

## 新疆杂交棉育苗移栽稀植群体冠层结构特征及与产量关系的研究

姚炎帝<sup>1,2</sup>, 冯国艺<sup>1</sup>, 崔素倩<sup>1</sup>, 罗宏海<sup>1</sup>, 张亚黎<sup>1</sup>, 张旺锋<sup>1\*</sup>

(1. 石河子大学新疆兵团绿洲生态农业重点实验室/农学院, 新疆 石河子 832003;

2. 新疆石河子棉花所, 新疆 石河子 832000)

**摘要:**在北疆气候生态条件下,以杂交棉品种新陆早43号和鲁棉研24号为材料,采用育苗移栽稀植,研究杂交棉稀植条件下冠层结构、光合特性及与产量的关系。结果表明:与直播棉相比,移栽稀植条件下叶面积指数较低、冠层开度和透光率偏高,群体漏光损失严重,群体光合速率和干物质质量显著降低,但叶枝成铃的比例显著增加,且棉株生育进程有所提前,霜前花率提高20%。育苗移栽3.0万株·hm<sup>2</sup>与4.5万株·hm<sup>2</sup>条件下皮棉产量可达到2900 kg·hm<sup>2</sup>高产水平,但3.0万株·hm<sup>2</sup>处理的用苗量比4.5万株·hm<sup>2</sup>处理少33.3%。品种间,直播条件下新陆早43号的皮棉产量低于鲁棉研24号,育苗移栽稀植条件下高于鲁棉研24号。因此,在播种出苗期自然灾害较多的北疆地区选用适宜的杂交棉品种,采用育苗移栽稀植可实现稳产增产。

**关键词:**杂交棉;移栽;稀植;冠层结构;光合特性;产量

**中图分类号:**S562.01 **文献标志码:**A

**文章编号:**1002-7807(2011)05-0460-06

## Study on the Canopy Structure Characteristics and Its Correlation with Yield of Hybrid Cotton under Transplanting with Low-density in Xinjiang

YAO Yan-di<sup>1,2</sup>, FENG Guo-yi<sup>1</sup>, CUI Su-qian<sup>1</sup>, LUO Hong-hai<sup>1</sup>, ZHANG Ya-li<sup>1</sup>, ZHANG Wang-feng<sup>1\*</sup>

(1. The Key Laboratory of Oasis Eco-agriculture of Xinjiang Production Construction Group/College of Agriculture, Shihezi University, Shihezi 832003, China; 2. Cotton Research Institute, Shihezi, 832000, China)

**Abstract:** Selected two hybrid cotton cultivars (Xinluzao 43 and Lumianyan 24) as experimental materials, canopy architecture and its correlation with yield characteristics of transplanted hybrid cotton at low planting densities were studied in North of Xinjiang. The results showed that compared with direct-seeded cultivation, transplanted hybrid cotton at low planting densities had decreased leaf area index and canopy photosynthetic rate and dry-matter accumulation, but increased canopy openness and light transmittance rate. Furthermore, the flowers before frost of transplanted hybrid cotton increased by 20% and the boll number of monopodium also significantly improved. The lint yield could achieve 2900 kg·hm<sup>2</sup> when transplanted hybrid cotton planting densities were 30000 and 45000 plants·hm<sup>2</sup>, but it could save seedlings by 33.3% at the density of 30000 plants·hm<sup>2</sup>. Lint yield of Xinluzao 43 was lower in direct-seeded cultivation than that of Lumianyan 24, however, under transplanted hybrid cotton at low planting densities Xinluzao 43 was significantly higher than Lumianyan 24. Therefore, it will be of great importance to select the suitable hybrid cotton varieties under the condition of transplanted at low planting density for achieving stable production in North of Xinjiang.

**Key words:** hybrid cotton; transplanted cotton; low planting density; canopy structure; photosynthetic characteristics; yield

棉花杂种优势利用是提高产量和改善品质的重要途径之一。新疆是我国最重要的商品棉生产基地,近年来引进和选育了多个杂交棉品种并进行了推广种植,使棉花单产水平有了进一步提高<sup>[1]</sup>。杂交棉品种具有健壮的植株、单株结铃性强的特点,但生育期一般相对较长,而新疆棉区无

霜期短、热量资源有限,这严重制约了棉花杂种优势的发挥<sup>[2]</sup>;且新疆棉区矮密早高产栽培技术体系造成棉花用种量巨大,大幅增加了杂交棉的种植成本,影响了杂交棉的推广种植。因此,探寻降低杂交棉种植风险、充分挖掘杂交棉的生长优势成为新疆棉花高产栽培技术研究的重点之一<sup>[3]</sup>。

**收稿日期:**2011-03-30 **作者简介:**姚炎帝(1985-),男,硕士研究生;\*通讯作者, [zhwf\\_agr@shzu.edu.cn](mailto:zhwf_agr@shzu.edu.cn)

**基金项目:**国家科技支撑项目(2008BAD96B09-07, 2007BAD44B07)

棉花育苗移栽棉苗在设施条件下生产,能有效规避气候风险,已成为我国粮棉持续高产稳产的重要措施之一;杂交棉采用育苗移栽技术,能充分发挥其增产潜力<sup>[4]</sup>。新疆棉区种植密度高,杂交棉按常规密度移栽,单位面积的移栽成本就高达 1.8 万~2.25 万元·hm<sup>2</sup>。近年来,新疆植棉团场采用杂交棉育苗移栽稀植技术,在 2.25 万~3.0 万株·hm<sup>2</sup> 移栽密度下可获得 2700 kg·hm<sup>2</sup> 以上的产量水平,可实现节本增效的目的<sup>[5]</sup>。但有关移栽稀植条件下杂交棉产量形成的研究较少,基础研究的薄弱限制了杂交棉育苗移栽稀植技术的发展。为此,本文针对北疆棉区气候生态特点,采用育苗移栽技术,研究杂交棉移栽稀植条件下冠层结构特征及与产量的关系,探讨育苗移栽稀植在北疆推广应用的可能性,以期为实现棉花大面积高产稳产提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验概况

试验于 2010 年在新疆石河子大学棉花所(44.31°N, 85.98°E)进行,试验地土壤质地为黏土、地力中等偏上。供试材料为杂交棉新陆早 43 号(自育品种)和鲁棉研 24 号(引进品种)。参照王光强提出的新疆棉区杂交棉育苗移栽密度<sup>[6]</sup>,设 3 个移栽密度:1.5 万株·hm<sup>2</sup>、3.0 万株·hm<sup>2</sup>、4.5 万株·hm<sup>2</sup>,采用等行距种植,行距均为 85 cm,株距分别为 78.4 cm、39.2 cm 和 26.1 cm;以大田直播杂交棉理论密度 16.5 万株·hm<sup>2</sup> 为对照(宽窄行种植,株距为 14 cm)。随机区组排列,小区面积 8 m×5.1 m,重复 3 次。

棉花育苗在温室中进行,根据穴盘基质情况进行浇水,3 月 15 日定苗,苗期喷施缩节胺 2 次,浓度为 0.06 g·L<sup>-1</sup>;4 月 29~30 日在田间覆膜、铺设滴灌带,5 月 4—6 日用自制打孔器在地膜上垂直打直径为 10 cm 孔洞进行移栽;移栽后立即滴缓苗水 600 m<sup>3</sup>·hm<sup>2</sup>,5 月 30 日滴头水,滴水周期为 7~10 d,滴灌总量为 6900 m<sup>3</sup>·hm<sup>2</sup>;移栽前基施尿素 150 kg·hm<sup>2</sup>、硫酸二氢钾 75 kg·hm<sup>2</sup>,生育期间随水滴施尿素 450 kg·hm<sup>2</sup>、磷酸二铵 300 kg·hm<sup>2</sup>、硼肥 1.5 kg·hm<sup>2</sup>、硫酸二氢钾 225 kg·hm<sup>2</sup>。大田直播于 5 月 2—3 日采用人工点播,生育期

间滴水总量、施肥种类和施用量与移栽棉一致,试验地其它栽培技术措施同大田膜下滴灌棉花。

### 1.2 测试项目与方法

冠层结构指标、光截获率、群体光合速率等项目在盛蕾期、盛花期、盛铃期、见絮期、盛絮期测定,相应时间为出苗后或缓苗后 40 d,65 d,80 d,110 d,130 d;在见絮期(出苗后或缓苗后 108 d)测定棉株干物质质量。冠层结构指标采用 LAI-2000 冠层仪(Li-cor, USA)测定,选择北京时间 18:00—20:00 时,先将探头水平放置于冠层上方,按下测定按钮,2 声蜂鸣后在冠层底部选择 4 个不同位置进行测定。光截获率用 LI-250A 光量子仪(Licor, USA)测定,测定时选择北京时间 11:00—14:00,先测定植株顶部以上 30 cm 处自然总光、植株反光、入射到冠层底部的光强,每处理 5~6 次重复,采用高亮芝等提出的方法计算反射率、透射率即透射率<sup>[6]</sup>。群体光合速率测定参照 Garrity<sup>[7]</sup>的方法并有所改进,采用 GXH-305 型红外线 CO<sub>2</sub> 分析仪在田间直接测定,测定时选择晴天光强稳定在 1200~1400 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>(北京时间 11:00—14:00)时进行。棉株干物质测定是将植株分解为叶枝、果枝、茎、叶、叶枝铃、果枝铃等器官,105℃下杀青 30 min,80℃下烘干后称重,并计算各器官干物质质量占地上部总干物质质量的比重。于收获期对各处理测产和实收产量。各处理分上中下随机收取 20 个棉铃进行考种;霜前花为 10 月 10 日前收获的棉花。

## 2 结果与分析

### 2.1 移栽稀植对杂交棉产量及产量构成的影响

通过田间测产和产量实收统计,在育苗移栽稀植条件下,随移栽密度增加,皮棉产量逐渐增加,但 3.0 万株·hm<sup>2</sup> 和 4.5 万株·hm<sup>2</sup> 处理间无明显差异;移栽稀植皮棉产量均低于高密度常规直播棉(表 1),但移栽稀植较直播棉霜前花率显著提高,以移栽条件下新陆早 43 号霜前花率较高,达 95%以上。进一步考察产量构成因子可以看出,移栽杂交棉的单株铃数、铃重均显著高于直播棉,衣分无明显差异;随移栽密度的增加,单株铃数、铃重显著降低,总铃数和衣分在 3.0 万株·hm<sup>2</sup> 和 4.5 万株·hm<sup>2</sup> 处理间无明显差异。

表 1 不同密度处理的产量及产量构成因素

Table 1 Yield and components under different density in cotton

品种 Cultivar	密度 Density (/万株·hm <sup>-2</sup> )	单株铃数 Boll No. per plant	总铃数 Total boll No. (/×10 <sup>4</sup> 个·hm <sup>-2</sup> )	铃重 Boll weight /g	衣分 Lint percentage /%	实收子棉产量 Seed cotton yield (/kg·hm <sup>-2</sup> )	皮棉产量 Lint yield (/kg·hm <sup>-2</sup> )	霜前花率 Before frost cotton / %
新陆早 43 号 Xinluzao43	1.5	64.3±3.6a	95±5.4c	6.1±0.26a	44.2±1.45	6078±215.3c	2575±95.2c	97.1±0.45a
	3.0	43.1±2.1b	118±6.3b	5.9±0.31b	43.5±1.35	6808±223.1b	2996±97.1b	96.5±0.76a
	4.5	29.6±1.4c	121±6.2b	5.8±0.27c	43.9±1.43	6935±198.6b	3051±87.2b	95.2±1.23a
	CK	9.1±0.4d	146±9.9a	5.2±0.24d	43.8±1.65	7473±196.5a	3288±86.1a	75.6±3.42b
鲁棉研 24 号 Lumianyan24	1.5	68.3±2.8a	98±4.2c	5.8±0.25a	44.2±1.76	5074±205.6c	2509±90.9c	74.5±4.24a
	3.0	46.6±2.4b	121±7.2b	5.5±0.31b	43.7±2.35	6543±214.3b	2879±93.6b	73.2±2.68a
	4.5	29.4±1.6c	121±7.3b	5.3±0.34c	44.1±1.32	6587±225.6b	2905±99.5b	71.5±3.56a
	CK	9.7±0.6d	153±9.9a	4.9±0.26d	43.6±2.36	7479±253.3a	3290±110.4a	52.1±4.56b

注:表中数字后的英文字母表示差异达 5% 显著水平。Note: The different letters mean significant of differences at 5%.

## 2.2 移栽稀植对杂交棉叶面积指数 (leaf area index, LAI) 的影响

图 1 表明, 移栽杂交棉盛蕾期至见絮期的 LAI 均显著低于直播棉, 进入盛絮期与直播棉无显著差异。随移栽密度的增加, LAI 逐渐增大, 3.0 万株·hm<sup>-2</sup> 和 4.5 万株·hm<sup>-2</sup> 处理间无明显差异, 但均显著高于 1.5 万株·hm<sup>-2</sup>; 在 LAI 达到峰值

后, 随移栽密度的增加, LAI 下降幅度逐渐增大; 进入吐絮期, 不同移栽密度间的 LAI 无明显差异。品种间, 直播条件下见絮期以前品种间 LAI 无明显差异, 盛絮期新陆早 43 号的 LAI 比鲁棉研 24 号低 68.7%; 移栽条件下见絮期以前品种间 LAI 无明显差异, 盛絮期新陆早 43 号的 LAI 低于鲁棉研 24 号。

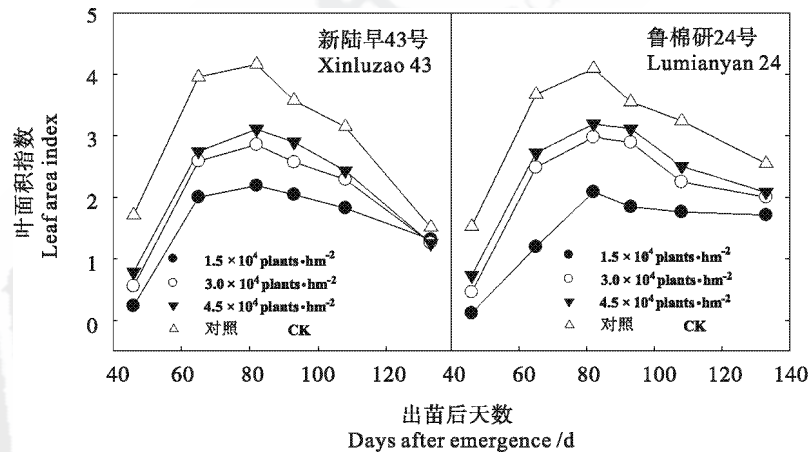


图 1 移栽密度对不同生育时期叶面积指数 (LAI) 的影响

Fig. 1 Effect of transplanting density on LAI at different growth stage

## 2.3 移栽稀植对杂交棉冠层开度 (Canopy openness, DIFN) 的影响

DIFN 代表冠层下可见天空比例, 常用来表示冠层透射率。研究表明(图 2), 在盛铃期棉田封行前移栽杂交棉 DIFN 均显著高于直播棉, 盛铃期后的 DIFN 均与对照无显著差异。随密度增加 DIFN 逐渐减小, 盛花期之前 3.0 万株·hm<sup>-2</sup> 和 4.5 万株·hm<sup>-2</sup> 间无明显差异, 但 2 密度处理的 DIFN

显著低于 1.5 万株·hm<sup>-2</sup> 处理; 盛花期以后密度处理间 DIFN 无明显差异。品种间, 直播条件下见絮期以前 2 品种 DIFN 无明显差异, 盛絮期新陆早 43 号的 DIFN 比鲁棉研 24 号高 45.1%; 移栽稀植条件下见絮期以前 2 品种 DIFN 无明显差异, 盛絮期新陆早 43 号的 DIFN 高于鲁棉研 24 号, 以 3.0 万株·hm<sup>-2</sup> 和 4.5 万株·hm<sup>-2</sup> 处理增加的幅度较大。



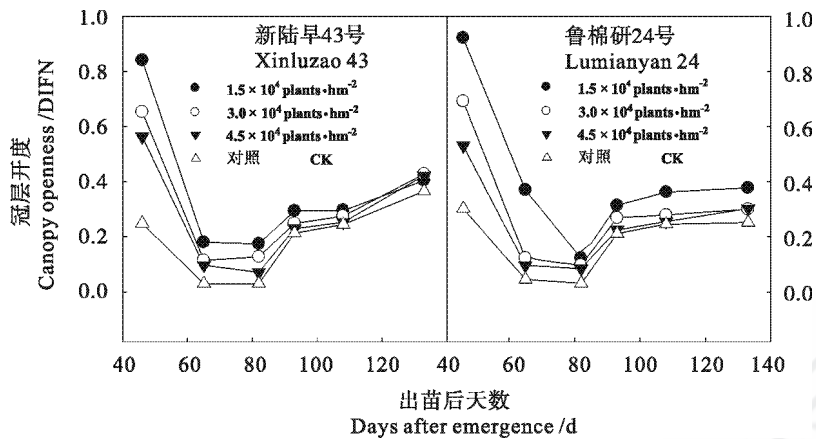


图 2 移栽密度对不同生育时期冠层开度(DIFN)的影响

Fig. 2 Effect of transplanting density on DIFN at different growth stages

#### 2.4 移栽稀植对杂交棉冠层总光吸收率、反射率和透射率的影响

移栽稀植盛蕾期总光吸收率远低于对照,随后差距逐渐缩小,盛铃期最小,生育后期又有所增加(图3)。随着移栽密度的增加,冠层光吸收率

呈增加趋势;盛花期以前杂交棉在 3.0 万株·hm<sup>2</sup> 和 4.5 万株·hm<sup>2</sup> 密度下光吸收率高于 1.5 万株·hm<sup>2</sup> 处理达 25% 以上,随后不同移栽密度处理间差距逐渐缩小。

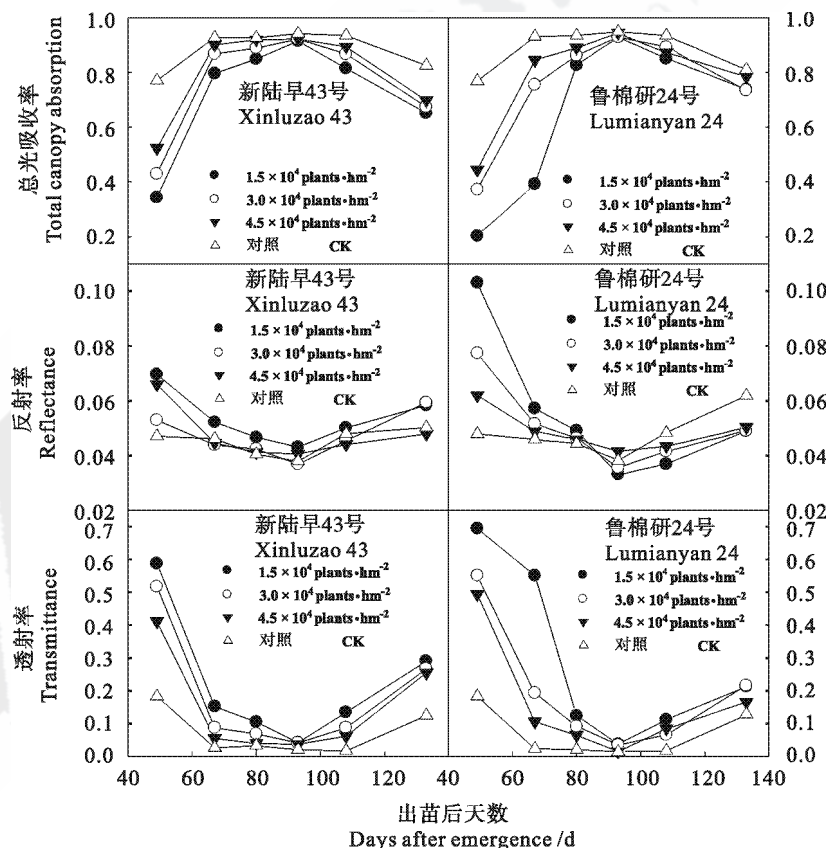


图 3 移栽密度对不同生育时期冠层总光吸收率、透射率、反射率的影响

Fig. 3 Effect of transplanting density on LIR, LLR and LRR at different growth stages

在盛花期以前,移栽稀植反射率和透射率均显著高于对照(图3),鲁棉研24号移栽1.5万株·hm<sup>2</sup>盛花期透射率较对照高22倍;花铃期移栽处理透射率大于对照,反射率与对照无明显差

异。随着移栽密度的增加,冠层反射率和透射率呈减小趋势,差异主要表现在盛蕾期,3.0万株·hm<sup>2</sup>和4.5万株·hm<sup>2</sup>冠层透射率较相近,显著低于1.5万株·hm<sup>2</sup>;冠层透射率随着密度的增加而减

小。直播条件下,品种间冠层光吸收率、反射率和透射率均没有明显差异;移栽条件下,鲁棉研 24 号 1.5 万株·hm<sup>2</sup> 处理盛花期光吸收率比新陆早 43 号高 200%,吐絮期的透射率比新陆早 43 号低 20%。

2.5 移栽稀植对杂交棉群体光合速率(Canopy apparent photosynthesis rate, CAP)的影响

对不同处理群体光合速率(CAP)的测定结果表明(图 4),在吐絮期以前,移栽条件下 CAP 均低于对照;在盛铃期达到峰值后,移栽处理 CAP 下降幅度较对照低 5%~8%,至吐絮期移栽 CAP 均大于对照。不同移栽密度间,吐絮期以前 CAP 随

密度的增加而增加,3.0 万株·hm<sup>2</sup> 和 4.5 万株·hm<sup>2</sup> 处理间 CAP 无明显差异,但均显著高于 1.5 万株·hm<sup>2</sup>;进入吐絮期后,随着密度的增加,CAP 下降幅度越大,新陆早 43 号下降幅度依次为 84.8%、86.5%和 86.9%,鲁棉研 24 号下降幅度分别为 72.7%、82.3%和 83.3%。品种间,新陆早 43 号对照 CAP 除吐絮期外略高于鲁棉研 24 号;移栽条件盛铃期以前鲁棉研 24 号 1.5 万株·hm<sup>2</sup> 处理显著低于新陆早 43 号,2 个品种的 3.0 万株·hm<sup>2</sup> 和 4.5 万株·hm<sup>2</sup> 处理无差异,吐絮期鲁棉研 24 号各处理 CAP 均高于新陆早 43 号。

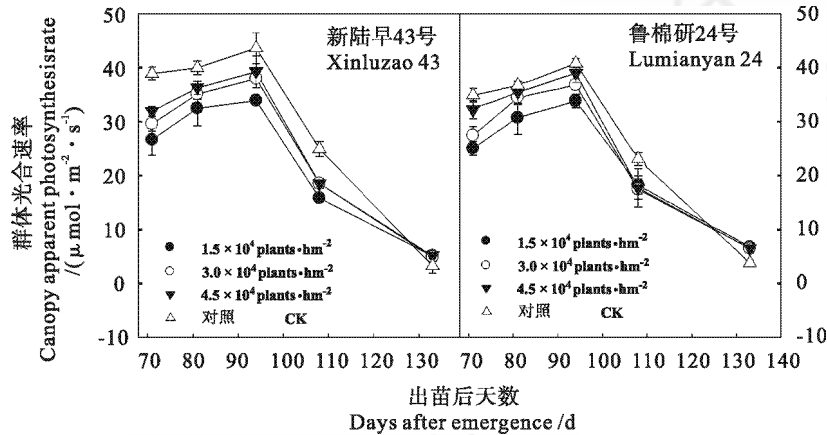


图 4 移栽密度对不同生育时期群体光合速率(CAP)的影响

Fig. 4 Effect of transplanting density on CAP at different growth stages

2.6 移栽稀植对杂交棉干物质积累及分配的影响

不同处理间干物质积累量和分配比例不同(表 2)。随着移栽密度的增加,干物质积累量逐渐增加,且处理间均达到显著水平;随密度的增加,干物质积累向果枝和茎的分配比例增加,向叶枝分配比例减小;营养器官中茎的比例均随密度的

增加而增加,达到显著差异,叶枝、果枝及叶所占比例移栽处理间差异不显著;生殖器官中叶枝结铃所占比例随密度增加而显著减小,果枝铃干物质所占比例随密度的增加而显著增加。移栽条件下干物质积累量均低于对照,生殖器官中叶枝所占比例显著高于对照,果枝所占比例无显著差

表 2 不同密度处理干物质质量及其分配比例(吐絮期)

Table2 Dry matter accumulation and distribution under different density in cotton(boll opening stage)

品种 Cultivar	密度 Density (/万株·hm <sup>2</sup> )	干物质质量 Dry matter (/kg·hm <sup>2</sup> )	营养器官比例 The proportion of vegetative organs / %				生殖器官比例 The proportion of genital / %	
			叶枝 leafy shoot	果枝 Fruit branch	茎 Stem	叶 Leaf	叶枝 leafy shoot	果枝 Fruit branch
新陆早 43 号 Xinluzao43	1.5	12021.2d	7.4a	5.6a	5.9d	15.5b	24.1a	41.5d
	3.0	15827.6c	6.7a	6.0a	8.5c	15.6b	20.4b	42.8c
	4.5	17715.6b	6.4a	6.4a	10.2b	16.2b	10.8c	50.0b
	CK	18125.3a	0.7b	6.8a	13.5a	18.4a	0.02d	60.6a
鲁棉研 24 号 Lumianyan24	1.5	11240.9d	15.4a	5.7a	6.5d	17.4b	26.1a	28.9d
	3.0	13240.1c	14.4a	6.4a	8.9c	16.4b	22.0b	31.8c
	4.5	15560.6b	12.4a	6.7a	11.2b	16.2b	16.8c	36.7b
	CK	19444.2a	6.3b	8.0a	13.1a	19.3a	1.2d	52.1a

注:表中数字后的英文字母表示差异达 5% 显著水平。Note: The different letters mean significant of differences at 5%.

异,茎、叶所占比例显著低于对照。品种间,直播条件下,鲁棉研 24 号的干物质累积量比新陆早 43 号高 7.3%, 而生殖器官所占比例前者比后者低 11%;移栽条件下,鲁棉研 24 号干物质累积量比新陆早 43 号低 6%~16%, 生殖器官所占比例前者低于后者 15%左右。

### 3 讨论

在北疆生态气候条件下,棉花常规种植中经常遭受早春低温冷害、秋季霜冻的双重影响,棉花产量水平波动较大。棉花育苗移栽能显著提高棉花生产力,增加铃数,提高霜前花率。已有研究表明,我国黄淮海和长江流域棉区杂交棉裸苗移栽较直播棉增产 5.2%、营养钵育苗移栽比直播增产 10%~20%<sup>[8]</sup>,长江流域棉区杂交棉稳产高产的适宜栽培密度为 2.7 万~3.0 万株·hm<sup>-2</sup><sup>[9]</sup>。本试验中移栽密度 3.0 万~4.5 万株·hm<sup>-2</sup> 处理的单位面积总铃数 120 万个·hm<sup>-2</sup> 左右,铃重 5.3~5.9 g,皮棉产量达到 2900 kg·hm<sup>-2</sup> 高产水平。但 3.0 万株·hm<sup>-2</sup> 处理的用苗量比 4.5 万株·hm<sup>-2</sup> 处理少 33.3%,相应的棉苗成本降低 50%,因此北疆棉区杂交棉育苗移栽在 3.0 万株·hm<sup>-2</sup> 左右为宜。

新疆奎屯棉区杂交棉在移栽密度 2.25 万~3.0 万株·hm<sup>-2</sup> 条件下能达到稳产高产的目的,较直播棉可增产 10%以上<sup>[5]</sup>。本研究结果表明,杂交棉育苗移栽稀植下,植株生长势强、单株铃数多,但仍无法弥补因单位面积株数降低引起群体总铃数下降的负面效应,皮棉产量较直播棉产量低 7%,这可能是试验年份春季低温持续期长,秋季温度下降快,棉花生育期间热量不足,影响单株产量潜力的发挥。本试验中杂交棉育苗稀植移栽下盛蕾期至见絮期的 LAI、DIFN、光截获率均显著低于直播棉,群体漏光损失严重,导致 CAP 显著低于直播棉;盛絮期的 LAI、DIFN、光截获率与直播棉无明显差异,CAP 略高于直播棉,说明杂交棉育苗移栽稀植有利于延缓棉株衰老、延长光合功能期,但终因盛蕾期至见絮期的 CAP 下降幅度过大,群体干物质累积量和经济产量均显著低于直播棉。王光强等研究表明育苗移栽可使得杂交棉生育期≥10℃有效积温提高 200~300℃,有利于提高霜前花率<sup>[5]</sup>。本试验表明,育苗移栽条

件下,鲁棉研 24 号的霜前花率达 70%左右、新陆早 43 号霜前花率达到 90%以上,均显著高于直播棉,说明不同棉区要根据当地温光条件,选择适宜当地种植的杂交棉品种,在育苗移栽条件下,通过采用“优、壮、高”栽培技术,缩短缓苗期,发挥杂交棉的个体生长,建立合理的高光效的群体结构,达到稳产高产的目的。

### 参考文献:

- [1] 胡兆璋. 改革开放 30 年:兵团农业、农牧团场的三次改革过程及五次科技飞跃[J]. 新疆农垦科技,2009(2):6-12.  
HU Zhao-zhang. 30 years of reform and opening-up: Three times reform process and five times technology leap of corps agricultural and farming herd[J]. State Farms Technol Xinjiang, 2009 (2): 6-12.
- [2] 马奇祥,孔宪良,鲁传涛,等. 新疆杂交棉的适宜密度试验[J]. 中国棉花,2008,35(2):16-17.  
MA Qi-xiang, Kong Xian-liang, Lu Chuan-tao, et al. Study on suitable density of hybrid cotton in Xinjiang[J]. China Cotton, 2008, 35(2): 16-17.
- [3] 杜明伟,罗宏海,张亚黎,等. 新疆超高产杂交棉的光合生产特征研究[J]. 中国农业科学,2009,42(6):1952-1962.  
DU Ming-wei, Luo Hong-hai, Zhang Ya-li, et al. Photosynthesis characteristics of super-high-yield hybrid cotton in Xinjiang[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2009, 42(6): 1952-1962.
- [4] 汪若海,李秀兰. 杂交棉的新进展及其深化研究[J]. 中国农业科学,2000,33(6):111-112.  
WANG Ruo-hai, Li Xiu-lan. The deepening and progress of hybrid cotton [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2000, 33(6): 111-112.
- [5] 王光强. 农七师杂交棉育苗稀植产量形成及关键栽培技术研究[D]. 石河子:石河子大学,2010.  
WANG Guang-qiang. Study on yield formation and matching technology of rare seedling-transplanting of hybrid cotton in nongqishi[D]. Shihezi: Shihezi University, 2010.
- [6] 高亮芝,李林. 水稻气象生态[M]. 北京:农业出版社,1992.  
GAO Ling-zhi, Li Lin. Rice meteoric ecology[M]. Beijing: Agriculture Press, 1992.
- [7] GARRITY D P, Sullivan C Y, Watts D G. Rapidly determining sorghum canopy photosynthetic rates with a mobile field chamber [J]. Agronomy Journal, 1984, 76(1): 163-165.
- [8] 韩迎春,毛树春,李亚兵,等. 裸苗移栽棉花产量、品质和效益分析[J]. 中国棉花,2009,36(3):9-14.  
HAN Ying-chun, Mao Shu-chun, Li Ya-bing, et al. Analysis of yield, quality and benefit about transplanting bare cotton[J]. China Cotton, 2009, 36(3): 9-14.
- [9] 别墅,余隆新,王孝刚,等. 抗虫杂交棉增密栽培技术[J]. 中国棉花,2010,37(8):33-34.  
BIE Shu, Yu Long-xin, Wang Xiao-gang, et al. Study on Bt hybrid cotton densification cultivation techniques[J]. China Cotton, 2010, 37(8): 33-34.