 1243~1250. (Yang C X, Yao H S, Yang Y L, *et al*. Effect of chemical multi-topping on canopy structure index and yield formation in cotton. *Xinjiang Agricultural Sciences* [J]. 2015, 52(7): 1243~1250.)
- [18] 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. *Field Crops Research* [J], 2022, (275): 108337.
- [19] 董春玲, 罗宏海, 张亚黎, 等. 喷施氟节胺对棉花农艺性状的影响及化学打顶效应研究. 新疆农业科学 [J]. 2013, (11): 1985~1990. (Dong C L, Luo H H, Zhang Y L, *et al*. Research on cotton agronomic traits and chemical topping effect after spraying flumetralin. *Xinjiang Agricultural Sciences* [J]. 2013, (11): 1985~1990.)



- [20] 蔡晓莉, 马野平, 杜晶, 等. 氟节胺化学打顶剂对棉花农艺性状和产量的影响研究. 农业科技通讯 [J], 2017, 0(6): 108~110. (Cai X L, Ma Y P, Du J, *et al.* Effect of chemical topping agent on agronomic traits and yield in cotton. *Bulletin of Agricultural Science and Technology* [J], 2017, 0(6): 108~110.)
- [21] 王刚, 张鑫, 陈兵, 等. 新疆第七师 130 团土优塔棉花化学打顶剂效果试验研究. 安徽农业科学 [J], 2015b, 43(33): 67~68. (Wang G, Zhang X, Chen B, *et al.* Effect test of toyota~cotton topping agent in xinjiang seventh division 130 group. *Journal of Anhui Agricultural Sciences* [J], 2015b, 43(33): 67~68.)
- [22] 康正华, 赵强, 娄善伟. 不同化学打顶剂对棉花农艺及产量性状的影响. 新疆农业科学 [J], 2015, 52(7): 1200~1208. Kang Z H, Zhao Q, Lou S W. Effects on the agronomic and economic characters of cotton by applying different topping chemicals. *Xinjiang Agricultural Sciences* [J], 2015, 52(7): 1200~1208.

- [23] 茅凤麟, 马新. 化学打顶对棉花产量、纤维品质及经济效益的影响. 新疆农垦科技 [J], 2019, 42(9): 27~29. Mao F L, Ma X. The influence of chemical topping on cotton yield, fiber quality and economic efficiency. *Xinjiang Farm Research of Science and Technology* [J], 2019, 42(9): 27~29.

## 作者简介

### 卢小燕

1984 年生, 农艺师. 研究方向为作物栽培与技术推广.

E-mail: 364987040@qq.com

### 陈兵

1979 年生, 博士, 研究员. 研究方向为作物栽培生理与农业遥感应用.

E-mail: zyrcb@126.com