

无人机喷施化学打顶剂在棉花上应用的试验研究

卢小燕¹ 陈 兵² 余 渝³ 王映山³ 赵 静² 徐明军²

1. 新疆生产建设兵团第二师三十团,新疆 铁门关 841005

2. 新疆农垦科学院棉花研究所,新疆 石河子 832003

3 新疆生产建设兵团第二师农业技术推广站,新疆 铁门关 841005

摘要:采用无人机打顶方式对棉花打顶效果进行了实验研究,旨在为无人机喷施棉花打顶剂提供技术支持。通过不同打顶方式(人工打顶、无人机和机车喷施打顶剂)、不同打顶剂和不同打顶剂浓度,分析了不同打顶处理对棉花生长发育、产量和品质的影响。结果表明:不同打顶方式都能起到打顶效果,对棉花的生长发育、产量和品质影响相同,但效益存在差异,可根据实际需要选择使用打顶处理。

关键词:棉花;无人机;打顶剂;施药效果;产量;品质

中图分类号:S562

DOI: 10.3969/j.issn.2097-065X.2024.07.006

0 引言

棉花具有无限生长的习性,顶端优势明显。为控制株高和后期无效果枝的生长,打顶是一项有效的措施,通过摘除顶心,能控制主茎的生长,协调营养生长与生殖生长,促使养分更多运向果枝,供应结实器官,减少无效果枝。棉花打顶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^[1]。面对琳琅满目的化学打顶剂,多数棉农仅依据农资经销商的推荐使用,并不真正了解打顶方式和打顶剂对棉花的产量和品质的影响。为弄清以上问题,本文开展不同打顶方式打顶效果的研究,分析了不同打顶方式对棉花农艺性状、产量及品质的影响,消除了棉花打顶方式选择的困扰,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。

1 材料与方法

1.1 试验地基本情况

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7.3 hm²,前茬作物为棉花,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171.5 mg/kg,有机质17.1 g/kg,速效磷29.7 mg/kg,速效钾213.2 mg/kg,总盐2.1 g/kg。2021年4月5日播种,6月2日头水,保苗株数为197 990株/hm²,一穴一粒,膜宽1.25 m,双膜覆盖,机采模式(66+10)×11 cm,采用膜下滴灌方式,一膜4行,一管4行。理论种植密度24.0万株/hm²,收获株数19.7万株/hm²。

1.2 试验设计

试验样品:①250 g/L甲哌嗡水剂(土优塔),河南中棉小康生物科技有限公司生产;②250 g/L甲哌嗡水剂(棉硕顶),河南中棉小康生物科技有限公司生产;③智控专家微生物打顶剂(简称“智控专家”),北京甸甸丰生物科技有限公司生产。

采用人工打顶、无人机和机车施药3种打顶方式喷施以上3种打顶药剂,共7个处理方式,分别用CL1-CL7表示,其中,以人工打顶为对照方式(CK)。每个处理及空白对照667 m²,宽1.25 m,长178 m,3个重复。每个施药处理施药前5天用75 g/hm²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

试验处理	药剂名称	药量(L/hm ²)	水量(kg/hm ²)	打顶方式
CL1(CK)	土优塔	无	0	人工打顶
CL2		0.45(制剂r)+0.09(助剂e)	15	无人机施药
CL3		1.05(制剂r)+0.21(助剂e)	15	
CL4		0.75(制剂)+0.15(助剂)	15	
CL5	棉硕顶	0.75(制剂)	15	无人机施药
CL6	智控专家	1.05(制剂r)	15	
CL7	土优塔	0.75(制剂)+0.15(助剂)	600	机车施药

注:助剂为打顶剂配套助剂。

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);新疆农垦科学院科技创新团队项目“棉田信息智能采集与智慧管理创新团队”(NCG202304);新疆兵团英才项目(BTYC202001)

1.3 施药方法

施药时间为 2020 年 7 月 13 日上午 10:30～11:10,采用机车和无人机喷施打顶剂。无人机选用极飞 p20,4 个喷头的型号为 SNZ－14000A,流速 5.6 L/min,飞行高度 2.5 m,飞行速度 5 m/s,喷幅 4 m,下药量 15 kg/hm²。机车行驶速度 5 km/h,喷幅 12 m,机车采用牵引式喷杆顶喷打顶剂,拖喷数量为 24,药液泵压力 30～35 kPa,下药量 600 kg/hm²。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。

1.4 气象资料

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

1.5 测定项目及方法

1.5.1 农艺性状调查

每个处理设 3 个点,定点选取长势均匀的健康植株 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。

1.5.2 产量和纤维品质测定

机械采收前 1 天,以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^[2]。每种处理分 3 层采收棉株上、中、下各 20 朵完全吐絮棉铃,并送新疆石河子纤维检验所检测绒长、比强、马克隆值、整齐度、伸长率、短纤维、成熟度指数等纤维品质参数。

1.6 统计分析

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

2 结果与分析

2.1 不同打顶处理的棉花农艺参数变化分析

由表 2 可知,打顶前的株高、叶龄、果枝台数、单株结铃数差异较小,对应差值分别为 8.5 cm、0.9 片、1.0 台、0.5 个。打顶后,株高和叶龄都在 20 天内增加,20 天后基本不再增加,人工打顶(CK)增幅最小,分别是 1.2 cm、0;机车施药打顶(CL7)增幅较大,分别是 2.2 cm、1.1 片;无人机施药打顶(CL2～CL 6)增幅最大,分别是 2.6～4.2 cm、0.9～1.7 片。人工打顶比机车施药打顶的株高增幅小 1.0 cm,比无人机施药打顶的株高增幅小 0.5～5.3 cm,差异不均显著。人工打顶比无人机施药打顶的叶龄均小 1.2～2.1 片,比机车施药打顶的叶龄小 1.1 片,差异显著。人工打顶的果枝台数不增加,但单株结铃数增加 5.4 个,无人机施药打顶、机车施药打顶的果

枝台数和单株结铃数都在增加,其中,无人机施药打顶,增加了 0.2～1.5 台果枝、4.1～7.3 个铃,增幅较大;机车施药打顶增加了 0.3 台果枝、4 个铃,增幅较小。人工打顶与无人机施药打顶处理 CL2 的果枝台数相差 1.9,与无人机施药打顶处理 CL3～CL6 的果枝台数相差 0.1～1.2,与机车施药打顶的果枝台数相差 0.4。人工打顶比无人机施药打顶处理 CL2、CL4 的单株结铃数小 1.6 和 0.1,但比无人机施药打顶处理大 0.7～1.6;比机车施药打顶的单株结铃数大 1.8^[3]。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,但打顶效果存在较大差异:人工打顶 10 天后,株高、叶龄和果枝台数不再变化,效果最好;机车施药打顶 15 天后,株高、叶龄和果枝台数基本不再变化,效果其次;无人机施药打顶 20 天后,株高、叶龄和果枝台数基本不再变化,效果最差。

表 2 不同处理的棉花农艺参数变化

	处理	株高(cm)	叶龄(叶)	果枝台数	单株结铃数
施药前	CL1	81.6a	16.5a	10.9a	2.7a
	CL2	83.4a	16.9a	11.3a	2.4a
	CL3	83.4a	17.4a	11.8a	2.8a
	CL4	81.5a	17.0a	11.4 a	2.6a
	CL5	85.3a	16.5a	10.8a	2.6a
	CL6	85.1a	17.4a	11.3a	2.4a
	CL7	76.8a	16.5a	11.0a	2.3a
施药后 5 天	CL1	82.2a	16.5c	10.9a	4.0 a
	CL2	85.5a	17.5ab	12.3a	3.4 ab
	CL3	84.5a	17.4 ab	11.8a	2.9 abc
	CL4	83.6a	17.0ab	11.5a	2.6bc
	CL5	87.7a	16.9abc	10.9a	2.4bc
	CL6	88.5a	17.7a	11.7a	2.1c
	CL7	78.3a	16.5bc	11.2a	2.6bc
施药后 10 天	CL1	82.8a	16.5c	10.9a	4.5c
	CL2	86.1a	18.3ab	12.8a	5.0 ab
	CL3	84.9a	18.2a	12.4a	4.6ab
	CL4	84.2a	17.6abc	12.2a	3.4ab
	CL5	87.8a	17.3ab	11.8a	3.7abc
	CL6	88.8a	18.2ab	12.3a	3.3a
	CL7	78.5a	16.8bc	11.5a	3.8bc
施药后 15 天	CL1	82.8a	16.5b	10.9c	6.3 b
	CL2	86.3a	18.5a	13.3ab	7.8 a
	CL3	85.4a	18.3a	12.6a	6.1b
	CL4	84.4a	18.3a	12.5ab	6.1 b
	CL5	88.4a	17.7a	11.6ab	5.1 b
	CL6	88.8a	18.5a	12.4ab	5.0 b
	CL7	78.8a	17.6a	11.7b	5.3 b
施药后 20 天	CL1	82.8a	16.5b	10.9b	8.1ab
	CL2	86.8a	18.6a	12.8a	9.7 a
	CL3	86.0a	18.3a	12.1ab	7.4 b
	CL4	84.5a	18.3a	11.6ab	8.2 ab
	CL5	88.0a	17.7a	11.0ab	6.8b
	CL6	89.3a	18.4a	11.8ab	6.5b
	CL7	79.0a	17.6a	11.3ab	6.3b

2.2 不同打顶处理的棉花产量变化分析

由表 3 可知,无人机施药打顶、机车施药打顶的单铃重和株数均与人工打顶的差值分别为 5.4~6.3 g/个、105.4~124.4 万株/hm²;机车施药打顶的单铃重与无人机施药打顶处理 CL3、CL4 差异显著,与其他无人机施药打顶处理差异不显著。机车施药打顶和无人机施药打顶各处理间的株数无显著差异^[4]。机车施药打顶的铃数最小,比人工打顶小 19.0 万个/hm²,比无人机施药打顶的铃数少 6.5~12.8 万个/hm²。无人机施药打顶各处理的铃数差异不显著。无人机施药打顶处理 CL2、CL4—CL 6 比人工打顶的籽棉产量小 664.5~999.0 kg/hm²,无人机施药打顶处理 CL3 比人工打顶的籽棉产量

小 1 330.5 kg/hm²;机车施药打顶比人工打顶的籽棉产量小 1 072.5 kg/hm²,比无人机施药打顶处理 CL2、CL4~CL6 的籽棉产量小 74.0~408.0 kg/hm²,比无人机施药打顶处理 CL3 的籽棉产量大 258.0 kg/hm²。无人机施药打顶处理 CL2、CL4—CL6 间差异不显著,与 CL3 差异显著。无人机施药打顶、机车施药打顶与人工打顶的衣分差值为 0.1%~1.4%。不同打顶方式对产量的影响差异较大。施药打顶均降低了棉花产量,其中,无人机施药打顶的降幅较小,机车打顶的降幅较大,无人机施药打顶的剂型对产量变化较小,打顶剂不同浓度间的产量差异较大,但对棉花衣分基本无影响。

表 3 不同处理的棉花产量及其产量构成因子变化

处理	单铃重(g/个)	铃数(万个/hm ²)	株数(万株/hm ²)	籽棉单产(kg/hm ²)	衣分(%)
CL1	6.2ab	124.4a	19.7a	7 713.0a	45.4ab
CL2	6.0ab	111.9ab	18.2a	6 714.0ab	45.2a
CL3	5.4b	118.2ab	19.9a	6 382.5b	45.1ab
CL4	6.2a	113.7ab	19.5a	7 048.5ab	44.4ab
CL5	6.1ab	115.3ab	18.8a	7 033.5ab	44.3ab
CL6	6.1ab	112.9ab	20.5a	6 886.5ab	45.0b
CL7	6.3ab	105.4b	18.0a	6 640.5b	45.3ab

2.3 不同打顶处理的棉花品质变化分析

由表 4 可知,无人机施药打顶(CL2~6)和机车施药打顶(CL7)处理的绒长、马克隆值变化趋势一致,均与人工打顶(CK)相差较小,分别为 0~1.1 mm,0~0.2,差异不显著;机车施药打顶(CL7)处理的绒长、马克隆值与无人机施药打顶的 CL5 差异显著,与其他处理(CL2—CL4、CL6)差异不显著,无人机施药打顶的不同浓度间,CL4 与 CL2、CL3 差异不显著;不同药剂间,CL5 与 CL4、CL6 差异显著。无人机施药打顶(CL2—CL6)和机车施药打顶(CL7)的比强度均与人工打顶(CK)相差较小,分别在 0~1.4 CN/tex,差异不显著;无人机施药打顶 CL2、CL4、CL5 的比强度与机车施药打顶(CL7)差异显著,相差 1.4 CN/tex、0.1 CN/tex、1.3

CN/tex,与 CL3 和 CL6 差异不显著。不同打顶方式的整齐度、伸长率、成熟度指数的差异不显著,不受打顶方式和无人机药剂种类、药剂浓度的影响。无人机施药打顶 CL4 和机车施药打顶(CL7)的短纤维指数均与人工打顶(CK)相差较大,分别在 0.8%、0.5%,差异显著;无人机施药打顶 CL2、CL3、CL5、CL6 的短纤维指数均与人工打顶(CK)和机车施药打顶(CL7)无差异;无人机施药打顶 CL4 和人工打顶相差 0.8%,与机车施药打顶 CL7 相差 1.3%,差异显著。不同打顶方式对棉花短纤维指数影响较大,无人机打顶(CK)的不同浓度和不同药剂对短纤维指数影响也较大。打顶方式主要影响短纤维指数,其次是绒长、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 4 不同处理的棉花品质参数变化

处理	绒长	比强度	马克隆值	整齐度	伸长率	短纤维指数	成熟度指数
CL1	26.8ab	26.0ab	4.7ab	84.7a	6.7a	7.7c	0.8a
CL 2	27.7ab	27.4a	4.7ab	84.3a	6.8a	7.9bc	0.8a
CL 3	26.7ab	26.7ab	4.7ab	84.2a	6.7a	7.9abc	0.8a
CL 4	26.8b	26.1a	4.8b	83.4a	6.7a	8.5a	0.8a
CL 5	27.2a	27.3a	4.5a	84.5a	6.8a	7.9abc	0.8a
CL 6	26.3b	26.0ab	4.7b	84.1a	6.7a	8.1abc	0.8a
CL 7	26.6b	26.0b	4.8b	83.9a	6.7a	7.2ab	0.8a

2.4 不同打顶处理的棉花经济效益比较分析

由表 5 可知,2020 年按棉花交售单价 6.8 元/kg,

无人机施药打顶 90 元/hm²,机车施药打顶 75 元/hm²,施药打顶以外的成本 2.6 万元/hm²,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/hm²、2.6 万元/hm²、0 元/hm²。无人机施药打顶(CL2—CL6)和机车施药打顶(CL7)的产值均低于人工打顶(CK)0.4~0.9 万元/hm²,机车施药打顶(CL7)的产值低于无人机施药打顶(CL2、CL4—CL6)0.1~0.3 万元/hm²,高于无人机施药打顶(CL3)0.2 万/hm²,无人机施药打顶不同浓度处理(CL2—CL4)差异较大,相差 0.5 万元/hm²,无人机施药打顶的不同药剂间受浓度影响也存在较小的差异。无人机施药打顶(CL2—CL6)和机车施药打顶(CL7)的效益均低于人工打顶(CK)0.4~0.8 万元/hm²。人工打顶(CK)效益最好,无人机施药打顶 CL4 和 CL5 的效

益较好,效益率较对照低 15.4%,其次是无人机施药打顶 CL6 效益较好,效益率较对照低 19.2%,无人机施药打顶的 CL2 和机车施药打顶(CL7)效益较差,效益率较对照低 23.5%和 26.9%,无人机施药打顶 CL3 的效益最差,效益率较对照低 30.8%。产值大小、效益大小、效益率大小顺序均为:CL1>CL4=CL5>CL6>CL2>CL7>CL3。可见,无人机施药打顶(CL2—CL6)和机车施药打顶(CL7)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小,但受药剂种类和药剂浓度的影响对棉花产值和效益的降低程度存在较大差异,除了 CL3 外,其他的处理产值和效益均高于机车施药打顶^[5-6]。

表 5 不同处理的棉花经济效益分析

处理号	机(人)成本 (元/hm ²)	药成本 (元/hm ²)	施药成本合计 (元/hm ²)	棉花产值 (万元/hm ²)	效益 (万元/hm ²)	相对对照效益 (万元/hm ²)	效益率 (%)
CL1	825.0	0	825.0	5.2	2.6	0	0
CL2	90.0	94.5	184.5	4.6	2.0	-0.6	-23.5
CL3	90.0	220.5	310.5	4.3	1.8	-0.8	-30.8
CL4	90.0	157.5	247.5	4.8	2.2	-0.4	-15.4
CL5	90.0	180.0	270.0	4.8	2.2	-0.4	-15.4
CL6	90.0	216.0	306.0	4.7	2.1	-0.5	-19.2
CL7	75.0	157.5	232.5	4.5	1.9	-0.7	-26.9

3 结 论

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,其次是无人机施药打顶,再次是机车施药打顶。人工打顶后,营养生长向生殖生长转化最快,机车较快,无人机较慢。

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,其次是无人机喷施打顶剂,最后是机车喷施打顶剂;无人机喷施不同打顶剂产量相比,棉硕顶>土优塔>智控专家;无人机喷施同一打顶剂土优塔常规浓度单产最高,但是衣分较低。

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,其他参数 3 种施药方式相差很小;无人机喷施同一打顶剂(土优塔)的绒长、比强度最好的是低浓度,其次是常规浓度,再次是高浓度;无人机喷

施不同打顶剂的绒长、马克隆值、整齐度差别很大,棉硕顶和土优塔的绒长、比强度较好,再次是智控专家,说明不同施药方式,不同药剂和药剂浓度对品质的影响存在较大差异。

人工打顶的产值和效益最大,其次是无人机施药打顶,再次是机车施药打顶,无人机喷施土优塔高浓度的产值和效益最低。

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[J]. 农业展望,2012,16(12):38-45.

[2] 彭勇. 机械采收棉花提质增效关键技术[J]. 农业工程技术,2018,38(5):31-31.

[3] 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.

[4] 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[J]. 西北农业学报,2021,30(1):83-92.

[5] 李涛,杨德松. 棉花不同打顶方式应用分析[J],新疆农垦科技,2021,44(2):14-15.

[6] 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.

作者简介:卢小燕,女,1984 年生,农艺师。研究方向为作物栽培与技术推广。