

胡启星,刘 帅,白志刚,等. 种植密度对长江流域直播棉花成铃分布及产量品质的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(13):124-128.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.13.020

# 种植密度对长江流域直播棉花成铃分布 及产量品质的影响

胡启星<sup>1</sup>, 刘 帅<sup>1</sup>, 白志刚<sup>1</sup>, 孙巨龙<sup>1</sup>, 刘 婷<sup>2</sup>, 崔爱花<sup>1</sup>

(1. 江西省棉花研究所,江西九江 332105; 2. 江西农业大学农学院,江西南昌 330045)

**摘要:**研究不同密度群体棉花成铃分布、叶面积指数(LAI)、干物质量及产量品质的差异,为长江流域直播棉花选择适宜的耕作方式提供理论参考。结果表明,随着种植密度的增加,棉花单株果枝数和脱落数均呈显著减少的趋势,株高和始果枝位变化不明显;不同种植密度处理的 LAI 随生育时期的推进均呈先升高再降低的趋势,8.25 万株/hm<sup>2</sup> 处理在生育后期仍能保持较高的 LAI;单位面积的内围和中上部成铃数、干物质量、地下部分干物质量、地上部营养器官和生殖器官干物质量均随密度的增加呈逐渐升高的趋势,而外围和下部成铃数呈先升高再降低的趋势,以 6.00 万株/hm<sup>2</sup> 处理时最高;随着种植密度的增加,籽棉产量呈先增后降的趋势,8.25 万株/hm<sup>2</sup> 处理的产量最高,为 3 963.0 kg/hm<sup>2</sup>;棉花上半部平均长度、整齐度指数随种植密度的增加呈略微增加的趋势,断裂比强度、马克隆值、伸长率的变化不明显。总体来看,6.00 万~8.25 万株/hm<sup>2</sup> 是长江流域直播棉花较为适宜的种植密度。

**关键词:**直播棉花;种植密度;成铃分布;产量;纤维品质

**中图分类号:**S562.04 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)13-0124-05

棉花是我国重要的经济作物,在国民生产总值中占有举足轻重的地位<sup>[1]</sup>。不同的种植密度在棉花生产栽培中具有重要意义,是专家学者调节棉花群体质量与产量的重要方式<sup>[2]</sup>。合理密植可以调控单位面积铃数与铃质量,更好地利用土壤肥力、空间和光能,从而使得棉花个体正常发育和群体良好发展<sup>[3-4]</sup>。

针对棉花种植密度的试验研究国内外已有诸多文献报道,但由于试验地区、品种和设计的差异,使得结论不尽相同。晏平等认为,湖南地区短季直播栽培棉花密度为 12 万株/hm<sup>2</sup> 时籽棉产量最高<sup>[5]</sup>;而刘晓飞等在江苏省用中棉所 50 为材料直播,认为麦后直播棉密度在 9 万株/hm<sup>2</sup> 时,产量达到最高<sup>[6]</sup>。种植密度对棉花的叶面积、群体冠层温

湿度及光分布均有影响,密度过高或过低均不利于高产<sup>[7]</sup>。同时施肥、播种期以及化控等措施均会对棉花适宜种植密度产生影响<sup>[8-10]</sup>。

长江流域棉花种植主要以移栽为主,直播相对来说较少<sup>[11]</sup>,但是改套种或移栽转变为夏棉直播,建立麦(油)后早熟直播技术是非常有必要的<sup>[12]</sup>。本试验以中棉 425 为试验品种,研究 6 个种植密度水平下棉花的农艺性状、空间成铃分布、产量和纤维品质的差异,旨在为长江流域棉花机械化种植提供理论参考与技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区域概况

2020 年在江西省棉花研究所试验基地(29°42'N, 115°51'E)开展试验,供试品种为中棉 425,土壤类型为壤质灰潮土,0~20 cm 耕层土壤有机质含量为 14.9 g/kg,全氮含量为 1.0 g/kg,速效磷含量为 61.0 mg/kg,速效钾含量为 253.0 mg/kg。

### 1.2 试验设计

试验于 5 月 20 日进行开沟直播,行间距为 0.76 m,小区面积为 68.4 m<sup>2</sup>。采用随机区组设计,共设置 6 个种植密度,分别为 D1(1.50 万株/hm<sup>2</sup>)、D2(3.75 万株/hm<sup>2</sup>)、D3(6.00 万株/hm<sup>2</sup>)、D4

收稿日期:2021-09-08

基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-15-38);江西省农业农村厅科技计划(编号:赣农办字[2017]56、赣农厅办函[2019]76号)。

作者简介:胡启星(1992—),男,江西九江人,硕士,研究实习员,主要从事棉花栽培及生理生态研究工作。E-mail:18720978984@163.com。

通信作者:崔爱花,博士,副研究员,主要从事棉花栽培及生理生态研究工作。E-mail:49856861@qq.com。

(8.25 万株/hm<sup>2</sup>)、D5 (10.50 万株/hm<sup>2</sup>)、D6 (12.75 万株/hm<sup>2</sup>), 设3次重复。田间管理措施与当地棉花生产管理方式相同。

### 1.3 测定项目及方法

**1.3.1 农艺性状调查** 在播种后30、50、70、90、110、130 d 分别开展棉花植株取样工作, 每个小区取代表性棉株2株, 3次重复。把各个小区棉叶平整无重叠地放置在白色底板上, 用固定高度的Microsoft 摄像头拍照, 采用Image Pro Plus 6.0 软件计算棉树叶面积(leaf area, 简称LA), 根据小区面积与实收棉花株数计算得出叶面积指数(leaf area index, 简称LAI)<sup>[11]</sup>; 按照根、茎、叶、生殖器官等部位将棉株分解并放置于烘箱内, 105℃杀青0.5 h, 80℃烘干至质量恒定后, 对棉花各部位干物质进行称质量并记录。于9月15日, 在每个小区内选择长势均匀一致、连续的10株棉花, 对株高、始果枝位、果枝数、脱落数等指标开展调查。

**1.3.2 棉花产量及其构成** 于棉花收获前选定连续生长的10株棉花进行调查, 统计单株铃数, 并按小区整株收获100铃, 测定铃质量。用自动轧花机获取皮棉后, 计算衣分。

**1.3.3 棉花纤维品质** 在100铃皮棉中抽取样品约25 g, 送至农业农村部棉花品质监督检验测试中心测定纤维品质。

### 1.4 数据分析

第1至第4果枝铃统计为下部铃, 第5至第8果枝铃统计为中部铃, 第9果枝及以上为上部铃; 以第1至第2果节铃为内围铃, 第3果节及以外的铃为外围铃, 对棉花结铃垂直和水平分布分别进行统计<sup>[13]</sup>。相关数据使用Microsoft Excel 2016 录入和整理, 采用SPSS 19.0 软件进行数据统计分析。采用单因素方差分析和Duncan's 新复极差法进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 种植密度对棉花农艺性状的影响

#### 2.1.1 种植密度对棉花单株成铃及株高的影响

由表1可知, 种植密度对棉花单株果枝数和脱落数有显著影响, 随着种植密度的增加, 单株果枝数和脱落数均显著减少。D1处理果枝数达到18.0个/株, 比D6处理多29.5%。但是D1处理单株脱落数最多, 为48.9个/株; D6处理单株脱落数最少, 为22.9个/株。种植密度对株高和始果枝位的影响不

显著, 整体上随种植密度的增加, 株高呈降低的趋势, 但D6处理株高较高; 不同种植密度处理棉花始果枝位差异不显著, 均在5.2节以上, 高密度处理始果枝位相对较高。

表1 种植密度对棉花单株成铃及株高的影响

处理	密度 (万株/hm <sup>2</sup> )	果枝数 (个/株)	脱落数 (个/株)	株高 (cm)	始果枝位 (节)
D1	1.50	18.0a	48.9a	124.3a	5.2a
D2	3.75	16.4ab	41.0ab	117.5a	5.4a
D3	6.00	16.5ab	37.3abc	112.7a	5.4a
D4	8.25	14.9bc	30.3bcd	106.1a	5.2a
D5	10.50	13.6c	25.6cd	107.4a	5.6a
D6	12.75	13.9c	22.9d	112.9a	5.6a

注: 同列数据后不同小写字母表示各处理在0.05水平上差异显著。表4至表6同。

**2.1.2 种植密度对棉花叶面积指数的影响** 从图1可知, 种植密度对棉花LAI有明显影响。随播种后时间的推迟, LAI均呈先升高再降低的趋势, 且与种植密度呈正相关关系。D4处理在生育后期仍能保持较高的LAI, 而其他处理在生育后期均呈下降的趋势。

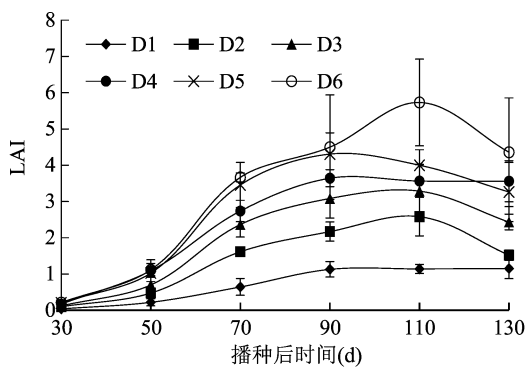


图1 种植密度对棉花LAI的影响

#### 2.1.3 种植密度对棉花结铃分布的影响

##### 2.1.3.1 种植密度对棉花结铃水平分布的影响

由表2可知, 随着种植密度的增加, 单株内围成铃数整体呈降低的趋势, 而单位面积的内围成铃数整体呈升高的趋势, 内围铃占总成铃数的比例呈升高的趋势。单株内围成铃数以低密度D1处理最多, 为12.9万个/hm<sup>2</sup>, 高密度D5处理仅有5.5万个/hm<sup>2</sup>。但是单位面积的内围成铃数以D6处理最多, 达到93.1万个/hm<sup>2</sup>, 而D1处理仅为19.4万个/hm<sup>2</sup>。D6处理内围铃占总成铃数的比例高达78.6%, 而D1处理为33.4%。随着种植密度的增加, 单株外围成铃数呈降低的趋势, 而单位面积的外围成铃数

呈先升高再降低的趋势,其中 D3 处理最高,为 47.4 万个/hm<sup>2</sup>,外围铃占总成铃数的比例呈降低的趋势。单株外围成铃数以 D1 处理最多,为

25.7 个/株,D6 处理最少,仅为 2.0 个/株。外围铃占总成铃数的比例以 D1 处理最高,为 66.6%,D6 处理最低,为 21.4%。

表 2 种植密度对棉花结铃水平分布的影响

处理	内围铃			外围铃		
	单株成铃数 (个/株)	成铃数 (万个/hm <sup>2</sup> )	占总成铃数 的比例(%)	单株成铃数 (个/株)	成铃数 (万个/hm <sup>2</sup> )	占总成铃数 的比例(%)
D1	12.9	19.4	33.4	25.7	38.6	66.6
D2	10.4	39.0	46.4	12.0	45.0	53.6
D3	9.3	55.8	54.0	7.9	47.4	46.0
D4	7.2	59.4	64.3	4.0	33.0	35.7
D5	5.5	57.8	64.7	3.0	31.5	35.3
D6	7.3	93.1	78.6	2.0	25.5	21.4

### 2.1.3.2 种植密度对棉花结铃垂直分布的影响

由表 3 可知,单株上部、中部、下部成铃数均随种植密度的增加整体呈降低的趋势,均是 D1 处理成铃数最多,分别为 19.0、10.2、9.3 个/株;而中部单位面积成铃数呈不断升高的趋势,以 D6 处理最多,为 43.4 万个/hm<sup>2</sup>;下部单位面积成铃数则整体表现为先升再降的趋势,其中 D3 处理最高,为 22.8 万个/hm<sup>2</sup>,

上部单位面积成铃数整体呈不断升高的趋势,D6 处理最高,达到 58.7 万个/hm<sup>2</sup>;中部铃占总成铃数的比例整体呈升高的趋势,高密度的 D5 处理比低密度的 D1 处理高 11.1 百分点。下部铃占总成铃数的比例整体呈降低的趋势,其中低密度的 D2 处理比高密度的 D6 处理高 11.1 百分点,而上部铃占总成铃数的比例变化规律不明显。

表 3 种植密度对棉花结铃垂直分布的影响

处理	下部铃			中部铃			上部铃		
	单株成铃数 (个/株)	成铃数 (万个/hm <sup>2</sup> )	占总成铃数 的比例(%)	单株成铃数 (个/株)	成铃数 (万个/hm <sup>2</sup> )	占总成铃数 的比例(%)	单株成铃数 (个/株)	成铃数 (万个/hm <sup>2</sup> )	占总成铃数 的比例(%)
D1	9.3	14.0	24.2	10.2	15.3	26.5	19.0	28.5	49.3
D2	5.6	21.0	25.1	6.4	24.0	28.7	10.3	38.6	46.2
D3	3.8	22.8	22.3	4.9	29.4	28.8	8.4	50.4	48.9
D4	1.9	15.7	16.9	3.6	29.7	32.2	5.7	47.0	50.9
D5	1.3	13.7	15.3	3.2	33.6	37.6	4.0	42.0	47.1
D6	1.3	16.6	14.0	3.4	43.4	36.5	4.6	58.7	49.5

2.1.4 种植密度对棉花干物质质量的影响 由表 4 可知,种植密度对单株干物质质量和单位面积干物质质量均有显著影响。除了 D4 处理,其他处理间表现为随着种植密度增加,单株干物质质量、地下部分干物质质量、地上部营养器官和生殖器官干物质质量均显著降低,均是以 D1 处理最大,分别为 374.9、28.0、132.5、214.5 g/株。而单位面积干物质质量、地下部分干物质质量、地上部营养器官和生殖器官干物质质量均显著升高,均是 D6 处理最大,分别为 16 137.5、1 629.7、6 571.4、7 936.5 kg/hm<sup>2</sup>。D4 处理的单株和单位面积干物质质量均较高,有不错的产量潜力。

### 2.2 种植密度对棉花产量及其构成因子的影响

由表 5 可知,随着种植密度的增加,籽棉产量呈

显著先增后降的趋势,D4 处理的产量最大,为 3 963.0 kg/hm<sup>2</sup>,比 D1、D2、D3、D5、D6 处理分别高 85.8%、26.1%、8.8%、12.9%、22.1%。单株铃数呈显著降低的趋势,D1 处理最多,为 38.6 个/株,而 D6 处理仅有 8.5 个/株。种植密度对铃质量和衣分的影响均不显著。

### 2.3 种植密度对棉花纤维品质的影响

从表 6 可知,上半部平均长度整体呈增加的趋势,D6 处理最长,显著高于 D1 ~ D4 处理,分别高 4.7%、3.2%、3.2%、3.9%;D6 处理的整齐度指数较高,显著高于 D2 处理 1.4%,整齐度指数整体上也呈增加的趋势;种植密度对棉花断裂比强度、马克隆值、伸长率没有显著影响。总的来说,种植

表 4 种植密度对棉花吐絮期干物质质量的影响

处理	总干物质质量		地下部干物质质量		地上部营养器官干物质质量		地上部生殖器官干物质质量	
	单株 (g/株)	单位面积 (kg/hm <sup>2</sup> )	单株 (g/株)	单位面积 (kg/hm <sup>2</sup> )	单株 (g/株)	单位面积 (kg/hm <sup>2</sup> )	单株 (g/株)	单位面积 (kg/hm <sup>2</sup> )
D1	374.9a	5 623.2b	28.0a	419.2c	132.5a	1 987.0c	214.5a	3 217.0c
D2	210.3b	7 886.3b	19.2b	719.8b	73.9b	2 769.9c	117.2b	4 396.6bc
D3	153.9c	9 235.2b	15.9cd	951.4b	60.0bc	3 602.4bc	78.0c	4 681.4bc
D4	174.6bc	1 4404.6a	18.5bc	1 526.4a	66.0bc	5 442.4a	90.1bc	7 435.9a
D5	124.5c	13 076.0a	13.4d	1 401.8a	49.0c	5 145.2ab	62.2c	6 529.1ab
D6	126.6c	16 137.5a	12.8d	1 629.7a	51.5c	6 571.4a	62.3c	7 936.5a

表 5 种植密度对棉花产量及产量构成因子的影响

处理	籽棉产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	单株铃数 (个/株)	铃质量 (g)	衣分 (%)
D1	2 133.3d	38.6a	5.1a	40.9a
D2	3 143.9c	22.4b	5.2a	40.8a
D3	3 641.8b	17.2c	5.3a	40.4a
D4	3 963.0a	11.2d	5.1a	40.4a
D5	3 511.5b	9.3d	5.1a	41.1a
D6	3 245.8c	8.5d	4.9a	41.1a

表 6 种植密度对棉花纤维品质的影响

处理	上半部平均 长度(mm)	整齐度 指数(%)	断裂比强度 (cN/tex)	马克隆值	伸长率 (%)
D1	27.7b	84.4ab	32.4a	5.5a	6.8a
D2	28.1b	83.9b	31.9a	5.6a	6.8a
D3	28.1b	84.4ab	31.7a	5.4a	6.8a
D4	27.9b	84.5ab	31.1a	5.5a	6.8a
D5	28.3ab	84.5ab	31.1a	5.3a	6.8a
D6	29.0a	85.1a	31.4a	5.5a	6.8a

密度对棉花纤维品质影响不大。

### 3 讨论

不同种植密度的棉花单株所占空间不同,植株间对光、热、水、气、肥的吸收不同,使得棉花有不同的群体结构<sup>[14]</sup>。本试验结果表明,随着种植密度的增加,棉花单株果枝数和脱落数显著减少,这与胡启星等的研究结果<sup>[15]</sup>一致。种植密度对棉花株高影响不显著,这与周永萍等的研究结果<sup>[13,16]</sup>不尽相同,可能由于 2020 年试验地区雨水较多,各种种植密度的植株株高均增长迅速导致。密度对始果枝位的影响不显著,可能是因为果枝形成和发育是在棉花幼苗期,此时植株间空间都比较大,没有影响始果枝位<sup>[16]</sup>。适宜的叶面积指数或者在一定范围内

适当增大叶面积指数是作物获得较高产量不可或缺的条件<sup>[17]</sup>。王全九等研究认为,棉花的叶面积指数与产量呈二次回归函数关系,因此优化控制棉花植株营养生长与生殖生长的关系,对棉花产量的提高具有重要意义<sup>[18]</sup>。本试验中 LAI 随播种后时间的推迟均呈先升高再降低的趋势,8.25 万株/hm<sup>2</sup> 处理在生育后期仍能保持较高的 LAI,因此也具有最高的产量,这与刘帅等的研究结果<sup>[11]</sup>相似。

低密度处理的单株铃数大于中、高密度处理,高密度处理的单位面积铃数较高,但是并非密度越大产量越高,当密度达到一定程度时,密度过高反而产量会降低<sup>[19]</sup>。本研究结果表明,随着种植密度的增加,单位面积的内围和中上部成铃数整体呈升高的趋势;单位面积的外围和下部成铃数呈先升高再降低的趋势,以 6.00 万株/hm<sup>2</sup> 处理时最高。种植密度显著影响棉铃的时空分布,主要影响内围铃和外围铃的分布,随种植密度的增加,产量向内围集中<sup>[20]</sup>。6.00 万株/hm<sup>2</sup> 和 8.25 万株/hm<sup>2</sup> 处理外围和下部成铃数最多,并有着不错的内围和中上部成铃数,为最终产量提供了成铃数的保障。本研究结果表明,随着种植密度的增加,单位面积干物质质量、地下部分干物质质量、地上部营养器官和生殖器官干物质质量均显著升高,这与肖荧南等的研究结果<sup>[21]</sup>一致,各时期单位面积干物质质量,低密度比中、高密度的低,并认为随生育期的推迟差异变得更大,主要是在开花期后会出现较为明显的差异。

合理密植能充分协调作物生长发育与环境、营养生长与生殖生长、个体与群体的关系,达到充分利用空间、光能、地力,为棉花的高产提供物质基础<sup>[22-23]</sup>。单位面积株数、单株铃数、单铃质量和衣分共同决定了棉花的产量。增加种植密度会使产量增长,但是如果密度过大,当单株产量的下降带来的损失大于增加密度带来的群体收益时,最终产量就

会降低<sup>[24]</sup>。本研究结果表明,随着种植密度的增加,籽棉产量呈显著先增后降的趋势,8.25万株/hm<sup>2</sup>处理的产量达到最大。因为既保证了适宜的高密度群体,又有较高的单株铃数,从而获得了较高的产量。

棉花种植密度对纤维品质的影响,因地域、气候条件、栽培措施等的不同,研究结果差异较大。熊宗伟等认为,品种对棉花品质的影响远大于外界环境和栽培措施的影响<sup>[25]</sup>。本研究结果与其类似,种植密度对棉花纤维品质影响不大,随着种植密度的增加,棉花上半部平均长度、整齐度指数呈稍微增加的趋势,种植密度对断裂比强度、马克隆值、伸长率的影响不显著。上半部平均长度、整齐度指数的差异可能与气候、栽培措施的不同等有关。

#### 4 结论

随着种植密度的增加,棉花单株果枝数和脱落数均呈显著减少的趋势,株高和始果枝位变化不明显;不同种植密度处理的LAI随生育时期的推进均呈先升高再降低的趋势,8.25万株/hm<sup>2</sup>处理在生育后期仍能保持较高的LAI;单位面积的内围和中上部成铃数、干物质量、地下部分干物质量、地上部营养器官和生殖器官干物质量均随种植密度的增加呈逐渐升高的趋势,而外围和下部成铃数呈先升高再降低的趋势,以6.00万株/hm<sup>2</sup>处理时最高;随着种植密度的增加,籽棉产量呈先增后降的趋势,8.25万株/hm<sup>2</sup>处理的产量最高,为3963.0 kg/hm<sup>2</sup>;棉花上半部平均长度、整齐度指数随种植密度增加呈略微增加趋势,断裂比强度、马克隆值、伸长率的变化不明显。总体来看,6.00万~8.25万株/hm<sup>2</sup>是长江流域直播棉花较为适宜的种植密度,更有利于棉花的成铃分布及产量的提升。

#### 参考文献:

- [1] 代英男,马一学,陈金湘,等. 棉花干物质积累特征及其影响因素[J]. 安徽农业科学,2015,43(27):6-7,10.
- [2] 牛玉萍,陈宗奎,杨林川,等. 干旱区滴灌模式和种植密度对棉花生长和产量性能的影响[J]. 作物学报,2016,42(10):1506-1515.
- [3] 邓福军,林海,韩焕勇,等. 北疆棉花合理密植技术及其机制[J]. 西北农业学报,2011,20(7):112-117.
- [4] 支晓宇,毛树春,韩迎春,等. 密度对棉花产量及棉铃内部产量构成的影响[J]. 棉花学报,2015,27(3):216-222.
- [5] 晏平,刘皓然,郭指君,等. 湖南地区短季直播栽培模式下密度对棉花产量和品质的影响[J]. 棉花科学,2019,41(3):21-28.
- [6] 刘晓飞,王卫军,崔小平,等. 播期、密度对麦后直播棉产量和干物质质量的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(22):81-86.
- [7] 田绍仁,张丽娟,夏绍南,等. 不同密度对棉花群体冠层结构及微环境的影响[J]. 江西棉花,2009,31(5):17-21.
- [8] Boquet D J. Cotton in ultra-narrow row spacing: plant density and nitrogen fertilizer rates[J]. Agronomy Journal,2005,97(1):279-287.
- [9] 张丽娟,夏绍南,李永旗,等. 播期和密度对鄱阳湖植棉区不同熟性棉花品种产量和品质的影响[J]. 湖北农业科学,2020,59(15):20-24.
- [10] 任晓明,杜明伟,田晓莉,等. 种植密度、缩节胺及脱叶催熟剂对黄河流域棉区棉花产量和早熟性的影响[C]//中国棉花学会. 中国棉花学会2012年年会暨第八次代表大会论文汇编. 运城,2012:184.
- [11] 刘帅,李亚兵,白志刚,等. 种植密度对长江流域直播棉花群体生长的影响[J]. 江西农业学报,2020,32(10):1-6,39.
- [12] 张友昌,冯常辉,别墅,等. 长江流域棉花机械化生产现状与发展建议[J]. 中国棉花,2020,47(9):1-4.
- [13] 周永萍,杜海英,田海燕,等. 不同种植密度对棉花生长结铃及产量品质的影响[J]. 干旱区资源与环境,2018,32(4):95-99.
- [14] 王延琴,崔秀稳,潘学标,等. 棉花株间竞争对光能利用率和生长发育影响的研究[J]. 中国棉花,1999,26(8):19-21.
- [15] 胡启星,刘帅,白志刚,等. 中棉425在长江流域棉区适宜的直播密度研究[J]. 棉花科学,2020,42(6):13-18.
- [16] 王燕,王树林,张谦,等. 机采棉主要农艺性状与密度相关性分析[J]. 作物杂志,2019(6):66-70.
- [17] Board J E. Soybean cultivar differences on light interception and leaf area index during seed filling[J]. Agronomy Journal,2004,96(1):305.
- [18] 王全九,王康,苏李君,等. 灌溉施氮和种植密度对棉花叶面积指数与产量的影响[J]. 农业机械学报,2021,52(12):300-312.
- [19] 陈超,潘学标,张立祯,等. 种植密度对棉花产量构成、成铃和棉铃性状分布的影响[J]. 中国棉花,2012,39(1):16-21.
- [20] 董合忠,李振怀,罗振,等. 密度和留叶枝对棉株产量的空间分布和熟相的影响[J]. 中国生态农业学报,2010,18(4):792-798.
- [21] 肖荧南,谢光辉,郭向东,等. 不同栽培密度下棉花干物质积累的模拟[J]. 北京农业大学学报,1993,19(1):17-25.
- [22] 史伟. 种植密度对棉花干物质积累与分配及产量品质的影响[D]. 南京:南京农业大学,2012.
- [23] 高进,蔡立旺,施洋,等. 江苏沿海地区播期与密度对早熟棉产量和品质的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(22):62-66.
- [24] 兰宏亮. 东北春玉米密度对根系质量的影响与化学调控机理研究[D]. 北京:中国农业科学院,2011.
- [25] 熊宗伟,顾生浩,毛丽丽,等. 中国棉花纤维品质和气候因子的空间分布特征[J]. 应用生态学报,2012,23(12):3385-3392.