

# 种植密度与缩节胺用量对 76 cm 等行距 棉花株型结构及产量的影响

王家勇<sup>1</sup>,张俊尧<sup>1</sup>,唐江华<sup>1</sup>,娄善伟<sup>2</sup>,李文珊<sup>1</sup>,  
徐文修<sup>1</sup>,孟令贻<sup>1</sup>,何洪涛<sup>3</sup>,桑军民<sup>3</sup>

(1. 新疆农业大学农学院,新疆 乌鲁木齐 830052;2. 新疆农业科学院/国家棉花工程技术研究中心,新疆 乌鲁木齐 830091;  
3. 沙湾市双泉农业合作社,新疆 沙湾 832101)

**摘要:**于 2021—2022 年在 76 cm 等行距种植方式下,采用裂区设计,设种植密度为主因素,分别为 15.00 (M1)、20.25 (M2)、25.50 万株·hm<sup>-2</sup> (M3);缩节胺用量为副因素,分别为 195 (D1)、390 (D2)、585 g·hm<sup>-2</sup> (D3),研究不同种植密度与缩节胺用量对棉花株型结构、籽棉产量及其构成因素的影响,以筛选适宜 76 cm 等行距种植模式棉花产量提高的种植密度与缩节胺用量组合。结果表明:缩节胺用量相同时,降低种植密度会提高棉花株高 7.09%~21.66%、茎粗 4.36%~13.02%、株宽 5.76%~18.69%,增加果枝始节高度、主茎节间长度、果枝数和果枝长度;种植密度对果枝始节位与果枝夹角影响不显著。种植密度相同时,降低缩节胺用量会增加棉花株高 7.01%~21.83%、株宽 4.61%~9.01%、果枝数 1~2 台,并有效增加果枝始节高度、果枝始节位、主茎节间长度、果枝长度与果枝夹角,但会降低棉花茎粗 3.39%~8.30%。将棉产量随密度与缩节胺用量的增加呈先增后减的变化趋势,M2D2 处理籽棉产量最高,两年分别为 6 614.09 kg·hm<sup>-2</sup> 和 7 339.48 kg·hm<sup>-2</sup>,较同年产量最低处理 M1D1 分别增加 19.63% 和 22.67%。综上,在 76 cm 等行距种植方式下,棉花种植密度 20.25 万株·hm<sup>-2</sup> 配合喷施缩节胺 390 g·hm<sup>-2</sup> 的组合效果最佳,有利于棉花的生长发育与产量提高。

**关键词:**棉花;76 cm 等行距栽培;种植密度;缩节胺;株型结构;产量

**中图分类号:**S562;S359.1 **文献标志码:**A

## Effects of planting density and DPC dosage on plant structure and yield of cotton under 76 cm equidistant cultivation

WANG Jiayong<sup>1</sup>,ZHANG Junyao<sup>1</sup>,TANG Jianghua<sup>1</sup>,LOU Shanwei<sup>2</sup>,LI Wenshan<sup>1</sup>,  
XU Wenxiu<sup>1</sup>,MENG Lingyi<sup>1</sup>,HE Hongtao<sup>3</sup>,SANG Junmin<sup>3</sup>

(1. College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China;  
2. National Cotton Engineering Technology Research Center, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091, China; 3. Shawan Shuangquan Agricultural Cooperative, Shawan, Xinjiang 832101, China)

**Abstract:** During 2021 to 2022, under 76 cm equidistant cultivation, a split-zone design was used to set planting density as the main factor, which was 150 000 (M1), 202 500 (M2), and 255 000 plants·hm<sup>-2</sup> (M3) respectively, and the dosage of DPC (Mepiquat chloride) as the sub-factor, which was 195 (D1), 390 (D2), and 585 g·hm<sup>-2</sup> (D3). The effects of different planting densities and DPC dosage on cotton plant structure, seed cotton yield and its components were investigated, in order to screen suitable combinations of planting density and DPC dosage for improving cotton yield under 76 cm spacing planting pattern. The results showed that, when the same amount of DPC was used, reducing planting density increased the height of cotton plants by 7.09%~21.66%,

收稿日期:2023-04-24

修回日期:2023-11-16

**基金项目:**新疆维吾尔自治区重大科技专项(2023A02003);国家重点研发计划项目(2020YFD1001001);新疆农业大学研究生科研创新项目(XJAUGRI2022035);新疆农业大学作物学重点学科项目(XNCDKY2021013)

**作者简介:**王家勇(1997-),男,江苏沛县人,硕士研究生,研究方向为棉花栽培。E-mail: wjxjau@163.com

**通信作者:**徐文修(1962-),女,河北蠡县人,教授,主要从事绿洲农作制度与资源高效利用研究。E-mail: xjwxw@sina.com

娄善伟(1982-),男,山东日照人,研究员,主要从事棉花栽培与生理研究。E-mail: wei.lou@163.com

stems thickness by 4.36%~13.02%, plants width by 5.76%~18.69%, increased the height of the first node of the fruit branches, the length between the main stem internodes, the number of fruit branches, and the length of fruit branches. The planting density has no significant effect on the length of the first node of the fruit branches and the angle between the fruit branches. When planting density was the same, reducing the dosage of DPC increased cotton plant height by 7.01%~21.83%, plant width by 4.61%~9.01%, the number of fruiting branches by 1~2, and effectively increased the height of fruiting branch initiation, fruiting branch initiation node, the length of the main stem internode, the length of fruiting branches and the angle of the fruiting branches, but it reduced the cotton stem thickness by 3.39%~8.30%. Seed cotton yield with the increase in density and the amount of DPC showed a trend of increasing and then decreasing. M2D2 treatment seed cotton yield was the highest, two years were 6 614.09 kg · hm<sup>-2</sup> and 7 339.48 kg · hm<sup>-2</sup>, compared with the lowest yield in the same year the treatment M1D1, increased by 19.63% and 22.67%, respectively. In conclusion, the combination of cotton planting density of 202 500 plants · hm<sup>-2</sup> with spraying of 390 g · hm<sup>-2</sup> of DPC was the best in 76 cm equidistant cultivation, which was favorable to growth and development of cotton and yield improvement.

**Keywords:** cotton; 76 cm equidistant cultivation; planting density; DPC; plant structure; yield

新疆具有得天独厚的光热资源,是中国最大的商品棉基地。2020 年新疆棉花播种面积约为 250 万 hm<sup>2</sup>,单位面积产量达 2 063 kg · hm<sup>-2</sup>,分别占全国的 78.9%和 87.0%<sup>[1]</sup>。新疆棉花产业的发展得益于高效栽培技术和机采棉技术推广和应用<sup>[2-3]</sup>。目前新疆机采棉花的常规株行距配置为(66+10) cm 双行种植,该方式下采收的棉花产量较高,但也存在如群体密闭、棉枝交错、脱叶剂喷洒不均匀、叶片挂枝较多等问题,导致棉花含杂率过高或因清杂造成棉花纤维品质受损<sup>[4-5]</sup>。为解决这类问题,研究人员提出了 76 cm 等行距的棉花播种方式,该方式为单行种植,有效改善了棉花群体结构的通风透光状况,增大机采空间、提高田间采净率,降低了机采棉的含杂率并改善了纤维品质<sup>[6]</sup>。但 76 cm 等行距播种对棉花产量影响的结论尚有争议,影响了其推广效果,根本原因是缺少与之配套的栽培措施。

种植密度与缩节胺(Mepiquat chloride,DPC)化调是棉花获得高产的重要栽培措施<sup>[7-8]</sup>。前人研究表明,种植密度会显著影响棉花的株高与茎粗,密度过大会导致棉株生育后期出现倒伏,抗逆性降低,同时单株成铃数减少,严重影响棉花产量<sup>[9]</sup>;密度过小,棉株种间竞争小,个体优势可有效发挥,但群体生产力下降,较大的棉株个体不利于塑造高质量的群体结构<sup>[10]</sup>。缩节胺作为棉花生长调控剂,能够缩短节间长度、降低株高,使茎秆粗壮,增加棉株的抗逆性,塑造合理株型;同时促进营养生长向生殖生长转化,达到促早熟的目的。但缩节胺用量不当会造成大面积棉田冠层中、下部荫蔽,因光合有效面积减小,群体光合速率降低而导致减产<sup>[11-13]</sup>。前人的相关研究多基于(66+10) cm 播种方式进行,

且多为密度或缩节胺单因素对棉花生长发育和产量形成的影响,有关密度和缩节胺互作对 76 cm 等行距播种方式下棉花株型结构及产量的影响报道尚不多见。为此,本试验通过研究 76 cm 等行距条件下不同种植密度和不同缩节胺用量对棉花株型结构及产量的影响,明确两种因素不同水平下棉花株型及产量形成的差异规律,旨在筛选出适宜的种植密度与最佳的缩节胺用量组合,为棉花轻简化高产栽培提供理论基础与技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2021—2022 年在新疆维吾尔自治区沙湾市大泉乡双泉合作社试验站(84°57'~86°09'E, 43°29'~45°20'N)进行,该试验站属大陆性中温带干旱气候,年均气温 6.3~6.9℃,全年日照时数为 2 800~2 870 h,≥10℃积温 3 400~3 600℃,无霜期 170~190 d,年降水量 140~350 mm,年蒸发量为 1 500~2 000 mm。试验区土壤类型为沙壤土,0~20 cm 土层土壤养分见表 1,生育期间月降雨量及平均气温如图 1 所示。

1.2 试验设计

试验采用双因子裂区设计,主因子为种植密度(M),分别为 15.00(M1)、20.25(M2)、25.50 万株 · hm<sup>-2</sup>

| 表 1 试验地 0~20 cm 土层土壤养分                         |      |                                                   |                                                           |                                                          |                                                         |
|------------------------------------------------|------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Table 1 Soil nutrients of 0~20 cm in test site |      |                                                   |                                                           |                                                          |                                                         |
| 年份<br>Year                                     | pH   | 有机质<br>Organic matter<br>/(g · kg <sup>-1</sup> ) | 碱解氮<br>Hydrolysable nitrogen<br>/(mg · kg <sup>-1</sup> ) | 速效磷<br>Available phosphorus<br>/(mg · kg <sup>-1</sup> ) | 速效钾<br>Available potassium<br>/(mg · kg <sup>-1</sup> ) |
| 2021                                           | 8.24 | 13.67                                             | 21.67                                                     | 52.67                                                    | 394.67                                                  |
| 2022                                           | 8.70 | 11.20                                             | 35.30                                                     | 25.50                                                    | 317.00                                                  |

(M3);缩节胺用量为副处理(D),分别为 195(D1)、390(D2)、585 g·hm<sup>-2</sup>(D3),具体施用时间及用量见表 2。小区面积为 45.6 m<sup>2</sup>(5.00 m×9.12 m),3 次重复,共 27 个小区。供试品种为‘源棉 11 号’,种植方式为 76 cm 等行距,地膜栽培,膜宽 2.05 m,每膜种植 3 行。2021 年和 2022 年播种日期分别为 5 月 4 日和 4 月 18 日,采用人工点播;打顶日期分别为 7 月 16 日和 7 月 11 日,人工打顶;收获日期分别为 9 月 26 日和 9 月 20 日,人工实收;2021 年和 2022 年采用无人机喷施脱叶剂,施用时间分别为 9 月 21 日和 9 月 10 日;2021 年和 2022 年生育期灌水量分别为 6 750 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>和 7 200 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>,2021 年氮、磷、钾总施肥量分别为 400、260、240 kg·hm<sup>-2</sup>,2022 年氮、磷、钾总施肥量分别为 425、280、270 kg·hm<sup>-2</sup>,均随水滴施;其余管理方式与大田一致。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 株高、茎粗、株宽 从三叶期开始,各小区选取 15 株长势均匀一致、具有代表性的棉株,挂牌标记,分别用 1.5 m 直尺、游标卡尺、卷尺测量株高(子叶节至生长点高度)、茎粗(子叶节处粗度)、株宽(植株冠层横向最宽处);每 7 d 调查一次,至棉花打顶 7 d 后结束。

1.3.2 主茎节间长度、果枝始节位及始节高度 于

吐絮期各小区选取具有代表性的 10 株棉花,调查主茎节数、节间长、果枝数,果枝始节位(棉花第一果枝在主茎上的着生节位)及果枝始节高度(子叶节至始果枝的高度)。

1.3.3 果枝夹角、果枝长度 于吐絮期各小区选取具有代表性的 5 株棉花,用电子量角器测定每台果枝与主茎之间的夹角角度,用软尺测量果枝长度。

1.3.4 节枝比 于吐絮期各小区选取具有代表性的 5 株棉花测定其总果枝数、总果节数,并计算节枝比。

节枝比=总果节数/总果枝数

1.3.5 叶面积指数 在苗期、盛蕾期、盛花期、盛铃期、吐絮期,各小区选择群体长势一致且具有代表性的棉花,在植株中间部位、距离地膜 10 cm 处,采用 SunScan 冠层仪(点将,SS1,英国)测定各小区的叶面积指数(Leaf area index, LAI);各小区选取 3 个点进行测定。

1.3.6 产量及其构成因素 在收获期各小区选取 6.67 m<sup>2</sup>的样地,调查其实际收获总株数和单位面积总成铃数,并计算单株成铃数。于各小区的中行(膜间最中行)选取长势一致的棉株,分别取上(7 果枝及以上)、中(3~6 果枝)、下(1~3 果枝)位置处吐絮铃各 20 个,测单铃重,并计算籽棉产量。

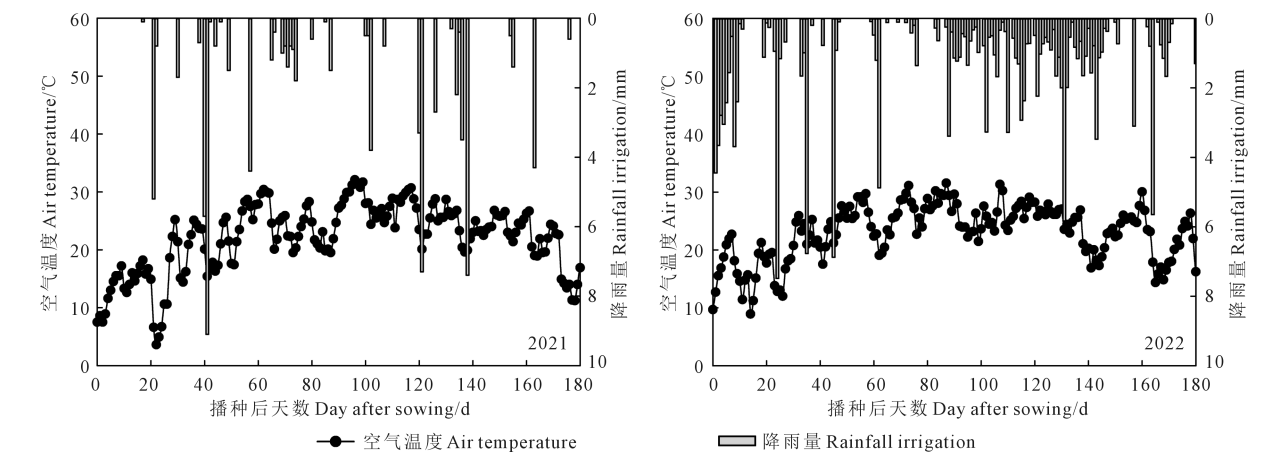


图 1 2021 年和 2022 年棉花生育期气象要素  
Fig.1 Meteorological elements during cotton growth period in 2021 and 2022

表 2 缩节胺施用时期及用量/(g·hm<sup>-2</sup>)  
Table 2 Trial period and dosage setting of DPC

| 处理<br>Treatment | 喷施时间 Spraying time       |                    |                     |                                  |                                     |                                       | 喷施总量<br>Total application amount |
|-----------------|--------------------------|--------------------|---------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
|                 | 2~3 叶期<br>2~3 leaf stage | 现蕾期<br>Present bud | 盛蕾期<br>Blooming bud | 打顶前 7 d<br>7 days before topping | 打顶后 5~7 d<br>5~7 days after topping | 打顶后 7~14 d<br>7~14 days after topping |                                  |
| D1              | 3.75                     | 11.75              | 15                  | 30                               | 60                                  | 75                                    | 195                              |
| D2              | 7.50                     | 22.50              | 30                  | 60                               | 120                                 | 150                                   | 390                              |
| D3              | 11.25                    | 33.75              | 45                  | 90                               | 180                                 | 225                                   | 585                              |

1.4 数据处理

采用 Microsoft Excel 2022、Origin 2021 pro、Sigmaplot14 软件进行数据统计和图表制作,使用 DPS V9.01 软件进行方差分析,LSD 法多重比较各处理间平均数的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 种植密度与缩节胺用量对棉花株高的影响

由图 2 可知,同一种植密度下,两年各缩节胺处理的棉花株高均随生育进程的推进呈“快增-慢增-平稳”的变化趋势,且各生育时期不同缩节胺用量处理间的株高均表现为 D1>D2>D3;不同缩节胺处理间株高开始表现出显著差异的时间略有不同,2021 年为苗后 67 d 开始,2022 年则为苗后 46 d 开

始,可能是 2022 年前期温度相对较低和降雨较多而影响棉花生长所致。D1 处理棉花全生育期株高平均值较 D2、D3 处理的分别提高 7.01%、14.1% (2021 年)和 14.09%、25.83% (2022 年),可见增大缩节胺用量会抑制棉花生长。同一缩节胺用量下,两年棉花各生育阶段的株高均表现为 M1>M2>M3,且两年基本上均在苗后 39 d(现蕾期)各密度间的株高开始出现显著差异;M1 处理两年株高的平均值较 M2、M3 处理分别显著提高 7.09%和 21.66%。由表 3 可知种植密度与缩节胺用量对棉花株高有显著影响,且有显著的互作效应。综上可知,两个年份 M3D3 处理株高在各生育时期均为最小,说明 76 cm 等行距播种方式下棉花高种植密度和高缩节胺用量共同作用会抑制棉花株高的增长。

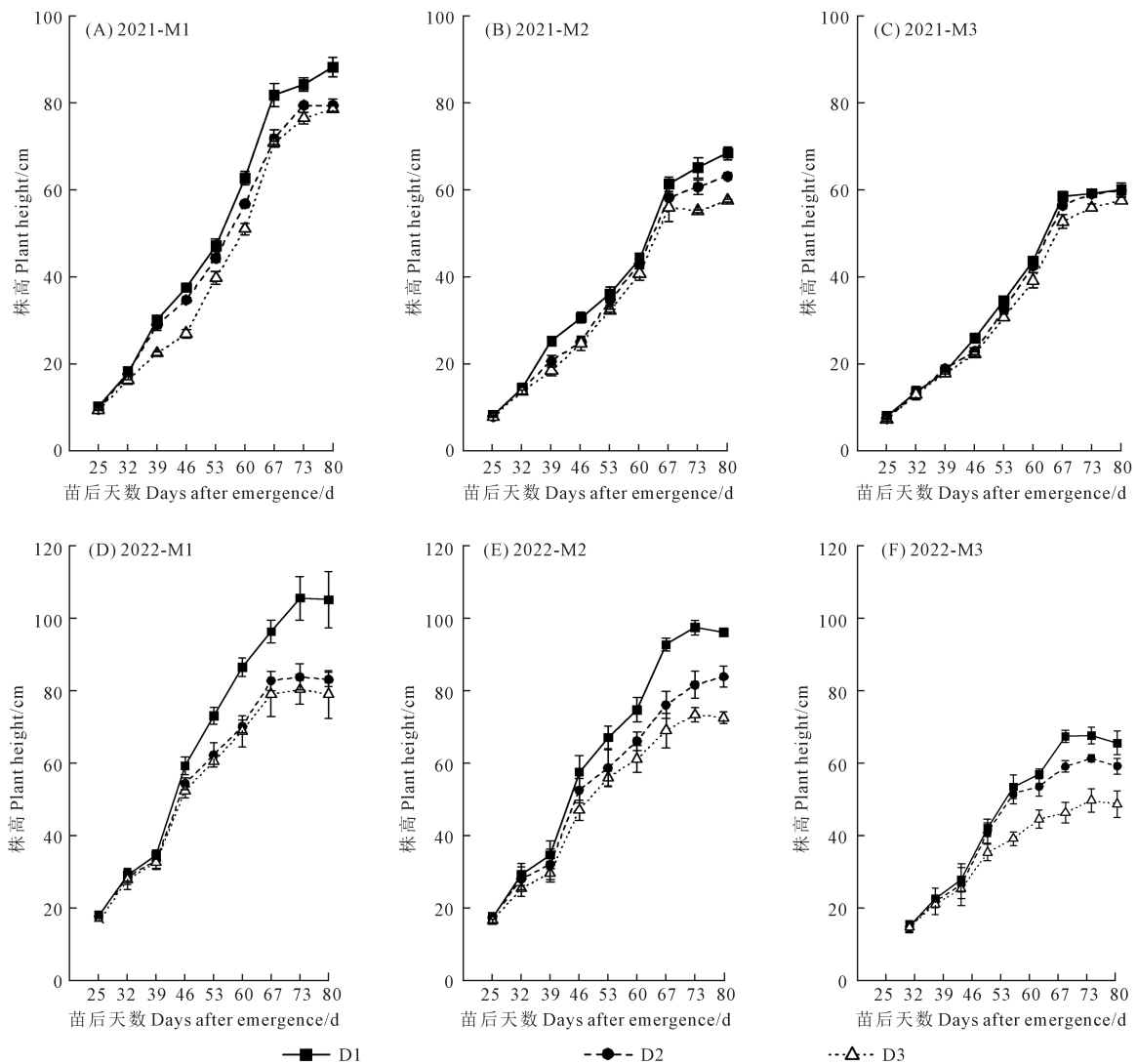


图 2 不同种植密度与缩节胺用量下棉花株高的变化

Fig.2 Variation of cotton plant height under different planting density and DPC dosage

2.2 种植密度与缩节胺用量对棉花茎粗的影响

由图 3 可知, 两年各处理棉花茎粗均随生育进程的推进呈上升趋势。同一种植密度下, 棉花茎粗随缩节胺用量的增大而增大, 即 D3>D2>D1, 39 d(现蕾期) 之后处理间差异显著; D3 处理两年均值较 D1、D2 处理分别增加 3.39% 和 8.30%。同一缩节胺用量下, 棉花茎粗随种植密度的增大而减小, 苗后 25 d(苗期) 开始均表现为 M1>M2>M3, 苗后 46 d(盛蕾期) 开始不同种植密度间差异显著; M1 处理两年全生育期

茎粗均值较 M2、M3 处理分别增加 4.36% 和 13.02%。高密度低缩节胺处理( M3D1) 茎粗两年均值为 11.43 mm, 小于其他处理。由表 3 可知种植密度与缩节胺用量对棉花茎粗有显著影响, 且 2021 年两者有显著的互作效应。综上可知, 种植密度增大会抑制棉花茎粗的增大, 而缩节胺用量增加作用则相反。

2.3 种植密度与缩节胺用量对棉花株宽的影响

由图 4 可知, 同一种植密度下, 两年缩节胺处理的株宽均表现为 D1>D2>D3, 其中 D1 处理全生育期

表 3 不同种植密度与缩节胺用量下棉花株型指标的方差分析  
Table 3 ANOVA of cotton plant structure under different planting density and DPC dosage

| 因素<br>Factor   | 年份<br>Year | 株高<br>Plant height | 茎粗<br>Stem thickness | 株宽<br>Plant width | 果枝数<br>Number of branches | 叶面积指数<br>Leaf area index |
|----------------|------------|--------------------|----------------------|-------------------|---------------------------|--------------------------|
| 种植密度 M         | 2021       | * *                | * *                  | *                 | * *                       | *                        |
| 缩节胺用量 D        |            | * *                | * *                  | * *               | ns                        | * *                      |
| 种植密度×缩节胺用量 M×D |            | * *                | * *                  | ns                | ns                        | ns                       |
| 种植密度 M         | 2022       | * *                | * *                  | * *               | * *                       | * *                      |
| 缩节胺用量 D        |            | * *                | * *                  | * *               | ns                        | * *                      |
| 种植密度×缩节胺用量 M×D |            | *                  | ns                   | *                 | ns                        | *                        |

注: \* 和 \* \* 分别表示在  $P<0.05$  和  $P<0.01$  水平差异显著, ns 表示差异不显著 ( $P>0.05$ )。下同。  
Note: \* and \* \* indicate significences at the  $P<0.05$  and  $P<0.01$  levels, respectively, and ns indicates non-significant differences ( $P>0.05$ ). The same below.

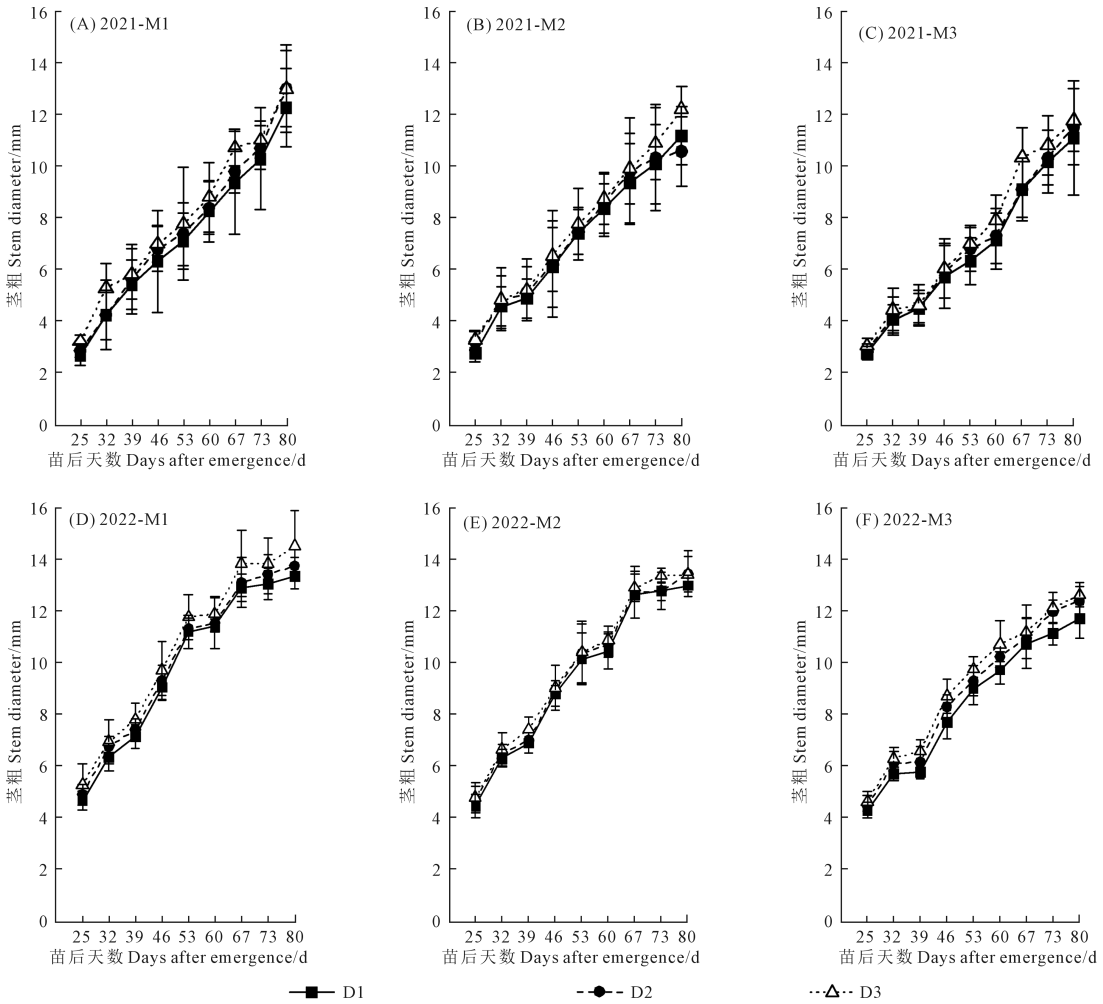


图 3 不同种植密度与缩节胺用量下棉花茎粗的变化  
Fig.3 Variation of cotton stem thickness under different planting density and DPC dosage

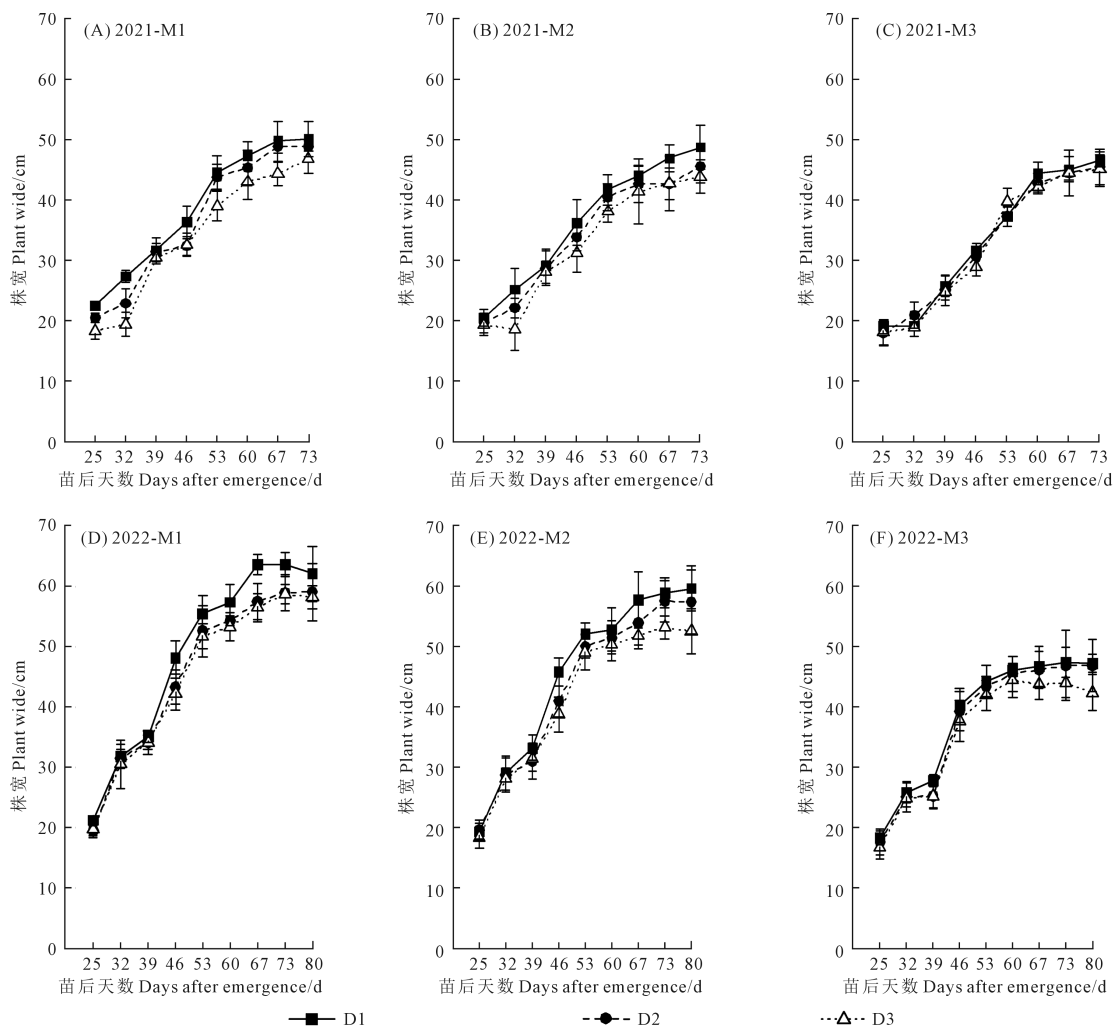


图 4 不同种植密度与缩节胺用量下棉花株宽的变化

Fig.4 Variation of cotton plant width under different planting density and DPC dosage

株宽平均值较 D2、D3 处理分别提高 4.61%、8.09% (2021 年) 和 7.8%、9.01% (2022 年)。各处理间在不同密度上的差异显著性略有不同,2021 年表现为在中、低种植密度之间有差异,而 2022 年则表现为苗后 46 d (初花期) 后各密度下均有显著差异。同一缩节胺用量下,棉花株宽在生育期内均随种植密度的增大而变窄,两年规律基本一致,苗后 39 d (盛蕾期) 后表现为 M1>M2>M3,密度处理间差异显著; M1 处理两年平均值较 M2、M3 处理分别提高 5.76% 和 18.69%。种植密度与缩节胺用量对棉花株宽有显著性影响,且 2022 年两者有显著互作效应(表 3)。综上可知,M3D3 处理的株宽最小,与棉花株高表现一致,进一步说明在 76 cm 等行距播种方式下高种植密度和高缩节胺用量共同作用会抑制棉花生长。

2.4 种植密度与缩节胺用量对棉花果枝数的影响

由图 5 可知,两年各处理棉花的果枝数均随生育进程的推进呈上升趋势。同一种植密度下,两年

各处理果枝数均随缩节胺用量增大而减少,即 D1>D2>D3,其中 D1 处理全生育期的平均果枝数较 D2、D3 处理分别增加了 7.59% 和 14.06%。同一缩节胺用量下,两年果枝数均表现为 M1>M2>M3,其中 M1 处理全生育期平均果枝数较 M2、M3 处理分别提高 5.46%、17.83%。种植密度对棉花果枝数有显著性影响,缩节胺用量对棉花果枝数影响不显著,且二者无显著互作效应(表 3)。M3D3 处理果枝数两年均值低于其他处理,仅有 8.2 台果枝,说明棉花种植密度过大及缩节胺用量过高不利于棉花果枝数的形成。

2.5 种植密度与缩节胺用量对棉花果枝始节高度与果枝始节位的影响

如图 6 所示,两个年份种植密度与缩节胺用量均对果枝始节高度有显著影响。同一种植密度下,两年棉花果枝始节位均随缩节胺用量的增大而降低,即 D1>D2>D3,D1 处理两年平均值较 D2、D3 处理分别提高 7.0% 和 15.3%。同一缩节胺用量下,果

枝始节高度随着种植密度的增加而降低,即 M1>M2>M3,M1 处理全生育期两年平均值较 M2、M3 处理分别提高 4.21%和 9.15%。说明种植密度越大及缩节胺用量越大对果枝始节高度的抑制作用越强。

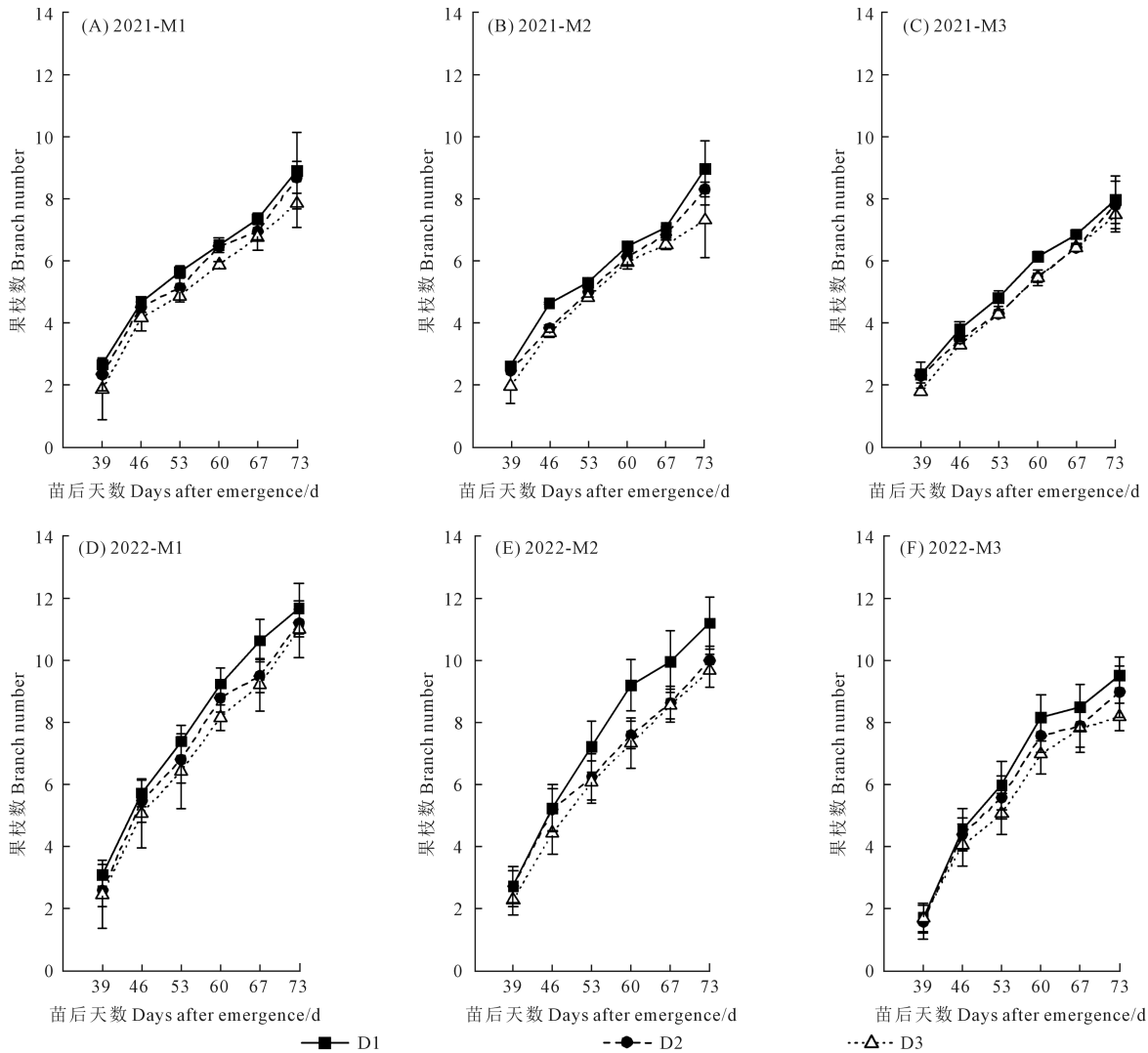
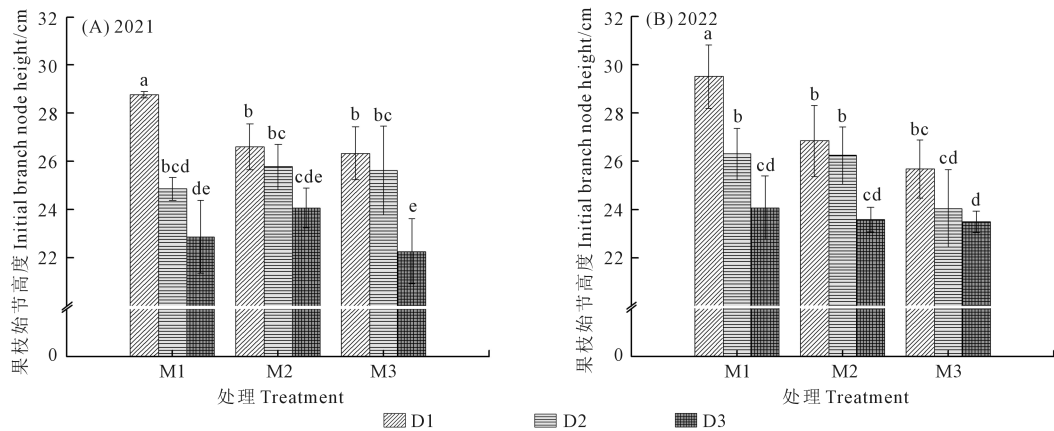


图 5 不同种植密度与缩节胺用量下棉花果枝数的变化

Fig.5 Variation of numbers of fruiting branch of cotton under different planting densities and DPC dosage



注:不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)。下同。  
Note:Different lowercase letters indicate significant differences among treatments (P<0.05). The same below.

图 6 不同种植密度与缩节胺用量下棉花果枝始节高度的变化

Fig.6 Variation of initial branch node height of cotton under different planting densities and DPC dosage

进一步分析各处理的果枝始位可知(图 7),缩节胺用量一定时,种植密度对棉花的果枝始位基本无显著影响。而同一种植密度下,棉花果枝始节位随缩节胺用量的增大而降低,两年均表现为 D1>D2>D3,其中 D1 处理两年均值较 D2、D3 处理分别提高 5.17%和 7.08%;在低密度(M1)下,高缩节胺用量处理(D3)的棉花果枝始节位与低缩节胺用量处理(D1)间有显著差异。

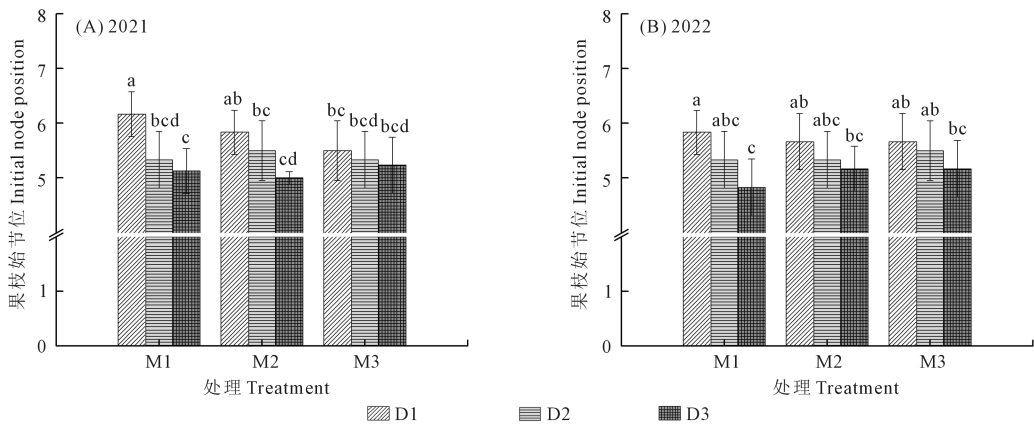


图 7 不同种植密度与缩节胺用量下棉花果枝始节位的变化

Fig.7 Variation of initial node position of cotton fruit branches under different planting densities and DPC dosage

表 4 种植密度与缩节胺用量对棉花节间长度的影响

| Table 4 Effects of planting density and DPC dosage on cotton internode length |                 |                     |        |         |        |       |         |        |         |         |                     |         |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------|--------|---------|--------|-------|---------|--------|---------|---------|---------------------|---------|
| 年份<br>Year                                                                    | 处理<br>Treatment | G1-2                | G2-3   | G3-4    | G4-5   | G5-6  | G6- 7   | G7-8   | G8-9    | G9-10   | 平均长度<br>Mean length |         |
| 2021                                                                          | M1              | D1                  | 6.50a  | 4.5abc  | 7.35a  | 5.95a | 8.80a   | 8.10a  | 12.75a  | 11.20a  | 12.80a              | 8.66a   |
|                                                                               |                 | D2                  | 6.40a  | 4.00bc  | 5.95ab | 5.40a | 6.55bcd | 7.80ab | 11.35b  | 11.15a  | 11.2ab              | 7.76c   |
|                                                                               |                 | D3                  | 6.30a  | 3.35c   | 5.90ab | 4.55a | 5.65d   | 7.60ab | 10.10cd | 9.20ab  | 10.80b              | 7.05e   |
|                                                                               | M2              | D1                  | 5.95ab | 5.50a   | 5.70ab | 6.05a | 7.80ab  | 7.00ab | 12.75a  | 10.75ab | 11.15ab             | 8.07b   |
|                                                                               |                 | D2                  | 5.10ab | 4.50abc | 5.70ab | 4.75a | 7.20bc  | 7.05ab | 11.45b  | 10.40ab | 10.65bc             | 7.42d   |
|                                                                               |                 | D3                  | 4.65b  | 3.75c   | 5.70ab | 5.20a | 6.25cd  | 6.30b  | 10.40c  | 8.50b   | 10.00bc             | 6.75ef  |
|                                                                               | M3              | D1                  | 5.85ab | 5.00ab  | 6.30a  | 5.85a | 7.55abc | 7.85ab | 9.30d   | 10.50ab | 8.95cd              | 7.46cd  |
|                                                                               |                 | D2                  | 4.40b  | 4.25bc  | 6.15ab | 5.60a | 6.65bcd | 6.50b  | 9.50d   | 9.30ab  | 7.40de              | 6.64f   |
|                                                                               |                 | D3                  | 4.35b  | 3.50c   | 3.75b  | 4.95a | 5.75d   | 4.70c  | 9.25d   | 8.65b   | 7.05e               | 5.77g   |
| 2022                                                                          | M1              | D1                  | 6.70a  | 7.15a   | 8.65a  | 7.35a | 8.10a   | 7.15ab | 6.25b   | 5.45b   | 5.40abc             | 6.84ab  |
|                                                                               |                 | D2                  | 6.65a  | 5.45ab  | 8.15a  | 7.15a | 7.40a   | 6.45ab | 6.40b   | 4.80c   | 4.70abcd            | 6.23bc  |
|                                                                               |                 | D3                  | 5.05a  | 5.30ab  | 8.00a  | 7.05a | 7.30a   | 6.60ab | 5.10de  | 4.30cd  | 4.40bcd             | 5.71cd  |
|                                                                               | M2              | D1                  | 6.20a  | 6.40ab  | 7.55a  | 6.95a | 7.20a   | 7.95a  | 7.65a   | 6.55a   | 5.50ab              | 7.03a   |
|                                                                               |                 | D2                  | 5.45a  | 4.30ab  | 7.40a  | 6.80a | 7.15a   | 6.25b  | 6.75b   | 4.75c   | 3.85de              | 5.76cd  |
|                                                                               |                 | D3                  | 4.75a  | 3.50b   | 7.40a  | 6.10a | 6.80a   | 6.15b  | 4.50e   | 4.50cd  | 4.60abcd            | 5.05de  |
|                                                                               | M3              | D1                  | 6.45a  | 5.95ab  | 7.35a  | 5.95a | 6.40a   | 6.15b  | 5.95bc  | 3.95de  | 5.80a               | 6.23bc  |
|                                                                               |                 | D2                  | 5.10a  | 5.40ab  | 6.60a  | 5.80a | 5.55a   | 6.15b  | 5.40cd  | 4.90bc  | 4.10cde             | 5.67cde |
|                                                                               |                 | D3                  | 4.35a  | 4.90ab  | 6.35a  | 5.75a | 5.15a   | 5.80b  | 3.65f   | 3.50e   | 2.95e               | 4.91e   |
| 变异来源<br>Source of variation                                                   |                 | 显著性<br>Significance |        |         |        |       |         |        |         |         |                     |         |
| Y                                                                             | ns              | ns                  | ns     | ns      | ns     | *     | *       | ns     | * *     | ns      |                     |         |
| M                                                                             | ns              | ns                  | ns     | ns      | ns     | *     | *       | ns     | * *     | *       |                     |         |
| D                                                                             | *               | * *                 | *      | *       | * *    | *     | * *     | *      | * *     | * *     |                     |         |
| M×D                                                                           | ns              | ns                  | ns     | ns      | ns     | ns    | *       | *      | ns      | ns      | ns                  |         |

注:G1-2 代表地上第一果枝到第二果枝之间的长度,G2-3、G3-4 等以此类推均表示两果枝之间的长度。同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著( $P<0.05$ )。变异来源中 Y 代表年份,M 代表种植密度,D 代表缩节胺用量,M×D 代表种植密度与缩节胺互作效应。下同。

Note: G1-2 represents the length between the first fruiting branch above ground to the second fruiting branch, and G2-3, G3-4, and so on all indicate the length between two fruiting branches. Different lowercase letters in the same column indicate significant differences at  $P<0.05$  level. Y in the source of variation represents year, M represents planting density, D represents DPC dosage, and M×D represents the interaction effect of planting density and DPC dosage. The same below.

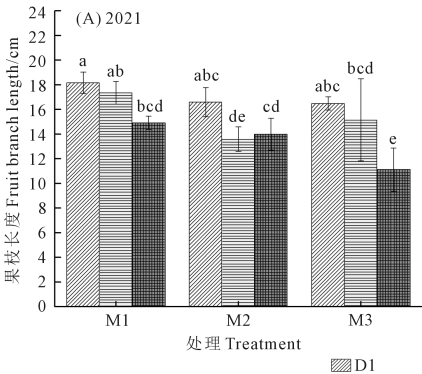
用量对 G1~G5 间节间长度影响不显著,从 G6 开始出现差异,表明缩节胺对棉花中、上部节间长度影响较大。

2.7 种植密度与缩节胺用量对棉花果枝夹角的影响

由表 5 可知,同一种植密度下,果枝夹角随缩节胺用量增大基本呈减小的趋势,低缩节胺用量处理(D1)两年果枝夹角的均值较中、高用量缩节胺处理(D2、D3)分别增加 8.58%和 12.48%。同一缩节胺用量下,果枝夹角随种植密度的增加而减小,处理间无显著差异;但各密度处理下果枝夹角整体表现为下部>中部>上部,株型越接近塔型,有助于棉花冠层中、下部通风透光。

| 表 5 种植密度与缩节胺用量对棉花果枝夹角的影响                                                               |                 |                             |              |              |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------|--------------|--------------|----------|
| Table 5 Effects of planting density and DPC dosage on the fruit branch angle of cotton |                 |                             |              |              |          |
| 年份<br>Year                                                                             | 处理<br>Treatment | 果枝夹角 Fruit branch angle/(°) |              |              |          |
|                                                                                        |                 | 上部 Upside                   | 中部 Middle    | 下部 Underside |          |
| 2021                                                                                   | M1              | D1                          | 53.70ab      | 59.80ab      | 62.68a   |
|                                                                                        |                 | D2                          | 47.73c       | 59.69ab      | 61.04abc |
|                                                                                        |                 | D3                          | 51.82abc     | 57.75ab      | 57.11cd  |
|                                                                                        | M2              | D1                          | 54.75ab      | 59.98a       | 62.40ab  |
|                                                                                        |                 | D2                          | 54.01ab      | 57.36ab      | 56.85cd  |
|                                                                                        |                 | D3                          | 54.64ab      | 54.33b       | 57.54bcd |
|                                                                                        | M3              | D1                          | 56.61a       | 59.73ab      | 55.84d   |
|                                                                                        |                 | D2                          | 50.32bc      | 58.22ab      | 55.72d   |
|                                                                                        |                 | D3                          | 50.41bc      | 54.67ab      | 55.08d   |
| 2022                                                                                   | M1              | D1                          | 50.32abc     | 54.83a       | 54.46ab  |
|                                                                                        |                 | D2                          | 50.26abc     | 52.03ab      | 51.73b   |
|                                                                                        |                 | D3                          | 47.03c       | 46.45c       | 47.24c   |
|                                                                                        | M2              | D1                          | 51.55abc     | 51.13abc     | 57.28a   |
|                                                                                        |                 | D2                          | 52.24ab      | 50.28abc     | 52.95ab  |
|                                                                                        |                 | D3                          | 48.89bc      | 46.98c       | 50.61bc  |
|                                                                                        | M3              | D1                          | 54.78a       | 52.63ab      | 53.13ab  |
|                                                                                        |                 | D2                          | 52.09ab      | 49.96bc      | 50.37bc  |
|                                                                                        |                 | D3                          | 47.07c       | 49.00bc      | 50.85bc  |
| 变异来源                                                                                   |                 |                             | 显著性          |              |          |
| Source of variation                                                                    |                 |                             | Significance |              |          |
| Y                                                                                      |                 |                             | ns           | ns           | * *      |
| M                                                                                      |                 |                             | ns           | ns           | * *      |
| D                                                                                      |                 |                             | * *          | * *          | *        |
| M×D                                                                                    |                 |                             | ns           | ns           | ns       |

注:下部:1~3 果枝间夹角;中部:4~6 果枝间夹角;上部:7~9 果枝间夹角。  
Note:Underside: 1 ~ 3 fruit branches angle; Middle: 4 ~ 6 fruit branches angle; Upside: 7~9 fruit branches angle.



2.8 种植密度与缩节胺用量对棉花平均果枝长度的影响

由图 8 可知,同一种植密度下,果枝长度随缩节胺用量的增大而呈减小的趋势,即 D1>D2>D3(2021 年 M2 处理下表现为 D1>D3>D2),其中 D1 处理两年果枝长度的平均值较 D2、D3 处理分别增加 11.85%、25.03%;同一缩节胺用量下,棉花果枝长度随密度增加而减小(2021 年 D2 处理除外),且低密度处理(M1)两年果枝长度的均值较 M2、M3 处理分别增加 14.27%和 28.70%。由此可知,增加密度或增加缩节胺用量均会抑制果枝伸长,使植株变得紧凑。

2.9 种植密度与缩节胺用量对棉花节枝比的影响

节枝比可反映作物的纵向和横向生长特征。通过分析吐絮期各处理棉花的节枝比可知(图 9),同一种植密度下,缩节胺用量处理的节枝比表现为 D1>D2>D3,其中 D1 处理两年节枝比平均值达 2.81,较 M2、M3 处理分别提升 2.84%和 6.36%;同一缩节胺用量下,两年的节枝比均随着种植密度的增大呈降低的趋势,即 M1>M2>M3,其中 M1 处理两年平均节枝比达 2.91,较 M2、M3 处理分别增加3.45%、18.32%。以上结果说明增加密度和增加缩节胺用量均会抑制棉花纵向和横向生长。

2.10 种植密度与缩节胺用量对棉花叶面积指数的影响

由图 10 可知,两年各处理的棉花叶面积指数均随生育进程的推进呈先增后降的变化趋势,且均在盛铃期达到峰值。由表 3 可知,种植密度与缩节胺用量对棉花叶面积指数有显著影响,且 2021 年两者互作效应显著。同一种植密度下,叶面积指数随着缩节胺用量的增大而下降,即 D1>D2>D3,D1 处理两年的平均叶面积指数较 D2、D3 处理分别提升 4.46%和 10.19%;同一缩节胺用量下,各密度处理间的叶面积指数表现为 M3>M2>M1,其中 M3 处理

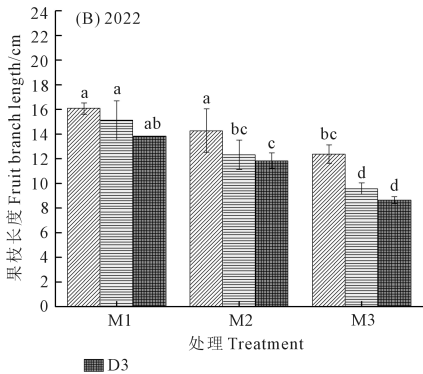


图 8 不同种植密度与缩节胺用量下棉花平均果枝长度的变化  
Fig.8 Variation of average fruit branch length of cotton under different planting densities and DPC dosage

两年平均叶面积指数较 M2、M1 处理分别提升 19.98% 和 36.73%。M3D1 处理叶面积指数最大,全生育期平均叶面积指数达 2.72,较叶面积指数最小的 M1D3 处理高 27.10%,说明适当增加种植密度与降低缩节胺用量有利于提高叶面积指数,形成良好的冠层结构。

2.11 种植密度与缩节胺用量对棉花产量及其构成因素的影响

由表 6 可知,两个年份种植密度与缩节胺用量对棉花单铃重和单株铃数均有显著影响。缩节胺用量相同时,棉花单铃重和单株铃数基本随种植密度增大而降低,各处理均值表现为:M1>M2>M3,其

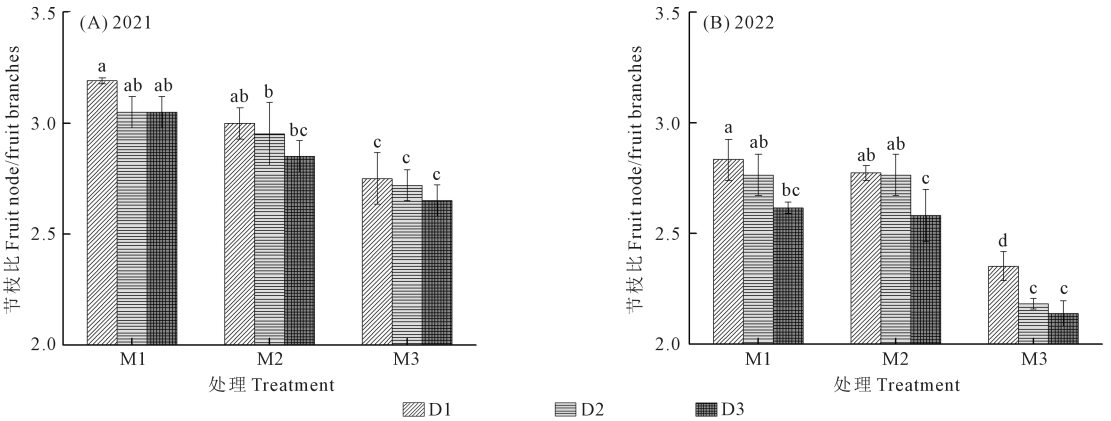


图 9 不同种植密度与缩节胺用量下棉花节枝比的变化

Fig.9 Variation of ratio of fruit node to fruit branch of cotton under different planting densities and DPC dosage

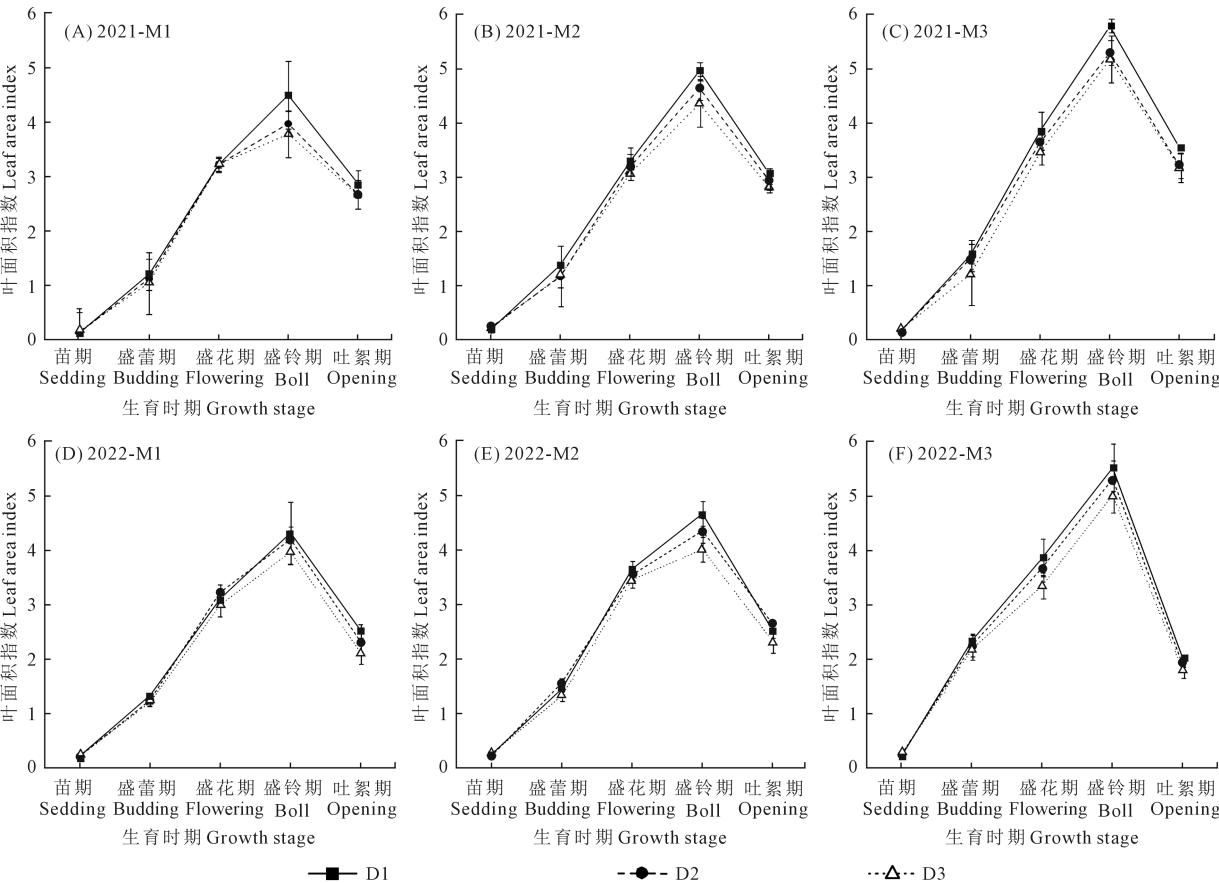


图 10 不同种植密度与缩节胺用量下棉花叶面积指数的变化

Fig.10 Variation of leaf area index of cotton under different planting densities and DPC dosage

表 6 不同处理下棉花产量及其构成因素

Table 6 Cotton yield and yield components at different treatments

| 年份<br>Year               | 处理<br>Treatment | 收获株数/(10 <sup>4</sup> · hm <sup>-2</sup> )<br>Number of harvested plants | 单铃重<br>Single bell weight/g | 单株铃数<br>Number of bells per plant | 籽棉产量<br>Seed cotton yield /(( kg · hm <sup>-2</sup> ) |           |
|--------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------|
| 2021                     | M1              | D1                                                                       | 15.00c                      | 6.09bc                            | 6.04bc                                                | 5528.45c  |
|                          |                 | D2                                                                       | 15.00c                      | 6.33a                             | 6.30ab                                                | 6016.88b  |
|                          |                 | D3                                                                       | 14.90c                      | 6.37a                             | 6.53a                                                 | 6244.71ab |
|                          | M2              | D1                                                                       | 18.20b                      | 5.93cd                            | 5.82cd                                                | 6428.04ab |
|                          |                 | D2                                                                       | 18.30b                      | 5.92cd                            | 5.95bc                                                | 6614.09a  |
|                          |                 | D3                                                                       | 18.78b                      | 6.18ab                            | 5.44de                                                | 6418.98ab |
|                          | M3              | D1                                                                       | 22.57a                      | 5.75d                             | 4.68f                                                 | 6142.85b  |
|                          |                 | D2                                                                       | 22.42a                      | 5.88d                             | 5.05ef                                                | 6255.26ab |
|                          |                 | D3                                                                       | 22.36a                      | 5.72d                             | 4.86f                                                 | 6073.17b  |
| 2022                     | M1              | D1                                                                       | 15.00c                      | 6.08bc                            | 6.61b                                                 | 5982.65d  |
|                          |                 | D2                                                                       | 15.00b                      | 6.39a                             | 7.08a                                                 | 6787.64bc |
|                          |                 | D3                                                                       | 15.00b                      | 6.31a                             | 6.92ab                                                | 6572.47bc |
|                          | M2              | D1                                                                       | 19.11b                      | 6.18ab                            | 5.73c                                                 | 6792.29bc |
|                          |                 | D2                                                                       | 19.80b                      | 6.20ab                            | 5.94c                                                 | 7339.48a  |
|                          |                 | D3                                                                       | 19.09b                      | 6.24ab                            | 5.34d                                                 | 6484.40c  |
|                          | M3              | D1                                                                       | 22.85a                      | 5.84d                             | 5.13d                                                 | 6831.80bc |
|                          |                 | D2                                                                       | 22.84a                      | 5.96cd                            | 5.22d                                                 | 7072.58ab |
|                          |                 | D3                                                                       | 22.85a                      | 5.79d                             | 4.50e                                                 | 6011.19d  |
| 变异来源 Source of variation |                 |                                                                          | 显著性 Significance            |                                   |                                                       |           |
| Y                        | ns              | ns                                                                       | *                           | ns                                |                                                       |           |
| M                        | * *             | * *                                                                      | * *                         | * *                               |                                                       |           |
| D                        | ns              | *                                                                        | *                           | *                                 |                                                       |           |
| M×D                      | ns              | ns                                                                       | ns                          | * *                               |                                                       |           |

中,低密度处理(M1)两年单铃重均值较中、高密度处理(M2、M3)分别增加 2.50%和 7.52%,单株铃数分别提升 2.30%和 7.63%。相同种植密度下,棉花单铃重随缩节胺用量的增加而增加,但持续增加(D2 到 D3)则增重效果不佳,差异不显著;单株铃数呈先升后降的趋势,D2 处理单株铃数最高,较 D1、D3 处理分别增加 2.41%和 0.27%。相同缩节胺用量下,棉花收获株数随着种植密度的增加而增加,籽棉产量则基本表现为先增后降,两年 M2 处理平均产量最高,且高于 M1 和 M3 处理平均值。M2D2 处理籽棉产量最高,两年产量分别达到 6 614.09 kg · hm<sup>-2</sup>和 7 339.48 kg · hm<sup>-2</sup>,较产量最低的 M1D1 分别增产 19.63%和 22.67%。

### 3 讨 论

合理密植是提高棉花产量的重要栽培技术之一。种植密度改变会引起棉田微环境的变化,而植株可通过调节自身的生物学形态结构而适应外界环境。前人研究表明,棉花株高及茎粗随种植密度的增加而降低<sup>[14-16]</sup>。而周永萍等<sup>[17]</sup>研究认为种植密度越大棉花株高越高。刘丽英等<sup>[12]</sup>和李林<sup>[18]</sup>认为缩节胺能抑制株高,增加茎粗,减少节间数,塑造合理株型。Mao 等<sup>[19]</sup>研究表明种植密度与缩节胺

用量互作对株高有显著影响,而对茎粗无显著影响。本研究表明,在 76 cm 等行距种植下,高密度和高缩节胺用量(M3D3)会抑制棉花的株高和茎粗,缩短节间长度;这与前人的研究结果基本一致,同时表明密度和缩节胺用量对作物基本农艺性状的影响具有普适性。

棉花果枝夹角能表征群体光能利用情况<sup>[20]</sup>。前人研究认为随着种植密度的提高,棉花果枝倾角减小但处理间差异不显著;同一节间果枝分化相对减少,果枝数减少,使果枝整体向内收缩生长,株宽减小,叶片之间的遮荫作用增强,降低了棉株个体单位面积内的光能截获与利用<sup>[21-23]</sup>。Gu 等<sup>[24]</sup>研究得出喷施缩节胺能显著矮化棉花植株,减少果枝数,促进枝叶伸展,果枝夹角向内倾斜,减小叶片间的遮荫作用,在高密度条件下对植株形态产生互补效应,进而调控棉花群体的光合效率,增加棉花产量。前人也得出相似的结论,认为缩节胺会降低果枝始节高度,对果枝始节位影响不大<sup>[10,25-26]</sup>,果枝始节位受品种的影响较大<sup>[27]</sup>。本研究认为,株宽、果枝数、果枝始节高度、主茎节间长度、果枝长度与密度和缩节胺用量显著相关,但密度和缩节胺用量互作效应较小,与前人研究基本一致。作物冠层结构会直接影响作物的收获难度与产量潜力。LAI 对

于构建合理的冠层结构具有重要作用,在一定范围内增加种植密度可以显著提高棉花群体叶面积指数,而增加缩节胺用量则会显著降低叶面积指数。但本研究发现 *LAI* 在高密度和低缩节胺用量(M3D1)下最大,与前人研究结果有差异,可能是因为 76 cm 播种方式下,高密度和低缩节胺用量的互作效应促进了群体叶面积增加,进而提高了叶面积指数。

棉花的籽棉产量由单铃重、单位面积总铃数决定<sup>[28]</sup>。而单铃重和成铃数不仅与环境有关,更与栽培措施紧密相连,尤其单株成铃特性具有较大可塑性<sup>[29]</sup>。种植密度和缩节胺用量是实现棉花高产的重要因素,种植密度增加会显著降低棉花单铃重,但单位面积铃数呈先升后降的趋势,从而使得籽棉产量也呈单峰曲线变化趋势<sup>[6,30]</sup>。适宜的缩节胺化控能够改善株型结构,增加铃重和成铃数,从而实现高产<sup>[31]</sup>。霍飞超等<sup>[32]</sup>认为种植密度与缩节胺用量对棉花籽棉产量有互作效应,同密度水平或同缩节胺用量下,籽棉产量呈先升后降的趋势。本研究结果也表明,M2D2 处理籽棉产量最高,两年产量分别达到 6 614.09 kg · hm<sup>-2</sup> 和 7 339.48 kg · hm<sup>-2</sup>,较产量最低的 M1D1 分别增产 19.63% 和 22.67%,促进了棉花产量形成。

## 4 结 论

两年田间试验表明,低种植密度下棉花果枝夹角大、果枝长,叶面积指数低,株型较为松散,适配缩节胺用量为 390~585 g · hm<sup>-2</sup> 可塑造合适株型;高种植密度下棉花株高下降,种间竞争大,叶面积指数高,植株过于紧凑,因此缩节胺用量在 195~390 g · hm<sup>-2</sup> 可塑造合适株型。当种植密度为 20.25×10<sup>4</sup> 株 · hm<sup>-2</sup>,缩节胺 390 g · hm<sup>-2</sup> 时,棉花株型结构最好,籽棉产量最高,2021 年和 2022 年分别达到 6 614.09 kg · hm<sup>-2</sup> 和 7 339.48 kg · hm<sup>-2</sup>,较产量最低处理(M1D1)分别增加 19.63% 和 22.67%,可以促进棉花增产。

## 参 考 文 献:

[1] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2021.  
National Bureau of Statistics.China statistical yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2021.

[2] 曹阳, 严玉萍, 冯振秀, 等. 北疆机采棉脱叶环节存在问题及改善途径[J]. 中国棉花, 2012, 39(11): 6-7.  
CAO Y, YAN Y P, FENG Z X, et al. Defoliation related problems and improvement methods of machine-picked cotton in Northern Xinjiang[J]. China Cotton, 2012, 39(11): 6-7.

[3] 辛明华,王占彪,韩迎春,等.新疆机采棉发展回顾、现状分析及措

施建议[J].中国农业科技导报,2021, 23(7):11-20.

XIN M H, WANG Z B, HAN Y C, et al. Review, status and measures of Xinjiang machine-picked cotton[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2021, 23(7): 11-20.

[4] 姜鸿君. 新疆库尔勒垦区机采棉(陆地棉)综合农艺关键技术的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2005.

JIANG H J. Study on key synthesize agronomy of cotton pick (upland cotton) in Kuerle Reclamation Area Xinjiang[D]. Beijing: China Agricultural University, 2005.

[5] 胡强. 阿拉尔垦区棉花适宜品种筛选及配套种植密度研究[D]. 阿拉尔: 塔里木大学, 2019.

HU Q. Screening of cotton varieties suitable for Alar Reclamation Area and study on matching planting density[D]. Alar: Tarim University, 2019.

[6] 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[J]. 南京农业大学学报, 2021, 44(5): 833-840.

WU F Q, LIN T, CHEN B L, et al. The impact of interaction between density and irrigation volume on yield of machine-harvested cotton with 76 cm equivalent row spacing and water use efficiency[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2021, 44(5): 833-840.

[7] 张旺锋, 王振林, 余松烈, 等. 种植密度对新疆高产棉花群体光合作用、冠层结构及产量形成的影响[J].植物生态学报,2004, 28(2):164-171.

ZHANG W F, WANG Z L, YU S L, et al. Effects of planting density on canopy photosynthesis, canopy structure and yield formation of high-yield cotton in Xinjiang, China[J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2004, 28(2): 164-171.

[8] 苏彩虹, 李永山, 王靖稳, 等. 棉花密植、化调、水肥综合配套高产栽培技术研究[J]. 棉花学报, 1993, 5(1): 57-64.

SU C H, LI Y S, WANG J W, et al. Studies on combined cultural techniques by higher planting density, growth regulators, application of fertilizer and irrigation for obtaining high yield in cotton[J]. Cotton Science, 1993, 5(1): 57-64.

[9] 王爱玉, 孔祥良, 张桂芝, 等. 不同种植密度对棉花产量及其相关性状的影响[J]. 山东农业科学, 2016, 48(12): 80-82.

WANG A Y, KONG X L, ZHANG G Z, et al. Influences of different planting densities on cotton yield and related properties[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2016, 48(12): 80-82.

[10] 李春梅, 李鹏程, 徐文修, 等. 密度对 76 cm 等行距机采棉生长发育及产量的影响[J]. 新疆农业大学学报, 2021, 44(1): 20-27.

LI C M, LI P C, XU W X, et al. The influence of density on growth and yield of cotton with equal row spacing of 76 cm[J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2021, 44(1): 20-27.

[11] 付慧杰, 薛国娟, 廖宝鹏, 等. 棉花苗蕾期喷施生长调节剂促早熟效应研究[J]. 棉花学报, 2020, 32(6): 561-568.

FU H J, XUE G J, LIAO B P, et al. Applying plant growth regulators at early stages affects maturation of cotton[J]. Cotton Science, 2020, 32(6): 561-568.

[12] 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.

LIU L Y, DAI M H, WU Z L. Effects of DPC on agronomic characters, yield, fiber quality of machine picked cotton in the Yellow River

- valley and chemical treatment technical research[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2018, 34(33): 38-42.
- [13] 石治鹏, 李敏, 林忠旭, 等. 缩节胺对棉花生长发育的调控效应研究进展[J]. 河南农业科学, 2017, 46(7): 1-8.
- SHI Z P, LI M, LIN Z X, et al. Research progress on regulating effect of DPC on cotton growth and development[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2017, 46(7): 1-8.
- [14] 崔延楠, 韩文婷, 聂志勇, 等. 不同密度下三种打顶方式对棉花株型结构及产量的影响[J]. 新疆农业科学, 2018, 55(11): 1968-1976.
- CUI Y N, HAN W T, NIE Z Y, et al. Effects of three topping methods on cotton plant type structure and yield at different densities[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2018, 55(11): 1968-1976.
- [15] 张娜, 冯璐, 马云珍, 等. 种植密度对新疆机采棉群体农艺特征和产量的影响[J]. 中国农业科技导报, 2021, 23(11): 172-180.
- ZHANG N, FENG L, MA Y Z, et al. Influence of planting density on the agronomic characteristics and yield of machine picked cotton in Southern Xinjiang [J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2021, 23(11): 172-180.
- [16] 李春艳, 张巨松, 向雁玲, 等. 密度与氮肥对机采棉生长特性及产量的影响[J]. 南京农业大学学报, 2018, 41(4): 633-639.
- LI C Y, ZHANG J S, XIANG Y L, et al. Effects of density and nitrogen fertilizer on growth characteristics and yield of cotton harvested by machine[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2018, 41(4): 633-639.
- [17] 周永萍, 田海燕, 崔瑞敏. 种植密度对 3 个棉花品种生长发育和产量品质的影响[J]. 农学学报, 2019, 9(12): 5-8.
- ZHOU Y P, TIAN H Y, CUI R M. Planting densities: effects on growth, yield and quality of 3 cotton varieties[J]. Journal of Agriculture, 2019, 9(12): 5-8.
- [18] 李林. 缩节胺调控方式对棉花农艺性状及产量影响研究[D]. 阿拉尔: 塔里木大学, 2016.
- LI L. Effects of DPC on agronomic characters and yield of cotton[D]. Aral; Tarim University, 2016.
- [19] MAO L L, ZHANG L Z, ZHAO X H, et al. Crop growth, light utilization and yield of relay intercropped cotton as affected by plant density and a plant growth regulator[J]. Field Crops Research, 2014, 155: 67-76.
- [20] 杜明伟, 冯国艺, 姚炎帝, 等. 杂交棉标杂 A1 和石杂 2 号超高产冠层特性及其与群体光合生产的关系[J]. 作物学报, 2009, 35(6): 1068-1077.
- DU M W, FENG G Y, YAO Y D, et al. Canopy characteristics and its correlation with photosynthesis of superhigh-yielding hybrid cotton Biaoza A1 and Shiza 2[J]. Acta Agronomica Sinica, 2009, 35(6): 1068-1077.
- [21] BEDNARZ C W, SHURLEY W D, ANTHONY W S, et al. Yield, quality, and profitability of cotton produced at varying plant densities [J]. Agronomy Journal, 2005, 97(1): 235-240.
- [22] 付文敏, 苏秀娟, 曲延英, 等. 种植密度对棉花常规制种产量和品质的影响[J]. 西北农业学报, 2015, 24(2): 79-83.
- FU W M, SU X J, QU Y Y, et al. Effects of planting density on seed yield and quality in conventional cotton breeding farm[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2015, 24(2): 79-83.
- [23] 戴茂华, 吴振良, 刘丽英, 等. 种植密度对棉花生育动态、产量和品质的影响[J]. 华北农学报, 2014, 29(增刊 1): 146-154.
- DAI M H, WU Z L, LIU L Y, et al. Influence of planting density on development, yield and quality of upland cotton[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2014, 29(S1): 146-154.
- [24] GU S H, EVERS J B, ZHANG L Z, et al. Using functional-structural plant modeling to explore the response of cotton to mepiquat chloride application and plant population density[C]//Proceedings of the 7th International Conference on Functional-Structural Plant Models, Saariskä; Finnish Society of Forest Science, 2013: 352-354.
- [25] ÇOPURO, DEMIREL U, KARAKUŞ M. Effects of several plant growth regulators on the yield and fiber quality of cotton (*Gossypium-hirsutum* L.)[J]. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 2010, 38(3): 104-110.
- [26] YAN W, LI F J, XU D Y, et al. Effects of row spacing, nitrogen and mepiquat chloride application on yield and spatio-temporal patterns of cotton bolls in the yellow river valley of China[J]. Agronomy Journal, 2021, 113(1): 61-74.
- [27] 李健伟, 吴鹏昊, 石洪亮, 等. 不同机采棉种植模式对棉花主要植株形态影响效应分析[J]. 干旱地区农业研究, 2018, 36(5): 82-87, 93.
- LI J W, WU P H, SHI H L, et al. Characteristics of plant morphological parameters and correlation analysis for machine picking cotton in the different planting models[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2018, 36(5): 82-87, 93.
- [28] 李鹏程, 郑苍松, 孙森, 等. 土壤全氮含量和氮肥种类对棉花产量和氮素吸收的影响[J]. 中国棉花, 2019, 46(11): 14-19.
- LI P C, ZHENG C S, SUN M, et al. Effects of total nitrogen content of soil and different nitrogen fertilizer on cotton yield and nitrogen uptake[J]. China Cotton, 2019, 46(11): 14-19.
- [29] 杨长琴, 张国伟, 刘瑞显. 种植密度与缩节胺(DPC)对麦后直播机采棉产量和品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(6): 1288-1293.
- YANG C Q, ZHANG G W, LIU R X. Effects of planting density and dimethyl piperidinium chloride (DPC) on yields and fiber qualities of machine picked cotton after barley harvesting[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2016, 32(6): 1288-1293.
- [30] 邢晋, 张思平, 赵新华, 等. 种植密度和缩节胺互作对棉花株型及产量的调控效应[J]. 棉花学报, 2018, 30(1): 53-61.
- XING J, ZHANG S P, ZHAO X H, et al. Interaction of plant density with mepiquat chloride affects plant architecture and yield in cotton [J]. Cotton Science, 2018, 30(1): 53-61.
- [31] 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[J]. 应用生态学报, 2012, 23(5): 1286-1294.
- FENG G Y, YAO Y D, LUO H H, et al. Canopy light distribution and its correlation with photosynthetic production in super-high yielding cotton fields of Xinjiang, Northwest China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2012, 23(5): 1286-1294.
- [32] 霍飞超, 李鹏程, 李运海, 等. 棉花 1 膜 3 行模式下密度和缩节胺用量优化组合[J]. 新疆农业科学, 2020, 57(6): 1039-1048.
- HUO F C, LI P C, LI Y H, et al. Preliminary study on the optimal combination of cotton density and mepiquat chloride application rate under the planting mode of one film with three rows in Southern Xinjiang[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2020, 57(6): 1039-1048.