



郭文文, 杜逍, 吴莹, 许闻诺, 高永健, 张俊岭, 宋鹤岭, 陈全家, 郑凯. 超宽膜对棉田土壤水热分布、棉花生长及品质的影响[J]. 中国农业大学学报, 2025, 30(8): 60-74.

GUO Wenwen, DU Xiao, WU Ying, XU Wennio, GAO Yongjian, ZHANG Junling, SONG Heling, CHEN Quanjia, ZHENG Kai. Effect of ultra-wide film on soil heat and water distribution and the growth and yield quality of cotton[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2025, 30(8): 60-74.

DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2025.08.06

超宽膜对棉田土壤水热分布、棉花生长及品质的影响

郭文文¹ 杜逍¹ 吴莹² 许闻诺¹ 高永健³ 张俊岭⁴ 宋鹤岭⁴
陈全家¹ 郑凯^{1*}

- (1. 新疆农业大学 农学院/新疆作物生物育种重点实验室, 乌鲁木齐 830052;
2. 新疆维吾尔自治区标准化研究院, 乌鲁木齐 830052;
3. 沙湾市农业技术推广中心, 新疆 沙湾市 511483;
4. 新疆仟朵种植农民专业合作社联合社, 新疆 沙湾市 511483)

摘 要 为探究不同覆膜宽度对棉田土壤水热分布、棉花生长发育、棉花产量及纤维品质的影响。以北疆地区产量中等水平的棉田为研究对象, 于2022—2023年开展4.40 m超宽膜在常规管理模式下的田间生产试验, 以2.05 m常规宽膜为对照(CK), 测定不同处理下0~60 cm土层含水量和土壤温度, 并调查棉花农艺性状、种子活力、产量构成因素和纤维品质的变化。结果表明: 超宽膜在10~40 cm土层处土温较宽膜有较大提高, 棉花出苗30、60、90、120 d时, 40 cm土层处质量含水率增长分别达到1.24%、2.45%、1.69%、1.53%; 超宽膜棉花出苗率和成铃率分别提高5.10%和4.16%; 中部铃、上部铃占比分别提高了2.18%和3.52%; 2年间增产幅度分别达到13.03%和5.59%, 每667 m²实际增效分别达到379.55元和125.00元; 此外, 超宽膜处理下棉花发芽率、发芽指数、种子活力分别较常规宽膜提高49.81%、54.48%和53.92%, 差异均达到显著水平($P \leq 0.05$)。综上, 4.40 m超宽膜在改善土壤水热条件、作物生长发育、提高棉花产量和品质方面存在重要应用价值。本研究可为今后大面积推广超宽膜栽培技术提供依据。

关键词 棉花; 超宽膜; 棉田水热分布; 生长发育; 纤维品质

中图分类号 S562 文章编号 1007-4333(2025)08-0060-15 文献标志码 A

Effect of ultra-wide film on soil heat and water distribution and the growth and yield quality of cotton

GUO Wenwen¹, DU Xiao¹, WU Ying², XU Wennio¹, GAO Yongjian³, ZHANG Junling⁴,
SONG Heling⁴, CHEN Quanjia¹, ZHENG Kai^{1*}

- (1. College of Agronomy/Key Laboratory of Crop Genetic Improvement and Germplasm Innovation, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;
2. Xinjiang Uygur Autonomous Region Standardization Institute, Urumqi 830052, China;
3. Agricultural Technology Extension Centre, Shawan 511483, China;
4. Xinjiang Qianduo Planting Farmers' Professional Cooperative Union, Shawan 511483, China)

收稿日期: 2024-12-26

基金项目: 新疆维吾尔自治区重大科技专项(2023A02003-4); 2023年自治区首批产学研协同育人项目(507390758); “天山英才”培养计划(2023TSYCLJ0012)

第一作者: 郭文文(ORCID:0009-0008-7475-9489), 硕士研究生, E-mail: 1136505499@qq.com

通讯作者: 郑凯(ORCID:0000-0001-6591-7264), 副教授, 主要从事棉花分子育种研究, E-mail: zhengkai555@126.com

Abstract To investigate the effects of different film widths on soil moisture and temperature distribution, cotton growth and development, cotton yield, and fiber quality, a field production experiment was conducted in 2022–2023 using 4.40 m ultra-wide film under conventional management practices in cotton fields with medium yield levels in northern Xinjiang. The 2.05 m conventional wide film was used as the control (CK). Soil moisture content and temperature in the 0–60 cm soil layer were measured under different treatments, and changes in cotton agronomic traits, seed vigor, yield components, and fiber quality were investigated. The results showed that the soil temperature in the 10–40 cm layer under the ultra-wide film was significantly higher than that under the conventional wide film. At 30, 60, 90, and 120 days after cotton emergence, the mass moisture content in the 40 cm soil layer increased by 1.24%, 2.45%, 1.69%, and 1.53%, respectively. The emergence rate and boll setting rate of cotton under the ultra-wide film increased by 5.10% and 4.16%, respectively. The proportions of middle and upper bolls increased by 2.18% and 3.52%, respectively. Over the two years, the yield increase reached 13.03% and 5.59%, with actual economic benefits per 667 m² reaching 379.55 yuan and 125.00 yuan, respectively. Additionally, under the ultra-wide film treatment, the germination rate, germination index, and seed vigor of cotton increased by 49.81%, 54.48%, and 53.92%, respectively, compared to the conventional wide film, with the differences being statistically significant ($P \leq 0.05$). In conclusion, the 4.40 m ultra-wide film has significant application value in improving soil moisture and temperature conditions, promoting crop growth and development, and enhancing cotton yield and quality. This study provides a basis for the future large-scale promotion of ultra-wide film cultivation technology.

Keywords cotton; ultra-wide film; soil moisture and temperature distribution in cotton fields; growth and development; fiber quality

棉花作为一种重要经济作物,分布于全球80多个国家。我国是棉花出口和加工大国,而新疆是我国种植面积最大、产量最高的棉花生产区^[1]。据统计,截至2023年,新疆棉花种植面积占全国棉花种植面积的84.98%,产量占全国棉花产量90.99%^[2]。新疆属于典型的温带大陆型干旱荒漠气候,虽然光照资源充足^[2],但积温不足、水资源短缺等因等多种因素影响,阻碍着棉花产业发展^[3]。为解决这一问题,地膜覆盖技术自20世纪80年代起在新疆地区被广泛应用^[4],截至目前,新疆棉花种植地膜覆盖率已达到100%,每年地膜使用量达到 $2.70 \times 10^5 \text{ t}$ ^[5-6]。该技术不但可以起到保温保墒的作用,而且对棉花产量和纤维品质也有很大提升^[7]。

目前新疆大田主要机采种植模式为宽膜(宽2.05 m)覆盖、一膜6行(宽行66 cm,窄行10 cm)宽窄行种植,但该模式下收获籽棉杂质较多,增加了加工程序,对棉花纤维品质影响较大^[8]。为了持续提高棉花产量,进一步“向温要棉”,在相关科研人员的不断摸索下,地膜覆盖技术在不断升级,地膜宽度由最初的窄膜(宽70~90 cm、厚0.006 mm),发展为相同厚度的宽膜(宽120~125 cm);随后宽膜宽度和厚度进一步改进,成为当前主流使用的2.05 m宽膜(厚度0.008 mm)^[9];2019年开始,又推出超

宽膜(宽4.4 m,厚0.015 mm)种植,地面覆盖率可以达到91%,且农膜回收率可以达到90%以上,对减少棉田白色污染,推动当地农业可持续发展具有重要意义^[10]。

目前,该技术已在新疆各地区开展了数千公顷的示范,具有较好的推广应用前景^[11]。田间试验表明,4.40 m超宽膜不仅能促进棉花早出苗,提前生育期,还具有较高的增温保墒性、防病防草,增质优产、增加经济效益等优点^[12-14];超宽膜的实收籽棉产量为6 689.14 kg/hm²,宽膜实际籽棉产量6 273.26 kg/hm²^[15],超宽膜比窄膜增产415.88 kg/hm²,幅度为6.63%;其适宜的种植密度可达到24万株/hm²,很大程度上改善了棉花植株的生长环境^[16-17]。

随着棉田超宽膜推广面积的逐步扩大,其增产效果相关研究较多。但是,超宽膜覆盖下具体的土壤水热分布特征和产量形成内部机理的研究仍较为匮乏。因此,为探究不同覆膜宽度对棉田土壤水热分布、棉花生长发育和产量品质的影响,本研究拟以相同管理模式下的超宽膜棉田和常规宽膜棉田为研究对象,采用单因素研究方法,探究不同覆膜宽度下棉田土壤水热分布、棉花生长情况和产量品质水平等因素的变化规律,为技术推广和植棉产业节本增效提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2022—2023年在新疆塔城地区沙湾市金沟河镇试验站地(85°42′39″ E, 44°18′41″ N, 海拔492 m)进行。该地属温带大陆性气候,降雨量

少,蒸发量大,0℃以上积温约为4 070℃,10℃以上积温为3 649℃,无霜期172 d,棉花生育期内平均降水量200 mm左右,年平均蒸发量为1 600 mm。地下水位在5 m之下^[18]试验区前茬种植作物为棉花,土壤类型为沙壤土。试验期间该地区自然温度和降水量情况见图1。

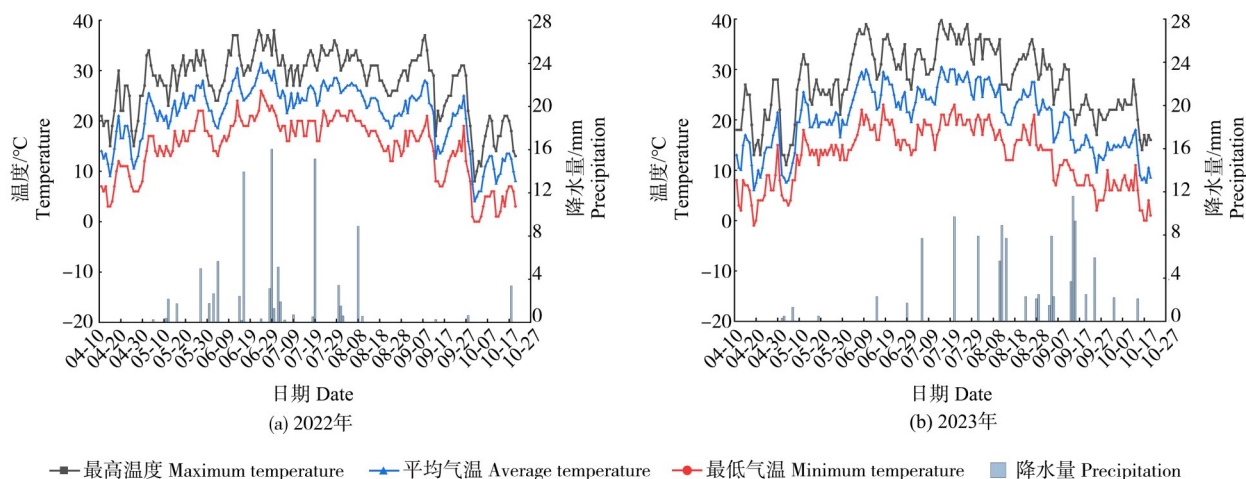


图1 2022—2023年棉花种植试验期间自然温度和降水分布情况

Fig. 1 Natural temperature and precipitation conditions during the experimental period

1.2 试验材料

棉花品种为“新农大棉1号”。4.40 m超宽膜(以下简称:超宽膜):宽度为4.40 m,厚度0.015 mm,用量为135 kg/hm²;常规2.05 m宽膜(以下简称宽膜)为对照:膜宽2.05 m,厚度0.008 mm,用量60 kg/hm²。

1.3 试验设计及方法

试验共设2个处理,采用单因素随机区组试验设计,以膜宽为试验因子,其中,供试面积为15 hm²。处理A为4.40 m超宽膜1膜12行种植,滴灌带采用1膜3条同侧的布置方式;处理B(CK)为2.05 m常规宽膜一膜6行种植,滴灌带采用1膜6条同侧布置方式。

棉花行距设置均为(66+10) cm宽窄行、株距选用14穴播盘。种植模式如图2所示。2022和2023年播种日期分别为4月23日和4月14日,采用“干播湿出”的方式播种,进入苗期后对棉花进行定苗。整个生育期内共施尿素720 kg/hm²,磷酸二铵210 kg/hm²,硫酸钾330 kg/hm²。其中,基施尿素166 kg/hm²,磷酸二铵124 kg/hm²,硫酸钾172 kg/hm²,其余随水进行滴施。整个生长期内灌溉11次,灌溉定额3 600 m³/hm²,灌水采用膜下滴灌技术,灌

水周期为6~10 d,苗期灌溉2次(包括出苗水),蕾期2次,花铃期灌水6次,吐絮期前期灌水1次。在7月10日进行人工打顶,打顶、除草等田间管理按当地常规操作进行。

1.4 指标测定

1.4.1 土壤水分及地温

使用土壤墒情仪(中国,东方智感公司-智墒ET60),2种处理各安装2台,在棉花出苗后,使用土壤墒情仪在出苗0~150 d的08:00—20:00每隔2 h一次,记录10、20、30、40、50、60 cm土层的土壤温度和质量含水量。

1.4.2 根系指标

于蕾期随机选取6株棉花,每处理重复3次,将棉株根系冲洗晾干,用钢直尺量取主根长的长度,然后从子叶节处对棉株进行分解,将分解后的棉株样本分别进行称重并装信封袋,统计棉株根系鲜重,最后放入烘箱,105℃杀青30 min,80℃烘干至恒重后称量干重^[19]。

1.4.3 农艺性状

于苗期、蕾期、花期、铃期、吐絮期每处理各选15株连续植株测量,重复3次,测定项目主要为株

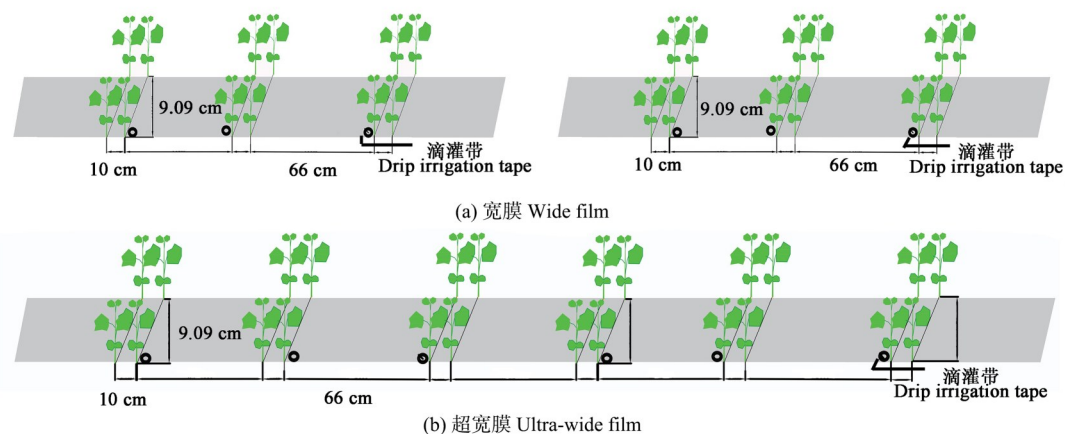


图2 不同覆膜处理棉花的种植模式示意图

Fig. 2 Schematic diagram of cotton planting modes with different mulching treatments

高、茎粗、干物质积累等。

1.4.4 棉铃空间分布

选取连续15株长势均匀的棉株,调查各个果枝节位成铃情况。其中:1—3台果枝为下部铃,4—6台为中部铃,7台及以上为上部铃;第1果节棉铃为内围铃,第2果节及以上形成的为外围铃^[20],在不同时期记录各果枝节位上经济器官的形成规律。

1.4.5 产量指标

于吐絮期随机选择20株棉花,统计单株铃数和有效果枝数,再取上、中、下部位果枝棉铃各25个,称量并计算单铃重的平均值。在收获期,每处理随机选6.67 m²,记录所选面积内收获的总株数及成铃数,实收面积内所有籽棉,进行产量估算。

1.4.6 纤维品质指标

依据《棉花质量检验》^[21]中所述方法,检测棉纤维品质,测定指标包括上半部平均长度、整齐度指数、断裂比强度、马克隆值和伸长率。

1.4.7 种子活力指标

根据《种子活力测定技术手册》^[22]中《棉花种子活力测定技术手册》进行发芽试验,采用沙培法进行种子标准发芽试验,在25℃全自动光照培养箱内进行发芽试验,24 h不间断光照,定期补水,观察记录。共培养12 d,每处理3个重复,每处理取35粒饱满种子,采用棉花幼苗沙培的方法,25℃,24 h不间断光照,以子叶展开为标准,在第12天量取苗长,统计并计算发芽势(GE)、发芽率(GP)、发芽指数(GI)、活力指数(VI)。

$$VI = GI \times S$$

式中:GI为发芽指数;S为单株幼苗鲜重。

1.5 数据处理

相关数据使用Microsoft Excel 2016输入和整理,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LSD法进行差异显著性分析,并用Origin 2021绘图。

2 结果与分析

2.1 棉田土壤水热分布情况

观测记录不同处理下,棉花出苗0—150 d内,土壤含水率随土层深度的变化,见图3。由图3(a)和(c)可见在不同处理下,质量含水率变化幅度较大,超宽膜处理在0—60 cm土层处土壤含水率均显著高于宽膜处理。其中:出苗60 d时,超宽膜处理在40 cm深土层土壤平均含水量2022年为31.55%、2023年为30.98%,分别较宽膜处理提高3.29%和3.98%;在出苗90 d时,超宽膜处理在40 cm深土层土壤含水率2022年为30.48%,2023年为28.17%,分别较宽膜处理提高2.17%和3.05%。结果表明,与对照宽膜处理相比,超宽膜处理具有更高的保水能力,有利于棉株生长发育。土壤温度随土层深度的变化,见图3(b)和(d)。可见:2种处理下,土壤温度变化幅度较大,超宽膜处理整体土壤温度高于宽膜处理。其中:棉花出苗30 d时,超宽膜处理和CK在同一土壤深度下,土壤温度随时间的变化趋势一致;出苗60 d时,2种处理在10 cm深度土层温差最大,2022年相差4.31℃,2023年相差3.89℃;出苗90 d时,土壤温度随着深度增加呈现出先下降后上升的趋势,在30 cm深度处差异达到最大,2022年相差2.95℃,2023年相差

3.59℃;出苗120 d时,2种处理在20 cm深土层土壤温度差异最大。综上,2022年超宽膜处理平均土壤温度较CK提高2.35℃,2023年提高4.02℃,说

明随着覆膜宽度增加,土壤温度会呈现出上升趋势,超宽膜增温效果比常规宽膜更明显,有利于棉花的生长。

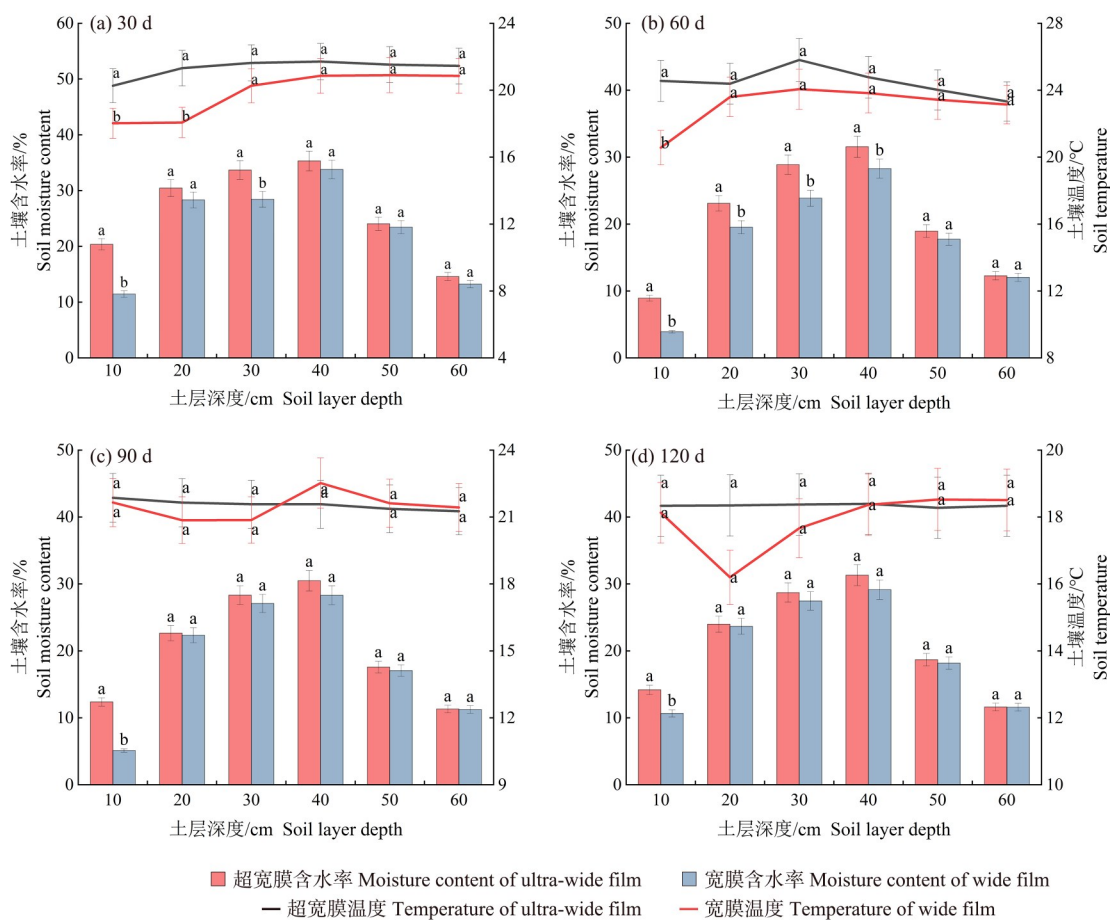


图3 不同覆膜处理出苗0~120 d各深度土层含水量和温度变化
Different lowercase letters above the columns indicate significant differences between the two mulching treatments at $P \leq 0.05$.

Fig. 3 Changes in water content and temperature at various soil depths from 0 to 120 days after emergence for different mulching treatments

2.2 不同时期植株形态差异

比较2022—2023年2种覆膜处理不同时期植株株高变化,见图4(a)和(b)。可见:超宽膜处理植株显著高于宽膜处理。随着生育期的推进,苗期株高生长较慢;进入蕾期后,株高增长速度加快;经过人工打顶后,株高基本趋于稳定。超宽膜处理在苗期、蕾期、花期、铃期和吐絮期平均株高较宽膜处理分别提高7.62%、5.54%、3.79%、4.26%和2.52%。

比较2022—2023年2种覆膜处理不同时期茎粗变化,见图4(c)和(d)。可见超宽膜处理在各个

时期茎粗均显著高于宽膜处理,随着生育期推进,茎粗的变化趋势和株高一致,呈现增长先快后慢的趋势,苗期、蕾期和花铃前期,棉花茎粗增长速度较快,进入铃期后趋于平稳。其中:苗期时2种处理差异达到最大,超宽膜处理茎粗为3.66 mm,较宽膜处理高20.59%;其次为蕾期,超宽膜处理茎粗为9.17 mm,较宽膜处理增长19.07%。总体上看,超宽膜处理对棉花株高茎粗均有提升,棉株发育更好,生长势强。

比较2022—2023年不同覆膜宽度下棉花苗期根部性状的差异,结果见表1。可见超宽膜处理根

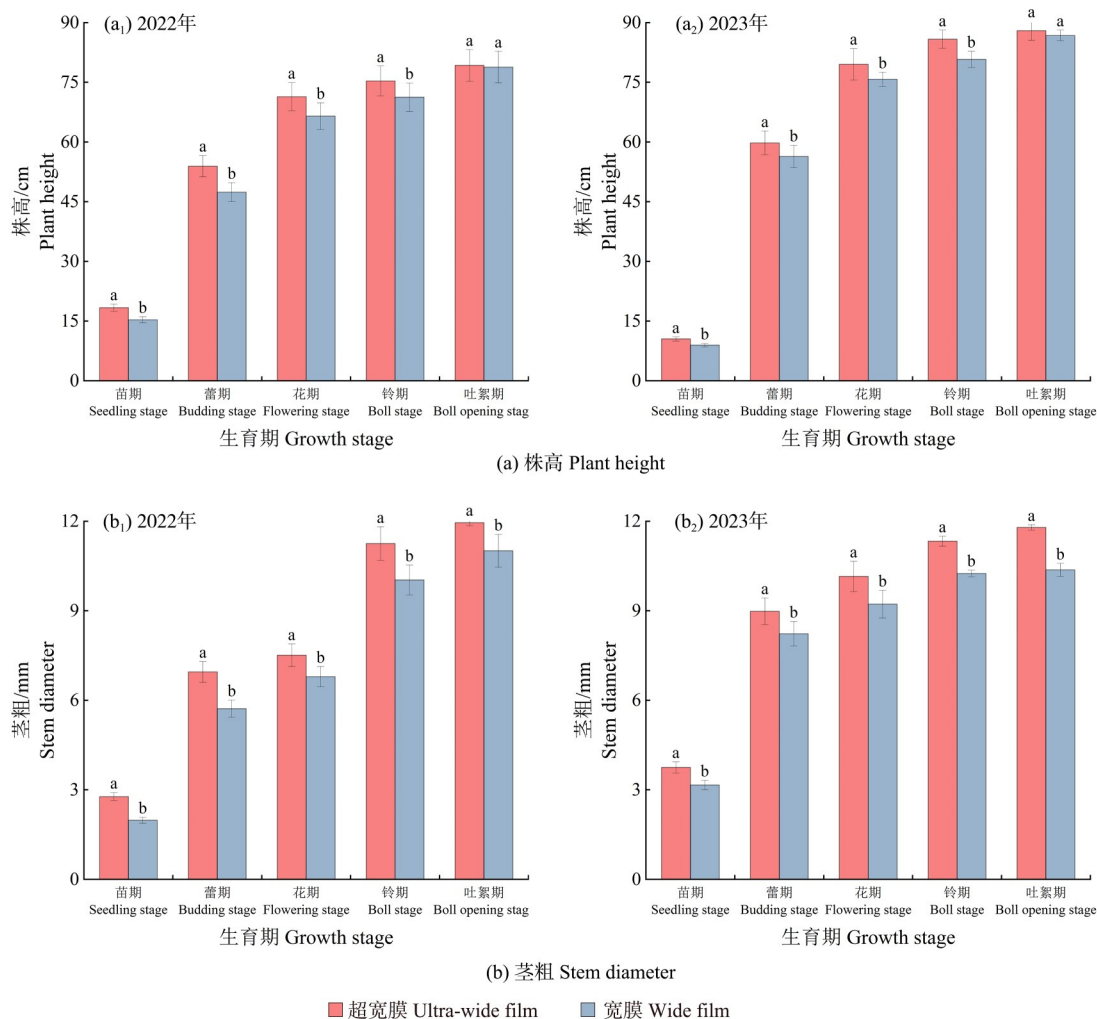


Fig. 4 Changes in cotton plant height and stem diameter under two different mulching width treatments

表 1 蕾期不同覆膜处理下棉花根系性状比较

Table 1 Comparison of cotton root traits under different mulching treatments at the squaring stage.

性状 Trait	2022 年		2023 年	
	超宽膜 Ultra-wide film	宽膜 Wide film	超宽膜 Ultra-wide film	宽膜 Wide film
根干重 Dry root weight	2.75±0.14 a	2.43±0.12 a	2.47±0.12 a	1.23±0.06 b
根鲜重 Fresh root weight	8.95±0.45 a	5.39±0.27 b	6.10±0.30 a	3.97±0.20 b
主根长 Taproot length	48.38±2.42 a	33.35±1.67 b	37.22±1.86 a	27.95±1.40 b
根冠比 Root-shoot ratio	0.27±0.01 a	0.24±0.01 a	0.14±0.01 a	0.12±0.01 a

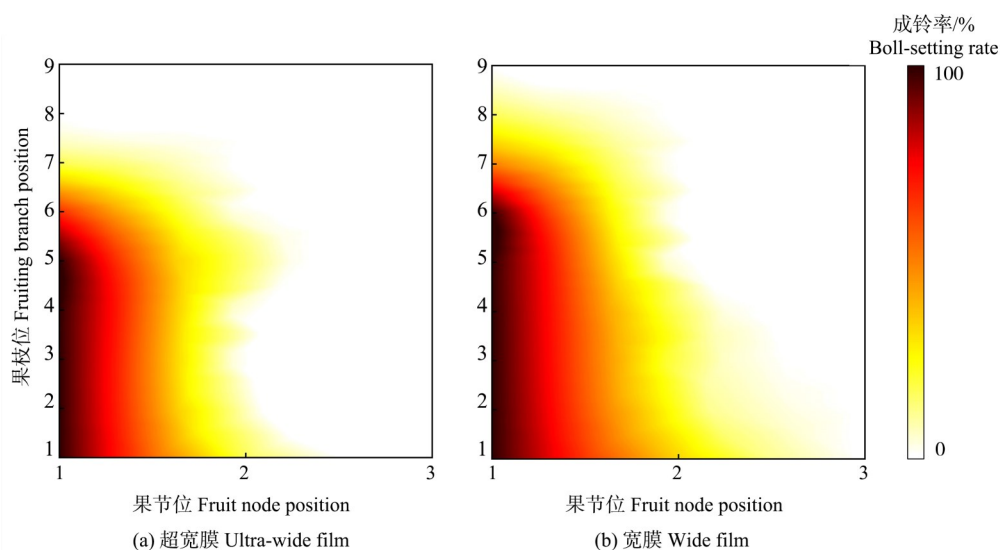
注：同一年份 2 种覆膜处理间不同小写字母表示差异显著 ($P \leq 0.05$)。下同。Note: Different lowercase letters between the two mulching treatments in the same year indicate significant differences between them ($P \leq 0.05$). The same below.

干重、根鲜重、主根长、根冠比均显著高于宽膜处理。其中:2022年,超宽膜处理棉花根干重较宽膜处理高0.32 g,但二者未达到显著差异;根系鲜重方面,超宽膜处理较宽膜处理增加3.56 g,增幅达到66.05%;超宽膜处理主根长和根冠比均显著高于宽膜处理,主根长提高15.03 cm,根冠比提高3.0%;2023年,超宽膜处理棉花根干重为2.47 g,较宽膜处理提升1.24 g,另外,超宽膜处理的根鲜重、主根长和根冠比分别较宽膜处理提高53.53%、33.15%和20.00%。

2.3 不同处理经济器官发生及脱落规律

比较2022—2023年不同覆膜宽度棉花经济器官形

成规律,见图5。可见离主茎越近,经济器官分布更密集。且随着覆膜宽度增加,外围结铃率也随之增加,2年间超宽膜处理营养器官整体发生频率均高于宽膜处理。其中:2022年,超宽膜处理在第1—5台果枝第1果节成铃率最高,成铃数量在0.78~1.3个,而宽膜处理在第1—3台果枝第1果节的成铃率最高,成铃数最多为1.1个;另外,宽膜处理经济器官形成频率在第4—6台果枝大幅下降,第4台果枝以上的第2—3果节经济器官形成数量显著低于超宽膜处理。在2023年,超宽膜处理在第2—7台果枝第1果节集中形成经济器官,经济器官数在0.6~0.9个,外围铃在1—6台果枝数量最多,为0.1~0.6个,宽膜处理外围铃最多为0.11个。



图中数据为同一处理2022年和2023年平均值。

The data for the same treatment in the figure are the averages obtained from 2022 to 2023.

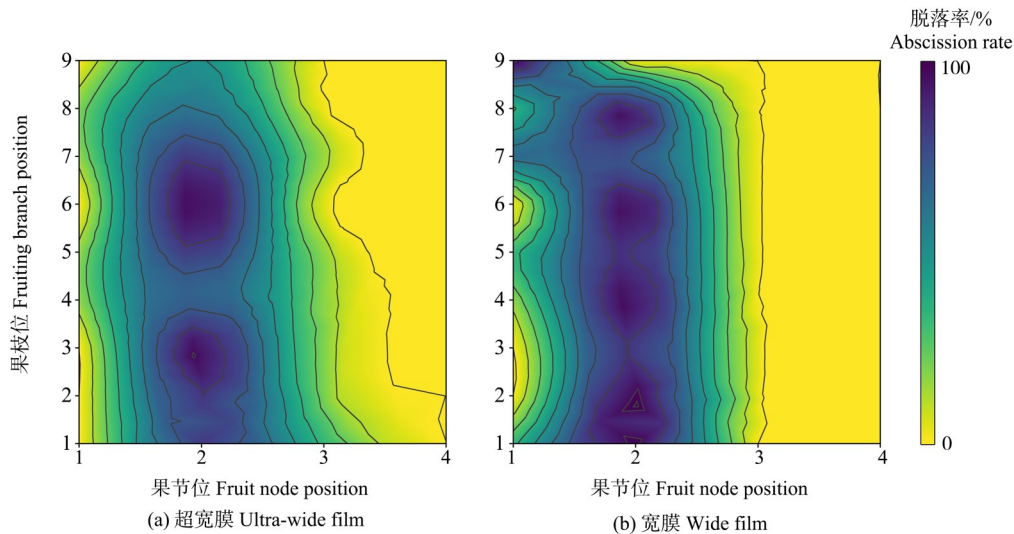
图5 2种覆膜处理下棉花吐絮期不同果枝节位经济器官形成规律

Fig. 5 Formation patterns of economic organs at different fruiting branch nodes of cotton during boll opening stage under two mulching treatments

比较2022—2023年不同覆膜处理经济器官脱落情况,见图6。可见超宽膜处理在吐絮期各位置经济器官脱落率均低于宽膜处理。2种覆膜处理脱落的经济器官均集中在外围和上部,但脱落的高发位置有所差异。其中:超宽膜处理内围铃主要在第9台果枝脱落,脱落率为0.28%;宽膜处理内围铃集中在第4—9台果枝脱落,脱落率在0.08%~0.24%,总体上看,宽膜处理的经济器官脱落较超宽膜处理更严重。

比较2022—2023年不同覆膜处理棉铃空间分布,见表2。可见在棉铃纵向空间分布上,2种处理均以下

部铃和中部铃为主,上部铃的成铃率最小,但超宽膜处理表现出的趋势与宽膜处理有所差异。其中:下部铃占比上,宽膜处理2022年占比为50.03%,显著高于超宽膜处理,高出5.23%,2023年宽膜处理下部铃占比为43.51%,较超宽膜处理增加6.24%,造成这种结果,可能是由于在超宽膜处理下,棉株的长势好、枝叶茂盛,导致下部空间密闭,通风性差,棉铃下部脱落率增大;中部铃占比上,超宽膜处理2022年较宽膜处理高1.32%,2023年较宽膜处理高3.03%;上部铃分布上,超宽膜处理2022年较宽膜处理高3.92%,2023年提高3.11%。结果表明,增加覆膜宽度有利于上部铃



图中同处理数据为 2022 年和 2023 年平均所得。
The data for the same treatment in the figure are the averages of 2022 and 2023.

图 6 2 种覆膜处理棉花吐絮期不同果枝节位经济器官脱落情况

Fig. 6 Abscission of economic organs at different fruiting branch nodes of cotton during boll opening stage under two mulching treatments

数量的提高。

另外,在棉铃横向分布上,2 种处理均表现为内围铃>外围铃。其中:超宽膜处理 2022 年内围铃占比较宽膜处理低 6.55%,2023 年低 7.13%;在外围铃占比

上,宽膜处理在 2022 年较超宽膜处理低 1.39%,2023 年较超宽膜处理低 6.17%,2022—2023 年 2 种处理差异均达到显著水平。综上,超宽膜处理,更有利于外部棉铃的形成。

表 2 不同覆膜处理吐絮期棉铃空间分布情况比较

Table 2 Comparison of spatial distribution of cotton bolls at boll opening stage under different mulching treatments

性状 Trait	2022 年		2023 年	
	超宽膜 Ultra-wide film	宽膜 Wide film	超宽膜 Ultra-wide film	超宽膜 wide film
上部铃占比 Proportion of upper bolls	47.41±2.37 b	50.03±2.50 a	40.79±2.04 b	43.51±2.18 a
中部铃占比 Proportion of middle bolls	38.25±1.91 a	37.75±1.89 a	35.78±1.79 a	33.77±1.69 b
下部铃占比 Proportion of lower bolls	14.34±0.72 a	12.22±0.61 b	23.43±1.17 a	22.72±1.14 b
内围铃占比 Proportion of inner bolls	81.07±4.05 b	86.75±4.34 a	81.96±4.10 b	88.25±4.41 a
外围铃占比 Proportion of outer bolls	18.93±0.95 a	13.25±0.66 b	18.04±0.90 a	11.75±0.59 b

2.4 纤维品质及种子活力变化

比较 2022—2023 年不同覆膜处理棉花纤维品质性状差异,见图 7。可见 2022—2023 年超宽膜处理植株上、中、下部果枝上半部纤维长度、整齐度、

断裂比强度、伸长率均显著高于宽膜处理。其中:上半部纤维长度、整齐度、断裂比强度变化趋势为上部>下部>中部,伸长率的变化趋势为下部>中部>上部,马克隆值上部最优(变小),下部次之,说

明上部果枝棉花综合纤维品质最优。2022—2023年超宽膜处理上中下部平均上半部纤维长度分别较宽膜处理增长1.59%、2.47%和2.19%；断裂比强度方面，超宽膜处理上中下部纤维分别较宽膜处

理增加2.18%、3.47%和4.03%；整齐度方面，超宽膜处理上中下部纤维分别较宽膜处理增长2.01%、0.86%和0.63%。说明不同覆膜处理下，超宽膜处理棉花纤维品质优于宽膜处理。

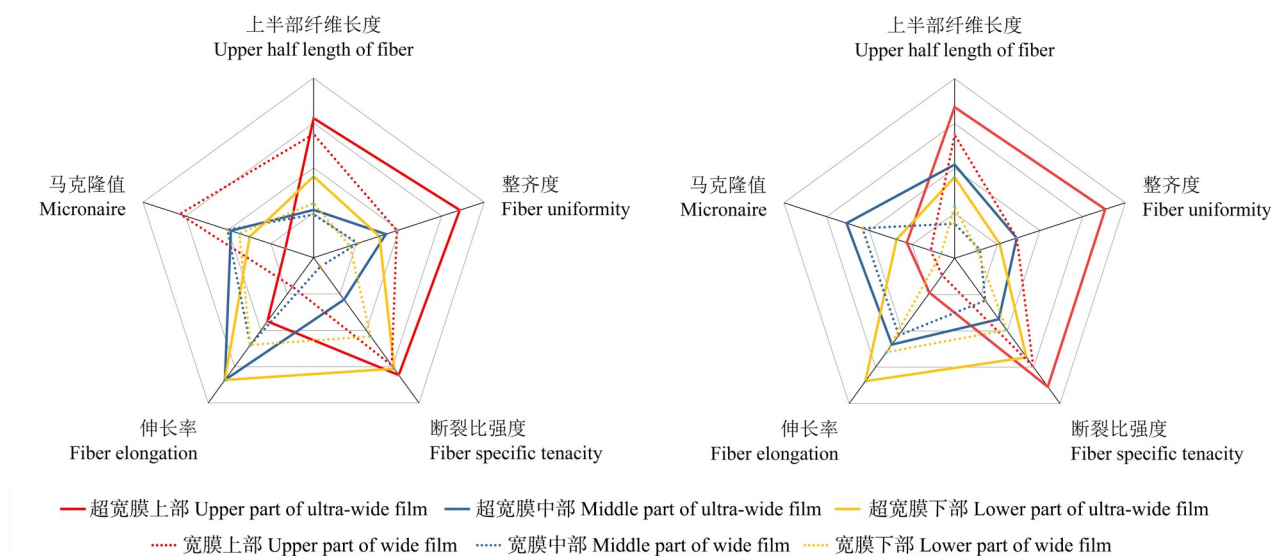


图7 2种覆膜处理不同位置棉花纤维品质比较

Fig. 7 Comparison of cotton fiber quality at different positions under two film mulching treatments.

比较2022—2023年不同覆膜处理各部位种子活力，结果见表3。可见：超宽膜处理在发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数上都较宽膜处理有较大的提升。其中：发芽势反应种子出苗均匀性，在同一种覆膜处理下，各部位发芽势均表现为中部铃>下部铃>上部铃，超宽膜处理在2022—2023年上中下部种子发芽势均显著高于宽膜处理；发芽率方面，2种覆膜处理种子发芽率均表现为：中部铃>上部铃>下部铃，超宽膜处理发芽率在不同部位均显著高于宽膜处理。2种覆膜处理种子发芽率在中部差异达到最大，超宽膜处理2022年中部种子发芽率较宽膜处理高34.33%，2023年高12.99%，均达到显著差异；发芽指数方面，2种覆膜处理均表现为：中部>下部>上部，超宽膜处理2022年较宽膜处理高6.78，2023年较宽膜处理高5.13；活力指数反映种子的萌发力及幼苗生长情况，不同部位间，种子活力指数表现为中部最优，且超宽膜处理与宽膜处理间中部活力指数差异最大，2022年超宽膜处理中部种子活力较宽膜处理高3.78，2023年提高1.79。综上，超宽膜处理对种子活力存在较大的提升效果，且增幅在中部达到最大。

2.5 主要性状主成分分析

对8个棉铃空间分布和产量相关性状进行主成分分析，结果见表4。共筛选出2个特征值大于1的主成分，PC1和PC2方差百分比分别为62.18%和28.73%，合计90.91%。其中：第1主成分中内围铃占比、外围铃数、下部铃占比、中部铃数、上部铃占比、单铃重等性状得分系数较高，说明第1主成分主要反映的是棉铃分布情况；第2主成分主要反映单铃重和产量情况。

2.6 综合总结及效益分析

综合比较2022—2023年不同覆膜处理下棉花生长和产量差异，见表5。可见超宽膜处理在主要农艺性状和产量性状上均较宽膜处理表现出较大优势。其中，农艺性状方面，2022年超宽膜处理对植株的增幅大于2023年，2022年超宽膜处理出苗率、株高、茎粗、第一果枝高度、始果节位、单株果枝数、总果节数、成铃率和收获株数分别较宽膜处理提高6.76%、2.90%、13.13%、10.03%、4.67%、0.49%、25.46%、1.48%和7.04%；2023年超宽膜处理分别在上述性状较宽膜处理提高3.44%、11.81%、7.16%、12.21%、1.45%、1.47%、

表 3 2 种覆膜处理下不同部位棉花种子活力指标比较					
Table 3 Comparison of cotton seed vigor indicators at different positions under two film mulching treatments					
位置 Position	指标 Index	2022 年		2023 年	
		超宽膜 Ultra-wide film	宽膜 Wide film	超宽膜 Ultra-wide film	宽膜 Wide film
上部 Upper part	发芽率 Germination rate	52.13±2.61 a	50.95±2.55 a	55.23±2.76 a	49.89±2.49 b
	发芽势 Germination vigor	45.95±2.30 a	32.31±1.62 b	50.23±2.51 a	40.01±2.00 b
	发芽指数 Germination index	7.92±0.40 a	7.21±0.36 b	16.23±0.81 a	8.97±0.45 b
	活力指数 Vitality index	4.33±0.22 a	3.77±0.19 b	4.62±0.23 a	3.53±0.18 b
中部 Middle part	发芽率 Germination rate	63.85±3.19 a	47.53±2.38 b	50.99±2.55 a	45.13±2.26 b
	发芽势 Germination vigor	53.77±2.69 a	34.32±1.72 b	55.33±2.77 a	42.75±2.14 b
	发芽指数 Germination index	41.53±2.08 a	34.75±1.74 b	18.86±0.94 a	13.73±0.69 b
	活力指数 Vitality index	7.85±0.39 a	4.07±0.20 b	8.05±0.4 a	6.26±0.31 b
下部 Lower part	发芽率 Germination rate	52.22±2.61 a	35.75±1.79 b	49.93±2.5 a	42.22±2.11 b
	发芽势 Germination vigor	52.21±2.61 a	33.79±1.69 b	51.33±2.57 a	42.25±2.11 b
	发芽指数 Germination index	9.01±0.45 a	6.22±0.31 b	16.23±0.81 a	12.51±0.63 b
	活力指数 Vitality index	5.17±0.26 a	2.89±0.14 b	5.15±0.26 a	4.72±0.24 b

表 4 2 种覆膜处理下棉铃时空分布与产量构成的主成分因子得分系数

Table 4 Principal component factor score coefficients for the spatio-temporal distribution of cotton bolls and yield components under two mulching treatments

指标 Index	主成分 1 PC1		主成分 2 PC2	
	得分 Score	排名 Ranking	得分 Score	排名 Ranking
下部铃占比 Proportion of lower bolls	0.915	4	0.391	3
中部铃占比 Proportion of middle bolls	0.933	3	0.324	5
上部铃占比 Proportion of upper bolls	0.982	1	0.107	7
内围铃占比 Proportion of inner bolls	0.934	2	0.311	6
外围铃占比 Proportion of outer bolls	0.898	5	0.390	4
单株结铃数 Number of bolls per plant	-0.518	8	-0.784	8
单铃重 Single boll weight	0.592	6	0.658	2
籽棉产量 Seed cotton yield	0.079	7	0.856	1

表5 不同覆膜处理下棉花生长和产量构成因素比较

Table 5 Comparison of cotton growth and yield components under different mulching treatments

指标 Index	2022年		2023年	
	超宽膜 Ultra-wide film	宽膜 Wide film	超宽膜 Ultra-wide film	宽膜 Wide film
出苗率/% Emergence rate	90.38 a	84.66 b	90.42 a	86.98 b
株高/cm Plant height	77.64 a	75.45 b	87.59 a	78.34 b
茎粗/mm Stem diameter	11.19 a	9.72 b	12.70 a	11.79 b
第一果枝高度/cm Height of the first fruiting node	24.58 a	22.34 b	27.56 a	24.56 b
始果节位/节 First fruiting node	5.78 a	5.51 b	6.22 a	6.13 b
单株果枝数/台 Effective branch	9.10 a	7.74 b	8.62 a	6.35 b
总果节数/个 Total fruit festival number	19.27 a	15.36 b	20.38 a	17.60 b
果枝夹角/° Fruiting branch angle	63.36 b	65.49 a	56.79 a	57.16 b
成铃率/% Boll setting rate	48.19 a	46.71 b	49.67 a	42.83 b
单株成铃数/个 Number of bolls per plant	9.29 a	7.17 b	10.98 a	7.53 b
株数(株/6.67 m ²) Number of plants	136.00 a	126.93 b	128.50 a	114.67 b
单铃重/g Single boll weight	5.74 a	5.25 a	6.23 a	5.50 b
籽棉产量(kg/667 m ²) Seed cotton yield	502.60 a	444.66 b	429.00 a	405.00 b
衣分/% Lint percentage	46.29 a	44.99 b	45.79 a	45.64 b
皮棉(kg/667 m ²) Lint yield	232.67 a	200.09 b	196.43 a	184.84 b

35.75%、6.84%和10.76%。在产量性状上,2022年超宽膜处理综合增产效果优于2023年,2022年超宽膜处理单株成铃数、单铃重、籽棉产量、衣分和皮棉产量分别较宽膜处理提升27.25%、9.33%、13.03%、1.30%和16.28%;2023年超宽膜处理以上性状分别较宽膜处理提升31.42%、13.27%、5.59%、0.15%和5.90%。以上结果充分说明,超

宽膜处理下,棉花生长势更旺,有利于产量的积累。

计算不同覆膜处理下植棉经济效益,见表6。可见超宽膜处理虽投入成本高,但获得收益高于宽膜处理。成本投入方面,超宽膜单价为10.2元/kg,用量约135 kg/hm²,投入成本为1 377元/hm²;宽膜单价9.2元/kg,用量约60 kg/hm²,地膜投入成本为552元/hm²,二者顷成本相差825元/hm²。效益方

表6 不同覆膜处理植棉经济效益分析

Table 6 Analysis of economic benefits of cotton planting with different mulching film width treatments

指标 Index	2022年		2023年	
	超宽膜 Ultra-wide film	宽膜 Wide film	超宽膜 Ultra-wide film	宽膜 Wide film
地膜用量/(kg/hm ²) Amount of film	135	60	135	60
地膜单价/(元/kg) Unit price of film	10.2	9.2	10.2	9.2
地膜成本/(元/hm ²) Cost of mulching film	1 377	552	1 377	552
籽棉产量(kg/hm ²) Seed cotton yield	7 539	6 669.9	6 435	6 075
籽棉单价/(元/kg) Seed cotton unit price	7.5	7.5	7.5	7.5
总计成本/(元/hm ²) Total cost	1377	552	1377	552
总计收益/(元/hm ²) Total revenue	56 542.5	50 024.25	48 262.5	45 562.5
增效/(元/hm ²) Efficiencies	5 693.25		1 875	

面,2022年超宽膜处理较宽膜处理增产籽棉869.1 kg/hm²,2023年籽棉增产360 kg/hm²,籽棉单价按7.5元/kg计算,2022年增收5 693.25元/hm²,2023年增收1 875元/hm²。由此可见,超宽膜在生产中可以创造更高的经济价值。

3 讨 论

棉花在不同生长时期内,土壤平均温度和土壤平均含水率的变化之间具有较大的相关关系。已有研究结果显示,宽膜覆盖能提高土壤的吸光能力,提高土壤有效含水量,从而达到增产目标^[23-24];超宽膜植棉在土层深度为10 cm时,地温提高了2.33℃,土层深度为10 cm时含水率增加了7.74%^[25];超宽膜在土层深度为10 cm时的地温比常规宽膜提高1.58℃,土壤含水率增加7.74%,采光面积增加了22.3%^[26];在土层深度为25 cm以上时,土壤的含水率与土壤温度呈现负相关的关系,超宽膜改善土壤的水热条件,从而加快了棉花的生长发育^[27]。本研究发现在土层深度0~40 cm,超宽膜处理的土壤含水率在0~60 cm土层处显著高于宽膜处理。超宽膜处理在不同时期地温均较宽膜处理5 cm深度地温高0.36~4.70℃,但在棉花生育后期土层40~60 cm土层深度处2种处理土温差异减小,这种现象可能是因为棉花叶片挡住了直射到地上的太阳光,减少了地温的波动。

不同覆膜宽度会对棉花冠层和生长过程产生不同的影响,棉铃时空分布特征也有所不同,而过早或者过晚结铃都易导致铃重轻、品质低等问题^[27],因此在最佳成铃时期、最佳成铃部位多结铃是棉花优质高产的关键所在。本研究发现,各处理营养器官的发生规律均表现为从下部到上部、从近主茎果节到远主茎果节递减,符合棉花营养器官的发生规律,这与雷亚平等^[28]的研究结果相同。超宽膜处理下总现蕾概率高于宽膜处理,造成这种原因可能是由于超宽膜的保温增墒作用有关,从而提前棉花的生育进程。进入花铃期后,棉花营养生长与生殖生长并进,有研究表明,在花铃期水亏缺会抑制植物的蒸腾功能,从而影响正常光合作用,导致果枝数下降,蕾铃失水萎蔫大量脱落^[29]。本研究发现在花铃期宽膜处理外围和上部成铃率明显低于超宽膜处理,吐絮期宽膜脱落率最高,这与上述结论相符;表现为超宽膜处理整体成铃数高于宽膜处

理,进一步证明超宽膜有利于棉花产量的提升。

有研究表明,采用超宽膜棉花种植技术的亩折合平均单产皮棉产量达到207.4 kg,超宽膜与小三膜、一般宽膜和窄膜相比,每亩增产皮棉63.20、73.70、76.00 kg^[30],超宽膜有明显的增温效果,可以加快棉花生育进程,比小三膜棉花产量高出20%,收获株数多9.4%^[31];本研究结果表明,超宽膜处理棉花产量构成因素方面均优于宽膜处理,且籽棉产量、皮棉产量均高于宽膜处理,说明超宽膜覆盖更有利于棉花生育进程的推进以及产量的提高。造成这种原因可能是由于4.4 m超宽膜覆膜面积大,可以使膜下地温提高,棉花生育期提前,同时有效果枝数增加,还可以获得更多的有效光能,明显提高光能利用率,加速营养物质的转运和运输,从而使棉花产量提高。

棉花纤维品质受遗传特性遗传影响较大^[32]。上中下3个部位的纤维长度随着密度的增加而减少,其中中间部位的纤维最长,断裂比强度和马克隆都随着密度的增加而增加,然后逐渐减少^[33];中部铃的上半部平均长度、整齐度指数、伸长率均高于上部铃和下部铃,上部棉铃的马克隆值更优,断裂比强度没有明显影响^[34];本研究发现,超宽膜处理植株上、中、下部果枝的上半部平均长度、整齐度指数、断裂比强度、伸长率均高于宽膜处理,且上半部平均长度、整齐度指数、断裂比强度变化趋势均为上部果枝>下部果枝>中部铃,而伸长率的变化趋势为下部>中部>上部,马克隆值则在上部果枝最优(变小),下部果枝次之。总体上看,棉花纤维品质在上部表现最好,超宽膜在提高纤维品质的同时,还保证较高的皮棉产量。

在大田条件下,种子的成熟程度在很大程度上影响出苗率。成熟度好的棉花种子发芽率和田间出苗率都较高,出苗整齐并健壮,即种子的活力高,并且种子的活力与成熟程度之间存在着显著的正相关关系。中棉所49号、新陆早62号和新陆早64号的中部果枝部位种子具备较好的发芽能力,比其他部位种子活力综合指标好,尤其种子的发芽率和活力指数远大于其他部位种子^[35-36]。本研究发现,超宽膜种子活力在不同部位均高于宽膜,中部铃种子活力最高,不同部位间表现为:中部铃>下部铃>上部铃,造成这种现象可能是由于下部铃成熟较早,但未及时采收,在温湿度剧烈变化下,种子衰

老,导致活力降低,而上部铃则成熟度差,种子活力亦低,中部铃充分成熟且采收及时,因此种子质量好活力高。

4 结 论

为探究不同覆膜宽度对棉田土壤水热分布、棉花生长发育和产量品质的影响,本研究利用相同管理模式下的超宽膜处理棉田和常规宽膜处理棉田对比,探究超宽膜对棉花水热特征、生长发育和产量品质的影响。主要结论如下:

1)在棉花整个生育周期内,超宽膜处理在10—40 cm土层处土温较宽膜处理均有较大提高,其土温提升效果在植株生长前期更好。

2)超宽膜处理对棉花产量和纤维品质的提升均存在促进作用,其单株成铃数、籽棉产量、断裂比强度、上半部纤维长度、整齐度等指标均较宽膜处理显著提高,促进经济效益的增加;

3)超宽膜处理棉花种子活力水平较宽膜处理大幅提高,2种处理在发芽率、发芽指数、种子活力等指标上的差异皆达到显著水平;

由此可见,超宽膜植棉技术在土壤水热、植株生长、产量品质和综合效益上均较常规宽膜有较大提升,在生产上有较大的推广潜力。

由于生长环境在很大程度上也影响了植株的生长,超宽膜植棉在不同环境类型间的差异仍有待进一步研究。此外,本研究将继续在超宽膜上开展灌水量和种植模式相关试验,探究在其覆盖下植株的群体生长规律,丰富超宽膜植棉体系规范,为棉花生产提供借鉴。

参考文献 References

- [1] 韦京艳,刘金山,张芸芸,孟俊婷,唐淑荣. 2023年新疆细绒棉主栽品种纤维质量研究[J]. 棉纺织技术,2024(2):1-6
Wei J Y, Liu J S, Zhang Y Y, Meng J T, Tang S R. Study on fiber quality of major cultivars of Xinjiang upland cotton in 2023 [J]. *Cotton Textile Technology*, 2024(2): 1-6 (in Chinese)
- [2] 丁凡,吕军,刘勤,郭莹,何文清,王林,严昌荣. 我国棉花主产区变化与地膜残留污染研究[J]. 华中农业大学学报, 2021,40(6): 60-67
Ding F, Lv J, Liu Q, Guo Y, He W Q, Wang L, Yan C R. Study on the changes in major cotton production areas and plastic film residue pollution in China [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2021, 40 (6): 60-67 (in Chinese)
- [3] 周明冬,侯洪,董合干,董道瑞,秦晓辉. 新疆农用地膜应用与残留污染现状分析,浙江农业科学[J]. 2015, 56(12): 2058-2061
Zhou M D, Hou H, Dong H G, Dong D R, Qin X H. Analysis of the

- current situation of agricultural mulching film application and residual pollution in Xinjiang[J]. *Zhejiang Agricultural Sciences*, 2015, 56(12): 2058-2061 (in Chinese)
- [4] 温越. 地膜残留量对膜下滴灌棉田土壤微环境及作物生长影响研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2024
Wen Y. Study on the impact of plastic film residue on the soil microenvironment and crop growth in cotton fields with drip irrigation under mulching film[D]. Shihezi: Shihezi University, 2024 (in Chinese)
- [5] 朱金儒,李文昊,王振华,宗睿,王天宇. 覆膜滴灌棉田地膜残留量对棉花生长的影响,干旱区研究[J]. 2021, 38(2): 570-579
Zhu J R, Li W H, Wang Z H, Zong R, Wang T Y. Impact of plastic film residue on cotton growth in cotton fields with film-mulched drip irrigation [J]. *Arid Zone Research*, 2021, 38(2): 570-579 (in Chinese)
- [6] 贵会平,席育贤,张恒恒,庞念厂,李雪源,赵战胜,秦江鸿,王香茹,董强,宋美珍,张西岭. “宽早优”植棉四大优势和四大转变的概述[J]. 中国棉花, 2022, 49(7): 1-5
Gui H P, Xi Y X, Zhang H H, Pang N C, Li X Y, Zhao Z S, Qin J H, Wang X R, Dong Q, Song M Z, Zhang X L. Overview of the four major advantages and four major transformations in the "wide, early, and high-yield" cotton planting strategy [J]. *China Cotton*, 2022, 49(7): 1-5 (in Chinese)
- [7] 田馨,张涵,孙诗冉,罗鑫兰,赵淑梅,郑亮. 地膜材料与厚度对地膜回收及棉花生长的影响[J]. 中国农业大学学报, 2025, 30(1): 206-214
Tian X, Zhang H, Sun S R, Luo X L, Zhao S M, Zheng L. Effects of mulching film material and thickness on film recycling and cotton growth [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2025, 30(1): 206-214 (in Chinese)
- [8] 白岩,毛树春,田立文,李莉,董合忠. 新疆棉花高产简化栽培技术评述与展望[J]. 中国农业科学, 2017, 50(1): 38-50
Bai Y, Mao S C, Tian L W, Li L, Dong H Z. Review and outlook on simplified high-yield cultivation techniques for cotton in Xinjiang [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2017, 50(1): 38-50 (in Chinese)
- [9] 谭宝莲,亚力坤·吐尔洪. 新疆机采棉与手摘棉的成本质量对比研究[J]. 棉纺织技术, 2015, 43(3):73-76
Tan B L, Turgun Y. Comparative study on cost and quality between machine-harvested cotton and hand-picked cotton in Xinjiang [J]. *Cotton Textile Technology*, 2015, 43(3): 73-76 (in Chinese)
- [10] 陆秀红. 超宽膜机采棉高产栽培技术[J]. 农村科技,2023(5):14-17
Lu X H. High-yield cultivation techniques for machine-harvested cotton with ultra-wide mulching film [J]. *Rural Science and Technology*, 2023 (5): 14-17 (in Chinese)
- [11] 郭飞,李少杰,韩顺涛,周广顺. 塔城地区不同覆膜模式对棉花生长及土壤墒情的影响[J]. 耕作与栽培, 2024,44(1):56-60
Guo F, Li S J, Han S T, Zhou G S. Effects of different mulching modes on cotton growth and soil moisture in tacheng region [J]. *Tillage and Cultivation*, 2024, 44(1): 56-60 (in Chinese)
- [12] 李有忠,王国民,孔新. D膜植棉栽培模式的优势、应用效果及配套栽培技术[J]. 分子植物育种, 2021, 19(9): 3122-3127
Li Y Z, Wang G M, Kong X. Advantages, application effects, and supporting cultivation techniques of the D-film cotton planting model [J]. *Molecular Plant Breeding*, 2021, 19(9): 3122-3127 (in Chinese)
- [13] 娄善伟,董合忠,田晓莉,田立文. 新疆棉花“矮、密、早”栽培历史、现状和展望[J]. 中国农业科学, 2021, 54(4): 720-732
Lou S W, Dong H Z, Tian X L, Tian L W. History, current situation, and prospects of the "short, dense, and early" cotton cultivation technique in Xinjiang [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2021, 54(4): 720-732 (in

- Chinese)
- [14] 张西岭, 宋美珍, 王香茹, 庞念厂, 张恒恒, 贵会平, 董强. 新疆“宽早优”植棉模式概述[J]. 中国棉花, 2021, 48(1): 1-4
Zhang X L, Song M Z, Wang X R, Pang N C, Zhang H H, Gui H P, Dong Q. Overview of the "wide, early, and high-yield" cotton planting model in Xinjiang[J]. *China Cotton*, 2021, 48(1): 1-4 (in Chinese)
- [15] 闫夏. 不同覆膜与种植方式对棉花产量及增温效应的影响[J]. 现代农业科技, 2016(5): 16
Yan X. Effects of different mulching and planting methods on cotton yield and temperature-increasing effect[J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2016(5): 16 (in Chinese)
- [16] 李志刚, 张俊尧, 王家勇, 何洪涛, 桑军民, 徐文修, 唐江华. 不同宽度地膜覆盖对棉花生长及产量的影响[J]. 新疆农业科技, 2022(3): 6-7
Li Z G, Zhang J Y, Wang J Y, He H T, Sang J M, Xu W X, Tang J H. Effects of plastic film mulching with different width on cotton growth and yield[J]. *Xinjiang Agricultural Science and Technology*, 2022(3): 6-7 (in Chinese)
- [17] 宁松瑞, 左强, 石建初, 王数, 刘忠山. 新疆典型膜下滴灌棉花种植模式的用水效率与效益[J]. 农业工程学报, 2013, 29(22): 90-99
Ning S R, Zuo Q, Shi J C, Wang S, Liu Z S. Water use efficiency and benefit for typical planting mode of drip-irrigation cotton under film in Xinjiang [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2013, 29(22): 90-99 (in Chinese)
- [18] 王雪姣, 王森, 吉春容, 井立军, 高婧, 张山清. 基于GIS的新疆沙湾市棉花种植精细化气候区划[J]. 农业工程, 2023, 13(8): 38-43
Wang X J, Wang S, Ji C R, Jing L J, Gao J, Zhang S Q. Fine climatic division of cotton planting in Shawan City of Xinjiang uigur autonomous region based on GIS[J]. *Agricultural Engineering*, 2023, 13(8): 38-43 (in Chinese)
- [19] 田禾阳. 钾胁迫下棉花根系形态特征及根冠关系研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2023
Tian H Y. Study on morphological characteristics of cotton root system and the relationship between root and crown under potassium stress[D]. Baoding: Hebei Agricultural University, 2023 (in Chinese)
- [20] 殷元峰. 种植模式对不同果枝类型棉花生长发育及产量构成因素的影响[D]. 阿拉尔: 塔里木大学, 2023
Yin Y F. Effects of planting patterns on the growth, development, and yield components of cotton with different fruit branch types[D]. Ala'er: Tarim University, 2023 (in Chinese)
- [21] 贾正茂, 崔远来, 刘方平, 许亚群. 不同水分条件下棉花茎流、叶温及茎粗变化规律[J]. 中国农村水利水电, 2012(6): 73-77
Jia Z M, Cui Y L, Liu F P, Xu Y Q. Change rule of sap flow, leaf temperature and stem diameters of cotton under different soil water contents[J]. *China Rural Water and Hydropower*, 2012(6): 73-77 (in Chinese)
- [22] 赵光武, 许芳忠, 钟泰林. 基于氧传感技术测定杉木种子活力的初步研究[J]. 种子, 2011, 30(4): 4-7
Zhao G W, Xu F Z, Zhong T L. Preliminary study on seed vigor testing of China fir based on oxygen sensing technology[J]. *Seed*, 2011, 30(4): 4-7 (in Chinese)
- [23] 王东旺, 王振华, 张金珠, 吕廷波, 周博, 李文昊. 滴灌带布置模式对北疆机采棉生长及土壤水热盐分布特征的影响[J]. 农业工程学报, 2022, 38(S1): 76-86
Wang D W, Wang Z H, Zhang J Z, Lv T B, Zhou B, Li W H. Effects of drip tape modes on machine-harvest cotton growth and soil water, heat and salt distribution in Northern Xinjiang of China[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2022, 38(S1): 76-86 (in Chinese)
- [24] 孙贵芳, 屈忠义, 杜斌, 任中生, 刘安琪. 不同灌溉制度下河套灌区玉米膜下滴灌水热盐运移规律[J]. 农业工程学报, 2017, 33(12): 144-152
Sun G F, Qu Z Y, Du B, Ren Z S, Liu A Q. Water-heat-salt effects of mulched drip irrigation maize with different irrigation scheduling in Hetao Irrigation District[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2017, 33(12): 144-152 (in Chinese)
- [25] 王永安, 北疆棉花超高密度栽培技术[J]. 农村科技, 2011(3): 19
Wang Y A. Ultra-high density cultivation techniques of cotton in northern Xinjiang [J]. *Rural Science & Technology*, 2011(3): 19 (in Chinese)
- [26] 刘安, 阿达来提·达吾提, 辛岩. 两种不同覆膜方式的棉花种植机械化技术效益分析[J]. 农机科技推广, 2022(6): 42-44
Liu A, Dawut A, Xin Y. Technical benefit analysis of cotton planting mechanization with two different film mulching methods[J]. *Agricultural Machinery Science and Technology Promotion*, 2022(6): 42-44 (in Chinese)
- [27] 李志刚, 张俊尧, 王家勇, 何洪涛, 桑军民, 徐文修, 唐江华. 不同宽度地膜覆盖对棉花生长及产量的影响[J]. 新疆农业科技, 2022(3): 6-7
Li Z G, Zhang J Y, Wang J Y, He H T, Sang J M, Xu W X, Tang J H. Effects of plastic film mulching with different width on cotton growth and yield[J]. *Xinjiang Agricultural Science and Technology*, 2022(3): 6-7 (in Chinese)
- [28] 雷亚平, 韩迎春, 王国平, 冯璐, 杨北方, 范正义, 支晓宇, 王占彪, 熊世武, 魏晓文, 李亚兵. 棉花株式图信息数字化方法及其应用[J]. 棉花学报, 2018, 30(1): 92-101
Lei Y P, Han Y C, Wang G P, Feng L, Yang B F, Fan Z Y, Zhi X Y, Wang Z B, Xiong S W, Wei X W, Li Y B. A method for digitizing cotton plant architectural information and its application [J]. *Cotton Science*, 2018, 30(1): 92-101 (in Chinese)
- [29] 周永萍, 张海娜, 田海燕, 葛朝红, 师树新. 棉花蕾铃脱落原因与调控控制措施[J]. 棉花科学, 2018, 40(2): 41-43
Zhou Y P, Zhang H N, Tian H Y, Ge C H, Shi S X. Causes of cotton bud and boll shedding and its adjustment and control measures [J]. *Cotton Science*, 2018, 40(2): 41-43 (in Chinese)
- [30] 阿严·道克西, 辛岩, 杨会锋, 何洪涛. 超宽膜棉花精量播种技术及经济效益分析[J]. 新疆农机化, 2024(3): 8-9
Docxsi A, Xin Y, Yang H F, He H T. Analysis of super-wide film cotton precision sowing technology and economic benefits [J]. *Xinjiang Agricultural Mechanization*, 2024(3): 8-9 (in Chinese)
- [31] 阿布力孜, 达列力汗, 卡迪尔江, 夏尔瓦古丽. 棉花不同覆膜方式对产量及增温效应的影响分析[J]. 农业科技通讯, 2012(2): 41-42
Abliz, Dalihan, Kadirjiang, Xiaerwaguli. Analysis on the influence of different mulching methods on cotton yield and warming effect [J]. *Agricultural Science and Technology Communications*, 2012(2): 41-42 (in Chinese)
- [32] 邵小平, 潘中清, 蒋龙, 李军华, 郁洁. 棉花4.4 m超宽膜干播湿出集成栽培技术[J]. 新疆农垦科技, 2022, 45(3): 11-14
Shao X P, Pan Z Q, Jiang L, Li J H, Yu J. Integrated cultivation techniques of cotton with 4.4 m ultra-wide film dry sowing and wet out [J]. *Xinjiang State Farms Science and Technology*, 2022, 45(3): 11-14 (in Chinese)
- [33] 周相. 品种和密度对棉花成铃规律及棉铃内部产量构成的影响[D]. 阿拉尔: 塔里木大学, 2022
Zhou X. The influence of variety and density on boll formation patterns

- and internal yield components of cotton bolls [D]. Ala'er: Tarim University, 2022 (in Chinese)
- [34] 娄善伟, 赵强, 高云光, 郭仁松, 阿不力克木, 张巨松. 密度对棉花冠层小气候影响及其与棉花相关生理特征和纤维品质的关系[J]. 棉花学报, 2010, 22(3): 260-266
- Lou S W, Zhao Q, Gao Y G, Guo R S, Abulikemu, Zhang J S. The effect of different density to canopy-microclimate and quality of cotton [J]. *Cotton Science*, 2010, 22(3): 260-266 (in Chinese)
- [35] 石秀楠, 王玉娇, 米尔扎提·木塔力甫, 曼孜拉·阿布来提, 阿依米克然·阿布都许库尔, 张金汕. 不同果枝节位和铃位对棉花种子活力的影响[J]. 新疆农业科学, 2023, 60(2): 295-300
- Shi X N, Wang Y J, Mutelip M, Abulaiti A, Abdushukar A, Zhang J S. Effects of different fruit branch nodes and boll positions on cotton seed vigor [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2023, 60(2): 295-300 (in Chinese)
- [36] 岳素可. 玉米品种隆平 206 特征特性及高产栽培技术[J], 农业科技通讯, 2019(5): 263-264
- Yue S K. Characteristics and high-yield cultivation techniques of maize variety Longping 206 [J]. *Agricultural Science and Technology Communications*, 2019(5): 263-264 (in Chinese)

责任编辑: 杨爱东



第一作者简介: 郭文文, 硕士研究生, 2021年9月—2024年6月就读于新疆农业大学农艺与种业专业。参与课题: 新疆维吾尔自治区重点项目研发计划“天山英才”培养计划项目(项目编号: 2023TSYCLJ0012)。2023年获得新疆农业大学自治区奖学金。以第三发明人发表发明专利一篇。



通讯作者简介: 郑凯, 硕士生导师, 新疆农业大学农学院植物遗传育种系副教授。主要研究方向为棉花种质资源优异基因挖掘和分子育种。先后主持国家重大专项、国家自然科学基金、国家博士后基金各1项, 省部级及其他项目共7项; 以第一作者或通讯作者在 *Industrial Crops & Products*、*Frontiers Plant Science*、《中国农业科学》、《中国农业大学学报》等期刊发表研究论文 20 余篇, 获得国家发明专利 3 项。