

# 甲哌鎓复配芸苔素内酯对夏播短季栽培棉花生长发育和产量的影响

荣志凌<sup>1,2\*</sup>, 戴海涛<sup>1,2</sup>, 程威威<sup>1,2</sup>, 谢章书<sup>1,2</sup>, 张 宁<sup>1,2</sup>, 屠小菊<sup>1,2</sup>, 刘爱玉<sup>1,2#</sup>

<sup>1</sup>湖南农业大学农学院, 湖南 长沙

<sup>2</sup>湖南农业大学棉花研究所, 湖南 长沙

收稿日期: 2025年12月25日; 录用日期: 2026年1月22日; 发布日期: 2026年1月29日

## 摘要

目的: 分析不同甲哌鎓施用剂量与芸苔素内酯进行复配对棉花生长发育及产量的影响, 以期为长江流域夏播短季栽培棉花筛选出最优的甲哌鎓施用剂量及复配组合, 并为长江流域棉花夏播短季栽培提供理论指导。方法: 以杂交棉ZHM19为试验材料, 设置甲哌鎓用量为150、210、270 g/hm<sup>2</sup>三个用量梯度的D1、D2和D3处理以及在甲哌鎓三个用量梯度中分别复配21 g/hm<sup>2</sup>芸苔素内酯的D1B、D2B和D3B处理, 研究复配处理对棉花生长发育和产量的影响。结果: 甲哌鎓复配芸苔素的处理D1B/D2B/D3B较单施甲哌鎓的处理D1/D2/D3, 对棉花株高有更强的抑制作用, 同时对棉花茎粗和叶片SPAD值有一定的促进作用, 复配有利于塑造棉花合理的株型结构, 提高植株叶绿素的相对含量, 单株铃数在中等浓度复配中表现最高, 为16.09个, 单铃重则表现为在高浓度复配中最高, 为5.76 g。结论: 精棉产量以D2B (210 g/hm<sup>2</sup> DPC + 21 g/hm<sup>2</sup> BR) 处理最高, 达到7191.16 kg/hm<sup>2</sup>, 以D1 (150 g/hm<sup>2</sup> DPC) 处理产量最低, 仅为5364.63 kg/hm<sup>2</sup>。

## 关键词

棉花, 夏播短季栽培, 甲哌鎓, 芸苔素内酯, 化学调控, 产量

# Effects of Combining Mepiquat with Brassinolide on Growth, Development, and Yield of Summer-Sown Short-Season Cotton

Zhilin Rong<sup>1,2\*</sup>, Haitao Dai<sup>1,2</sup>, Weiwei Cheng<sup>1,2</sup>, Zhangshu Xie<sup>1,2</sup>, Ning Zhang<sup>1,2</sup>, Xiaoju Tu<sup>1,2</sup>, Aiyu Liu<sup>1,2#</sup>

<sup>1</sup>College of Agriculture, Hunan Agricultural University, Changsha Hunan

\*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 荣志凌, 戴海涛, 程威威, 谢章书, 张宁, 屠小菊, 刘爱玉. 甲哌鎓复配芸苔素内酯对夏播短季栽培棉花生长发育和产量的影响[J]. 农业科学, 2026, 16(2): 162-170. DOI: [10.12677/hjas.2026.162023](https://doi.org/10.12677/hjas.2026.162023)

<sup>2</sup>Cotton Research Institute, Hunan Agricultural University, Changsha Hunan

Received: December 25, 2025; accepted: January 22, 2026; published: January 29, 2026

## Abstract

**Objective:** To analyze the effects of different application rates of mepiquat combined with brassinolide on cotton growth, development, and yield. This study aims to identify the optimal mepiquat application rate and combination for summer-sown short-season cotton cultivation in the Yangtze River Basin, providing theoretical guidance for cotton production in this region. **Methods:** Hybrid cotton ZHM19 was used as experimental material. Three methiocarb application rates (150, 210, and 270 g/hm<sup>2</sup>) were established as treatments D1, D2 and D3. Additionally, three methiocarb application rates were combined with 21 g/hm<sup>2</sup> of brassinolide in each treatment. 270 g/hm<sup>2</sup> D1, D2 and D3, and supplemented with 21 g/hm<sup>2</sup> brassinolide in each of the three mepiquat concentration treatments (D1B, D2B and D3B). The effects of these combined treatments on cotton growth, development, and yield were investigated. **Results:** Compared to the D1/D2/D3 treatments with methiocarb alone, the D1B/D2B/D3B treatments combining methiocarb with brassinolide exhibited stronger suppression of cotton plant height. Simultaneously, they promoted stem thickness and leaf SPAD values. The combination treatment helped shape a reasonable plant architecture and increased the relative chlorophyll content. The number of bolls per plant peaked at 16.09 under the medium-concentration combination treatment, while the weight per boll reached its highest at 5.76 g under the high-concentration combination treatment. **Conclusion:** Lint yield was highest in the D2B treatment (210 g/hm<sup>2</sup> DPC + 21 g/hm<sup>2</sup> BR), reaching 7191.16 kg/hm<sup>2</sup>, while the lowest yield was observed in the D1 treatment (150 g/hm<sup>2</sup> DPC), at only 5364.63 kg/hm<sup>2</sup>.

## Keywords

Cotton, Summer-Sown Short-Season Cultivation, Mepiquat, Brassinolide, Chemical Regulation, Yield

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

棉花(*Gossypium hirsutum* L.)是天然的工业纺织原料，是我国重要的经济战略作物[1]。我国棉花生产总产量达到了世界棉花生产比重的30%[2]，但在长江流域棉区仍面临着机械化与轻简化进程缓慢的困境[3]。通过增加密度、控制肥水、化学调控及适时催熟，来塑造理想的群体结构，从而提高成铃率，达到高产稳产的目的，是实现长江流域棉花生产机械化的重要保证[4]。其中，化学调控是为了解决棉花“无限生长”所造成的营养生长与生殖生长之间的矛盾，通过尽可能多地将养分运输转移至生殖器官，从而保证棉花优质和高产[5]。目前棉花主要施用的化学调控剂为甲哌鎓(Mepiquat chloride，又称缩节胺/DPC)，前人研究表明，甲哌鎓作为生长调节剂喷施在玉米、棉花等作物上能有效地防止徒长，塑造理想株型，提高田间透光，从而增强下部冠层光照[6][7]；用量增加，能有效控制了叶面积，提高了总铃数，同时增加叶绿素含量，延缓叶片衰老，提高叶片光合速率[8][9]，但是单一喷施甲哌鎓对产量效果不一致，Tung S A等[10]研究发现，棉花植株使用甲哌鎓后显著减少了棉花生殖器官的生物量；而刘翠[11]研究发现，甲哌鎓处理的棉花植株较对照处理，籽棉产量和皮棉产量得到了显著提升。由此我们将甲哌鎓进行复配

期望解决这一问题。芸苔素内酯(Brassinolide, 简称 BR)作为一种植物内源调节剂, 它具有促进植物生长, 提高植物抗逆、抗病的能力, 改善植物生长品质的功能[12], 前人研究大多以甲哌鎓和复硝酚钠、萘乙酸钠和芸苔素内酯复配之间作比较, 单一化学生长调节剂在不同甲哌鎓剂量间的响应在长江流域研究较少。本研究目的为了在甲哌鎓施用不同剂量的基础上, 通过与芸苔素内酯进行复配, 研究其对棉花各项生长发育指标及产量指标的影响, 以期为长江流域夏播短季栽培棉花筛选出最优的甲哌鎓施用剂量及复配芸苔素内酯的组合, 并为长江流域棉花夏播短季栽培提供理论指导。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 材料

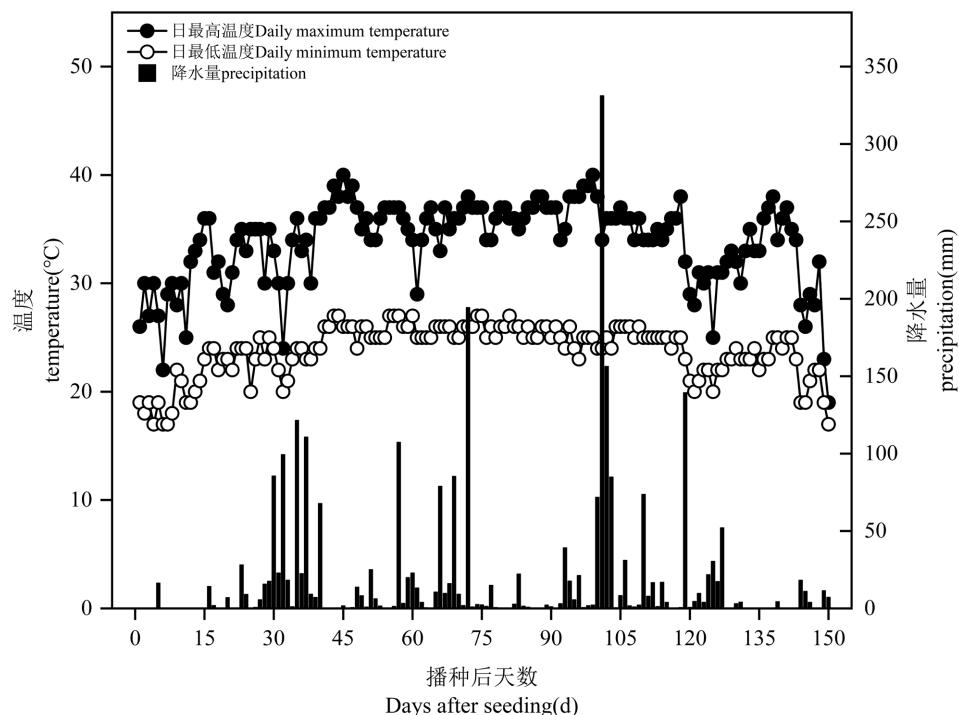
供试棉花品种: ZHM19 (由湖南农业大学棉花研究所提供)为转抗虫基因中熟杂交棉品种, 系长江流域棉区推广种植品种。

### 2.2. 供试试剂

本试验所用植物生长调节剂为甲哌鎓(DPC, 有效含量 98%的可溶粉剂, 四川润尔科技)与芸苔素内酯(BR, 有效含量 0.15%的可溶粉剂, 郑州银海化工)。二者均以原药形式在试验前现称现配, 并通过背负式电动喷雾器对棉花植株实施人工叶面喷施。

### 2.3. 试验地点与时间

本试验于 2025 年在湖南省长沙市浏阳沿溪镇( $28^{\circ}18'N$ ,  $113^{\circ}49'E$ )进行田间试验。该试验点为亚热带季风湿润气候, 雨量和光热资源丰富, 2025 年浏阳试验点棉花试用点棉花生育期间日降雨量及日平均气温(见图 1)。各试验点起始前表层土壤(0~20 cm)土壤基础养分(见表 1)。



**Figure 1.** Daily temperature and precipitation during the cotton growth period at the Liuyang test site in 2025  
**图 1.** 2025 年浏阳试验地棉花生育期内每日温度和降水量

**Table 1.** Soil nutrients of 0~20 cm in test site**表 1.** 试验地 0~20 cm 土壤基础养分

试验地点 Test site	酸碱度 pH	全氮 Total nitrogen (g·kg <sup>-1</sup> )	全磷 Total phosphorus (g·kg <sup>-1</sup> )	全钾 Total potassium (g·kg <sup>-1</sup> )	有机质 Organic matter (g·kg <sup>-1</sup> )
长沙 Changsha	5.29	0.195	0.820	19.5	32.0

## 2.4. 试验设计

本试验在湖南农业大学棉花研究所前人研究基础上,采用随机区组设计,设置甲哌鎓用量为 150、210、270 g/hm<sup>2</sup>三个用量梯度处理和在甲哌鎓三个用量梯度中复配 21 g/hm<sup>2</sup>芸苔素内酯的复配处理,为 D1 (150 g/hm<sup>2</sup> DPC)、D2 (210 g/hm<sup>2</sup> DPC)、D3 (270 g/hm<sup>2</sup> DPC)、D1B (150 g/hm<sup>2</sup> DPC + 21 g/hm<sup>2</sup> BR)、D2B (210 g/hm<sup>2</sup> DPC + 21 g/hm<sup>2</sup> BR)、D3B (270 g/hm<sup>2</sup> DPC + 21 g/hm<sup>2</sup> BR)共 6 个处理,重复 3 次(见表 2),6 行区种植,小区面积 22.5 m<sup>2</sup> (4.5 m × 5 m),行距 76 cm,株距 15 cm,密度为 6000 株/亩。5 月 23 日播种,播种后全田喷施芽前除草剂封闭,6 月 10 日间苗达到所需密度,7 月 5 日一次性施入复合肥(N、P2O5、K2O 质量比为 19:9:19) 750 kg/hm<sup>2</sup>,8 月 15 日人工打顶,9 月 19 日喷施脱叶催熟剂。试验中播种、除草、打顶、收获均采用人工方式。

**Table 2.** Dosage of mepiquat chloride and design of compounding experiment (g/km<sup>2</sup>)**表 2.** 甲哌鎓用量与复配试验设计(g/km<sup>2</sup>)

处理	现蕾初期	盛蕾初花期	花铃盛期	打顶后
D1	DPC15	DPC30	DPC45	DPC60
D2	DPC30	DPC45	DPC60	DPC75
D3	DPC45	DPC60	DPC75	DPC90
D1B	DPC15BR3	DPC30BR4.5	DPC45BR6	DPC60BR7.5
D2B	DPC30BR3	DPC45BR4.5	DPC60BR6	DPC75BR7.5
D3B	DPC45BR3	DPC60BR4.5	DPC75BR6	DPC90BR7.5

## 2.5. 调查内容及方法

于第一次施药前在各小区中间行标记生长整齐一致的 5 株棉株,分别在施药后第 15 d、施药后第 30 d、施药后第 45 d、施药后第 60 d 和施药后第 75 d 进行测定。

株高:选用米尺测定 5 株定点棉花的株高,测量地面到主茎生长点(打顶后为主茎顶端)的距离。

茎粗:使用 50 分度格游标卡尺,精度 0.01 mm,统计定点 5 株棉花子叶节上部 1 cm 处的棉株主茎直径。

SPAD 值:在上述 5 个时期使用 SPAD-502 PLUS 便携式叶绿素测定仪,测定标记 5 株棉花倒 4 叶(打顶后为植株顶部最大叶片)的相对叶绿素含量。

产量:在成熟期每小区中间行选取具有代表性的连续 10 株棉花调查单株铃数,随后进行分小区收花,每小区采摘上部、中部和下部完全吐絮棉铃各 10 朵并混合收集,测定单铃重,最后计算籽棉产量。

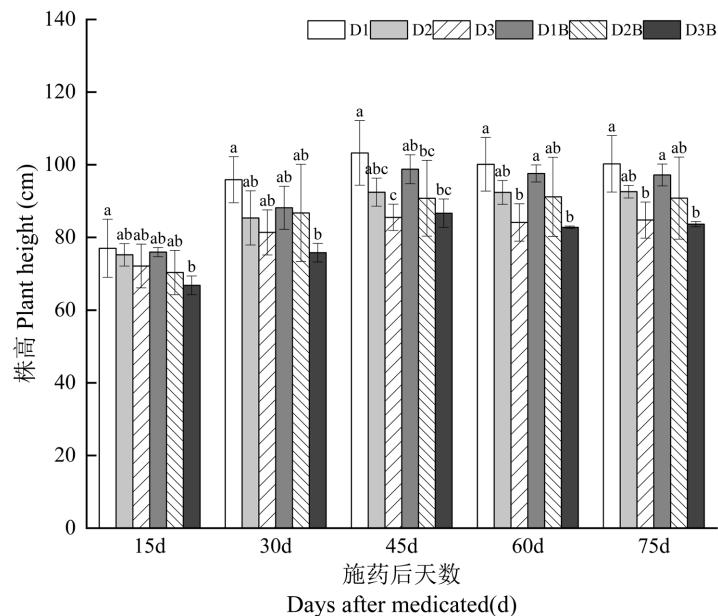
## 2.6. 数据处理与分析方法

使用 Excel 2010 进行数据统计, 运用 SPSS 27.0.1 软件进行数据分析, 采用 LSD 最小显著差数法进行多重比较, 通过 Origin2024 软件进行图形的绘制。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 甲哌鎓复配芸苔素内酯对夏播短季栽培棉花株高的影响

随着喷施药剂时间的推移, 在首次施药后的 30 d 内生长速率达到峰值, 随后在 30 d 至 45 d 期间, 棉花株高的生长速率逐渐减缓, 45 d 至 60 d 由于进行人工打顶, 此后株高基本停止增长(见图 2)。在不同甲哌鎓用量处理下, 株高随甲哌鎓用量的增加表现出下降的趋势, 在施药后 15~75 d 株高始终表现为 D1 > D2 > D3 和 D1B > D2B > D3B, 施药后 75 d, D1 处理的最终株高比 D2 和 D3 高出了 8.28% 和 18.24%, D1B 处理的最终株高比 D2B 和 D3B 高出了 7.01% 和 16.17%。在相同甲哌鎓用量处理下添加等量的芸苔素内酯, 在施药后 15~75 d, 各复配处理的株高普遍低于单施甲哌鎓处理, 施药后 75 d, 复配处理的 D1B/D2B/D3B 较 D1/D2/D3 的最终株高降低了 3.06%、1.91% 和 1.35%, 复配处理较单施处理间无显著差异性。各处理间最终株高表现为 D1 > D1B > D2 > D2B > D3 > D3B。表明高浓度甲哌鎓处理对棉花株高抑制作用大于中低浓度, 同时在相同浓度中复配芸苔素内酯对抑制棉花株高有增强作用。

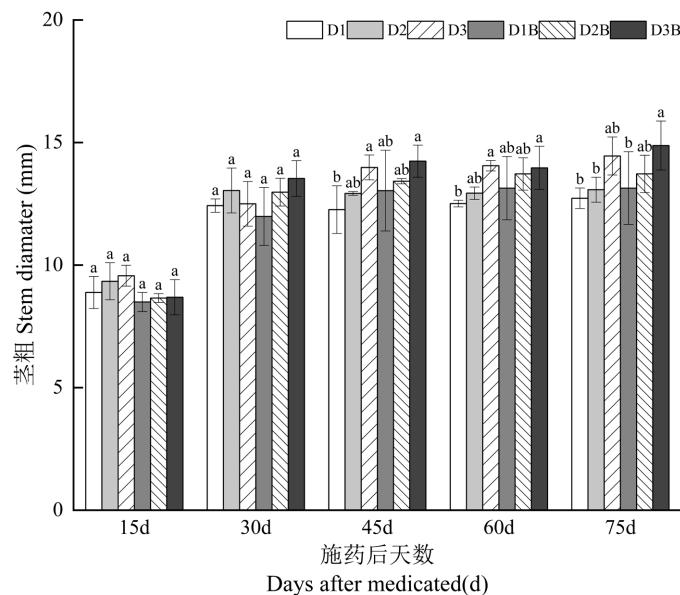


**Figure 2.** Effect of metribuzin combined with brassinolide on plant height of cotton  
**图 2.** 甲哌鎓复配芸苔素内酯对棉花株高的影响

### 3.2. 甲哌鎓复配芸苔素内酯对夏播短季栽培棉花茎粗的影响

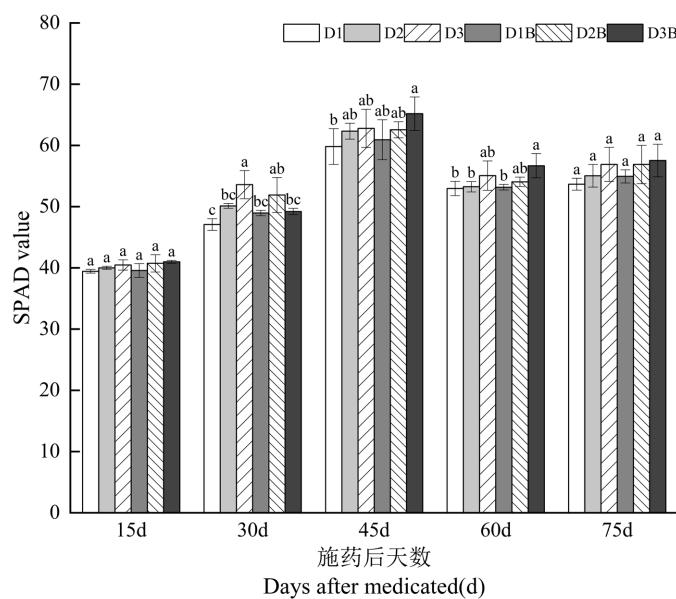
各处理在首次施药后的 15 d 到 45 d 茎粗的增长速率最快, 其后棉花植株由营养生长转向生殖生长, 60 d 到 75 d 茎粗增长速率逐渐减缓, 且在施药后 15~30 d 各处理间无显著差异性, 施药后 45~75 d 各处理间差异性明显(见图 3)。在不同甲哌鎓用量处理下, 茎粗随甲哌鎓用量的增加表现出升高的趋势, 各处理在施药后 15~75 d 株高始终表现为 D3 > D2 > D3 和 D3B > D2B > D1B (除施药后第 30 d 的 D1B 处理), 施药后 75 d, D3 处理的最终茎粗比 D1 和 D2 高出了 13.51% 和 10.47%, D3B 处理的最终茎粗比 D1B 和

D2B 高出了 13.24% 和 8.45%。在相同甲哌鎗用量处理下添加等量的芸苔素内酯，第 75 d，在不同甲哌鎗浓度中添加芸苔素的处理(D3B/D2B/D1B)的茎粗较不添加芸苔素处理(D3/D2/D1)的茎粗分别提升 2.98%、4.89%、3.22%。其最终茎粗表现为 D3B > D3 > D2B > D1B > D2 > D1，分别为 14.88 mm、14.45 mm、13.72 mm、13.14 mm、13.08 mm 和 12.73 mm。表明随甲哌鎗浓度的升高，棉花植株茎粗随之增加，同时复配芸苔素内酯的处理较单施甲哌鎗的处理能更好促进棉花茎粗的增加。



**Figure 3.** Effect of metribuzin combined with brassinolide on stem diameter of cotton  
**图 3.** 甲哌鎗复配芸苔素内酯对棉花茎粗的影响

### 3.3. 甲哌鎗复配芸苔素内酯对夏播短季栽培棉花 SPAD 值的影响



**Figure 4.** Effect of metribuzin combined with brassinolide on SPAD value of cotton  
**图 4.** 甲哌鎗复配芸苔素内酯对棉花 SPAD 值的影响

各处理叶片 SPAD 值随施药时间的推移呈先上升后下降的趋势，各处理在施药后第 45 d 达到峰值，在施药后 50~75 d 棉花叶片 SPAD 值有所回落(见图 4)。在不同甲哌鎓用量处理下，叶片 SPAD 值随甲哌鎓用量的增加表现出升高的趋势，基本呈现出 D3 > D2 > D3 和 D3B > D2B > D1B，施药后第 30 d，单施甲哌鎓处理差异性显著，D3 处理的叶片 SPAD 值较 D1 处理的叶片 SPAD 值提高 13.83%，在施药后第 60 d，甲哌鎓复配芸苔素内酯的处理差异性显著，D3B 处理的叶片 SPAD 值较 D1B 处理的叶片 SPAD 值提高 6.6%，其他时期不同甲哌鎓用量处理下，单施甲哌鎓处理和复配处理无差异性不显著。在相同甲哌鎓用量处理下添加等量的芸苔素内酯，各处理叶片 SPAD 值基本呈现出 D1B > D1、D2B > D2 和 D3B > D3 的趋势，各处理全期平均叶片 SPAD 值表现为 D3B > D3 > D2B > D1B > D2 > D1，分别为 53.9、53.8、53.2、52.1、51.5、50.6。表明增加甲哌鎓的浓度可以提高叶片 SPAD 的数值，提高叶片叶绿素含量，同时甲哌鎓复配芸苔素内酯较单施甲哌鎓，有利于增强这一效果。

### 3.4. 甲哌鎓复配芸苔素内酯对夏播短季栽培棉花产量及产量因素的影响

各处理间棉花单株铃数、单铃重和籽棉产量存在显著性差异。在不同甲哌鎓浓度下，单株铃数表现为先升高后降低的趋势，中浓度处理的 D2 和 D2B 高于低和高浓度下的甲哌鎓处理，分别为 15.93 个和 16.9 个(见表 3)，表明增加甲哌鎓用量能提高棉花单株铃数，但超过一定浓度则会抑制，单铃重则表现为 D3 > D2 > D1 和 D3B > D2B > D1B，随甲哌鎓浓度的提高单铃重也随之提高。复配处理的单株铃数表现为在中低浓度甲哌鎓中添加芸苔素内酯对单株铃数有促进作用，而高浓度甲哌鎓中添加芸苔素内酯对单株铃数有抑制作用，D1B 和 D2B 较 D1 和 D2 提高 18.13% 和 6.09%，则 D3B 较 D3 下降 4.04%，单铃重表现为 D1B > D1、D2B > D2 和 D3B > D3，分别提高 5.03%、0.73% 和 5.11%。复配对籽棉产量也存在一定的影响，在不同甲哌鎓浓度下，籽棉产量随甲哌鎓浓度的提高呈升高后降低的趋势，这主要受到了单株铃数的影响。在相同甲哌鎓浓度中复配芸苔素内酯，复配处理的籽棉产量较单施甲哌鎓的处理有所提升，复配处理 D2B 产量最高，为 7191.16 kg/hm<sup>2</sup>，单施处理 D1 产量最低，为 5364.63 kg/hm<sup>2</sup>，复配处理 D2B 的籽棉产量较单施处理 D2 的籽棉产量提高 7.81%。

**Table 3.** Effect of mepiquat chloride combined with brassinolide on cotton yield and yield components

**表 3. 甲哌鎓复配芸苔素内酯对棉花产量及产量构成的影响**

试验处理	单株铃数(个)	单铃重(g)	籽棉产量(kg/hm <sup>2</sup> )
D1	13.57 ± 0.72b	5.17 ± 0.06b	5364.63 ± 342.20b
D2	15.93 ± 0.85ab	5.47 ± 0.23ab	6669.94 ± 562.13ab
D3	14.10 ± 2.02ab	5.48 ± 0.18ab	5896.80 ± 770.09ab
D1B	16.03 ± 0.60ab	5.43 ± 0.46ab	6662.41 ± 680.82ab
D2B	16.90 ± 3.16a	5.51 ± 0.47ab	7191.16 ± 1858.66a
D3B	13.53 ± 0.55b	5.76 ± 0.10a	5958.68 ± 147.49ab

## 4. 讨论

化学调控是调节夏播棉“源 - 库”关系的重要措施。夏播短季栽培棉花，播期较晚，苗期高温多雨易导致棉花徒长[4]。甲哌鎓作为一种棉花常见的生长延缓剂，通过抑制棉花植株内赤霉素的合成，打破内源激素原有的平衡，达到控制棉花的垂直生长的目的[13]。刘丽英[14]研究表明，喷施甲哌鎓能显著降

低棉花的株高、增加茎粗和减少主茎节间数。本试验表明，随甲哌鎓施用剂量的增大，株高呈现出递减的趋势其中以D1株高表现最大；施药后75 d，D3处理的最终茎粗比D1和D2高出了13.51%和10.47%，D3B处理的最终茎粗比D1B和D2B高出了13.24%和8.45%，这与前人研究结果相似。但高振[15]则表示甲哌鎓复配芸苔素内酯较单施甲哌鎓对株高有促进作用，与本试验结果不一致，推测可能是因为不同种植地区和不同棉花品种的因素导致的。

SPAD值(叶绿素的相对含量)是影响光合作用的重要的指标[16]。叶片SPAD值随甲哌鎓用量的增加表现出升高的趋势[17][18]，在本试验中，复配处理(D3B/D2B/D1B)全期平均SPAD值较单施处理分别提升了0.18%、2.11%和1.78%，这与前人关于复配处理能维持更高SPAD值的研究结果相似[19]。表明在“源”受限(株高降低)的情况下，复配剂通过提高单位叶面积的叶绿素含量，增强了叶片光合单元的效能，实现了“源”端由量向质的转变。

甲哌鎓复配14-羟基芸苔素能协调棉花营养生长与生殖生长，提高上中下部内外围铃的坐桃率，促进棉花早熟、提高棉花的产量[20]。本研究中，复配处理D2B产量达到峰值( $7191.16 \text{ kg}/\text{hm}^2$ )，显著高于单施D1处理( $5364.63 \text{ kg}/\text{hm}^2$ )，复配处理的单株铃数和单铃重均有所提升(除D3B)，这与Zheng C的研究结果相似[21]，甲哌鎓复配可以改善植株株型结构，促进同化物分配和转运和提高产量[22]，使夏播棉在较短的生育期内能够协调“源-库”关系，确保了光合产物向棉铃输送，最终在提高产量的同时，确保了棉花的适时早熟。

## 5. 结论

在甲哌鎓中复配芸苔素内酯的处理较单施甲哌鎓的处理，能较好的抑制株高，增加植株主茎直径，提高叶片SPAD值，为塑造理想的株型结构和实现机械化提供有利条件，同时中等浓度的甲哌鎓复配芸苔素内酯有更好的提高单株结铃数和籽棉产量的能力。生产上可以考虑D2B ( $210 \text{ g}/\text{hm}^2 \text{ DPC} + 21 \text{ g}/\text{hm}^2 \text{ BR}$ )处理这一方案，为长江流域棉花短季栽培实现机械化提供一定的科学依据。

## 参考文献

- [1] 魏梦婷, 高维新. 中国棉花国际竞争力及影响因素分析[J]. 中国棉花, 2023, 50(6): 1-5.
- [2] USDA-United States Department of Agriculture (2015) Cotton: World Markets and Trade. <https://www.fas.usda.gov/data/cotton-world-markets-and-trade>
- [3] 曾球, 梅正鼎, 郭莉莉, 等. 湖南棉花产业发展现状、政策环境、存在问题与建议[J]. 湖南农业科学, 2022(1): 88-90+95.
- [4] 刘爱玉, 陈金湘, 李瑞莲. 论长江流域棉花短季栽培[J]. 中国棉花, 2014, 41(2): 7-10.
- [5] 张特, 赵强, 李广维. 缩节胺对棉花生长发育影响研究进展[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(18): 14-18.
- [6] 边大红, 张瑞栋, 段留生, 等. 局部化控夏玉米冠层结构、荧光特性及产量研究[J]. 华北农学报, 2011, 26(3): 139-145.
- [7] 冯国艺, 姚炎帝, 杜明伟, 等. 缩节胺(DPC)对干旱区杂交棉冠层结构及群体光合生产的调节[J]. 棉花学报, 2012, 24(1): 44-51.
- [8] 马宗斌, 房卫平, 谢德意, 等. 氮肥和DPC用量对棉花叶片叶绿素含量和SPAD值的影响[J]. 棉花学报, 2009, 21(3): 224-229.
- [9] 李伶俐, 杜远仿, 张东林, 等. 不同密度与缩节安用量对麦后短季棉光合特性及产量、品质的影响[J]. 河南农业科学, 2008(7): 51-54.
- [10] Tung, S.A., Huang, Y., Hafeez, A., Ali, S., Khan, A., Souliyanonh, B., et al. (2018) Mepiquat Chloride Effects on Cotton Yield and Biomass Accumulation under Late Sowing and High Density. *Field Crops Research*, **215**, 59-65. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.09.032>
- [11] 刘翠, 张巨松, 魏鑫, 等. 甲哌鎓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.

- 
- [12] 苏正川, 卿尚飞, 张亚彪. 4. 5% 24-表芸苔素内酯·烯效唑悬浮剂对棉花的调节作用[J]. 农药科学与管理, 2024, 45(9): 52-58.
  - [13] Wang, L., Mu, C., Du, M., Chen, Y., Tian, X., Zhang, M., et al. (2014) The Effect of Mepiquat Chloride on Elongation of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Internode Is Associated with Low Concentration of Gibberellic Acid. *Plant Science*, **225**, 15-23. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2014.05.005>
  - [14] 刘丽英, 戴茂华, 吴振良. 缩节胺对黄河流域机采棉农艺性状, 产量和品质的影响及化控技术研究[J]. 中国农学通报, 2018, 34(33): 38-42.
  - [15] 高振, 王冀川, 孙婷, 等. 缩节胺与萘乙酸和芸苔素内酯配施在杂交棉上的化学调控互作效应[J]. 贵州农业科学, 2020, 48(10): 10-14.
  - [16] 屈卫群, 王绍华, 陈兵林, 等. 棉花主茎叶 SPAD 值与氮素营养诊断研究[J]. 作物学报, 2007(6): 1010-1017.
  - [17] 周运刚, 王俊刚, 马天文, 等. 不同 DPC(缩节胺)处理对棉花生理生化特性的影响[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(6): 1142-1146.
  - [18] 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.
  - [19] 张宁, 张永莉, 叶淑娟, 等. 甲哌(鎓)复配对夏播短季栽培棉花生长发育的调控效应[J]. 江苏农业科学, 2025, 53(2): 52-60.
  - [20] 吴刚, 田阳青, 赵强, 等. 缩节胺复配不同促进剂对棉花棉铃时空分布和光合特性的影响[J]. 新疆农业科学, 2024, 61(2): 279-287.
  - [21] Zheng, C., Zhu, Y., Wang, C. and Guo, T. (2017) Wheat Grain Yield Increase in Response to Pre-Anthesis Foliar Application of 6-Benzylaminopurine Is Dependent on Floret Development. *PLOS ONE*, **11**, e0156627. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156627>
  - [22] 李建民, 董学会, 何钟佩, 等. 乙烯利-甲哌鎓复配剂对夏玉米生育及产量的影响[J]. 农药学学报, 2004, 6(4): 83-88.