

不同机采棉行距配置对棉花生长发育及光合物质生产的影响

徐新霞^{1,2}, 雷建峰¹, 高丽丽¹, 郑 慧¹, 李 淦¹,
王立红¹, 锁忠程¹, 李 君¹, 张巨松¹

(1. 新疆农业大学农学院/教育部棉花工程研究中心, 新疆 乌鲁木齐 830052;

2. 新疆巴州农业技术推广中心, 新疆 库尔勒 841000)

摘 要: 以新陆早 32 号为供试材料, 在新疆自然生态环境下研究不同机采棉行距配置 (66 + 10 cm, 72 + 4 cm) 对棉花生长发育及其光合物质生产的影响。结果表明: 72 + 4 模式利于棉花前期生长, 因其地膜覆盖率高, 采光面积大, 地温高; 66 + 10 模式利于棉花中后期的生长, 因其通风透光性强; 其中 66 + 10 模式与 72 + 4 模式相比, 棉花生育时期提前 3 d, 株高高出 72 + 4 模式 15.66%, 叶片多于 72 + 4 模式 13.53%, 两者差异达到显著水平, 以此为基础, 66 + 10 模式下棉花营养生长和生殖生长得到有效合理的协调, 并促进了生殖器官干物质的积累, 且因中后期的通风透光性强, 提高了外围铃比例, 为增产做贡献。

关键词: 机采棉; 行距配置; 生长发育; 光合物质

中图分类号: S562 **文献标志码:** A

Effects of different row spacing patterns on growth and photosynthetic production of machine-harvested cotton

XU Xin-xia^{1,2}, LEI Jian-feng¹, GAO Li-li¹, ZHENG Hui¹, LI Gan¹, WANG Li-hong¹,
SUO Zhong-cheng¹, LI Jun¹, ZHANG Ju-song¹

(1. Research Center of Cotton Engineering, Ministry of Education/College of Agronomy,

Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China;

2. Center of Bazhou Agricultural Technology Extension, Korla, Xinjiang 841000, China)

Abstract: Selecting Xinluzao 32 as experimental material, the effects of different row spacing patterns (66 + 10 cm, 72 + 4 cm) on growth and photosynthetic production of machine-harvested cotton were studied under the natural ecological environment in Xinjiang. The results showed that the 72 + 4 pattern was advantageous to cotton growth in early period, because of the high coverage of plastic film, large lighting area and high soil temperature, whereas the 66 + 10 pattern was in favor of cotton growth in late period, because of its advantages in ventilation and transmission of light. Compared with 72 + 4 pattern, the 66 + 10 pattern brought forward growth period by 3 days, raised plant height by 15.66%, and increased leaves by 13.53% with a significant level. Therefore, the 66 + 10 pattern could coordinate vegetative and reproductive growth of cotton effectively, promote dry matter accumulation in reproductive organs, increase proportion of peripheral bolls, and thus make a contribution to high yield.

Keywords: machine-harvested cotton; row spacing pattern; growth; photosynthetic production

棉花作为主要经济作物, 不仅在国家和地方农业产值中占有重要地位, 而且是棉农家庭收入的主要来源, 对推动农村经济发展作用显著。然而棉花生产总的效率仍然较低, 收获环节是劳动强度最

大、耗费人力最多、投入成本最高的环节, 已经成为影响棉花生产的瓶颈^[1-3]。因此, 实施机采棉收获技术是棉花生产发展的必然趋势^[4-6]。机采棉农艺技术是机采棉作业中最关键的一个环节, 其综合配

收稿日期: 2015-11-13

基金项目: 机采棉高效生产关键技术研究示范 (2014BAD09B00)

作者简介: 徐新霞 (1989—), 女, 新疆库尔勒人, 硕士研究生, 研究方向为棉花高产栽培。E-mail: xjndxxx@163.com。

通信作者: 张巨松 (1963—), 男, 江苏江都人, 教授, 硕士生导师, 研究方向为作物高产栽培生理生态。E-mail: xjndzjs@163.com。

套技术主要包括株行距配置方式、品种筛选、灌溉技术、施肥技术、打顶技术、病虫害防治技术及脱叶催熟技术^[7],而影响机械化采棉的关键技术主要是株行距配置方式。棉花的生长发育受品种遗传特性、环境条件和栽培措施等因素的共同影响,其中,栽培措施对棉花的生长发育具有重要的作用。近年来,前人在水^[8-10],肥^[11-16],调节剂^[17-18]等栽培措施上对棉花生长发育进行了研究,但有关机采棉行距配置对棉花生长发育及其干物质的研究还鲜有报道;本研究在新疆自然生态环境下进行,从分析不同机采棉行距配置下棉花的生长发育及其干物质积累入手,找出行距配置对棉花生长发育的影响及棉株干物质积累的规律,为新疆适宜的机采棉行距配置提供相应的理论依据与数据分析。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2014 年 4—10 月在新疆昌吉州玛纳斯县六户地镇陈家渠村进行。采用随机区组试验设计,棉花供试品种为新陆早 32 号。试验设 2 个处理

(行距配置):66 + 10 cm、72 + 4 cm,株距为 9.5 cm,理论密度 27.7 万株·hm⁻²。机械铺膜播种,采用幅宽 2.05 m 膜覆盖,一膜 6 行,每小区 2 膜 12 行,小区面积为 4.76 × 20 = 95.2 m²,重复 3 次。总施尿素 675 kg·hm⁻²,磷酸二铵 180 kg·hm⁻²,硫酸钾 360 kg·hm⁻²,其中基施尿素 150 kg·hm⁻²,磷酸二铵 180 kg·hm⁻²,硫酸钾 150 kg·hm⁻²,其余随水滴施。4 月 25 日人工播种,4 月 10 日浇头水,全生育期共 6 次滴水,总滴灌量为 3 300 m³·hm⁻²,其他田间管理同大田。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 地温 使用 MicroteLite5016P-PH U 盘式温湿度记录仪(地温计),自播种至盛铃期前,监测地温,30 min 记录一次,仪器埋于边行距两侧棉株 7 cm,深 5 cm 处,重复 3 个。

1.2.2 生育进程 出苗:50%的棉苗 2 片子叶出土平展的日期。

三叶:50%的棉苗有 3 片真叶的日期。

现蕾:棉株第一果枝叶腋出现三角花苞长 3 mm 时为现蕾,全区现蕾达到 50%的日期。

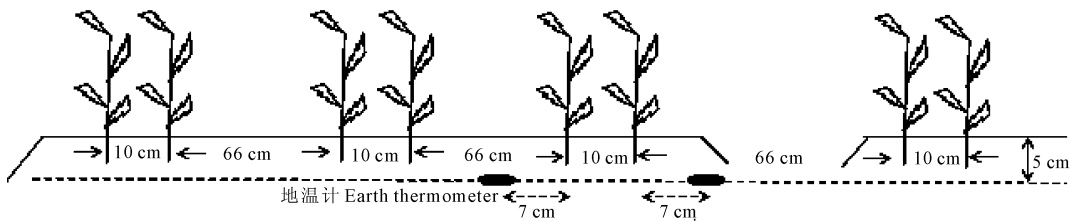


图 1 66 + 10 cm 行距配置模式图
Fig.1 The 66 + 10 cm row spacing pattern

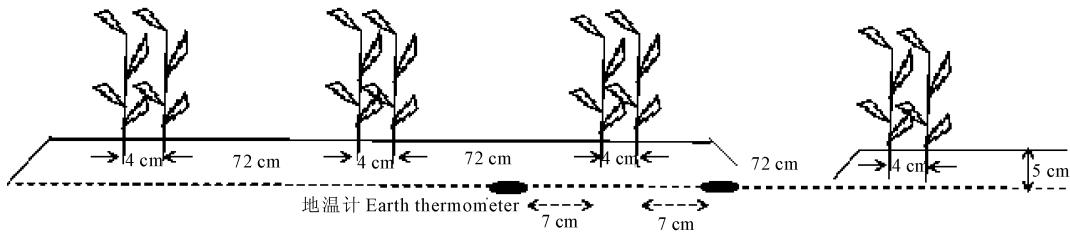


图 2 72 + 4 cm 行距配置模式图
Fig.2 The 72 + 4 cm row spacing pattern

盛蕾:50%的棉苗第四果枝现蕾的日期。
初花:50%棉株基部任意一果枝上第一朵花开放的日期。
盛花:50%棉株第四果枝开花的日期。
盛铃:50%棉株第四果枝有成铃的日期。
见絮:50%棉株基部任意一个果枝第一个棉铃开裂露出白絮的日期。

1.2.3 农艺性状 自 3 叶期开始,每隔 7 d 调查一次各处理的株高、主茎叶片数。

株高:子叶节至最上部一片展开叶叶柄基部(打顶后为主茎顶端)的高度。

1.2.4 棉铃时空分布 时间分布:各处理小区对所定点的 80 株棉花在 7 月 15 日、8 月 10 日、9 月 5 日分别调查单株成铃数,折算成伏前桃、伏桃和秋桃

(伏前桃:7月15日所调查的成铃数,伏桃:8月15日调查的成铃数-伏前桃,秋桃:9月5日调查的成铃数-伏桃-伏前桃),重复3次;空间分布:于8月30日,选取连续20株棉株,调查其棉铃空间分布(1-3果枝、4-6果枝,7以上果枝)。

1.2.5 干物质积累测定 自3叶期-吐絮期间的各个生育时期,不同处理选取具有代表性的6株棉花,分地上部分按茎、叶、蕾花、铃壳、棉纤维、棉子等器官分开在105℃杀青30 min后,80℃烘至恒重,测定其干物质重。

1.2.6 数据分析 试验数据采用 Excel 2010 与 SPSS 17.0 软件进行数据统计和分析。

2 结果与分析

2.1 不同机采棉行距配置对地温的影响

利用 MicroteLite5016P-PH U 盘式温湿度记录仪测量了2014年4月25日至7月16日连续82 d土壤5 cm处的地温变化。图3为膜中地温的变化,由图可知,地温随播种天数逐渐增高,至播种后50 d,地温达到峰值,之后出现下降趋势;播种后0~50 d,属于地温升高阶段,前40 d,表现为66+10模式地温低于72+4模式,差值在0.41℃~1.49℃之间,其中播种后10 d,差值最大,之后随天数的增长,差值变小,至播种后50 d,差值最小,且地温表现为66+10模式>72+4模式;播种后50~80 d,地温处于下降阶段,均表现为66+10模式>72+4模式,差值在0.17℃~0.71℃之间。图4为膜边地温的变化,由图可知,膜边两处理间差异很小,变化趋势与膜中相同,播种后0~50 d地温处于上升阶段,50~80 d处于下降阶段;0~40 d,两模式表现为66+10模式<72+4模式,差值为0.08℃~0.60℃;40~80 d,两模式表现为66+10模式>72+4模式,差值为0.18℃~0.71℃。说明两模式对膜中地温影响大于膜边,且随覆膜宽度增加,增温效果增强。

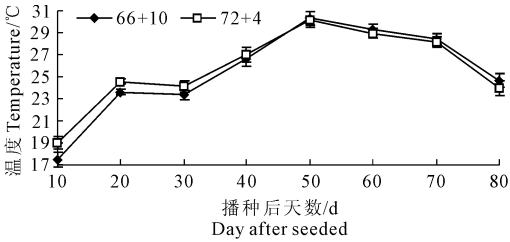


图3 膜中地温变化趋势

Fig.3 The variation trend of soil temperature under film

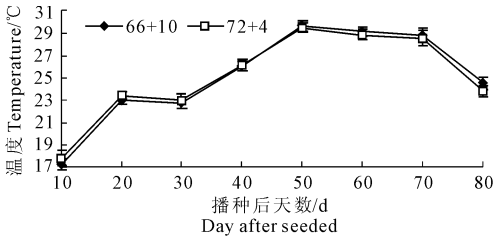


图4 膜边地温变化趋势

Fig.4 The variation trend of soil temperature at the edge of film

2.2 不同机采棉行距配置对棉花生育进程的影响

机采棉行距配置对棉花生育时期有影响,如表1所示,66+10模式出苗用时12 d,晚72+4模式1 d;三叶期,66+10模式晚于72+4模式2 d;现蕾66+10模式晚于72+4模式3 d;至盛蕾,66+10模式缩短差距,两模式间相差1 d,之后66+10模式早于72+4模式,至见絮,66+10模式早于72+44模式3 d。盛蕾期前,均表现为72+4长势快于66+10模式,是由于72+4前期地温高于66+10模式,加快了棉苗的生育速度,提早了生育进程,使其生育时期较66+10模式提前了3 d;盛蕾之后,棉株进入生殖生长为主,营养生长为辅阶段,66+10模式的窄行较72+4模式相比,更利于棉株间协调生长,而72+4模式由于窄行较窄,棉株间存在水分、养料、光照等资源的竞争,使其棉株生长进程减速,导致之后其生育时期晚于66+10模式3 d,总体表现为66+10模式现蕾晚,开花和吐絮早,生育期相对缩短,72+4模式现蕾早,开花和吐絮晚,生育期相对延长。

表1 行距配置对棉花生育时期的影响

Table 1 The growth period of cotton under different row spacing patterns

处理 Treatment	播种后天数 Days after seeding/d								
	播种 Seeding	出苗 Emergence	三叶 Three leaves	现蕾 Budding	盛蕾 Full-budding	初花 Initial flowering	盛花 Full flowering	盛铃 Peak bolling	见絮 Boll opening
66+10	0	12	33	49	57	68	78	86	119
72+4	0	11	31	46	56	69	79	90	122

2.3 不同机采棉行距配置对棉花株高、叶片的影响 株高是棉花生长发育状况的首要指标,其高矮

直接影响着棉花的株型、光能利用率,从而影响棉花结铃的多少,最终影响棉花产量。如表2所示,行距

配置对棉株株高有影响。出苗后 21 ~ 35 d,66 + 10 模式的株高显著低于 72 + 4 模式 2 ~ 3 cm,说明 66 + 10 模式苗期长势弱于 72 + 4 模式;42 ~ 56 d,两模式之间株高差异不显著,其中 66 + 10 模式的株高大于 72 + 4 模式,现蕾后,随棉株增长,棉株间对光、水、肥等因子竞争加强,致使 72 + 4 模式株高长势由强转弱;63 d 后,两模式间株高呈显著性差异,66 + 10

模式株高远大于 72 + 4 模式。从日增长量分析,三叶期前,66 + 10 模式 < 72 + 4 模式,现蕾,66 + 10 模式 ≈ 72 + 4 模式,盛蕾 ~ 盛花,66 + 10 模式 > 72 + 4 模式,其中两模式均为初花期日增长量最大,66 + 10 模式为 1.37 cm · d⁻¹,72 + 4 模式为 1.07 cm · d⁻¹。实验结果表明,72 + 4 模式下的棉株形态矮小,直接影响产量。

表 2 行距配置对棉花株高的影响/cm
Table 2 The plant height of cotton under different row spacing patterns

处理 Treatment	出苗后天数 Days after emergence							
	21 d	28 d	35 d	42 d	49 d	56 d	63 d	70 d
66 + 10	9.73b	15.25b	22.39b	31.38a	36.43a	46.03a	51.41a	52.68a
72 + 4	11.79a	18.46a	24.90a	27.73a	32.04a	39.52a	43.98b	44.43b

注:表中数字后的英文字母表示差异达 5%显著水平,下同。
Note: Values within a column followed by different letters are significantly different at the 0.05 probability level, the same below.

产量的高低,从根本上说取决于棉株群体光能利用情况,而叶片是进行光合作用的主要器官,叶面积的大小决定了植物光合作用速率的大小,叶片的数量和空间分布,对光合生产率和总干物质的积累均有重大的影响,一般来说,叶片数越多,叶面积越大,越易进行光合作用,光合产物积累越多。两模式的叶片变化动态均为先增后减趋势如表 3。出苗后 21 d,66 + 10 模式出 3 片叶,72 + 4 模式则出到 3.7 片叶,两模式间差异不显著;21 ~ 35 d,66 + 10 模式的叶片数与 72 + 4 模式的叶片数呈显著性差异,其

中 72 + 4 模式叶片数多于 66 + 10 模式 0.37 ~ 0.88 片,说明现蕾前,72 + 4 模式出叶速度较 66 + 10 模式快;其后两处理叶片数差异不显著,直至出苗后 63 d,两处理叶片数达到了峰值,模式间呈显著性差异,66 + 10 模式多于 72 + 4 模式 1.13 片,之后两模式叶片数开始减少,其中 72 + 4 模式降幅大于 66 + 10 模式,是由于 72 + 4 模式窄行较窄,棉株间叶片重叠程度重,不利于棉株透风透光,导致棉株基部叶片掉落幅度大于 66 + 10 模式。

表 3 行距配置对棉株叶片数的影响
Table 3 The number of cotton leaves under different row spacing patterns

处理 Treatment	出苗后天数 Days after emergence							
	21 d	28 d	35 d	42 d	49 d	56 d	63 d	70 d
66 + 10	2.97a	4.72b	6.20b	8.54a	11.12a	12.20a	13.53a	12.86a
72 + 4	3.65a	5.60a	6.57a	7.80a	10.20b	11.40a	12.40a	11.12b

2.4 不同机采棉行距配置对棉铃时空分布的影响

棉铃时间分布,由图 5 可看出,66 + 10 模式的伏前桃和伏桃均多于 72 + 4 模式,仅秋桃略少于 72 + 4 模式,其中两模式三桃(伏前桃:伏桃:秋桃)比例为,66 + 10 模式为 17% : 81% : 2%,72 + 4 模式为 12% : 85% : 3%。两模式均以伏前桃、伏桃为主体桃,66 + 10 模式与 72 + 4 模式相比,伏桃所占比例低,但单株结铃多,且秋桃所占比例低,表明此模式使得棉花生育期相对 72 + 4 模式缩短。

棉铃空间分布,横向分布上,由内围铃(第一果节结铃)与外围铃(第一果节以外果节结铃)组成,由图 6 可知,66 + 10 模式内外铃数均多于 72 + 4 模式,内围铃 66 + 10 模式比 72 + 4 模式高 12%,外围铃 66

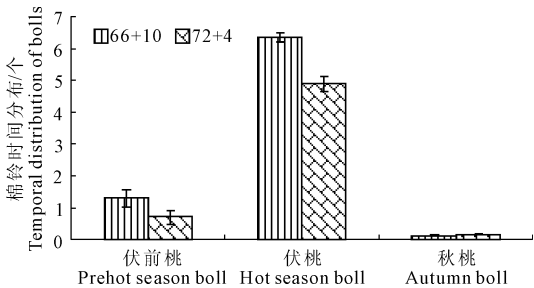


图 5 行距配置对棉铃时间分布的影响
Fig.5 Temporal distribution of cotton bolls under different row spacing patterns

+ 10 模式比 72 + 4 模式高 81%。纵向分布上,两模式均为下部成铃最多,中部次之,上部最少;其中下部棉铃所占比例,66 + 10 模式为 39.2%,比 72 + 4

模式低 5.9%;中部棉铃两模式相差不大;上部棉铃,66+10 模式为 26%,比 72+4 模式高 7.8%。结果表明,行距配置对棉铃时空分布影响较大,随着窄行行距的减小,棉株之间遮阴面积增大,致使横向分布的棉铃外围铃减少,纵向分布的下部铃减少,而棉铃多集中在中上部。

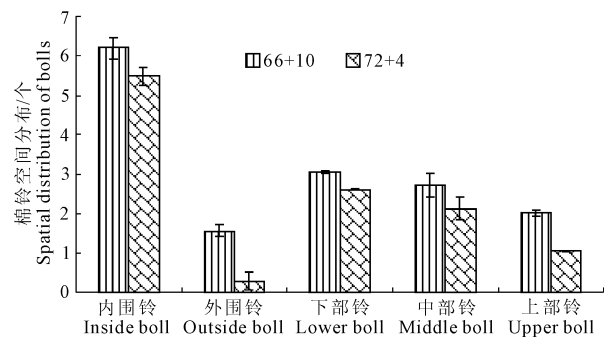


图 6 行距配置对棉铃的空间分布的影响
Fig.6 Spatial distribution of cotton bolls under different row spacing patterns

2.5 不同机采棉行距配置对棉株地上部干物质积累的影响

棉花干物质积累是产量形成的基础,棉花不同生育时期的干物质积累状况对产量的高低至关重要。试验表明,棉株地上部干物质积累呈“S”型变化趋势(图 7),均在以营养生长为主的时期积累较为缓慢,进入生殖生长阶段开始快速增加,吐絮阶段开始下降,峰值均出现在盛铃后期,66+10 模式值为 19 700.9 kg·hm⁻²,高于 72+4 模式 26.7%;其后,随着生育期的推移,两处理间干物质积累量差异显著。蕾期,棉株干物质积累量为 72+4 模式高于 66+10 模式 27%,蕾期后,66+10 模式的干物质积累量明显高于 72+4 模式直至吐絮,其中盛花~盛铃期,66+10 模式值比 72+4 模式高 43%~44.5%。出苗~现蕾,66+10 模式积累的干物质量与 72+4 模式相比略低,前期棉株个体小,个体之间存在的竞争也较小,所以干物质积累量基本相同,没有明显差别;现蕾后,棉花进入营养生长与生殖生长并进阶段,随棉株生长,66+10 模式的干物质积累量急剧增加,超过 72+4 模式,是由于 72+4 模式窄行行距较小,两行间棉株存在对营养、水分、阳光等因素的竞争增强,致使 72+4 模式棉株长势弱,干物质积累相对 66+10 模式较少,不利于“库”的构建。

2.6 不同机采棉行距配置对棉株营养器官、生殖器官的干物质积累动态模拟

棉花干物质积累是一个随着生育进程的推移而持续增加的过程。对营养器官干物质积累进行 logistic 方程模拟,效果较好,经 F 检验,均达到显著水

平(表 4)。由干物质积累速率最大时刻 t_0 可以看出,72+4 模式比 66+10 模式早 4 d 到达干物质积累最大时刻,为出苗后 51 d;从两个时间拐点来看,72+4 模式的两个时间拐点在出苗后 41 d 和 60 d,较 66+10 模式 t_1 提前 5 d, t_2 提前 3 d,且 72+4 模式快速积累期为 19 d,多于 66+10 模式 2 d;而两处理的 GT 值却表现为:66+10 模式高于 72+4 模式 20%;从营养器官生物量动态积累的特征值看,66+10 模式的启动时间晚于 72+4 模式,但其生长速率较大且持续时间短,特征参数较为协调,利于营养器官干物质的积累。

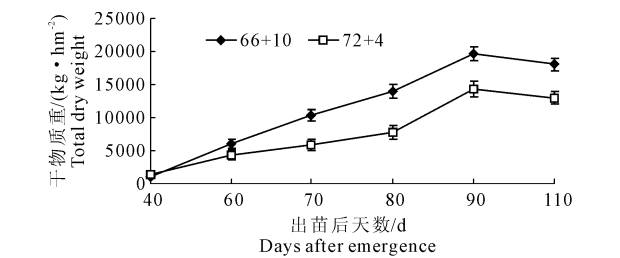


图 7 棉花干物质积累总量的积累动态
Fig.7 Accumulation of total dry matter of cotton

对生殖器官干物质积累进行 Logistic 方程模拟,效果较好,经 F 检验,均达到极显著水平(表 5)。过程与营养器官相反,由干物质积累速率最大时刻 t_0 可以看出 66+10 模式比 72+4 模式早 3 d 到达干物质积累最大时刻,为出苗后 83 d;说明 66+10 模式先于 72+4 模式由营养生长为主向生殖生长为主转化;从两个时间拐点来看,66+10 模式的两个时间拐点在出苗后 73 和 92 d,较 72+4 模式 t_1 提前 4 d, t_2 提前 2 d,且 66+10 模式快速积累期为 19 d,多于 72+4 模式 2 d,说明 66+10 模式有利于生殖器官快速增长期的延长;两处理的 GT 值表现为:66+10 模式远大于 72+4 模式,这是由于 66+10 模式快速积累期速率较大,且持续时间长,最终使得生殖器官干物质量积累远大于 72+4 模式。

3 小结与讨论

棉花是喜温好光作物,它对生态环境既有广泛的适应性,又有较敏感的选择性。生态环境中的任何一种因素发生变化,都会影响棉花的生长发育。温光条件是获取棉花优质高产的基础,温度条件,前期通过地膜改变,后期不易为人所控制,而棉花群体受光状况,可通过株行距合理配置进行改善;大量的研究表明,适宜的密度及株行距配置对棉花生长发育及产量具有显著的影响^[19],其中棉花行距配置中选用窄膜,前期增温效应不及宽膜,中后期通风透光

表 4 营养器官干物质积累的 Logistic 模型及其特征值

Table 4 The logistic models and characteristic values of dry matter accumulation in vegetative organs

处理 Treatment	模拟方程 Simulation equation	t_0 /d	t_1 /d	t_2 /d	Δt /d	V_m /($\text{kg}\cdot\text{d}^{-1}$)	GT /($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)	R^2
66 + 10	$y = 8523.3331 / (1 + e^{(8.3587 - 0.152980x)})$	54.64	46.03	63.25	17.22	326.02	5612.61	0.93 *
72 + 4	$y = 5174.0491 / (1 + e^{(6.8458 - 0.134814t)})$	50.78	41.01	60.55	19.54	174.37	3407.11	0.93 *

注(Note): * - $P < 0.05$ 。

表 5 生殖器官干物质积累的 Logistic 模型及其特征值

Table 5 The logistic models and characteristic values of dry matter accumulation in reproductive organs

处理 Treatment	模拟方程 Simulation equation	t_0 /d	t_1 /d	t_2 /d	Δt /d	V_m /($\text{kg}\cdot\text{d}^{-1}$)	GT /($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)	R^2
66 + 10	$y = 11496.6878 / (1 + e^{(11.2229 - 0.135929t)})$	82.58	72.89	92.27	19.38	390.6	7570.57	0.99 * *
72 + 4	$y = 9036.4403 / (1 + e^{(12.7399 - 0.149126t)})$	85.45	76.61	94.28	17.67	336.83	5950.5	0.99 * *

注(Note): * * - $P < 0.01$ 。

性不及宽膜^[20]。本试验采用宽窄膜结合的两种行距配置做处理,试验结果表明棉花生育前期 72 + 4 模式利于棉花前期的生长,因其宽行地膜覆盖率高,采光面积大,故增温快,保温强,反墒快,保墒好,致使棉苗出苗早,出苗快,极易达到棉苗早发,促进棉株根系的生长发育和地上部分茎叶的生长发育,其中株高,叶片数均大于 66 + 10 模式;且促进棉花生育进程加快,生育期较 66 + 10 模式提前了 3 d;棉花生长发育的中后期,个体与群体之间,个体内部各器官之间,生长发育与环境因素之间等诸多矛盾,任何一对矛盾协调不好,都将对棉花的生长发育不利,进而影响产量和品质。试验表明,66 + 10 模式利于棉花中后期的生长,其窄行行距大于 72 + 4 模式,棉株在棉田中分布合理,生长发育优于 72 + 4 模式,首先该模式下棉花充分利用地力和光能,降低光、热、肥资源的竞争,促进了株高、叶片的生长,为棉株生长和蕾铃发育提供了充足的叶面积,使得棉花增强光合作用,积累较多干物质;其次改善了群体间通风透光性,减少行间郁蔽程度,减轻中下部蕾铃脱落,使得纵向下部棉铃增多,横向外围铃增多,因而产量提高。根据现代化农业生产发展的需要,机采棉大面积种植,本文研究因地制宜的机采行距配置,对进一步促进棉花生产与发展有着重要的指导意义。

参 考 文 献:

[1] 张佳喜,蒋永新,刘 晨,等.新疆棉花全程机械化的实施现状[J].中国农机化,2012,(3):33-35.

[2] 王志坚,徐 红.新疆机采棉的调研与发展建议[J].中国棉花,2011,38(6):10-14.

[3] 江 涛.机采棉技术的实施及推广应用[J].农民致富之友,2013,(14):131.

[4] 牛巧鱼.我国采棉机械化进程[A].中国棉花学会.中国棉花学

会 2013 年年会论文集[C].中国棉花学会,2013.

[5] 郭承君,孔庆平,艾文礼,等.新疆棉区机采棉品种存在问题及新品种选育[A].中国棉花学会.中国棉花学会 2013 年年会论文集[C].中国棉花学会,2013.

[6] 孙红霞,徐 红.浅谈机采棉[J].山东纺织科技,2010,(1):48-50.

[7] 陶湘伟,陈兴和.机采棉技术与发展趋势分析[J].农业机械,2013,(13):97-102.

[8] 孟兆江,卞新民,刘安能,等.调亏灌溉对棉花生长发育及其产量和品质的影响[J].棉花学报,2008,20(1) 39-44.

[9] 杨凤梅.不同灌溉处理对棉花生长发育及产量的影响[J].塔里木大学学报,2008,20(2):29-32.

[10] 李科江,马俊永,曹彩云,等.不同矿化度咸水造墒灌溉对棉花生长发育和产量的影响[J].中国生态农业学报,2011,19(2):312-317.

[11] 龚 江,王海江,谢海霞,等.膜下滴灌水氮耦合对棉花生长和产量的影响[J].灌溉排水学报,2008,27(6):51-54.

[12] 徐文修,马秀珍,马跃峰,等.沼肥对棉花生长发育及产量的影响[J].新疆农业科学,2008,45(4):687-690.

[13] 陈波浪,盛建东,蒋平安,等.钾营养对水培棉花生长发育的影响[J].中国农学通报,2008,24(11):267-271.

[14] 李学刚,孙学振,宋宪亮,等.控释氮肥对棉花生长发育及产量的影响[J].山东农业科学,2009,(146):79-81,98.

[15] 谢志良,田长彦.膜下滴灌水氮耦合对棉花干物质积累和氮素吸收及水氮利用效率的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(1):160-165.

[16] 郭承君,万 灵,艾文礼,等.有机水溶肥对棉花生长发育及产量影响的研究[A].中国棉花学会.中国棉花学会 2014 年年会论文汇编[C].中国棉花学会,2014.

[17] 金路路,徐 敏,王子胜.不同生长调节剂对棉花生长发育的影响[J].中国棉花,2011,38(8):22-23.

[18] 先新良,郑晓寒,薛丽云,等.化学打顶剂氟节胺对棉花生长发育的影响[J].农村科技,2014,(6):21-23.

[19] 杨秀理,朱 江,李鲁华.不同配置方式对棉花生长发育及产量的影响[J].新疆农业科学,2006,43(5):421-425.

[20] 李新裕,陈玉娟,闫志顺.不同株行距配置棉铃的发育特点和产量构成因素研究[J].新疆农业科学,2000,(5):193-195.