

不同种植模式下脱叶剂喷施 对海岛棉雾滴沉积及脱叶效果的影响

占东霞 马利军 常锦乐 臧力瑶 依力亚尔·阿布力米提 许人颖

(新疆农业大学农学院/棉花教育部工程研究中心, 830052, 新疆乌鲁木齐)

摘要 为研究不同种植模式下脱叶剂对海岛棉雾滴沉积特性及脱叶效果的影响, 采用裂区试验设计, 主区为种植模式: 一膜三行 (R3) 和一膜六行 (R6); 副区为脱叶剂 (540 g/L 噻苯·敌草隆) 剂量: 112.5 (T1)、225.0 (T2)、337.5 g/hm² (T3) 和清水 (CK), 测定海岛棉脱叶催熟效果、叶面积指数 (LAI)、雾滴沉积特性、产量和品质等指标。结果表明, 雾滴覆盖率、沉积量及雾滴密度在冠层各个部位的表现均为上部>中部>下部, 且 R6 冠层中下部雾滴沉积分布特性均高于 R3。随施药后天数的推进, 各处理冠层部位的 LAI 均呈逐渐下降的趋势。施药后 R6T2 处理脱叶率较高, 挂枝率最低, 相较于 R3T2 降低 18.14%。施药后 20 d, 不同脱叶剂处理间吐絮率无显著差异。R6 籽棉产量较 R3 增加 11.22%; 脱叶剂处理对海岛棉未造成减产。在同一种植模式下, 不同脱叶剂剂量处理对海岛棉整齐度、断裂比强度、伸长率、马克隆值和纺织参数均无显著影响。综上所述, R6 处理下使用 T2 剂量, 可改善海岛棉叶片雾滴沉积分布, 降低 LAI, 脱叶催熟效果较好; 且未造成减产, 对品质影响也较小。

关键词 海岛棉; 脱叶剂; 种植模式; 脱叶率; 雾滴沉积特性; 产量

海岛棉又称“长绒棉”, 以优异的品质著称, 其产量和品质对提升我国棉花经济竞争力具有重要作用, 新疆南疆地区是我国唯一适宜海岛棉种植的区域^[1-3]。据阿克苏地区农业农村局统计^[4], 2022年阿克苏地区海岛棉种植面积为 5.54 万 hm²。目前, 海岛棉仍以人工采收为主, 采摘成本较高, 棉农种植积极性不高, 制约了海岛棉种植效益的提升^[5-6]。新疆农业机械化水平高, 实现机械化采收是海岛棉优质高产高效发展的必然要求^[7], 而脱叶催熟技术是棉花机械采收的重要前提, 可有效提高机采棉花品质^[8-9]。

当前, 新疆机采棉普遍采用一膜六行 (宽窄行) 和一膜三行 (等行距) 种植模式^[10], 一膜六行种植模式田间行距较小, 通过合理密植, 有效地协调了个体植株与群体之间的关系, 以矮促早, 有利于集中成铃, 增加霜前花率, 最终实现高产及稳产^[11-12]。一膜三行种植模式改善了群体结构的通风透光状况, 提高了光能利用率, 促进早熟, 并且增大了机采空间, 提高了田间采净率, 进而降低了籽棉含杂率^[13-17]。种植模式是调控机采棉脱叶催熟效果的重要因素, 陈冠文等^[18]研究表明, 一

膜三行相比一膜六行减少了田间机械作业和人工作业, 更适宜机械采收, 提高了棉花采收质量。李建峰^[19]研究表明, 一膜三行脱叶效果较一膜六行更好, 挂枝叶片数较少, 不同模式下产量及纤维品质无显著差异; 但也有研究^[20]认为, 不同种植模式下纤维长度、整齐度和马克隆值等有明显差异。此外, 提高棉花脱叶效果, 需明确在不同种植模式下喷施脱叶剂后雾滴沉积分布特性与脱叶效果的关系。有研究^[21-22]表明, 一膜六行棉花群体冠层郁闭, 不利于脱叶剂的穿透, 而一膜三行可以改善雾滴穿透性不足的问题, 提升冠层内雾滴沉积分布, 提高脱叶催熟效率。以往研究主要基于陆地棉在一膜三行和一膜六行种植模式下进行, 但在不同种植模式下脱叶剂对海岛棉叶片雾滴沉积特性及脱叶效果影响的研究较少。本研究探究不同种植模式下脱叶剂对海岛棉脱叶效果、叶片雾滴特性、叶面积指数、产量及品质的影响, 明确不同种植模式下脱叶剂对海岛棉叶片雾滴沉积特性与脱叶效果上的差异, 筛选出合适的脱叶剂剂量, 为实现新疆海岛棉化学脱叶的农机农艺高效融合技术提供理论参考。

作者简介: 占东霞, 主要从事作物高产栽培生理生态研究, E-mail: zhandongxia@sina.cn; 马利军为共同第一作者, 主要从事棉花栽培生理研究, E-mail: malijun1005@163.com

基金项目: 新疆维吾尔自治区高校基本科研业务费科研项目 (XJEDU2023P052)

收稿日期: 2025-06-16; **修回日期:** 2025-08-17; **网络出版日期:** 2025-09-19

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2024 年在新疆阿克苏地区沙雅县古勒巴格镇（41°17' N，82°93' E）开展。供试棉花品种为海岛棉‘新 78’（新疆农业科学院经济作物研究所提供），零式果枝，植株紧凑，于 4 月 13 日播种，7 月 10 日打顶，10 月 23 日收获。于棉花播种前取 0~20 cm 耕层土壤进行基础理化性质测定，土壤含有机质 9.19 g/kg、全氮 0.54 g/kg、有效磷 46.00 mg/kg、速效钾 172.33 mg/kg、碱解氮 53.88 mg/kg，pH 8.80。播前将 200 kg/hm² 重过磷酸钙和 100 kg/hm² 硫酸钾随基肥一并施到大田。灌溉方式为膜下滴灌，滴灌带滴孔间距 20 cm，出水量 2.1 L/h。试验田间管理同当地大田生产。

试验田喷施脱叶剂后降水量及气象温度如图 1 所示，脱叶试验期间整体温度较高，喷施脱叶剂当天有少量降雨，为 0.2 mm。喷施脱叶剂后 0~10 d，温度逐渐上升，最高为 32.1 °C，平均最低温度为 15.5 °C；喷施脱叶剂后 15~20 d，最低温度明显下降，10 月 1 日温度达到最低，为 6.2 °C，之后逐渐稳定。

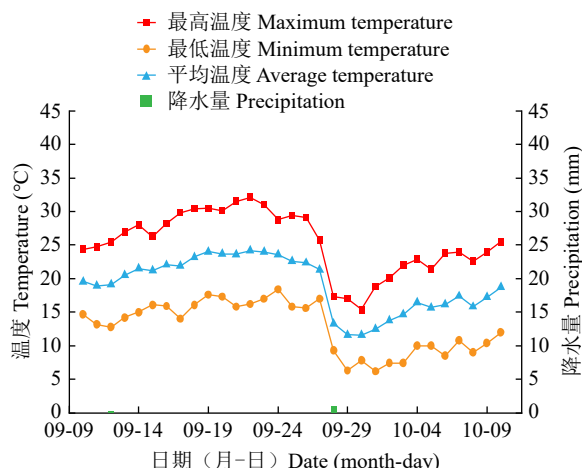


图 1 喷施脱叶剂期间气象温度及降水量变化
Fig.1 Changes in meteorological temperature and precipitation during defoliant spraying

1.2 试验设计

采用裂区试验设计，以种植模式（R）为主区，如图 2 所示，包括一膜三行模式（等行距，76 cm，株距 6.5 cm；R3）和一膜六行模式（宽窄行，66 cm+10 cm，株距 13 cm；R6），脱叶剂剂量为副区，脱叶剂使用 540 g/L 噻苯·敌草隆，设置 4 个剂量，

分别为 112.5（T1）、225.0（T2）、337.5 g/hm²（T3）和清水（CK），40% 的乙烯利水剂和助剂（烷基乙基磺酸盐）统一常规用量，均为 900 g/hm²。共 8 个处理，重复 3 次，共 24 个小区，小区面积 51.3 m²，总面积 1231.2 m²。不同种植模式下播种密度均为 20.25 万株/hm²，膜宽 2.05 m，滴灌带铺设方式为 1 膜 3 管；使用背负式电动喷雾器于 9 月 12 日（棉田吐絮率 30% 左右时）和 9 月 19 日喷施脱叶剂，2 次喷施剂量及成分组成均一致。

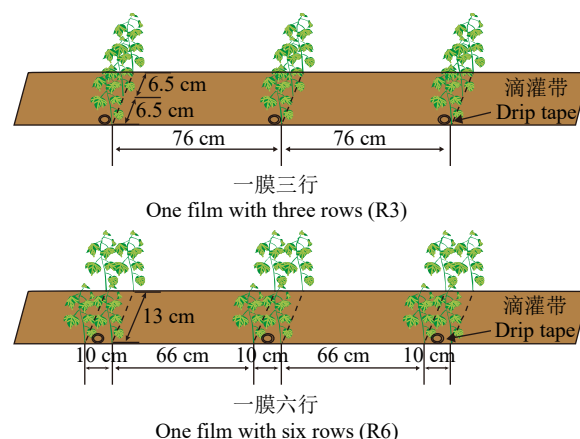


图 2 海岛棉 2 种植模式示意图
Fig.2 Schematic diagram of the two planting patterns of sea-island cotton

1.3 测定项目与方法

1.3.1 雾滴覆盖率、沉积量及雾滴密度 将标准水敏雾滴卡（重庆六六山下植保科技有限公司，中国）裁剪为 25 mm×30 mm 的长方形，喷施脱叶剂前在 R3 和 R6 种植模式下，选取 12 个长势均匀一致且有代表性的采样点，用曲别针将水敏卡（备注种植模式、叶位信息）别在海岛棉冠层（C）上部、中部和下部的叶片上（图 3）。喷施脱叶剂结束后收集水敏卡放入自封袋，立即采用扫描仪扫描 600 dpi 分辨率的灰度图像，并通过图像分析软件 Image J 对叶片雾滴覆盖率（%）、雾滴沉积量（μL/cm²）和雾滴密度（个/cm²）进行提取。

棉花上部叶片的水敏雾滴卡液滴较大，在喷施过程中凝聚在一起，导致雾滴覆盖率超过 30%，超过了 Image J 软件计算的雾滴沉积阈值。对于这种类型的测试卡，假定水敏雾滴卡的所有变色区域均达到半饱和吸收状态，根据水敏雾滴卡上雾滴接触角的变化规律。

理论最小沉积量（D，μL/cm²）计算公式^[23]：
 $D = C \times H / 2 \times 100$ 。式中，C 为 Image J 软件提取的雾

滴覆盖率 (%) ; $H=0.1$, 为单张标准水敏雾滴测试卡厚度 (mm)。

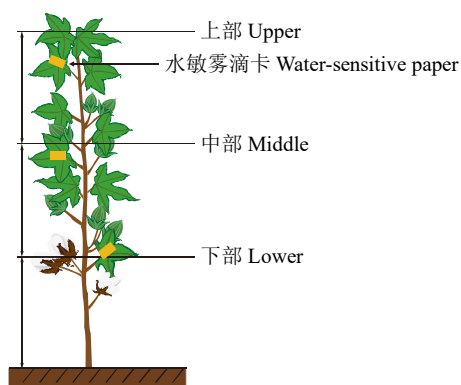


图 3 水敏雾滴卡放置位置
Fig.3 Water sensitive paper placement sites

1.3.2 叶面积指数 (LAI) 脱叶剂喷施后 0 (当天)、4、8 d, 在 R3 和 R6 模式下选取 12 个位点, 采用 LAI-2000 植物冠层分析仪 (LI-COR, 美国) 于 19:00–21:00 没有强光照射时分别测定每个小区棉花冠层上部、中部、下部的 LAI, 测定前将探头观测棒置于棉花宽行和窄行中央, 调至水平状态, 于水平方向测定 4 次, 取平均值。

1.3.3 脱叶率和吐絮率 在每个小区选取有代表性的 10 株棉株做好标记, 于施药前先调查标记棉株的叶片总数和吐絮数, 在施药后 0 (当天)、5、10、15、20 d 分别定株调查棉株叶片数和吐絮数。按照下列公式计算脱叶率和吐絮率:

脱叶率 (%) = (施药前叶片总数 - 施药后叶片总数) / 施药前叶片总数 × 100;

吐絮率 (%) = 吐絮棉铃数 / 棉铃总数 × 100。

1.3.4 挂枝率 在每个小区选取有代表性的 10 株棉株做好标记, 于施药前先调查标记棉株的叶片总数, 在施药后 20 d 调查棉株叶片挂枝数。

挂枝率 (%) = 挂枝叶片总数 / 施药前叶片总数 × 100。

1.3.5 产量及其构成因素 成熟期每个小区选取 6.67 m² 的代表性棉田, 调查棉花株数和铃数, 统计单株有效结铃数, 各处理重复 3 次。每小区选取长势均匀且连续的棉株标记棉铃, 分上、中、下各 30 朵, 共计 90 朵, 充分晒干后计算单铃重, 随后轧花计算衣分, 并结合单位面积收获株数, 计算籽棉产量及皮棉产量。

1.3.6 纤维品质 轧花后, 每个小区取 20 g 棉花纤维样品送至农业农村部农产品质量监督检验测

试中心 (乌鲁木齐) 进行纤维品质检测, 各处理重复 3 次, 测定指标为棉花纤维上半部平均长度、整齐度、断裂比强度、伸长率、马克隆值和纺织参数。

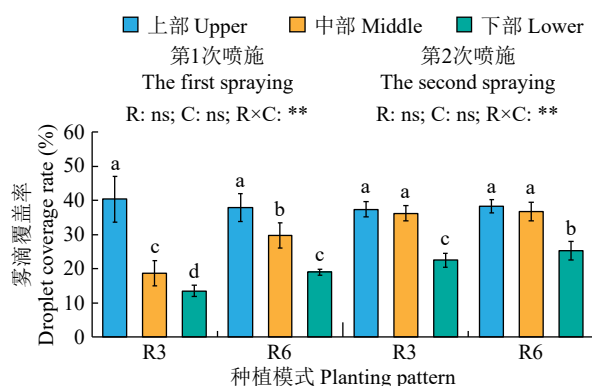
1.4 数据处理

采用 IBM SPSS Statistics 26 进行 ANOVA 方差分析 ($P < 0.05$), 利用 Origin 2021 进行作图。

2 结果与分析

2.1 不同种植模式下脱叶剂对海岛棉叶片雾滴覆盖率的影响

不同种植模式下脱叶剂喷施对海岛棉冠层各部位叶片雾滴覆盖率影响显著, 且种植模式和冠层部位对雾滴覆盖率交互作用极显著 (图 4)。第 1 次喷施后, 棉花冠层各部位脱叶剂雾滴覆盖率表现为上部 > 中部 > 下部, 且中、下部雾滴覆盖率显著低于上部。R3 冠层中部雾滴覆盖率比下部提高了 5.17%, R6 冠层中部雾滴覆盖率比下部提高了 10.73%。R6 冠层中、下部雾滴覆盖率比 R3 分别提高了 11.06% 和 5.50%。第 2 次喷施后, 不同种植模式下冠层上、中部雾滴覆盖率间无显著差异。



不同小写字母表示不同处理间在 $P < 0.05$ 水平差异显著。“ns”表示差异不显著 ($P > 0.05$), “**”表示差异极显著 ($P < 0.01$)。下同。

Different lowercase letters indicate significant differences among treatments at the $P < 0.05$ level. “ns” indicates no significant differences ($P > 0.05$), “**” indicates extremely significant differences ($P < 0.01$). The same below.

图 4 不同种植模式下脱叶剂对海岛棉雾滴覆盖率的影响
Fig.4 Effects of defoliant on droplet coverage rate of sea-island cotton under different planting patterns

2.2 不同种植模式下脱叶剂对海岛棉叶片雾滴沉积量的影响

喷施 2 次脱叶剂后, 棉花冠层上部脱叶剂雾滴沉积量显著高于中、下部 (图 5)。第 1 次喷施后, 种植模式和冠层部位对雾滴沉积量交互作用显著, 不同种植模式间冠层上部雾滴沉积量无显著差异;

R3 中、下部雾滴沉积量较 R6 分别降低 58.87% 和 42.11%；雾滴沉积量随着冠层高度的降低而降低，R3 和 R6 的沉积量在冠层下部最低，分别为 0.33 和 0.57 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ 。第 2 次喷施后，在 R3 和 R6 模式下，冠层上部和中部的雾滴沉积量差异不显著，但下部沉积量与上、中部差异显著。

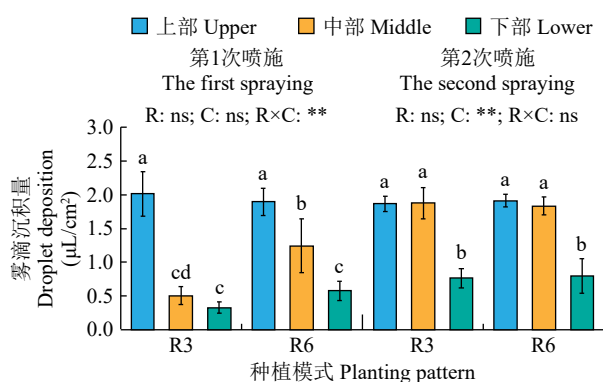


图 5 不同种植模式下脱叶剂对海岛棉雾滴沉积量的影响

Fig.5 Effects of defoliant on droplet deposition of sea-island cotton under different planting patterns

2.3 不同种植模式下脱叶剂对海岛棉雾滴密度的影响

不同种植模式下脱叶剂喷施对海岛棉冠层各个部位叶片雾滴密度影响显著，且种植模式与冠层部位对雾滴密度交互作用显著（图 6）。雾滴密度在冠层各个部位的表现为上部>中部>下部，且各个部位间差异显著。第 1 次喷施后，不同模式冠层上部的雾滴密度无显著差异；R6 冠层中、下部雾滴密度较 R3 分别提高 25.66% 和 35.23%；第 2 次喷施后，冠层上部雾滴密度无显著差异，R3 和 R6 的雾滴密度在冠层中、下部具有显著性差异，R6 中部较 R3 中部显著提高 20.89%，R6 下部较 R3 下部显著提高 17.05%。

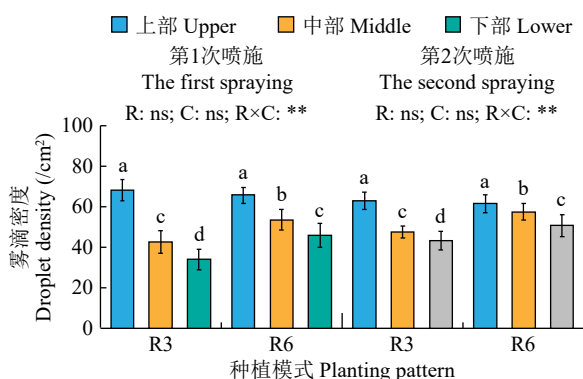


图 6 不同种植模式下脱叶剂对海岛棉雾滴密度的影响

Fig.6 Effects of defoliant on droplet density of sea-island cotton under different planting patterns

2.4 不同种植模式下脱叶剂对海岛棉 LAI 的影响

随施药后天数的推进，喷施脱叶剂后不同种植模式下棉花冠层 LAI 均呈下降趋势，在相同种植模式下各部位间 LAI 差异显著，各部位均表现为上部<中部<下部（图 7）。0 d 时，R3 冠层上、中部的 LAI 与 R6 差异不显著；R3 冠层下部的 LAI 与 R6 差异显著。施药后 4 d，R6 冠层 LAI 较 R3 降低；施药后 8 d，R6 冠层各部位 LAI 均低于 R3，且处理间差异显著，R6 冠层上部 LAI 较 R3 上部显著降低 23.01%，中部较 R3 显著降低 16.67%，下部较 R3 显著降低 11.26%。且施药后 8 d 的 LAI 较施药后 4 d 降低了 19.63%。

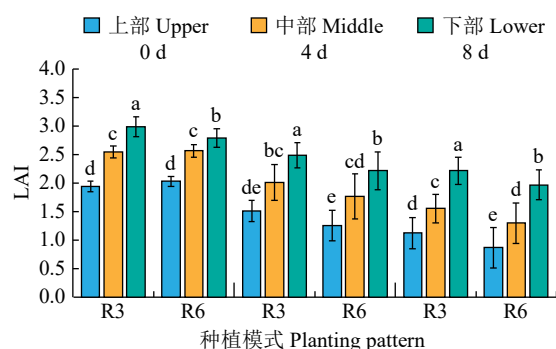


图 7 不同种植模式下脱叶剂对海岛棉 LAI 的影响

Fig.7 Effects of defoliant on LAI of sea-island cotton under different planting patterns

2.5 不同种植模式下脱叶剂对海岛棉脱叶率的影响

随着施药后天数的增加，与 CK 相比，不同种植模式下脱叶剂处理均显著提高了海岛棉脱叶率（表 1）。施药后 5 和 10 d，种植模式和脱叶剂剂量交互作用对脱叶率影响显著。施药后 5、10、15 d，不同处理下脱叶率均以 R6T2 最高，分别为 39.49%、78.88% 和 87.22%；在相同脱叶剂剂量处理下，脱叶率均表现为 R6>R3，且各处理间具有显著性差异，但在 20 d 时差异不显著。施药后 20 d，在相同种植模式下，各脱叶剂剂量处理脱叶率均表现为 T2>T1>T3，R3T2 和 R6T2 脱叶率最高，分别为 97.95% 和 98.33%。

2.6 不同种植模式下脱叶剂对海岛棉吐絮率的影响

在不同种植模式下，随施药后天数的增加，T2 和 T3 处理与 CK 相比，均可明显提高海岛棉吐絮率（表 2）。施药后 5 和 10 d，种植模式和脱叶剂剂量交互作用对吐絮率有极显著影响；且在 5 d 时，在不同脱叶剂剂量处理下，R3 吐絮率较低，在 60.00% 左右，R6 吐絮率较高，达到 65.00% 左

表 1 不同种植模式下脱叶剂对海岛棉脱叶率的影响
Table 1 Effects of defoliant on defoliation rate of sea-island cotton under different planting patterns

种植模式 Planting pattern	处理 Treatment	施药后不同天数脱叶率 Defoliation rate at different days after application (%)			
		5 d	10 d	15 d	20 d
R3	T1	32.30±5.88d	64.58±3.65d	80.22±3.29c	93.38±5.06b
	T2	35.50±5.64bc	70.92±3.82bc	83.67±3.10b	97.95±3.49a
	T3	34.01±4.87cd	68.89±5.34c	80.52±4.03c	95.30±6.26b
	CK	16.84±4.08e	33.88±4.73e	65.91±3.88d	80.52±5.34c
R6	T1	37.17±5.36ab	72.46±5.52b	83.14±2.89b	94.10±5.11b
	T2	39.49±5.52a	78.88±4.70a	87.22±4.35a	98.33±3.51a
	T3	39.44±3.52a	76.81±3.53a	84.52±4.30b	95.15±4.25b
	CK	16.92±3.98e	34.96±5.51d	67.77±5.29d	82.47±4.64c
种植模式 Planting pattern (R)		ns	*	**	ns
处理 Treatment (T)		**	**	**	**
种植模式×处理 R×T		*	**	ns	ns

同列不同小写字母表示不同处理间在 $P < 0.05$ 水平差异显著。“*”表示 $P < 0.05$ 水平下差异显著，“**”表示 $P < 0.01$ 水平下差异极显著，“ns”表示无显著差异，下同。
Different lowercase letters in the same column indicate significant difference among treatments at $P < 0.05$ level. “*” indicates significant differences at the $P < 0.05$ level, “**” indicates extremely significant differences at the $P < 0.01$ level, and “ns” indicates no significant differences, the same below.

表 2 不同种植模式下脱叶剂对海岛棉吐絮率的影响
Table 2 Effects of defoliant on boll opening rate of sea-island cotton under different planting patterns

种植模式 Planting pattern	处理 Treatment	施药后不同天数吐絮率 Boll opening rate at different days after application (%)				
		0 d	5 d	10 d	15 d	20 d
R3	T1	27.88±6.17a	58.99±5.70b	75.08±6.04b	86.95±5.86a	98.39±3.00a
	T2	28.54±4.62a	61.24±3.87b	77.35±5.04ab	87.76±4.14a	99.22±2.04a
	T3	29.88±4.11a	59.49±4.06b	74.39±5.54b	85.07±5.88a	98.30±3.21a
	CK	28.89±5.61a	45.96±5.28c	62.50±6.05c	71.57±6.93b	81.36±6.21b
R6	T1	30.27±5.77a	65.23±5.65a	78.74±4.87a	85.63±5.25a	97.91±3.03a
	T2	29.12±4.77a	67.23±5.91a	79.04±5.90a	88.23±5.13a	99.49±1.95a
	T3	30.84±5.29a	65.48±3.56a	78.45±5.15a	86.87±6.00a	98.50±3.11a
	CK	30.79±5.90a	43.82±4.47c	59.90±6.55c	69.86±5.74b	80.46±5.39b
种植模式 Planting pattern (R)		*	ns	ns	ns	ns
处理 Treatment (T)		ns	*	*	**	**
种植模式×处理 (R×T)		ns	**	**	ns	ns

右；施药后 20 d，在 R3 和 R6 模式下各脱叶剂剂量处理平均吐絮率分别为 98.64%和 98.63%；且 T1、T2 和 T3 处理间吐絮率无显著差异。

2.7 不同种植模式下脱叶剂对海岛棉挂枝率的影响

脱叶剂剂量对海岛棉施药后 20 d 挂枝率影响显著（图 8）。R3 平均挂枝率较 R6 高 10.89%，脱叶剂剂量处理的挂枝率均表现为 T3 最高，CK 最低；其中 R3T3 挂枝率最高，相较于 R6T3 提高 5.43%。R3T1 与 R3CK 差异不显著，分别为 11.04%和 10.13%；R3T3 较 R3T1、R3T2 分别高 5.80%和 4.77%，且 R3T1 和 R3T2 间差异不显著；在 R6 模式下，不同脱叶剂剂量与 CK 相比差异显著，R6CK 挂枝率最低，为 7.13%，R6T1、R6T2 和 R6T3 处

理间差异不显著，且 R6T3 挂枝率较高，为 11.41%，

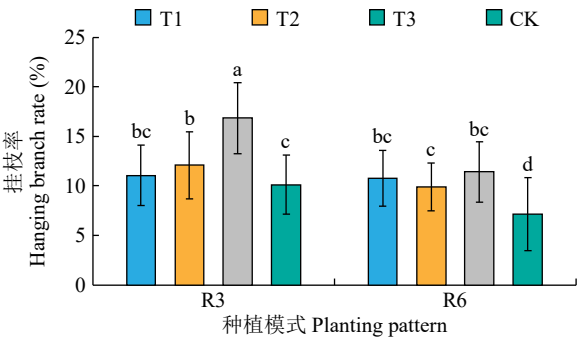


图 8 不同种植模式下脱叶剂对海岛棉施药后 20 d 挂枝率的影响
Fig.8 Effects of defoliant on the hanging branch rate of sea-island cotton 20 days after application under different planting patterns

R6T2 较低，为 9.88%。

2.8 不同种植模式下脱叶剂对海岛棉产量及其构成因素的影响

相同种植模式下，不同脱叶剂剂量对海岛棉单铃重、衣分、籽棉产量和皮棉产量均无显著影响（表

3）。海岛棉单株结铃数、单铃重、籽棉产量和皮棉产量均表现为 R6>R3，R6 平均单株结铃数较 R3 增加 0.61，单铃重增加 0.10 g，籽棉产量增加 11.22%，皮棉产量增加 9.97%；收获株数与衣分各处理间无显著差异。R6 处理可有效增加果枝数，

表 3 不同种植模式下脱叶剂对海岛棉产量及其构成因素的影响
Table 3 Effects of defoliant on yield and its components in sea-island cotton under different planting patterns

种植模式 Planting pattern	处理 Treatment	收获株数（万株/hm ² ） Number of plants harvested (×10 ⁴ plants/hm ²)	单株结铃数 Boll number per plant	单铃重 Single boll weight (g)	衣分 Lint percentage (%)	籽棉产量 Seed cotton yield (kg/hm ²)	皮棉产量 Lint yield (kg/hm ²)
R3	T1	18.55a	8.60b	3.04ab	32.23a	4851.02bc	1563.34ab
	T2	18.00a	8.54b	2.97b	32.30a	4562.97c	1474.43b
	T3	17.90a	8.45b	3.06ab	31.80a	4624.46c	1470.92b
	CK	18.40a	8.44b	2.96b	31.99a	4598.83c	1470.37b
R6	T1	17.95a	9.18a	3.10a	31.80a	5102.14ab	1622.38a
	T2	18.65a	9.12a	3.09a	31.51a	5263.11a	1658.79a
	T3	18.25a	9.04a	3.11a	32.11a	5139.51a	1650.26a
	CK	18.30a	9.11a	3.13a	31.49a	5222.87a	1643.56a
种植模式 Planting pattern (R)		ns	**	*	ns	*	*
处理 Treatment (T)		ns	*	ns	ns	ns	ns
种植模式×处理 (R×T)		ns	ns	ns	ns	ns	ns

提高了单株结铃数，从而提高产量。

2.9 不同种植模式下脱叶剂对海岛棉纤维品质的影响

在相同种植模式下，不同脱叶剂剂量对海岛棉整齐度、断裂比强度、伸长率、马克隆值和纺织参数均无显著影响（表 4）。R3 模式不同脱叶剂剂量下纤维上半部平均长度均低于 CK，依次为 CK>

T2>T3>T1；R6 模式具体表现为 T1>T2>CK>T3，且 R6T1 纤维上半部平均长度较 R3T1 增加 4.94%。在断裂比强度方面，不同模式下均表现为 T3 最低。在伸长率方面，R3T1、R3T3 和 R6T3 伸长率较低，相比 R6CK 分别显著降低了 0.64%、0.70%和 0.60%。在各处理下，马克隆值在 4.55~4.70，均在 B 级（4.30~4.90）范围内。

表 4 不同种植模式下脱叶剂对海岛棉纤维品质的影响
Table 4 Effects of defoliant on fiber quality of sea-island cotton under different planting patterns

种植模式 Planting pattern	处理 Treatment	上半部平均长度 Average length of upper half (mm)	整齐度 Uniformity (%)	断裂比强度 Specific strength at break (cN/tex)	伸长率 Elongation (%)	马克隆值 Micronaire value	纺织参数 Textile parameters
R3	T1	39.29b	88.13a	45.67a	7.92b	4.66a	224.57a
	T2	40.08ab	88.77a	47.19a	8.07ab	4.70a	222.11a
	T3	39.52b	88.24a	45.30a	7.86b	4.50a	227.20a
	CK	40.13ab	89.34a	47.57a	8.15ab	4.61a	235.60a
R6	T1	41.23a	89.94a	47.42a	8.10ab	4.61a	231.67a
	T2	40.16ab	89.12a	47.40a	8.14ab	4.67a	229.15a
	T3	39.45b	88.73a	45.66a	7.96b	4.59a	223.24a
	CK	40.15ab	88.75a	46.83a	8.56a	4.55a	230.26a
种植模式 Planting pattern (R)		ns	ns	ns	ns	ns	ns
处理 Treatment (T)		ns	ns	ns	ns	ns	ns
种植模式×处理 (R×T)		ns	ns	ns	ns	ns	ns

3 讨论

3.1 不同种植模式下脱叶剂对海岛棉雾滴沉积和 LAI 的影响

不同种植模式下喷施脱叶剂对海岛棉冠层内

雾滴沉积分布和 LAI 有显著影响，雾滴覆盖率、沉积量及雾滴密度是提高冠层内部脱叶效果的重要因素，而 LAI 是衡量棉花冠层叶片总面积大小的重要指标^[24-26]。脱叶剂雾滴覆盖率、沉积量及雾滴密度越高，对棉花叶片脱落越有利，但脱叶剂雾滴

的不均匀分布容易造成局部药液过量, 导致叶片挂枝黏附到吐絮棉铃上, 使其含杂率提高^[27]。陆地棉在 R6 模式下冠层内果枝和叶片相互遮蔽, 不利于冠层不同部位叶片上雾滴的均匀分布, 其雾滴覆盖率及沉积量均低于 R3 模式, 而 R3 模式改善了喷施脱叶剂后叶片的雾滴沉积分布, 提高了脱叶效率^[21-22,28-29]。不同的叶面积大小及种植密度对脱叶剂的响应也有所差异, 较小的叶面积和种植密度有助于脱叶^[30]。研究^[31]表明, 不同种植模式下, 喷施脱叶剂 5 d 后, 棉花冠层上部叶片脱落较快, LAI 迅速下降; 喷施脱叶剂 20 d 后, R6 模式的 LAI 明显大于 R3 模式。Chandrasekaran 等^[32]发现喷施噻苯隆+敌草隆脱叶剂, 棉花 LAI 降低幅度最大, 显著提高了脱叶率。而本研究表明, 喷施脱叶剂后, 雾滴沉积分布随着冠层高度的降低呈降低的趋势, R6 模式冠层中、下部雾滴覆盖率、沉积量及雾滴密度较 R3 模式均显著提高。R6 模式冠层 LAI 整体低于 R3 模式, LAI 在冠层各部位均表现为上部 < 中部 < 下部, R6 模式冠层各部位 LAI 均比 R3 模式低, 且处理间差异显著。这可能是由于等密度条件下 R3 模式株距较窄, 冠层内叶片相互重叠交错严重, 使冠层中、下部雾滴分布较少, 雾滴覆盖率、沉积量及雾滴密度均低于 R6 模式。R6 模式株距较大, 有利于脱叶剂药液的附着, 加速叶片衰老, 使得药液发挥效果更快, 脱叶期间 LAI 较 R3 模式下降幅度较快。

3.2 不同种植模式下脱叶剂对海岛棉脱叶效果的影响

机采棉脱叶效果与种植模式关系密切, 脱叶效果直接影响机采棉的作业效率和籽棉含杂率^[33]。研究^[19,34]表明, 喷施脱叶剂后, R3 模式和—膜四行 (R4) 脱叶率较 R6 模式提高, 行距增大有利于脱叶。若是过量使用脱叶剂, 通常会引起叶片干枯而不脱离主茎的情况, 而适宜的剂量使脱叶更彻底^[35]。喷施脱叶催熟剂时不仅要考虑气温变化, 还应综合考虑吐絮率及喷施后的气温状况^[36-37]。喷施后 5~15 d 是脱叶剂作用的关键期, 日平均气温 > 17 °C 时, 棉花脱叶率较好, 随温度降低, 脱落时间也会延长^[38]。本研究表明, 施药后平均温度为 20.4 °C, 降水量较少, 气象条件适宜, 不同模式下脱叶剂处理的脱叶率可达到 93% 以上, 吐絮率均可达到 98% 左右。施药后 5~15 d, R6 模式脱叶率较 R3 模式高, 施药后 20 d, R3 和 R6 模式在相同剂

量下脱叶率无显著差异, 其中 R3T2 和 R6T2 脱叶率均达到最高, 而 R3T3 和 R6T3 脱叶率较低。这可能是由于海岛棉株型紧凑、叶片较大, 在 R3 模式下, 较小的株距使冠层的内部叶片相互重叠, 冠层中、下部脱叶剂药液的附着度较低, 使前期脱叶率较低; 而随着冠层上部叶片逐渐脱落, 第 2 次喷施脱叶剂, 冠层中、下部药液附着度增加, 使脱叶率提高。而较高的剂量导致枯叶增加, 使叶片枯而不落, 影响籽棉含杂率。

脱叶后期, 挂枝叶片枯而不落, 机采收获时枝叶混杂, 这是籽棉含杂率高的重要原因^[39]。研究^[40-41]表明, R3 模式行距较大, 改善了棉行间通风透光条件, 有利于药效的发挥, 不易挂枝。本研究表明, 在等密度条件下, R3 模式挂枝率较 R6 高 10.89%, 且 R3T3 挂枝率最高, 达到 16.84%。可能是由于 R3 模式下株距较小, 导致单株间棉铃分布密集, T3 处理促使叶片快速干枯脱落时, 叶片容易挂在吐絮棉铃上。

3.3 不同种植模式下脱叶剂对海岛棉产量和纤维品质的影响

不同种植模式直接影响棉花群体产量水平^[42], R3 与 R6 模式下, 棉花产量性状差异性的问题, 前人的研究结果并不一致。等密度条件下, R3 模式棉花个体优势强于 R6 模式, 且生育期略短^[43]。研究^[11,19,44-45]表明, R3 模式较 R6 模式单株结铃数增加, 单铃重提高, 从而提高产量, 品质则无显著差异。而李健伟等^[46]研究表明, R6 模式产量较 R3 模式提高 8.20%, 种植模式对纤维品质影响不显著。本研究表明, R6 模式的单株结铃数较 R3 模式增加 0.61, 单铃重增加 0.10 g, 籽棉产量增加 11.22%, 不同种植模式对纤维品质影响不大。可能是由于海岛棉株型紧凑, 在 R6 模式下株距较大, 更有利于棉田通风透光, 减少烂铃, 提高棉铃成活率, 从而提高产量, 而 R3 模式营养生长旺盛, 单株结铃数较少。陈兵等^[47]研究表明, 等行距密植模式下脱叶剂处理造成减产, 减产 30~1005 kg/hm² (2~67 kg/667m²), 且喷药剂量越大, 减产越多; 脱叶剂处理对纤维长度和断裂比强度无显著影响, 马克隆值受剂量影响较大, 剂量越大马克隆值越大。本研究表明, 在不同模式下, 与 CK 相比, 随着脱叶剂剂量的增大, 海岛棉产量无显著差异, 未造成减产。不同种植模式下, T3 处理的纤维上半部平均长度、断裂比强度和伸长率均比 T2 处理低, 说明脱叶剂剂量加大,

对纤维品质容易造成不利影响。这与吴雪琴等^[48]的研究结果一致。

4 结论

与 R3 模式相比, R6 模式显著提高了喷施脱叶剂后冠层内部雾滴覆盖率、沉积量及雾滴密度, 降低了 LAI, 提高了海岛棉脱叶前期的脱叶率与吐絮率。施药后 20 d, R6T2 处理的脱叶率达到 98.33%, 挂枝率较低, 为 9.88%, 吐絮率无显著差异; 在产量和品质方面, R6 模式的单株结铃数和单铃重比 R3 模式好, 籽棉产量增加 11.22%; 不同脱叶剂剂量与 CK 相比均未对海岛棉造成减产。不同种植模式下, T2 的纤维上半部平均长度、断裂比强度和伸长率均高于 T3 处理。因此, 海岛棉采用 R6 模式喷施 225.0 g/hm² (T2) 的 540 g/L 噻苯·敌草隆可获得较好的脱叶效果, 同时兼顾产量和品质。

参考文献

- [1] 周杰闻, 王亮, 张娜, 等. 减氮配施腐植酸对新疆海岛棉光合特性及产量的影响. 中国农业大学学报, 2024, 29(12): 254-265.
- [2] Manivannan A. Assessing genetic variation in *Gossypium barbadense* L. germplasm based on fibre characters. Journal of Cotton Research, 2023, 6(3): 186-194.
- [3] 段松江, 木丽迪尔·拜波拉提, 彭增莹, 等. 海岛棉氮高效品种筛选与氮效率综合评价. 作物杂志, 2024(2): 62-70.
- [4] 马辉, 王娟, 田立文, 等. 2021-2022 年新疆阿克苏地区长绒棉纤维品质比较分析. 中国棉花, 2024, 51(7): 54-58.
- [5] 王宗文, 高明伟, 李洪田, 等. 不同棉花品种适宜机采性状比较研究. 山东农业科学, 2017, 49(11): 24-28.
- [6] 洪梅, 张磊磊, 陈晋瑞, 等. 新疆长绒棉机采的实践与思考. 中国棉花, 2020, 47(11): 8-10.
- [7] 郑子漂, 徐海江, 林涛, 等. 新疆长绒棉育成品种演变趋势及综合评价. 中国农业大学学报, 2022, 27(6): 55-70.
- [8] 谢章书, 谢学方, 李侃, 等. 不同脱叶剂对长江流域夏播短季栽培棉花脱叶催熟效果及产量和品质的影响. 南方农业学报, 2024, 55(9): 2602-2612.
- [9] 郑巨云, 龚照龙, 梁亚军, 等. 新疆机采棉花生产关键技术模式. 新疆农业科学, 2024, 61(增 1): 70-74.
- [10] 娄善伟, 董合忠, 田晓莉, 等. 新疆棉花“矮、密、早”栽培历史、现状和展望. 中国农业科学, 2021, 54(4): 720-732.
- [11] 王聪. 棉花机采模式下行距变化对植株生长发育和产量形成的影响. 石河子: 石河子大学, 2015.
- [12] 张昊, 林涛, 汤秋香, 等. 种植模式对机采棉冠层光能利用与产量形成的影响. 农业工程学报, 2021, 37(12): 54-63.
- [13] Wang F Y, Han H Y, Lin H, et al. Effects of planting patterns on yield, quality, and defoliation in machine-harvested cotton. Journal of Integrative Agriculture, 2019, 18(9): 2019-2028.
- [14] 李玲, 董合林, 李鹏程, 等. 机采棉种植方式对不同株型棉花光合特性及干物质积累的影响. 中国农业科技导报, 2022, 24(8): 172-181.
- [15] 马锦颖, 王方永, 韩焕勇. 种植模式对棉花农艺及产量和品质的影响. 中国棉花, 2019, 46(6): 28-30.
- [16] 吴凤全, 林涛, 陈兵林, 等. 密度和灌溉量互作对 76 cm 等行距机采棉产量及水分利用效率的影响. 南京农业大学学报, 2021, 44(5): 833-840.
- [17] 王心, 林涛, 崔建平, 等. 种植模式与灌溉定额对机采长绒棉冠层不同层次光截获与产量形成的影响. 生态学杂志, 2024, 43(3): 741-748.
- [18] 陈冠文, 杨秀理, 张国建, 等. 论新疆棉花高产栽培理论的战略转移——机采棉田等行距密植的优越性和主要栽培技术. 新疆农垦科技, 2014, 37(4): 11-13.
- [19] 李建峰. 机采模式下株行距配置对棉花冠层特征及成铃特性的影响. 石河子: 石河子大学, 2016.
- [20] 崔岳宁, 高振江, 杨宝玲. 不同行距种植模式下机采棉品质比较分析. 中国农机化学报, 2016, 37(7): 235-240.
- [21] 丁宸旸, 吕新, 韩小强, 等. 机采棉种植模式对植保机械化学脱叶作业效果的影响. 农业工程学报, 2022, 38(20): 1-8.
- [22] 麻向阳, 丁宸旸, 吕新, 等. 机采棉种植模式对脱叶剂雾滴截获、脱叶效果和产量的影响. 石河子大学学报(自然科学版), 2023, 41(2): 177-185.
- [23] Meng Y H, Zhong W Q, Liu C J, et al. UAV spraying on citrus crop: impact of tank-mix adjuvant on the contact angle and droplet distribution. Peer J, 2022, 10: e13064.
- [24] 陈宇楠. 植保无人机施药参数对棉田作业效果的影响. 北京: 中国农业科学院, 2021.
- [25] 马晓龙, 窦泽晨, 李浩然, 等. 新疆棉田农用无人机喷施农药研究应用进展. 中国棉花, 2024, 51(5): 9-16.
- [26] 张永莉, 张宁, 徐姣, 等. 不同带状间作模式对棉花生长发育和生产力的影响. 中国农业科学, 2024, 57(22): 4444-4458.
- [27] 廖宝鹏, 王崧嫚, 杜明伟, 等. 棉花不同部位主茎叶对脱叶剂噻苯隆的响应及机理. 棉花学报, 2020, 32(5): 418-424.
- [28] Mao L, Zhang L, Evers J B, et al. Yield components and quality of intercropped cotton in response to mepiquat chloride and plant density. Field Crops Research, 2015, 179: 63-71.
- [29] Li T, Zhang Y J, Dai J L, et al. High plant density inhibits vegetative branching in cotton by altering hormone contents and photosynthetic production. Field Crops Research, 2019, 230: 121-131.
- [30] 崔慧媛. 气流辅助喷雾下冠层雾滴沉积分布预测研究. 泰安: 山东农业大学, 2024.
- [31] 杨培. 不同机采种植模式下棉花脱叶效应研究. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2019.
- [32] Chandrasekaran P, Ashok S, Ajaykumar R, et al. Application of defoliant alters leaf growth and gas exchange parameters for cotton defoliation. Plant Science Today, 2023, 10(4): 105-114.
- [33] 刘勤, 杨玉明, 胡良龙, 等. 棉花生产机械化技术专利信息分析. 中国农机化学报, 2019, 40(5): 206-210.
- [34] 李健伟, 石洪亮, 李春艳, 等. 喷施脱叶剂对不同机采种植模式下棉花脱叶效果及纤维品质的影响. 新疆农业大学学报, 2017, 40(2): 79-84.
- [35] 李艺. 棉花脱叶信号转导中的微管变化研究. 北京: 中国农业大学, 2014.
- [36] 田景山, 张煦怡, 张丽娜, 等. 新疆机采棉花实现叶片快速脱落需要的温度条件. 作物学报, 2019, 45(4): 613-620.
- [37] 刘勇, 白书军, 张玲, 等. 新疆机采棉喷施脱叶剂适期与气象适宜指标研究. 棉花科学, 2018, 40(6): 35-38.
- [38] 宋兴虎, 徐东永, 孙璐, 等. 在不同棉区噻苯隆和乙烯利用量及配比对脱叶催熟效果影响. 棉花学报, 2020, 32(3): 247-257.
- [39] 左文庆. 灌溉方式和株行距配置对膜下滴灌棉花光合物质生产及机采脱叶的影响. 石河子: 石河子大学, 2022.
- [40] 石峰, 田雨, 时晓娟, 等. 北疆机采棉等行密植模式下脱叶效果、产量及纤维品质研究. 石河子大学学报(自然科学版),

- 2022, 40(2): 166-171.
- [41] 王心, 林涛, 崔建平, 等. 种植模式与灌溉定额对机采长绒棉产量及纤维品质形成的影响. 新疆农业科学, 2023, 60(8): 1821-1829.
- [42] 孙明辉, 叶尔兰·木合塔尔, 翟梦华, 等. 不同种植模式和品种对棉花光合物质生产及产量的影响. 新疆农业科学, 2024, 61(3): 537-546.
- [43] 蔡晓莉, 马丽娟, 逯涛, 等. 不同种植模式和密度对 Z1112 产量及纤维品质的影响. 中国棉花, 2018, 45(6): 24-26, 42.
- [44] 王彦. 哈密垦区机采棉品种筛选及种植模式研究. 石河子: 石河子大学, 2016.
- [45] 辛明华, 秘雅迪, 王国平, 等. 行距配置和种植密度对棉花干物质生产及产量的影响. 作物学报, 2025, 51(1): 221-232.
- [46] 李健伟, 吴鹏昊, 肖绍伟, 等. 机采种植模式对不同株型棉花脱叶及纤维品质的影响. 干旱地区农业研究, 2019, 37(1): 82-88.
- [47] 陈兵, 张国蕾, 王静, 等. 机采棉等行距密植模式下棉花脱叶催熟效果研究. 西北农业学报, 2019, 28(10): 1594-1601.
- [48] 吴雪琴, 刘开宇, 韩春华, 等. 14%噻苯·敌草隆对棉花脱叶催熟及产量和品质的影响. 作物杂志, 2023(5): 164-169.

Effects of Defoliant Agent on Droplet Deposition and Defoliation Effect of Sea-Island Cotton under Different Planting Patterns

Zhan Dongxia, Ma Lijun, Chang Jinle, Zang Liyao, Yiliyaer·Abulimiti, Xu Renying

(College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University / Research Center of Cotton Engineering, Ministry of Education, Urumqi 830052, Xinjiang, China)

Abstract To investigate the effects of defoliant on droplet deposition characteristics and defoliation efficacy in sea-island cotton under different planting patterns, a split-plot experiment was conducted. The main plots consisted of two planting patterns: three rows per film (R3) and six rows per film (R6). The subplots involved four treatments of 540 g/L thidiazuron-diuron defoliant, including three application rates [112.5 (T1), 225.0 (T2), 337.5 g/ha (T3)] and a water control (CK). Indicators such as defoliation and ripening efficacy, leaf area index (LAI), droplet deposition characteristics, seed cotton yield and fiber quality were measured. The results showed that droplet coverage rate, deposition and droplet density in all canopy positions followed the order of upper canopy > middle canopy > lower canopy. The droplet deposition characteristics in the middle and lower canopy layers of R6 were superior to those of R3. As days after application increased, the LAI at all canopy positions of each treatment gradually decreased. The R6T2 treatment achieved relatively high defoliation rate and the lowest leaf retention rate; its branch leaf retention rate was reduced by 18.14% compared with R3T2. No significant difference in boll opening rate was observed among different defoliant treatments at 20 days after application. The seed cotton yield of R6 increased by 11.22% relative to R3. Defoliant application did not cause yield reduction of sea-island cotton. Under the same planting pattern, various rates of defoliant had no significant effects on fiber uniformity, breaking tenacity, elongation, Micronaire value and textile properties of sea-island cotton. In conclusion, the use of T2 dose under the R6 planting pattern can improve droplet deposition distribution on sea-island cotton leaves, reduce LAI, and achieve satisfactory defoliation and ripening efficacy. Moreover, this practice causes no yield loss and has negligible adverse impacts on fiber quality.

Key words Sea-island cotton; Defoliant; Planting pattern; Defoliation rate; Droplet deposition; Yield