

旱区不同熟性棉花品种各器官干物质积累 及产量构成差异特征

张金龙¹,董合林²,陈国栋¹,胡守林¹,王雪¹,赵盼盼³,孙勇⁴,万素梅¹

(1.塔里木大学植物科学学院,新疆阿拉尔 843300; 2.中国农业科学院棉花研究所,棉花生物学国家重点实验室,河南安阳 455000;
3.阿克苏市农业技术推广中心,新疆阿克苏 843000; 4.新疆生产建设兵团第一师六团,新疆阿拉尔 843300)

摘要: 2015年选择早熟品种豫早9110、中早熟品种中植棉2号、中熟品种中棉所12,3个常规棉花品种(系)在南疆塔里木棉区种植,研究其不同器官干物质积累及产量情况。从不同熟性来看,单株干物质积累总量表现为中早熟(173.91 g) > 中熟(167.84 g) > 早熟(158.45 g);单株营养器官干物质积累总量表现为早熟(84.51 g) > 中早熟(76.61 g) > 中熟(73.70 g);单株生殖器官干物质积累总量表现为中早熟(97.30 g) > 中熟(94.15 g) > 早熟(73.94 g);RAR值(生殖器官与营养器官干物质比值)表现为中熟(1.28) > 中早熟(1.27) > 早熟(0.87);皮棉产量表现为中早熟(1 735.8 kg·hm⁻²) > 中熟(1 679.2 kg·hm⁻²) > 早熟(1 199.8 kg·hm⁻²)。综合分析认为,中早熟品种中植棉2号单株干物质质量最大(173.91 g),干物质平均积累速率较快(1.16 g·株⁻¹·d⁻¹),为产量的形成奠定了基础,中熟品种中棉所12次之,早熟品种豫早9110不太适合在塔里木棉区种植。根据试验结果并结合生产实践认为:在目前种植条件下,中早熟品种中植棉2号更适合在南疆塔里木棉区种植。

关键词: 棉花;品种;熟性;干物质;产量;南疆

中图分类号: S562 **文献标志码:** A

Dry matter and yield component of cotton cultivars differing in maturity in the drought region

ZHANG Jin-long¹, DONG He-lin², CHEN Guo-dong¹, HU Shou-lin¹,
WANG Xue¹, ZHAO Pan-pan³, SUN Yong⁴, WAN Su-mei¹

(1. College of Plant Science, Tarim University, Alaer, Xinjiang 843300, China; 2. Institute of Cotton Research of Chinese Academy of Agricultural Sciences/The State Key Laboratory of Cotton Biology, Anyang, Henan 455000, China;
3. Center of Agricultural Technology Extension of Akesu, Akesu, Xinjiang 843000, China;
4. Xinjiang Production and Construction Corps, Six Regiment Division, Alaer, Xinjiang 843300, China)

Abstract: In 2015, we selected early maturing cultivars Yuzao 9110, middle early maturity cotton cultivars in Zhongzhimian 2, medium maturity cultivars Zhongmiansuo 12, three conventional cotton varieties (lines) in the Tarim Basin of south Xinjiang cotton planting area to survey the dynamics of dry matter accumulation and yield formation. Results showed the order of dry matter accumulation per plant: the middle early (173.91 g), medium (167.84 g), early maturity (158.45 g). Dry matter accumulation in vegetative organ per plant of cotton cultivars was in the order of the early(84.51 g) > middle early(76.61 g) > medium maturity (73.70 g), while that in reproductive organ was the middle early (97.30 g) > medium(94.15 g) > early maturity(73.94 g), RAR was the medium (1.28) > middle early (1.27) > early maturity (0.87) and lint yield was the middle early (1 735.8 kg·hm⁻²) > medium(1 679.2 kg·hm⁻²) > early maturity (1 199.8 kg·hm⁻²). Comprehensive analysis that middle early maturity cultivar Zhongzhimian 2 was fast in per plant stem quality and dry matter average accumulation. And the early maturity cultivar(Yuzao 9110)were not suit for the Tarim Basin. Collectively, it could be concluded that the middle early maturity cultivar Zhongzhimian 2 is the suitable cotton cultivars for planting in Tarim Basin of South Xinjiang.

Keywords: cotton cultivar; maturity; dry matter; yield; South Xinjiang

收稿日期:2016-08-20

修回日期:2016-10-31

基金项目:国家棉花产业技术体系棉花高产栽培岗位(CARS-18-17);塔里木大学校长基金(TDLH201501)

作者简介:张金龙(1991—),男,甘肃张掖人,在读硕士,研究方向为农业可持续发展理论与技术。E-mail:794562197@qq.com。

通信作者:万素梅(1968—),女,博士,教授,主要从事旱区农业资源管理及高效农作制度研究。E-mail: wansumei510@163.com。

棉花干物质是指在 60℃ ~ 90℃ 恒温下充分干燥后的有机物质量,是衡量棉花有机物积累、营养成分含量的重要指标。建立棉花高效结构、实现棉花优质高产必须依赖于棉花干物质生产^[1]。塔里木盆地是中国最重要的产棉区,该区地处新疆南部,属典型的大陆极端干旱荒漠气候,年平均降雨量 50 ~ 70 mm,年均蒸发量 2 000 ~ 2 500 mm,全年无霜期 200 d 左右,年日照时数 2 650 ~ 3 100 h, ≥ 10℃ 的积温为 3 800℃ ~ 4 700℃,为中国优质商品棉的生产创造了得天独厚的自然条件。但是,近年来随着环境及生产条件的不断变化,使得一些棉花品种适应性发生较大变化,在这种背景下,以往种植于塔里木盆地的中早熟品种的适应性是否发生改变尚不明确,进行不同熟性棉花品种各器官干物质积累及产量形成差异研究可从区域适应性方面对以上问题给予回答。大量研究表明,调控作物不同器官干物质的积累、合理分配及转化,协调库源关系,是高产的重要途径之一^[2-6]。张旺峰等^[7]研究了新陆早 4 棉花在北疆干物质积累特征,结果表明:物质积累的关键时期出现在 7 月上旬至 8 月中旬,此时该地区棉株生长正处于花铃期的阶段;在密度条件下,地上部总干物质、茎叶干物质积累的最快时期提前出现。棉花干物质积累及分配直接影响到经济产量的形成和棉花的品质。有关这方面的研究,前人已做了大量的工作,但大多数关于干物质分配的研究没有考虑棉花的不同熟性和不同器官分配。本试验对棉花的生长发育及干物质累积和分配规律进行研究,为探索棉花优质高产所采取的合理措施提供依据。为进一步研究该地区棉花干物质的动态变化,本试验于 2015 年进行大田试验,系统地测定了不同熟性棉花的干物质累积动态及产量情况。在不同栽培条件下,探讨特定的农艺措施组合对棉花干物质生产与分配规律影响的数量关系,对生产实践具有一定的指导意义。同时,对棉花光合生产力研究、棉花育种等也有一定的参考价值。

1 材料与方法

1.1 材料

根据生育期不同,棉花品种可以划分为早熟品种(生育期 112 ~ 125 d)、中早熟品种(生育期 126 ~ 134 d)、中熟品种(生育期 135 ~ 145 d)、中晚熟品种(生育期 145 ~ 154 d)和晚熟品种(生育期 > 155 d)^[8]。按此标准,试验供试 3 个品种(系)可分为早熟品种(豫早 9110)、中早熟品种(中植棉 2 号)和中

熟品种(中棉所 12)。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于 2015 年在新疆建设兵团第一师十团科研基地(40.62°N, 81.34°E)进行,该区位于塔里木盆地西北侧,属暖温带大陆干旱荒漠气候类型,年均气温 10.7℃。试验地地势平坦,肥力中等,土质为沙壤土。试验为单因素试验,随机区组设计,3 个品种设 3 个处理,3 次重复,种植密度为 5.55 万株·hm⁻²。采用宽膜覆盖种植,1 膜 3 行,每小区 15 膜,行株距配置为 76 cm × 22 cm,小区面积 273.6 m²。棉花于 2015 年 4 月 20 日播种,10 月 5 日收获,全生育期灌水 10 次,累计施尿素 300 kg·hm⁻²,磷酸二胺 375 kg·hm⁻²,磷酸二氢钾 75 kg·hm⁻²,其它栽培管理措施同当地大田。

1.2.2 测定项目

(1) 干物质测定

在试验田内选择长势均匀具有代表性的区域设置取样点,于棉花出苗后每 30 天取样一次,全生育期共取样 5 次,每次选择长势均匀具有代表性棉株 5 株(苗期取样 30 株),按照根、茎、叶、花、蕾、铃等不同器官进行分样,随后 105℃ 下杀青 30 min, 80℃ 下烘干至恒定后分器官称量,重复 3 次。

(2) 单铃重与产量测定

收获期按小区实收计产,各小区收取正常开裂的 100 个棉铃,测定单铃重、籽棉重、皮棉重、衣分等产量性状。

(3) 数据分析

不同处理间的测定结果用 Microsoft Excel 2003 进行数据计算、绘图,用 DPS7.55 进行方差分析、显著性检验(Duncan 法)。

2 结果与分析

2.1 不同熟性棉花品种单株干物质积累特征

单株总干物质是作物产量形成的物质基础,棉花能否形成足够的单株干物质质量与产量有着密切的关系。由图 1 和图 2 可知,不同熟性棉花品种单株干物质积累均符合作物生长的“S”形曲线,增长的速度为先慢后快再慢;在出苗后 60 d 之前,豫早 9110 和中棉所 12 的增长趋势要高于中植棉 2 号,说明中植棉 2 号在苗期相对长势较弱;三个品种在 60 ~ 90 d 的时间段内干物质迅速增加,尤其是豫早 9110 和中植棉 2 号,干物质积累速率达到最大值,分别为 1.89 g·株⁻¹·d⁻¹和 2.15 g·株⁻¹·d⁻¹,这是由于品种的早熟性造成的;在 90 ~ 120 d 时间段豫早 9110 和

中植棉 2 号干物质增长变缓,而中棉所 12 的干物质积累速率达到了最大值 $2.5 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,这是因为中棉所 12 是中熟性品种,能较好地利用生育期长的优势;在 $120 \sim 150 \text{ d}$ 时间段,三个品种干物质增加缓慢,干物质积累速率下降,但是中植棉 2 号的积累速率又有一定程度的增加,这可能是因为二次生长所造成的。三种熟性棉花品种都具有较好的长势,单株干物质为 173.91 g (中植棉 2 号) $> 167.84 \text{ g}$ (中棉所 12) $> 158.45 \text{ g}$ (豫早 9110),单株干物质平均积累速率为 $1.16 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ (中植棉 2 号) $> 1.12 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ (中棉所 12) $> 1.06 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ (豫早 9110)。

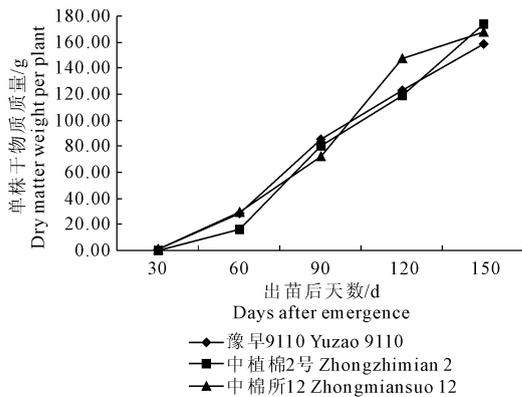


图 1 不同熟性棉花品种单株干物质总量的积累变化
Fig.1 The changes of dry matter accumulation per plant of cotton cultivars differing in maturity

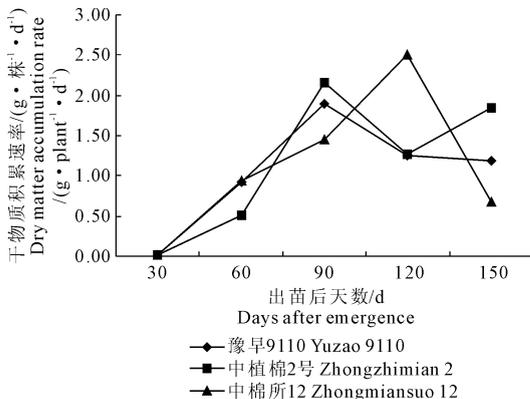


图 2 不同熟性棉花品种单株干物质总量的积累速率变化

Fig.2 The changes of dry matter accumulation per plant velocity of cotton cultivars differing in maturity

2.2 不同熟性棉花品种单株营养器官和生殖器官干物质积累特征

棉株生长前期干物质积累量少且积累速率慢,主要进行营养生长,随着生育期的延长,营养生长变慢,生殖生长加快。图 3、图 4 为不同熟性棉花品种

营养器官干物质变化。由图 3、图 4 可知,不同熟性棉花品种干物质积累前期较快(豫早 9110 和中植棉 2 号营养生长最快的时期是出苗后 90 天,分别为 $0.92 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 和 $1.38 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,而中棉所 12 营养生长最快的时期在出苗后 60 天,为 $0.87 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$),后期逐渐衰退,干物质积累量变大,但积累速率变慢,值得一提的是在 $120 \sim 150 \text{ d}$,豫早 9110 和中植棉 2 号的营养器官干物质积累速率还有所增加,具体原因还有待探讨。单株营养器官干物质总量为 84.51 g (豫早 9110) $> 76.61 \text{ g}$ (中植棉 2 号) $> 73.70 \text{ g}$ (中棉所 12),单株营养器官干物质平均积累速率为 $0.56 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ (豫早 9110) $> 0.51 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ (中植棉 2 号) $> 0.49 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ (中棉所 12)。

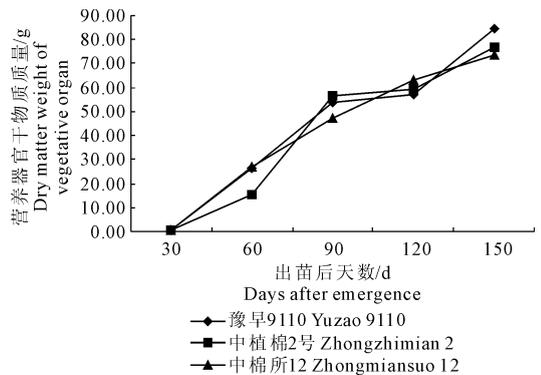


图 3 不同熟性棉花品种单株营养器官干物质积累变化

Fig.3 The changes of dry matter accumulation vegetative organ per plant of cotton cultivars differing in maturity

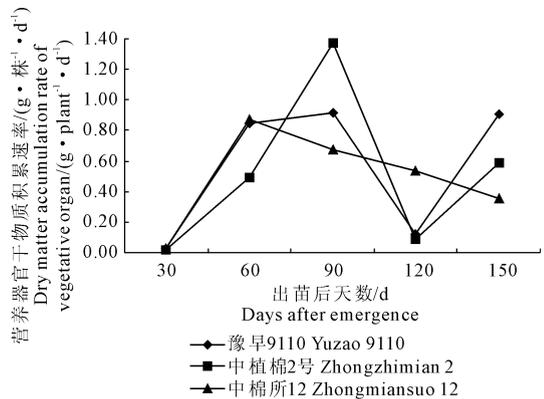


图 4 不同熟性棉花品种单株营养器官干物质积累速率变化

Fig.4 The changes of dry matter accumulation vegetative organ per plant velocity of cotton cultivars differing in maturity

从图 5、图 6 可以看出,不同熟性棉花品种单株生殖器官干物质积累完全符合作物生长曲线,生殖器官干物质积累量在全生育期呈现出前期积累少、

中期增多且加快,后期缓慢增加的“S”形趋势。三种熟性的棉花品种生殖器官干物质积累速率最快的时期都在出苗后 90~120 d(盛铃期),且差异较大,积累速率最快的是中棉所 12($1.97 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$),其次是中植棉 2 号($1.51 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$),积累速率最慢的是豫早 9110($1.13 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)。单株生殖器官干物质总量为 97.30 g (中植棉 2 号) $> 94.15 \text{ g}$ (中棉所 12) $> 73.94 \text{ g}$ (豫早 9110),单株生殖器官干物质平均积累速率为 $0.65 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ (中植棉 2 号) $> 0.63 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ (中棉所 12) $> 0.49 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ (豫早 9110),这与单株总干物质变化规律一致。

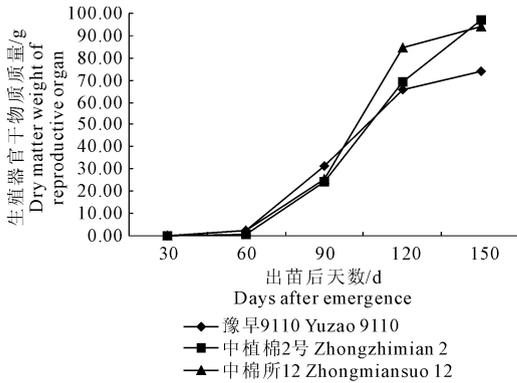


图5 不同熟性棉花品种单株生殖器官干物质积累变化

Fig.5 The changes of dry matter accumulation reproductive organ per plant of cotton cultivars differing in maturity

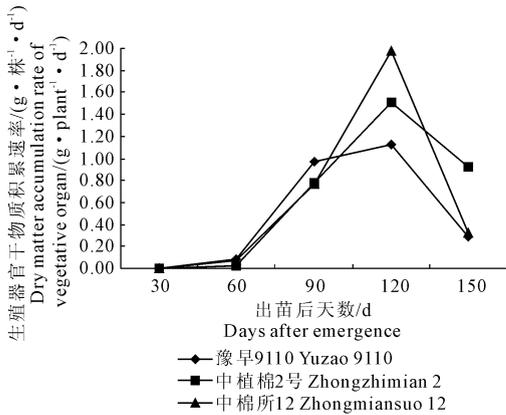


图6 不同熟性棉花品种单株生殖器官干物质积累变化

Fig.6 The changes of dry matter accumulation reproductive organ per plant velocity of cotton cultivars differing in maturity

在整个生育期内,不同熟性棉花品种干物质积累呈现不同的变化趋势。生育前期(开花前)以营养器官为中心,营养器官干物质积累速率明显高于生殖器官干物质积累速率;后期(开花后)干物质积累中心转移至生殖器官,生殖器官干物质积累速率明

显高于营养器官干物质积累速率。RAR 值的大小(生殖器官与营养器官干物质比值)与产量呈正相关^[9],从图 7 中可以看出,中棉所 12 和中植棉 2 号的 RAR 值分别为 1.28、1.27,都高于豫早 9110 的 0.87,可以初步确定这三种熟性棉花品种的产量水平,中棉所 12 和中植棉 2 号的产量相差不大,豫早 9110 的产量较低。

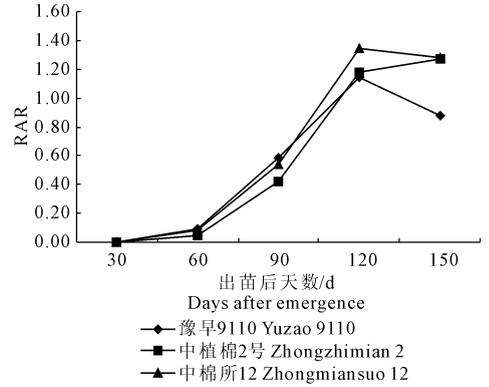


图7 不同熟性棉花品种生殖器官与营养器官干物质比值变化

Fig.7 The changes of dry matter accumulation ratio reproductive organ and vegetative organ of cotton cultivars differing in maturity

2.3 不同熟性棉花品种产量及产量构成要素

干物质的累积是棉花产量形成的基础,并且源与库的干物质分配直接影响棉花的经济产量。前人在棉花单株和群体干物质累积对棉花产量影响方面已做了深入的研究^[10-14]。

由表 1 可以看出,不同熟性棉花品种单株结铃数存在显著差异,中熟品种中棉所 12 单株结铃数达到 16.2 个,显著高于中早熟品种中植棉 2 号 and 早熟品种豫早 9110;不同熟性棉花品种单铃重表现为中早熟品种中植棉 2 号(5.69 g) $>$ 中熟品种中棉所 12 (5.53 g) $>$ 早熟品种豫早 9110(4.86 g);不同熟性棉花品种衣分表现为中早熟品种中植棉 2 号(43.37%) $>$ 早熟品种豫早 9110(42.36%) $>$ 中熟品种中棉所 12(40.66%);从产量方面来看,中早熟品种中植棉 2 号和中熟品种中棉所 12 的籽棉产量分别为 $4\ 002.2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $4\ 130.1 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,皮棉产量分别为 $1\ 735.8 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $1\ 679.2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,差异不显著,早熟品种豫早 9110 的籽棉产量和皮棉产量分别为 $2\ 832.6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $1\ 199.8 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,显著低于其他两个品种。综合来看,中早熟品种中植棉 2 号表现最好,中熟品种中棉所 12 次之,早熟品种豫早 9110 产量表现最差。

表 1 不同熟性棉花品种的产量及产量构成要素

Table 1 Yield and yield components of cotton cultivars differing in maturity

熟性类型 Maturity	品种 Cultivar	单株铃数/个 Boll number per plant	单铃重 Boll weight /g	籽棉产量 Seed cotton yield /(kg·hm ⁻²)	衣分 Lint percentage/%	皮棉产量 Lint yield /(kg·hm ⁻²)
早熟 Early maturity	豫早 9110 Yuzao 9110	10.1 c	4.86	2832.6 c	42.36	1199.8 b
中早熟 Middle early maturity	中植棉 2 号 Zhongzhimian 2	13.4 b	5.69	4002.2 ab	43.37	1735.8 a
中熟 Middle maturity	中棉所 12 Zhongmiansuo 12	16.2 a	5.53	4130.1 a	40.66	1679.2 a

注:数据为 3 个重复的平均值。同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: Values are mean of three plots of each treatment. Different letters within a column indicate significant difference among treatments ($P < 0.05$).

3 讨论

不同熟性棉花品种干物质积累和分配差别较大,这主要是由于棉花品种特性决定的。干物质是作物光合作用产物的最终形态,其积累与合理分配及运转是提高作物产量的关键^[5]。Craig 等发现,较高的生殖器官与营养器官干物质分配比能促进棉花单株铃数和单铃质量增加,最终引起增产^[2],本研究也得到了类似的结论,中熟品种中棉所 12 和中早熟品种中植棉 2 号的 RAR 值明显高于早熟品种豫早 9110(图 7),产量也是同样的趋势(表 1)。

棉花初花后干物质的累积对最终产量影响较大,生产中提高棉花花铃期的干物质累积有利于棉花高产^[15]。棉花产量性状是由于多因素控制的复杂数量性状,其形成既受品种遗传特性的控制,也受栽培技术和环境条件等因素的影响。唐灿明等^[16]和马新明等^[17]的研究表明,皮棉产量的直接构成因素为单位面积铃数、铃重和衣分。这与实验结果基本一致,中熟品种中植棉 2 号皮棉产量最高,衣分最高,单铃重最高。中熟品种中棉所 12 的单株有效铃数显著高于中早熟品种中植棉 2 号,籽棉产量也相对较高,但是由于衣分较低,皮棉产量也不如中早熟品种中植棉 2 号。

虽然前人对棉花单株和群体干物质对棉花产量影响进行了许多研究,但是,由于所用的品种、生态地区和试验设计的差异,结论也不尽相同。在新疆塔里木棉区特定的生态条件下,不同熟性棉花品种不同器官干物质积累和分配呈现怎样的规律及差异也未见报道。另一方面,不同熟性棉花品种干物质积累速率的差异以及峰值出现的时间,也提示了在不同地区选择适宜熟性品种的重要性—只有与当地气候条件相适应的熟性品种,才能充分快速发育,积累较多的干物质,为高产奠定基础。

4 结论

不同熟性棉花品种干物质积累动态基本一致,

均符合植物生长的“S”形曲线,在不同生育阶段单株总干物质积累规律为苗期缓慢,蕾期逐渐加快,花铃期是干物质积累的高峰期,此后又逐渐平稳。三种熟性棉花品种单株干物质积累总量为中早熟品种中植棉 2 号(173.91 g) > 中熟品种中棉所 12(167.84 g) > 早熟品种豫早 9110(158.45 g),这与夏绍南等^[18]的研究结果不同。

不同熟性棉花品种干物质积累速率差异比较明显,均表现为“慢—快—慢”的趋势。不同熟性棉花品种营养器官干物质积累速率均为先快后慢的变化趋势,早熟品种豫早 9110 和中早熟品种中植棉 2 号的峰值出现在出苗后 90 d,分别为 $0.92 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 和 $1.38 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,中熟品种中棉所 12 的峰值在出苗后 60 d,为 $0.87 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$;不同熟性棉花品种生殖器官干物质积累速率符合“慢—快—慢”的变化趋势,三种熟性棉花品种生殖器官干物质积累速率的峰值都在出苗后 120 d,早熟品种豫早 9110 为 $1.13 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,中早熟品种中植棉 2 号为 $1.51 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,中熟品种中棉所 12 为 $1.97 \text{ g} \cdot \text{株}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

三种熟性棉花品种中,中早熟品种中植棉 2 号干物质平均积累速率相对较高,最终的干物质积累量最大,在出苗后 120 ~ 150 d 产量形成的关键阶段积累速率保持较高,最终的 RAR 值相对较大,具有最大的单株干物质积累量。在生育后期,中早熟品种中植棉 2 号生殖器官干物质积累量和积累速率都最大,为产量的形成奠定了基础,最终的皮棉产量最高。因此,在目前种植条件下,中早熟品种中植棉 2 号可获得较高的收益,更适合在南疆塔里木地区种植,可以作为首推熟性品种。

参考文献:

- [1] 陈德华,陈源,周桂生,等.长江流域棉区高产棉花干物质生产与产量及群体构成的关系[J].中国棉花,2001,28(10):9-11.
- [2] Craig W B, Bridges D C, Brown S M. Analysis of cotton yields stability across population densities[J]. American Society of Agronomy, 2000,92(1):128-135.

(下转第 123 页)

- [14] King G J. Morphological development in brassica oleracea is modulated by in-vivo treatment with 5-azaCytidine[J]. Journal of Horticultural Science, 1995, 70(2):333.
- [15] Burn J E, Bagnall J, Metzger J D, et al. DNA methylation, vernalization, and the initiation of flowering[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 1993, 90(1):287-291.
- [16] Kondo H, Shiraya T, Wada K C, et al. Induction of flowering by DNA demethylation in perilla frutescens and silene armeria; heritability of 5-azacytidine-induced effects and alteration of the DNA methylation state by photoperiodic conditions[J]. Plant Science, 2010, 178(3):321-326.
- [17] 李梅兰, 曾广文, 朱祝军. 5-氮杂胞苷促进白菜开花的效应分析[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2003, 29(3):287-290.
- [18] 许会会, 刘维信, 孙艳, 等. 5-氮杂胞苷对白菜幼苗DNA甲基化和耐热性的影响[J]. 园艺学报, 2012, 39(3):567-573.
- [19] Cabrera R M, Saltveit M E, Owens K. Cucumber cultivars differ in their response to chilling temperatures[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1992, 117:802-807.
- [20] 周艳虹, 黄黎锋, 喻景权. 持续低温弱光对黄瓜叶片气体交换、叶绿素荧光猝灭和吸收光能分配的影响[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2004, 30(2):153-160.
- [21] Allen D J, Ort D R. Impacts of chilling temperatures on photosynthesis in warm-climate plants[J]. Trends in Plant Science, 2001, 6:36-42.
- [22] 中国科学院上海植物生理研究所. 现代植物生理学实验技术指南[M]. 北京: 科学出版社, 1999:302-303.
- [23] Demming-Adam B, Adams W W I I I. Xanthophyll cycle and light stress in nature: Uniform response to excess direct sunlight among higher plant species[J]. Plant, 1966, 198:460-470.
- [24] Genty B, Briantais J M, Baker N R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence[J]. Biochimica Biophysica Acta, 1989, 990:87-92.
- [25] Maxwell K, Johnson G N. Chlorophyll fluorescence practical guide[J]. Journal of Experimental Botany, 2000, 51(345):659-668.
- [26] 肖文静, 孙建磊, 王绍辉. 适度水分胁迫提高黄瓜幼苗光合作用弱光适应性[J]. 园艺学报, 2010, 37(9):1439-1448.
- [27] 薛国希, 高辉远, 李鹏民. 低温下壳聚糖处理对黄瓜幼苗生理生化特性的影响[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2004, 30(4):441-448.
- [28] 邢潇晨, 崔金霞, 刘慧英, 等. 不同浓度5-azaC处理对低温弱光胁迫下黄瓜幼苗抗氧化酶活性的影响[J]. 石河子大学学报, 2014, (32):422-426.
- [29] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1982, 33:317-345.
- [30] 刘伟, 艾希珍, 梁文娟, 等. 低温弱光下水杨酸对黄瓜幼苗光合作用及抗氧化酶活性的影响[J]. 应用生态学, 2009, 20(2):441-445.
- [31] Edreva A. Generation and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts: A submolecular approach. Agriculture[J]. Ecosystems and Environment, 2005, 106:119-133.

(上接第82页)

- [3] 闫映宇, 赵成义, 盛钰, 等. 膜下滴灌对棉花根系、地上部分生物量及产量的影响[J]. 应用生态学报, 2009, 20(4):970-976.
- [4] Bange M P, Milroy S P. Growth and dry matter partitioning of diverse cotton genotypes[J]. Field Crop Research, 2004, 87(1):73-87.
- [5] 高小丽, 孙健敏, 高金锋, 等. 不同绿豆品种花后干物质积累与转运特性[J]. 作物学报, 2009, 35(9):1715-1721.
- [6] 李国强, 汤亮, 张文宇, 等. 不同株型小麦干物质积累与分配对氮肥响应的动态分析[J]. 作物学报, 2009, 35(12):2258-2265.
- [7] 张旺峰, 李蒙春, 杨新军. 北疆高产棉花干物质积累的模拟[J]. 石河子大学学报, 1998, 2(2):87-92.
- [8] 李文炳, 潘大陆. 棉花实用新技术[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1992:5-6.
- [9] 周晓彬, 段洪波, 舒冰, 等. 钾肥用量对棉花干物质的影响[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(12):2398-2401.
- [10] 王志才, 李存东, 张永江, 等. 种植密度对棉花主要群体质量指标的影响[J]. 棉花学报, 2011, 23(3):284-288.
- [11] 肖茨南, 谢光辉, 郭向东, 等. 不同栽培密度下棉花干物质累积的模拟[J]. 北京农业大学学报, 1993, 19(1):17-25.
- [12] 骆雪娇. 棉花不同密度效应研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.
- [13] 杨秀理, 朱江, 李鲁华. 株行距配置方式对棉花不同层次干物质积累的影响[J]. 石河子大学学报, 2006, 24(4):401-405.
- [14] 赵中华, 刘德章, 郭美丽. 棉花群体冠层结构与干物质生产及产量的关系[J]. 棉花学报, 1997, 9(2):90-94.
- [15] 薛晓萍, 王建国, 郭文琦, 等. 氮素水平对初花后棉株生物量、氮素累积特征及氮素利用率动态变化的影响[J]. 生态学报, 2006, 26(11):3631-3640.
- [16] 唐灿明, 朱广春. 铃重及其构成因素的相关分析[J]. 中国棉花, 1990, (6):9-10.
- [17] 马新明, 李秉柏. 棉花铃重模拟模型研究[J]. 棉花学报, 1999, 11(5):278-279.
- [18] 夏绍南, 陈宜, 张丽娟, 等. 黄河流域棉花品种在江西棉区的生长发育分析[J]. 棉花科学, 2015, 37(4):47-53.