

化学
调控

长江流域麦(油)后直播棉增效缩节胺化学封顶技术研究

于可可¹, 杜明伟¹, 张祥², 朱焯倩³, 李水清⁴, 陈舫⁴, 羿国香⁵, 李亚兵⁶, 田晓莉^{1*}, 李召虎^{1*}

(1. 中国农业大学农学院作物化控研究中心/植物生长调节剂教育部工程研究中心, 北京 100193; 2. 扬州大学农学院, 江苏扬州 225009; 3. 安徽省农业技术推广总站, 合肥 230000; 4. 湖北省监利县朱河镇农技服务中心, 湖北监利 433325; 5. 湖北省农业技术推广总站, 武汉 430070; 6. 中国农业科学院棉花研究所, 河南安阳 455000)

摘要:【目的】明确长江流域麦(油)后直播棉应用增效缩节胺(25% DPC 水剂, 简称 DPC⁺)进行化学封顶的可行性。【方法】于 2015—2017 年在江苏大丰、安徽宿松和湖北武汉开展田间试验, 采用随机区组设计, 以人工打顶为对照, 研究化学封顶时期(人工打顶同期、人工打顶后 5 d)和封顶剂 DPC⁺剂量(750, 1 125, 1 500 mL·hm⁻²)对麦(油)后直播棉农艺性状及经济性状的影响。【结果】与人工打顶相比, DPC⁺化学封顶处理的株高和果枝数增加(最多分别增加 21.6 cm 和 4.8 个), 中部和上部果枝(尤其是上部果枝)缩短, 除个别点次外果节数不受影响。在不同环境条件下, 化学封顶处理的产量多与人工打顶相当, 低剂量 DPC⁺处理的产量在降水量大的年份有一定程度下降, 化学封顶时期对产量影响较小。【结论】应用 DPC⁺对长江流域麦(油)后直播棉进行化学封顶有较好的可行性, 未来需进一步优化技术参数, 建立稳发稳长的配套栽培技术体系。

关键词:长江流域; 麦(油)后直播棉; 化学封顶; 农艺性状; 产量性状

Research of chemical topping with fortified mepiquat chloride on direct-seeded cotton after wheat/rape harvest in the Yangtze River valley

Yu Keke¹, Du Mingwei¹, Zhang Xiang², Zhu Ye-qian³, Li Shuiqing⁴, Chen Fang⁴, Yi Guoxiang⁵, Li Yabing⁶, Tian Xiaoli^{1*}, Li Zhaohu^{1*}

(1. Center of Crop Chemical Regulation, College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University /Engineering Research Center of Plant Growth Regulator, Ministry of Education, Beijing 100193, China; 2. College of Agriculture, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009, China; 3. Agricultural Technology Station, Agricultural Committee of Anhui Province, Hefei 230000, China; 4. Agricultural Technology Service Center of Zhuhe Town, Jianli County, Hubei Province, Jianli, Hubei 433325, China; 5. Hubei Agricultural Technology Extension Station, Wuhan 430070, China; 6. Institute of Cotton Research of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Anyang, Henan 455000, China)

Abstract: [Objective] The purpose of this study is to explore the feasibility of chemical topping with fortified mepiquat chloride (DPC⁺, a type of aqueous formulation containing 25% 1,1-dimethyl piperidinium chloride) on direct-seeded cotton after wheat/rape in the Yangtze River valley. [Method] Field experiments were conducted in Dafeng, Jiangsu province, Susong, Anhui province and Wuhan, Hubei province during growing seasons of 2015-2017. The randomized block design with three replicates was adopted. There were two chemical topping time (same time with local manual topping, and five days after local manual topping) and three DPC⁺ dosages (750, 1 125, 1 500 mL·hm⁻²), with manual topping as the control. [Result] Compared with manual topping, chemical topping with DPC⁺ increased plant height and the number of fruiting branches at most by 21.6 cm and 4.8 per plant, respectively; shortened the length of middle and upper fruiting branches (especially the upper ones), but did not influence the number of fruiting sites except few sites. Chemical topping with DPC⁺ showed similar yield with manual topping under most environmental conditions. However, the treatments with low DPC⁺ dosages reduced yield to some extent during growing seasons with high precipitation (more than 1 000 mm). The time of chemical topping had slight effects on cotton

收稿日期: 2019-12-06 第一作者简介: 于可可(1993—), 男, 硕士研究生, 17863805980@163.com。

* 通信作者: 田晓莉: tian_xiaoli@126.com, 李召虎: lizhaohu@cau.edu.cn

基金项目: 国家现代农业产业技术体系——棉花产业技术体系(CARS-15-16)

yield. [Conclusion] For direct-seeded cotton after wheat/rape harvest in the Yangtze River valley, manual topping could be substituted by chemical topping with DPC⁺. Future work will focus on optimizing the time and dosage of DPC⁺ application, and using agricultural practices for steady growth and development of cotton plants.

Keywords: The Yangtze River valley; direct-seeded cotton after wheat/rape harvest; chemical topping; agronomic traits; yield related trait.

打顶(人工掐除棉花主茎顶芽和幼叶)是我国棉花栽培的一项重要措施,可控制棉株主茎生长、减少无效果枝、增加光合产物向棉铃的运输^[1],还可减轻虫害和烂铃^[2-4],对改善农艺性状、提高产量和优化纤维品质具有重要作用^[5]。但随着劳动力日益短缺和用工成本增加,亟需探索人工打顶的替代技术。

化学封顶技术是利用植物生长调节物质(以甲哌鎓和氟节胺为主)强力延缓或抑制棉花顶芽生长,促进棉株生长中心从营养生长转向生殖生长,达到类似人工打顶的目的^[6-7]。因操作简便、作业效率高,化学封顶成为替代人工打顶的有效途径之一^[8]。新疆棉区开展化学封顶研究较早,目前生产上有一定应用面积^[9-10];黄河流域棉区近些年也有关于棉花化学封顶的报道^[11-13]。

长江流域是我国传统棉区之一,半个多世纪以来以种植移栽棉为主,费工费时^[14-15]。在当前轻简植棉、机械化植棉的新形势下,该棉区正在研究和推广麦(油)后直播棉^[16-18]。因生长季较短,直播棉种植密度一般较高,在 9.0 万~12.0 万株·hm⁻² 之间,远高于移栽棉的 1.5 万~3.0 万株·hm⁻²^[19]。高密度下棉花个体与群体矛盾激化,对棉花生长发育的控制要求比较高;此外长江流域棉区棉花生长季(6—10 月)温度高、降水多、湿

度大^[20],进一步加大了调控难度。在这些种植和环境背景下,长江流域麦(油)后直播棉能否用化学封顶替代人工打顶是需要尽快明确的问题。本研究于 2015—2017 年在长江流域不同地点开展了田间试验,对此进行了探索。

1 材料与方 法

本研究为多年多点试验,包括 2015—2017 年的江苏大丰(33°19'N,120°45'E)、2015 年的安徽宿松(30°15'N,116°13'E)和 2016 年的湖北武汉(30°59'N,114°31'E)共 5 个点次(环境条件)。各点均为麦/油后直播棉,棉花生长季(6—10 月)的月平均温度和月累计降水量如图 1 所示(数据来自中国气象数据网 <http://data.cma.cn/>),可以看出降水量在年际、月份间的变化大;而月平均温度相对稳定,其中 7、8 月份的温度最高(26~31℃)。

本试验所用化学封顶剂为 25%增效 DPC 水剂(DPC⁺),由北京市农业技术推广站和中国农业大学植物生长调节剂教育部工程研究中心共同研发,由新疆金棉科技有限责任公司生产并提供。

1.1 试验设计

试验采用随机区组设计,小区面积≥30 m²,

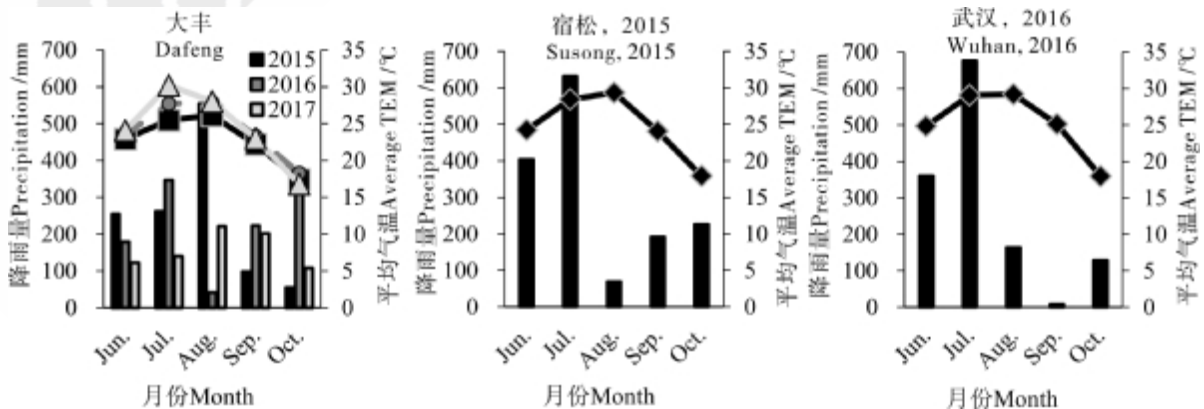


图 1 2015—2017 年各试验点棉花生长季月平均温度和月累计降水量

Fig. 1 Monthly mean temperature and cumulative precipitation during cotton growing season (2015—2017) at each location

重复3次。设2个化学封顶时间(T1、T2)和3个DPC⁺用量(750、1 125、1 500 mL·hm⁻²),其中T1与人工打顶同期,T2较人工打顶晚5天,以人工打顶(MT)为对照。供试棉花品种为早熟棉中棉所50(由中国农业科学院棉花研究所培育并提供),各试点播种时间均在6月上旬,采用76 cm等行距种植,播种密度为9.0万株·hm⁻²。各试点人工打顶时间(亦为T1期化学封顶时间)在8月上旬,化学封顶前后正常施用普通DPC进行系统化控,其他管理措施按当地常规进行。化学封顶处理器械采用背负式喷雾器,药液量300~450 kg·hm⁻²。

1.2 测定项目及方法

T2期处理后30 d,在各小区选择10株代表性植株进行标记,调查株高、果枝数、果节数,测量各果枝长度,计算上部(10果枝以上)、中部(6—

10果枝)、下部(1—5果枝)和新生果枝(相对于人工打顶新长出的果枝)的平均长度。

10月下旬至11月上旬收获标记植株的吐絮铃,记录铃数,称铃重,之后混合轧花计算衣分。各小区非标记植株混收,与标记植株收获铃合并计产。

1.3 数据统计与分析

采用Microsoft Excel 2016进行数据整理,用SPSS 21.0(IBM, USA)的一般线性模型进行方差分析,用Duncan's法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 DPC⁺化学封顶对棉花株型性状及产量影响的方差分析

由表1可知,棉花绝大部分株型性状和产量在不同环境条件下差异显著,这可能主要由气象

表1 DPC⁺化学封顶对棉花株型性状及产量的方差分析结果

Table 1 Variance analysis of chemical topping with fortified mepiquat chloride (DPC⁺) on cotton plant type traits and yield

处理 Treatment	株高 Height / cm	果枝数 No. of sympodials	果节数 No. of fruit nodes	果枝长度 Length of the fruiting branches /cm			新生果枝平均长度 Average length of new fruiting branches /cm	籽棉产量 Seed cotton yield / (kg·hm ⁻²)
				上部	中部	下部		
				Upper	Middle	Lower		
E	*	*	*	*	*	NS	*	*
T	*	*	*	*	*	NS	*	NS
R	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
E×T	*	*	NS	*	*	NS	*	NS
E×R	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*
T×R	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
E×T×R	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*

注: E: 环境条件, 共5个; T: 化学封顶时间, 2个水平; R: DPC⁺剂量, 3个水平。*表示差异显著($P < 0.05$); NS表示差异不显著($P > 0.05$)。

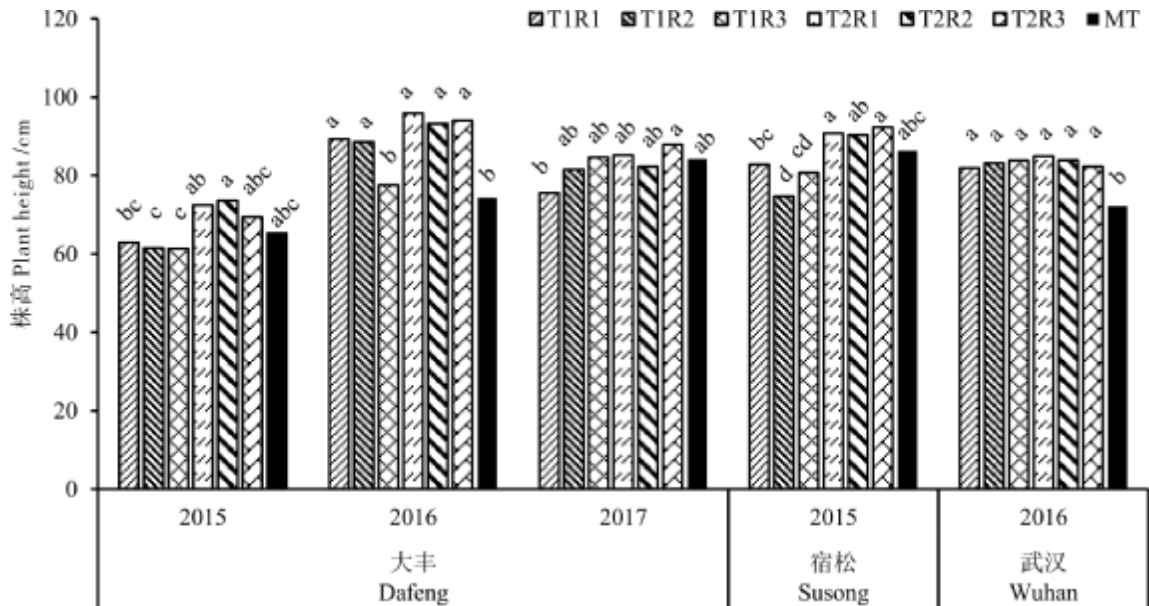
Note: E: Environment, five levels; T: The time of chemical topping, two levels; R: The dosage of DPC⁺, three levels. * indicates remarkable difference ($P < 0.05$); NS indicates the difference is not significant ($P > 0.05$).

和土壤条件及管理措施等因素造成。化学封顶时间(T)显著影响株高、果枝数、果节数、上部和中部果枝长度等株型性状,但对籽棉产量无影响;DPC⁺剂量仅对果枝数有显著影响。化学封顶时间和DPC⁺封顶剂量在株型性状和产量上均不存在互作效应,环境因素与封顶时间、DPC⁺剂量的互作对棉花株型和产量的影响总体较小且规律

性不强。因此,下文以人工打顶为对照,对封顶时间和DPC⁺剂量在不同环境条件下的封顶效果进行单因素分析。

2.2 DPC⁺化学封顶对棉花株高的影响

从图2可知,不同地点和年份的人工打顶(MT)株高在65~87 cm变动,DPC⁺化学封顶对株高的影响随封顶时间和环境条件(年份或地点)



T1:人工打顶同期;T2:人工打顶后5 d。R1、R2和R3:DPC⁺用量分别为750、1125、1500 mL·hm⁻²。MT:人工打顶。不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

T1: Same time with manual topping; T2: Five days after manual topping. R: The dosage of DPC⁺; R1: 750 mL·hm⁻²; R2: 1 125 mL·hm⁻²; R3: 1 500 mL·hm⁻². MT: Manual topping. Different lowercase letters indicate significant difference at the 0.05 probability level.

图2 化学封顶对棉花株高的影响

Fig. 2 Effects of chemical topping with fortified mepiquat chloride (DPC⁺) on cotton plant height

而变化。与MT相比,2016年大丰点和武汉点T1期化学封顶处理的株高增加3.3~15.0 cm(4.4%~20.3%),2017年大丰点与MT相差不大,2015年大丰点和宿松点的株高甚至低于MT。与MT相比,T2期化学封顶处理的株高在所有年次均有所增加(1.2%~29.1%),2016年大丰点和武汉点表现出显著性增加,较T1期也表现出增加趋势(2016年武汉点除外)。DPC⁺剂量对株高的影响较小。

2.3 DPC⁺化学封顶对棉花果枝数和果节数的影响

各试验点MT的果枝数在10.2~15.0之间,DPC⁺化学封顶处理的果枝数较MT增加1.4~4.8,其中大丰点3年次均表现出显著性增加(表2)。此外,大丰点T2期处理的果枝数一般多于T1期,这与株高的结果相似。

果节数在地点和年份间的变异较大,2015年宿松点的果节数最多(平均57.8),2015年大丰点因遭受台风和涝灾,果节数最少(平均27.7)。DPC⁺化学封顶对果节数的影响相对较小,仅在

2016年大丰点显著多于MT(表2)。

2.4 DPC⁺化学封顶对果枝长度的影响

与MT相比,DPC⁺化学封顶对下部果枝长度影响不显著,但缩短了中部和上部果枝长度,其中上部果枝受影响更大,如2015年宿松点和2016年武汉点的上部果枝长度显著缩短了10 cm以上,仅为MT的27%和20%。大丰点上部果枝长度受DPC⁺化学封顶的影响相对较小,2015年为MT的78%,2017年为MT的43%(表3)。DPC⁺化学封顶的新生果枝长度均比较短,大部分不足5 cm,除2016年武汉点T1期的新生果枝显著长于T2期外,其他点各处理间无显著差异(表3)。

2.5 DPC⁺化学封顶对产量及其构成因素的影响

2015年宿松点产量结果未收集到,2016年武汉点的产量及其构成因素与MT无显著差异,但T1和T2期低剂量DPC⁺(750 mL·hm⁻²)的铃数和产量均略高于同期中、高剂量DPC⁺处理,与MT相当(表4)。大丰点的方差分析和多重比较结果表明,DPC⁺化学封顶对产量及其构成因素

表 2 DPC⁺化学封顶对棉花果枝数和果节数的影响
Table 2 Effects of chemical topping with fortified mepiquat chloride (DPC⁺) on the number of fruiting branches and fruiting nodes

处理 Treatment	单株果枝数 No. of sympodials per plant					单株果节数 No. of fruit nodes per plant				
	大丰 Dafeng			宿松 Susong	武汉 Wuhan	大丰 Dafeng			宿松 Susong	武汉 Wuhan
	2015	2016	2017	2015	2016	2015	2016	2017	2015	2016
T1R1	11.7 bc	14.5 bc	13.9 c	17.1 a	5.7 a	24.3	48.3 a	40.9 b	54.6	32.6
T1R2	11.6 c	15.7 ab	14.6 bc	17.3 a	16.5 a	25.3	52.8 a	42.4 ab	52.2	32.4
T1R3	11.6 c	14.9 abc	14.6 bc	16.2 ab	16.9 a	28.4	52.2 a	44.0 ab	56.1	32.4
T2R1	12.9 ab	15.9 ab	16.5 a	17.3 a	14.9 ab	27.8	55.2 a	46.1 ab	53.7	36.1
T2R2	13.1 a	16.3 a	15.9 ab	16.6 ab	14.8 ab	29.5	53.3 a	45.8 ab	51.3	33.8
T2R3	12.9 ab	16.2 a	16.7 a	17.5 a	15.6 a	27.2	57.7 a	50.4 a	63.9	34.9
MT	10.2 d	11.5 d	12.0 d	15.0 b	13.4 b	26.7	47.0 b	39.5 b	60.6	31.4
P	*	*	*	*	*	NS	*	NS	NS	NS

注: T1: 人工打顶同期; T2: 人工打顶后 5 d。R1、R2 和 R3: DPC⁺用量分别为 750、1 125、1 500 mL·hm⁻²。MT: 人工打顶。不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: T1: Same time with manual topping; T2: Five days after manual topping. R: The dosage of DPC⁺; R1: 750 mL·hm⁻²; R2: 1 125 mL·hm⁻²; R3: 1 500 mL·hm⁻². MT: Manual topping. Different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 probability level.

有影响或有显著影响; 低剂量 DPC⁺的籽棉产量表现出低于中、高剂量的趋势(2017 年 T2 期处理除外), 其中 2015 年和 2017 年 T1 期与其铃数较少有关, 2016 年则与其铃重较低有关; 无论在 T1 期还是 T2 期, 中、高剂量 DPC⁺处理的产量多与 MT 相当甚至高于 MT(表 4)。

3 讨论

本研究表明, 虽然长江流域麦(油)后直播棉的种植密度大、生长发育期间的温度高、降水多, 但用 DPC⁺化学封顶替代人工打顶并未引起严重的生长失控。在各点次中, 2016 年大丰点化学封顶的长势与人工打顶差异最大, 其中 T2 期的平均株高、果枝数和果节数较人工打顶分别增加 20.1 cm、4.6 和 8.4; 但最高株高未超过 100 cm, 仍符合摘锭式采棉机的要求^[21], 不会成为直播棉全程机械化管理的障碍。其他点次化学封顶的株高和果枝数虽多于人工打顶, 但增幅不大, 且因中部和 / 或上部果枝缩短, 其果节数与人工打顶无显著差异。此外, 长江流域麦(油)后直播棉化

学封顶的中上部果枝(尤其是上部果枝)较人工打顶明显缩短, 与新疆棉区和黄河流域的棉花化学封顶结果相似^[11-12, 22-23]; 这有利于改善冠层通风透光条件、提高群体光合作用和中下部棉铃的发育^[24-26], 也有利于提高机械管理效率。

是否影响产量是判断棉花化学封顶技术可行性的主要指标。本研究结果表明, 在不同的环境条件下, 化学封顶处理多与人工打顶的产量相当, 个别处理表现出减产趋势可能与降水量存在一定关系。如大丰点 2015 和 2016 年 6—10 月的累计降水量为 1224.1 和 1128.3 mm, 大于 2017 年的 792.6 mm; 相应地, 该点 2015 和 2016 年的低剂量 DPC⁺化学封顶处理(750 mL·hm⁻²)可能因控长强度不够致使铃数或铃重受到影响, 造成产量不同程度地下降。化学封顶时期对产量的影响较小, 与人工打顶同期进行化学封顶或延后 5 d 进行化学封顶的产量基本相当。

综上, 应用中、高剂量(1125、1500 mL·hm⁻²)的增效缩节胺(DPC⁺)对长江流域麦(油)后直播棉进行化学封顶有较好的可行性。未来需进一步

表 3 DPC⁺化学封顶对棉花果枝长度的影响
Table 3 Effect of chemical topping with fortified mepiquat chloride (DPC⁺) on the length of upper, middle, lower and new fruiting branches of cotton plants

处理 Treatment	果枝长度 Length of the fruiting branches/cm						新生果枝平均长度 Average length of new fruiting branches/cm						
	大丰 Dafeng		宿松 Susong		武汉 Wuhan		大丰 Dafeng		宿松 Susong		武汉 Wuhan		
	2015	2017	上部 Upper	下部 Lower	上部 Upper	下部 Lower	上部 Upper	中部 Middle	下部 Lower	2015	2016	2015	2016
T1R1	9.8 b	5.1 b	4.7 b	23.4	24.5 bc	23.4	2.8 b	18.8 ab	22.2	2.6	4.1 a	2.6	4.8 a
T1R2	9.9 b	5.1 b	4.8 b	22.6	22.3 c	22.6	2.3 b	17.0 b	21.4	4.0	5.1 a	2.8	4.8 a
T1R3	9.9 b	5.7 b	6.2 b	25.5	21.7 c	25.5	2.4 b	19.8 ab	23.0	2.4	4.2 a	2.1	5.0 a
T2R1	12.9 a	7.3 ab	3.9 b	22.5	28.1 b	22.5	3.0 b	16.8 b	22.8	3.6	3.7 ab	3.1	1.9 b
T2R2	12.2 ab	6.3 b	3.9 b	25.6	26.7 bc	25.6	2.4 b	17.7 ab	23.0	3.4	4.3 a	3.3	1.6 b
T2R3	13.9 a	5.8 b	5.5 b	31.2	28.4 b	31.2	2.8 b	18.5 ab	23.4	3.4	3.8 a	2.6	1.6 b
MT	14.6 a	13.6 a	17.9 a	31.2	39.1 a	31.2	13.3 a	21.1 a	22.0	/	/	/	/
P	NS	NS	*	NS	*	NS	*	NS	NS	NS	*	NS	*

注: T1: 人工打顶同期; T2: 人工打顶后 5 d; R1、R2 和 R3: DPC⁺用量分别为 750、1 125、1 500 mL·hm⁻²。MT: 人工打顶。不同小写字母表示差异达显著性水平。

Note: T: The time of chemical topping; T1: Same time with manual topping; T2: Five days after manual topping; R: The dosage of DPC⁺; R1: 750 mL·hm⁻²; R2: 1 125 mL·hm⁻²; R3: 1 500 mL·hm⁻². MT: Manual topping. Different lowercase letters indicate remarkable difference at 0.05 probability level.

表 4 DPC⁺化学封顶对棉花产量及其构成因素的影响
Table 4 Effect of chemical topping with fortified mepiquat chloride (DPC⁺) on seed cotton yield and yield components

处理 Treat- ment	大丰 Dafeng						武汉 Wuhan								
	2015			2016			2017			2016					
	有效铃数 No. of available bolls / (10 ⁵ ·hm ⁻²)	铃重 Boll weight / g	籽棉产量 Seed cotton yield/ (kg·hm ⁻²)	有效铃数 No. of available bolls / (10 ⁵ ·hm ⁻²)	铃重 Boll weight / g	籽棉产量 Seed cotton yield / (kg·hm ⁻²)	有效铃数 No. of available bolls / (10 ⁵ ·hm ⁻²)	铃重 Boll weight / g	籽棉产量 Seed cotton yield / (kg·hm ⁻²)	有效铃数 No. of available bolls / (10 ⁵ ·hm ⁻²)	铃重 Boll weight / g	籽棉产量 Seed cotton yield / (kg·hm ⁻²)	有效铃数 No. of available bolls / (10 ⁵ ·hm ⁻²)	铃重 Boll weight / g	衣分 Lint Percent- age /%
T1R1	6.0 a	4.8 b	2 830.5 bcd	11.1 ab	2.9 b	3 331.2 b	9.0 b	4.6	36.7	4 110.7 ab	7.2	3.6	35.4	2 551.6	
T1R2	6.8 a	4.4 b	2 914.5 bcd	12.0 a	3.6 ab	4 641.7 a	10.4 ab	4.5	36.3	4 576.1 ab	6.0	3.5	34.8	2 085.0	
T1R3	6.9 a	4.9 b	3 409.5 ab	10.6 ab	3.9 a	4 137.1 ab	10.4 ab	4.5	36.3	4 660.8 ab	6.8	3.5	34.3	2 373.6	
T2R1	4.5 b	6.0 a	2 643.0 cd	9.6 b	3.4 ab	3 107.4 b	11.4 a	4.3	37.3	4 928.5 a	7.5	3.5	35.9	2 646.9	
T2R2	6.0 a	6.2 a	3 708.0 a	9.8 b	4.1 a	3 533.5 ab	9.0 b	4.6	37.7	4 105.5 ab	6.9	3.6	34.8	2 490.1	
T2R3	6.3 a	6.1 a	3 922.5 a	10.5 ab	4.1 a	4 131.3 ab	8.7 b	4.2	37.7	3 605.1 b	6.5	3.7	35.9	2 379.4	
MT	6.6 a	5.0 b	3 297.0 abc	11.1 ab	3.2 ab	3 559.7 ab	10.3 ab	4.2	38.3	4 382.9 ab	7.5	3.5	35.4	2 595.8	
P	*	*	*	*	*	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	

注: T1: 人工打顶同期; T2: 人工打顶后 5 d。R1、R2 和 R3: DPC⁺用量分别为 750、1 125、1 500 mL·hm⁻²。MT: 人工打顶。不同小写字母表示差异达显著性水平 ($P < 0.05$)。

Note: T: The time of chemical topping; T1: Same time with manual topping; T2: Five days after manual topping. R: The dosage of DPC⁺; R1: 750 mL·hm⁻²; R2: 1 125 mL·hm⁻²; R3: 1 500 mL·hm⁻². MT: Manual topping. Different lowercase letters indicate remarkable difference at 0.05 probability level.

优化化学封顶时间和剂量等技术参数,并注重研究直播棉稳发稳长配套栽培技术,以提高化学封顶技术的稳定性。

4 结论

与人工打顶相比,长江流域麦(油)后直播棉应用增效缩节胺(DPC⁺)化学封顶会增加株高和果枝数,缩短中部和上部果枝长度(尤其是上部果枝),不影响果节数(个别点次除外)。在不同环境条件下,化学封顶处理的产量多与人工打顶相当,但低剂量 DPC⁺封顶在降水量大的年份产量有一定程度的下降,化学封顶时期对产量影响较小。

致谢:

感谢中国农业科学院棉花研究所提供试验用种,感谢安徽省农业技术推广总站吴宁,安徽省宿松县汇口镇农业技术推广站王斌,江苏金色农业股份有限公司王宣山、赵建明,武汉隆福康农业发展有限公司曹永胜等在试验开展过程中提供的指导与帮助!

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, 2013: 115-816.
Institute of Cotton Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences. Cotton farming in China[M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 2013: 115-816 (in Chinese).
- [2] Alain R, Idrissa T, Mamoutou T. Manual topping decreases bollworm infestations in cotton cultivation in Mali[J]. Crop Protection, 2011, 30(10): 1370-1375. DOI:10.1016/j.cropro.2011.05.020.
- [3] Obasi M O, Msaakpa T S. Influence of topping, side branch pruning and hill spacing on growth and development of cotton (*Gossypium barbadense* L.) in the southern guinea savanna location of Nigeria[J]. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics, 2005, 106(2): 155-165.
- [4] Ali S S, Abro G H, Rustamani M A, et al. Effect of application of plant growth regulators on *Earias vittella* (Fabricius), infestation and yield components of cotton[J]. Journal of Basic & Applied Sciences, 2012, 8: 677-682.
- [5] 赵强, 周春江, 张巨松, 等. 化学打顶对南疆棉花农艺和经济性状的影响[J]. 棉花学报, 2011, 23(4): 329-333.
Zhao Qiang, Zhou Chunjiang, Zhang Jusong, et al. Effect of chemical topping on the canopy and yield of cotton (*Gossypium hirsutum*) in south Xinjiang[J]. Cotton Science, 2011, 23(4): 329-333.
- [6] 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[J]. 新疆农业科学, 2013, 50(11): 1985-1990. DOI:10.6048/j.issn.1001-4330.2013.11.004.
Dong Chunling, Luo Honghai, Zhang Yali, et al. Research on cotton agronomic traits and chemical topping effect after spraying flumetralin[J]. Xinjiang Agricultural Science, 2013, 50(11): 1985-1990.
- [7] 孟桂元, 贺再新, 孙焕良, 等. 作物打顶栽培研究进展[J]. 中国农学通报, 2010, 26(24): 144-148.
Meng Guiyuan, He Zaixin, Sun Huanliang, et al. The research progress on topping cultivation in crop[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(24): 144-148.
- [8] 戴翠荣, 练文明, 李子, 等. 南疆棉区氟节胺化学打顶技术初探[J]. 中国棉花, 2013, 40(9): 31-33.
Dai Cuirong, Lian Wenming, Li Zi, et al. Study on cotton chemical topping technology of flumetralin[J]. China Cotton, 2013, 40(9): 31-33.
- [9] 王刚, 张鑫, 陈兵, 等. 化学打顶剂在新疆棉花生产中的研究与应用[J]. 中国棉花, 2015, 42(10): 8-10. DOI: 10.11963/issn.1000-632X.201510003.
Wang Gang, Zhang Xin, Chen Bing, et al. Research and application on the chemical topping agents in Xinjiang cotton production[J]. China Cotton, 2015, 42(10): 8-10.
- [10] 王刚, 张鑫, 陈兵, 等. 棉花化学打顶剂在新疆的推广应用现状及发展策略[J]. 中国植保导刊, 2016, 36(1): 76-80, 75.
Wang Gang, Zhang Xin, Chen Bing, et al. Current situation and development strategy of cotton chemical topping agent in Xinjiang cotton production[J]. China Plant Protection, 2016, 36(1): 76-80, 75.
- [11] 黎芳, 王希, 王香茹, 等. 黄河流域北部棉区棉花缩节胺化学封顶技术[J]. 中国农业科学, 2016, 49(13): 2497-2510. DOI: 10.3864/j.issn.0578-1752.2016.13.005.
Li Fang, Wang Xi, Wang Xiangru, et al. Cotton chemical topping with mepiquat chloride application in the north of Yellow River valley of China[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2016, 49(13): 2497-2510.
- [12] 黎芳, 杜明伟, 徐东永, 等. 黄河流域不同密度及施氮量下增效缩节胺化学封顶对棉花生长、产量和成熟期的影响[J]. 中国农业大学学报, 2018, 23(3): 10-22. DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2018.03.02.
Li Fang, Du Mingwei, Xu Dongyong, et al. Effects of chemical topping with fortified mepiquat chloride on cotton growth, yield and maturity under different plant densities and nitrogen rates in the Yellow River valley region of China[J]. Journal of China Agricultural University, 2018, 23(3): 10-22.

- [13] 安静, 黎芳, 周春江, 等. 增效缩节安化学封顶对棉花主茎生长的影响及其相关机制[J]. 作物学报, 2018, 44(12): 1837-1843. DOI: 10.3724/SP.J.1006.2018.01837.
An Jing, Li Fang, Zhou Chunjiang, et al. Morpho-physiological responses of cotton shoot apex to the chemical topping with fortified mepiquat chloride[J]. Acta Agronomica Sinica, 2018, 44(12): 1837-1843.
- [14] 喻树迅, 张雷, 冯文娟. 快乐植棉——中国棉花生产的发展方向[J]. 棉花学报, 2015, 27(3): 283-290. DOI: 10.11963/issn.1002-7807.201503013.
Yu Shuxun, Zhang Lei, Feng Wenjuan. Easy and enjoyable cotton cultivation: developments in China's cotton production[J]. Cotton Science, 2015, 27(3): 283-290.
- [15] 徐道青, 庞兴保, 郑曙峰, 等. 长江流域棉花轻简高效种植技术探讨[J]. 中国棉花, 2019, 46(8): 1-3, 12. DOI: 10.11963/1000-632X.xdqxdq.20190815.
Xu Daoqing, Pang Xingbao, Zheng Shufeng, et al. Discussion on light simplified and efficient planting technologies of cotton in the Yangtze valley[J]. China Cotton, 2019, 46(8): 1-3, 12.
- [16] 杨长琴, 周治国, 陈德华, 等. 长江流域棉区麦(油)棉两熟种植的棉花增密减肥轻简高效技术[J]. 中国棉花, 2018, 45(10): 1-4. DOI: 10.11963/1000-632X.ycqzq.20181009.
Yang Changqin, Zhou Zhiguo, Chen Dehua, et al. Light-Simplified and high efficient cultivation technologies of cotton with increased planting density and reduced fertilizer application for wheat/rape-cotton cropping system in the Yangtze valley[J]. China Cotton, 2018, 45(10): 1-4.
- [17] 刘瑞显, 周治国, 陈德华, 等. 长江流域棉区棉花“三集中”的轻简高效理论与栽培途径[J]. 中国棉花, 2018, 45(9): 11-12, 17. DOI: 10.11963/1000-632X.lrxzq.20180920.
Liu Ruixian, Zhou Zhiguo, Chen Dehua, et al. Theory of "San-jizhong" and technology on simple and efficient cotton cultivation in the Yangtze River valley[J]. China Cotton, 2018, 45(9): 11-12, 17.
- [18] 张祥, 胡大鹏, 李亚兵, 等. 长江流域大麦后直播棉集中成铃与高产协同表达群体株型特征[J]. 棉花学报, 2017, 29(6): 513-524. DOI: 10.11963/1002-7807.zxcdh.20171016.
Zhang Xiang, Hu Dapeng, Li Yabing, et al. The plant architecture of direct-sowing cotton planted after barley harvested with high yield and centralized boll-setting[J]. Cotton Science, 2017, 29(6): 513-524.
- [19] 李霞, 郑曙峰, 董合忠. 长江流域棉区棉花轻简化高效栽培技术体系[J]. 中国棉花, 2017, 44(12): 32-34. DOI: 10.11963/1000-632X.lxdhz.20171129.
Li Xia, Zheng Shufeng, Dong Hezhong. The technology system of light simplified and efficient cultivation of cotton in the Yangtze River valley[J]. China Cotton, 2017, 44(12): 32-34.
- [20] Khan A, Wang Leishan, Ali S, et al. Optimal planting density and sowing date can improve cotton yield by maintaining reproductive organ biomass and enhancing potassium uptake[J]. Field Crops Research, 2017, 214: 164-174. DOI: 10.1016/j.fcr.2017.09.016.
- [21] Yan Wei, Du Mingwei, Zhao Wenchao, et al. Relationships between plant architecture traits and cotton yield within the plant height range of 80-120 cm desired for mechanical harvesting in the Yellow River valley of China[J]. Agronomy, 2019, 9(10): 587. DOI: 10.3390/agronomy9100587.
- [22] 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[J]. 新疆农业科学, 2015, 52(7): 1243-1250. DOI: 10.6048/j.issn.1001-4330.2015.07.011.
Yang Chengxun, Yao Hesheng, Yang Yanlong, et al. Effect of chemical multi-topping on canopy structure index and yield formation in cotton[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2015, 52(7): 1243-1250.
- [23] 娄善伟, 赵强, 朱北京, 等. 棉花化学封顶对植株上部枝叶形态变化的影响[J]. 西北农业学报, 2015, 24(8): 62-67. DOI: 10.7606/j.issn.1004-1389.2015.08.011.
Lou Shanwei, Zhao Qiang, Zhu Beijing, et al. Effect of chemical topping on morphologic changes of leaves and branches in upper part of cotton[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2015, 24(8): 62-67.
- [24] 刘翠, 张巨松, 魏鑫, 等. 甲哌鎗化控对南疆杂交棉功能叶生理指标及产量性状的影响[J]. 棉花学报, 2014, 26(2): 122-129.
Liu Cui, Zhang Jusong, Wei Xin, et al. Effects of mepiquat chloride on physiological indicators of leaf function and characteristics of yield of hybrid cotton in south Xinjiang[J]. Cotton Science, 2014, 26(2): 122-129.
- [25] 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[J]. 棉花学报, 2011, 23(5): 401-407.
Zhao Qiang, Zhou Chunjiang, Zhang Jusong, et al. Chemical topping increases the optimum plant density in cotton (*Gossypium hirsutum* L.)[J]. Cotton Science, 2011, 23(5): 401-407.
- [26] 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. DOI: 10.11963/1002-7807.zdmdhz.20190313.
Zhang Dongmei, Zhang Yanjun, Li Cundong, et al. On light and simplified cotton cultivation[J]. Cotton Science, 2019, 31(2): 163-168.

●