

源库调节对新疆高产棉花产量形成期光合产物生产与分配的影响

罗宏海, 李俊华, 张宏芝, 何在菊, 勾玲, 张旺锋*

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

摘要:以不同基因型棉花品种(常规棉新陆早 13 号、杂交棉标杂 A₁)为材料,在皮棉产量 2500 kg 以上的膜下滴灌高产条件下,于花铃期分别进行剪叶、疏蕾处理,研究了源库关系改变对叶片光合速率、¹⁴C 同化物运转分配及产量的影响。结果表明,去 1/4 叶后,新陆早 13 号剩余叶片光合速率(Pn)显著增加,¹⁴C 同化物输出率及在棉铃中的分配率提高,产量和纤维品质与对照(CK)无明显差异;疏 1/4 蕾铃后,标杂 A₁ 叶片 Pn 和棉株光合物质累积未受到影响,但加速了同化物向棉铃的运转速率,增强了棉铃对茎叶和根系中同化物的再调运能力,产量高于 CK。因此,依据不同品种对源库关系改变的响应,通过协调关键栽培技术调控源库关系,进而调节光合产物运转及分配的方向和速率,对实现新疆棉花超高产、稳产具有重要意义。

关键词:新疆;棉花;产量;源库关系

中图分类号:S562 **文献标识码:**A

文章编号:1002-7807(2009)05-0371-07

Effects of Source and Sink Manipulation on Transportation and Allocation of Leaf Photosynthetic Products during Flowering and Boll-Setting Stage in High-yield Cotton of Xinjiang

LUO Hong-hai, LI Jun-hua, ZHANG Hong-zhi, HE Zai-ju, GOU Ling, ZHANG Wang-feng*

(Key Laboratory of Oasis Ecology Agriculture of Xinjiang Construction Crops/College of Agriculture, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

Abstract: Selected cotton cultivars of different genotypes as experimental materials, the effects of leaf-cutting and bud-thinning on photosynthetic rate, partitioning of ¹⁴C-assimilate and yield during flowering and boll-setting stage in high-yield cotton were studied. The results indicated that when leaves were cutted 1/4 at anthesis, the photosynthetic rate and the percentage ¹⁴C-assimilate of export and partitioning in boll of Xinluzao 13 at full bolling and boll opening stages increased. Conclusively, seed cotton yield and fiber quality had no obvious difference with those of control. However, the photosynthetic rate and photosynthesis products accumulation of aerial part of BiaozaA₁ did not change when buds were thinned 1/4 at anthesis, but the speed of export and distribution percentage ¹⁴C-assimilates in boll increased, so the seed cotton yield exceeded that of control. These results suggest that it would be of great importance to regulate the relationship of source sink through the key cultivation techniques, according to different responses to the change of source and sink among varieties to obtain super high yield and stable yield in Xinjiang.

Key words: Xinjiang; cotton; yield; relationship of source and sink

源库关系是作物高产生理研究的热点问题之一,作物产量主要受到源光合产物的生产能力和库对光合产物吸收和利用能力的影响^[1]。在棉花上,铃、叶是棉株光合产物“库”和“源”的主体,

收稿日期: 2009-01-19 作者简介: 罗宏海(1979-),男,博士,副教授,luohonghai79@gmail.com; * 通讯作者

基金项目: 国家自然科学基金项目(30260051, 30460063)和国家科技支撑计划项目(2007BAD44B07)

“铃-叶”关系反映着棉株营养生长和生殖生长的协调状况,影响棉花的产量和品质^[2-5]。新疆地处欧亚大陆腹地,光热资源丰富,灌溉农业,具有发展棉花的资源优势,是我国最重要的优质高产棉区。对新疆棉花高产生理机理的研究表明,新疆棉花高产,除光照充足、叶片光合产物生产量大外,产量形成期(花铃期)光合产物运转分配效率高,有更多的光合产物分配到棉铃(库),经济系数高是重要原因^[6-7]。但另一方面,新疆棉花栽培以“小个体,大群体”为主,依靠群体优势获得高产,但较大的棉株群体,为协调源库关系带来了困难,相应的栽培措施不当,常造成大面积棉田棉花营养生长与生殖生长失衡,影响光合同化物的分配。虽然达到了较高的生物学产量,但经济产量较低。因此,研究高产棉花(皮棉 2500 kg·hm⁻²以上)源库关系改变对产量形成期光合产物运转与分配的调节效应,已成为新疆超高产棉花栽培和育种的重要研究内容。前人的研究主要集中在皮棉 1500~1875 kg·hm⁻²棉花源库关系上^[8-9],而对 2500 kg·hm⁻²以上高产棉花的源库关系研究甚少。为此,本文选用两个不同基因型棉花高产品种,在花铃期通过人工减源、疏库处理,研究源库关系改变对高产棉花产量形成期光合产物生产、运转与分配的调节效应,探讨新疆高产棉花产量形成过程中源库限制类型,为进一步明确新疆棉花栽培的主攻方向、实现干旱区棉花高产高效生产提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验概况

试验于 2004—2005 年在石河子大学农学院试验站(E86°03',N45°19')高精度可控水防雨池中进行。土壤质地为中壤土,pH 值 7.54,有机质 15.27 g·kg⁻¹,全氮 4.05 g·kg⁻¹,碱解氮 54.88 mg·kg⁻¹,速效磷 19.04 mg·kg⁻¹,速效钾 194 mg·kg⁻¹。土壤平均容重为 1.48 g·cm⁻³,田间持水量为 24.64%。播前每公顷深施 N 240 kg,P 75.3 kg。两年分别于 4 月 22 日、4 月 26 日布滴灌带、铺膜后,在膜上人工点播;田间种植方式及管道铺设方法同大田膜下滴灌棉花。每公顷留苗 21 万株左右。全生育期滴水 10~11 次,共滴水 5500 m³·hm⁻²,在第 1 次、第 2 次滴水时随水施入尿素 225 kg·hm⁻²。其它管理措施同大田膜下滴灌高产棉花。

1.2 试验设计

供试品种为新疆北疆 2 个不同基因型棉花高产品种:新陆早 13 号(常规棉)和标杂 A₁(杂交棉)。源库处理方法参照陈德华等^[8]并有所改进,于开花期(2004 年 6 月 25 日、2005 年 6 月 27 日)选取长势均匀的棉株分别进行如下处理:

T₁:剪去 1/2 叶处理(每片叶沿主脉去一半保留主脉);T₂:剪去 1/4 叶处理(沿主脉由叶尖至主脉 1/2 处,然后再沿垂直方向剪去约占叶的 1/4);T₃:根据打顶时留 8 个果枝,进行疏 1/2 蕾铃处理(去除第 2、4 和 6 果枝上所有的蕾铃);T₄:根据打顶时留 8 个果枝,进行疏 1/4 蕾铃处理(去除第 2 和 6 果枝上所有的蕾铃);T₅:不剪叶,不去蕾(CK)。及时处理新长出的叶片和蕾铃。采用裂区试验设计,减叶疏蕾处理为主区,品种为副区,3 次重复。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 光合速率。于棉花初花期、盛花期、盛铃期、吐絮期选择典型晴天上午 10:00—12:00,用 Li-6400 光合测定系统测定主茎功能叶片(打顶前为主茎倒 4 叶,打顶后依次为主茎倒 3 叶、倒 2 叶)的光合速率(Pn),具体时间为出苗后 60、75、90、115 d。每处理测定 5~8 株。

1.3.2 ¹⁴C 同位素示踪。在盛铃期(2005 年 8 月 5 日)采用 Cruz-Aguado 等的方法^[10],选择典型晴天上午 10:00—11:00,分别对不同处理主茎功能叶进行¹⁴C 示踪标记和残余气体的回收。在标记后 3 d 和 28 d 后取样,将棉株按饲喂叶和根、茎、未饲喂叶、蕾铃等器官分开洗净后装袋,105℃杀青 30 min,80℃烘干后称重。然后分别剪碎磨成粉状,每个样品称 50 mg,在实验室常温常湿条件下用 BH 1216 低本底 α、β 测量装置测定每分钟计数(cpm)。每个样品重复测定 3 次。数据经本底校正后以 3 个重复的平均值计算器官的放射性活度(dpm)、¹⁴C 光合产物在各器官中的分配率(%) and ¹⁴C 输出百分率(%)^[11]。

1.3.3 光合物质累积。于初花期、盛花期、盛铃期和吐絮期,每处理选取生长一致的棉株 5~6 株,将植株分成主茎、叶、蕾铃等器官,105℃杀青 30 min,80℃烘干至恒重,称干重。

1.3.4 产量性状及纤维品质。成熟前各小区选取具有代表性植株 20 株考察单株结铃数、铃重。纤维长度、比强度、麦克隆值等品质指标由农业部农产品质量监督测试中心(乌鲁木齐)测定。

1.4 数据处理

应用 Sigmaplot 9.0 和 DPS 统计软件对试验数据进行作图及统计分析。

2 结果与分析

2.1 源库调节对高产棉花叶片光合速率的影响

从初花期开始,随棉花生育进程的推移,叶片光合速率(P_n)逐渐降低,不同处理间 P_n 的变化有所不同(表 1)。在叶源量减少的条件下,初花期至盛花期剩余叶片 P_n 有所增加,但增加的幅度因品种而不同。新陆早 13 号对减源反应敏感,减源后 P_n 显著提高;标杂 A_1 减源后虽然 P_n 有所增加,但增加幅度较小,一般不超过对照(CK)

的 10%。盛铃期至吐絮期,新陆早 13 号去 1/2 叶(T_1 处理)的 P_n 显著低于 CK,去 1/4 叶(T_2 处理)的与 CK 无明显差异;标杂 A_1 的 P_n 随叶源减少量的增加而显著降低。说明棉花生育中后期在叶源胁迫时杂交棉品种 P_n 受到影响较大。

在库容量减少的条件下,初花期至吐絮期的 P_n 有所降低。品种间,新陆早 13 号 P_n 随库容量的减少而显著降低;标杂 A_1 疏 1/2 蕾铃(T_3 处理)的 P_n 显著低于 CK,疏 1/4 蕾铃(T_4 处理)的初花期至盛花期低于 CK,盛铃期至吐絮期显著高于 CK。说明在产量形成期,常规棉品种疏库后会显著抑制叶片 P_n ,杂交棉品种在轻度疏库后有利于提高叶片 P_n 。

表 1 源库调节对不同时期棉花叶片光合速率的影响

Table 1 Effect of source-sink manipulation on the photosynthesis rate in cotton leaves of different periods $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

品种	处理	生育时期			
		初花期	盛花期	盛铃期	吐絮期
新陆早 13 号	T_1	33.0±1.5 a	29.4±0.3 a	19.3±0.4 f	6.3±0.3 f
	T_2	30.7±0.1 b	28.4±0.1 b	25.5±0.5 a	8.9±0.2 cd
	T_3	28.5±0.4 d	26.5±0.2 f	21.8±0.9 d	7.7±0.2 e
	T_4	29.9±0.2 c	27.7±0.1 d	22.7±0.5 c	8.4±0.3 d
	CK	30.6±0.6 b	28.2±0.2 c	24.5±0.2 b	9.2±0.5 c
标杂 A_1	T_1	31.0±1.0 b	28.5±0.2 b	16.2±0.2 g	5.1±0.4 g
	T_2	29.3±0.1 d	27.6±0.1 de	21.2±0.1 e	8.5±0.7 d
	T_3	27.5±0.2 e	25.5±0.3 g	22.5±0.8 c	9.6±0.8 c
	T_4	28.7±0.6 d	26.5±0.2 f	24.9±0.6 ab	13.2±0.5 a
	CK	29.0±0.1 d	27.5±0.2 e	25.8±0.2 a	11.5±1.3 b

注:不同字母 a、b、c 等表示同一列在 $P=0.05$ 水平上差异显著,下同。

2.2 源库调节对高产棉花光合物质累积的影响

由图 1 可见,减源或疏库后,棉株地上部总光合物质累积量均明显降低。新陆早 13 号初花期(出苗后 62 d)至盛花期(出苗后 72 d)源库处理间地上部总光合物质累积量差异较小,盛铃期(出苗后 82 d)至吐絮期(出苗后 112 d)则表现为 $CK >$

$T_4 > T_2 > T_3 > T_1$,且处理间的差异均达到显著性;标杂 A_1 初花期源库处理间无明显差异,盛花期至吐絮期则表现为 $CK > T_4 > T_3 > T_2 > T_1$,且 T_4 与 CK 无明显差异,其它处理均与 CK 达到显著性差异。

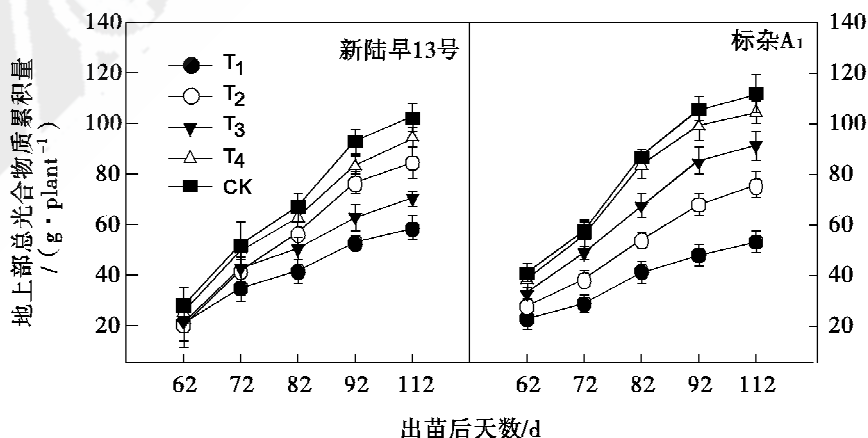


图 1 源库调节对地上部总光合物质累积量的影响

Fig. 1 Effects of source-sink manipulation on single plant dry matter accumulation at different growth stages

2.3 源库调节对高产棉花¹⁴C同化物分配的影响

叶源量减少的条件下, 饲喂叶 3 d 后两品种¹⁴C同化物的输出率均显著高于 CK(表 2), 且¹⁴C同化物在根、茎叶中的分配率低于 CK, 在蕾铃中的分配率显著高于 CK; 饲喂叶 28 d 后新陆早 13 号¹⁴C同化物输出率及在根、茎叶和蕾铃中的分配率均与 CK 无明显差异(表 3), 而标杂 A₁T₁ 处理¹⁴C同化物在茎叶中的分配率显著高于 CK, 在蕾铃中分配率显著低于 CK。说明叶源轻度胁迫有利于加速同化物向棉铃的运转速率, 常规棉品种表现尤为明显。

减少棉铃库容对叶片光合产物分配状况的影响因品种而有明显差异。新陆早 13 号饲喂叶 3 d

和 28 d 后¹⁴C同化物输出率均显著降低, 且¹⁴C同化物在根、茎叶中的分配率显著增加, 在蕾铃中的分配率显著降低。标杂 A₁ 饲喂叶 3 d 后¹⁴C同化物输出率及在根、茎叶和蕾铃中的分配率均与 CK 无明显差异; 饲喂叶 28 d 后标杂 A₁T₄ 处理¹⁴C同化物在茎叶中的分配率显著低于 CK, 在蕾铃中的分配率显著高于 CK, 且¹⁴C同化物在根和茎叶中的分配率显著低于饲喂叶 3 d 后。说明杂交棉品种在轻度疏库时通过加速叶片同化物向棉铃运转速率的同时, 增强棉铃库对茎叶和根系中同化物的再调运能力, 提高了同化物在蕾铃中的分配率。

表 2 源库调节对盛铃期(饲喂后 3 d)¹⁴C同化物运转分配的影响

Table 2 Effects of source-sink manipulation on export and distribution of ¹⁴C-assimilates at full bolling stage

品种	处理	¹⁴ C同化物输出率/%	¹⁴ C同化物在器官中的分配率/%		
			根	茎叶	蕾铃
新陆早 13 号	T ₁	66.8±1.0 c	0.1±0.03 f	3.0±0.4 e	63.8±1.3 ab
	T ₂	57.3±1.6 e	0.2±0.1 f	4.3±0.6 d	52.7±3.0 c
	T ₃	40.6±1.5 h	2.2±0.4 bc	12.2±0.9 a	26.2±3.5 e
	T ₄	45.5±1.6 g	2.9±0.2 a	9.8±1.3 b	32.7±1.6 d
	CK	54.0±2.8 f	0.9±0.3 e	6.8±0.1 c	46.3±4.5 c
标杂 A ₁	T ₁	76.9±0.7 a	0.9±0.1 e	7.8±0.5 c	68.1±2.1 a
	T ₂	69.3±1.9 b	2.0±0.3 bc	7.3±0.9 c	60.0±1.5 b
	T ₃	62.6±0.6 d	1.7±0.2 cd	9.8±0.3 b	51.2±1.8 c
	T ₄	62.7±0.8 d	2.3±0.2 b	11.2±0.2 ab	49.2±1.3 c
	CK	58.2±0.9 de	1.5±0.2 d	10.5±0.8 b	46.3±8.1 c

表 3 源库调节对吐絮期(饲喂后 28 d)¹⁴C同化物运转分配的影响

Table 3 Effect of source-sink manipulation on export and distribution of ¹⁴C-assimilates at bolling opening stage

品种	处理	¹⁴ C同化物输出率/%	¹⁴ C同化物在器官中的分配率/%		
			根	茎叶	蕾铃
新陆早 13	T ₁	81.4±1.2 abc	3.2±0.4 ab	12.5±1.3 bc	65.7±6.7 bc
	T ₂	83.5±1.1 abc	2.4±0.4 ab	8.7±0.4 def	72.4±2.8 b
	T ₃	60.2±1.6 d	3.1±0.7 ab	14.7±1.2 ab	42.4±3.2 e
	T ₄	65.4±1.8 d	2.7±0.2 ab	15.2±1.8 ab	47.5±4.3 e
	CK	78.1±6.3 bc	2.3±1.2 ab	10.7±0.6 cde	65.1±3.1 bc
标杂 A ₁	T ₁	78.9±1.7 bc	1.6±0.8 b	12.6±2.3 bc	64.7±2.8 bc
	T ₂	76.9±3.5 c	2.2±0.4 ab	16.9±0.6 a	57.9±3.7 cd
	T ₃	85.9±1.5 ab	3.5±0.9 a	17.7±1.4 a	64.7±3.7 bc
	T ₄	88.7±3.5 a	1.8±0.1 ab	7.9±2.0 df	79.0±3.0 a
	CK	84.1±5.5 abc	2.7±0.5 ab	11.0±1.3 cd	70.4±3.5 b

2.4 源库调节对棉花产量及纤维品质的影响

各处理的产量及产量构成如表 4 所示。新陆早 13 号 CK 和 T₂ 处理、标杂 A₁ CK 和 T₄ 处理均达到公顷产皮棉 2500 kg 以上, 其中标杂 A₁T₄ 处理达到了公顷产皮棉 3208.6 kg 的超高产水平。在叶源量减少的条件下, 新陆早 13 号 T₁ 处理单株铃数显著降低, 皮棉产量显著低于 CK; T₂ 处理单株铃数、铃重、衣分以及产量均与 CK 无明

显差异。标杂 A₁ 随减源量的增加, 单株铃数、铃重均显著降低, 衣分与 CK 无明显差异, 最终皮棉产量显著不低于 CK。在库容量减少条件下, 新陆早 13 号衣分与 CK 无明显差异, 单株铃数、铃重、子棉和皮棉产量均显著低于 CK; 标杂 A₁T₄ 处理单株铃数显著低于 CK, 铃重和衣分显著高于 CK, 皮棉产量高于 CK。

由表 5 可见, 叶源量和库容量减少的条件下,

棉纤维长度、比强度和麦克隆值无明显变化,说明源库调节对高产棉花棉纤维品质无明显影响;品

种间,棉纤维长度无明显差异,比强度和麦克隆值表现为新陆早 13 号高于标杂 A₁。

表 4 源库调节对棉花产量及产量构成的影响

Table 4 Effects of source-sink manipulation on cotton yield and yield components

品种	处理	收获株数 /(万株·hm ²)	单株铃 数/个	铃重/g	衣分/%	子棉产量 /(kg·hm ²)	皮棉产量 /(kg·hm ²)
新陆早 13 号	T ₁	20.4±0.3 a	4.7±0.3 de	3.38±0.43 f	41.6±0.8 b	3166.7±215.2 d	1316.7±101.7 d
	T ₂	19.8±0.7 a	7.8±0.3 b	4.06±0.25 c	42.1±0.2 b	6037.3±390.3 b	2542.1±172.1 b
	T ₃	20.3±0.5 a	5.3±0.5 d	2.79±0.18 g	41.2±0.9 b	2803.2±161.5 d	1156.3±82.2 d
	T ₄	19.7±0.4 a	6.8±0.5 c	3.77±0.42 de	41.9±0.5 b	4909.4±253.1 c	2056.9±104.3 c
	CK	20.7±0.1 a	8.4±0.4 b	4.14±0.25 c	41.6±0.2 b	6553.9±638.8 b	2725.1±279.4 b
标杂 A ₁	T ₁	20.6±0.2 a	4.1±0.6 e	3.64±0.54 ef	41.6±0.4 b	2726.6±210.7 d	1135.7±102.7 d
	T ₂	20.4±0.4 a	6.6±0.6 c	4.26±0.11 c	41.3±0.4 b	5239.4±372.9 c	2166.6±173.1 c
	T ₃	19.8±0.1 a	5.5±0.5 d	4.63±0.19 b	42.8±0.6 ab	4640.2±419.3 c	2030.2±168.4 c
	T ₄	20.1±0.5 a	7.9±0.7 b	5.21±0.23 a	43.2±0.4 a	7427.3±327.5 a	3208.6±145.9 a
	CK	19.7±0.4 a	9.2±0.9 a	4.77±0.29 b	42.1±0.4 b	7239.4±190.6 a	3047.8±172.2 a

表 5 源库调节对棉纤维品质的影响

Table 5 Effects of source-sink manipulation on cotton fiber quality

品种	处理	纤维长 度/mm	比强度 /(cN·tex ⁻¹)	麦克隆值
新陆早 13 号	T ₁	29.7±1.6 a	32.7±1.1 a	4.99±0.11 ab
	T ₂	29.6±1.7 a	32.5±0.6 a	5.00±0.38 ab
	T ₃	29.6±2.2 a	33.1±1.4 a	5.08±0.06 a
	T ₄	29.4±1.3 a	32.2±1.9 a	4.93±0.20 ab
	CK	29.5±1.8 a	33.8±1.2 a	5.13±0.09 a
标杂 A ₁	T ₁	28.3±0.7 a	27.9±1.0 b	4.73±0.06 ab
	T ₂	28.7±0.4 a	29.7±0.8 b	4.54±0.11 b
	T ₃	29.5±0.4 a	30.2±0.5 b	4.68±0.16 ab
	T ₄	29.3±0.9 a	29.4±0.7 b	4.75±0.24 ab
	CK	28.4±0.5 a	29.4±0.7 b	4.73±0.14 ab

3 讨论

3.1 棉花花铃期光合速率的高低是决定产量的关键^[12]。光合器官具有一定的补偿作用,去除部分叶片可增加剩余叶片的 Pn^[13]。本试验中,在叶源量减少的条件下,初花期至盛花期剩余叶片的 Pn 显著增加,新陆早 13 号 Pn 的增幅大于标杂 A₁,这表明常规棉品种叶器官的补偿能力较强。盛铃期至吐絮期新陆早 13 号去 1/4 叶处理后剩余叶片的 Pn 与对照无明显差异,而标杂 A₁ 的 Pn 随叶源的减少量迅速降低,显著低于对照。这可能是由于杂交棉花品种在叶源胁迫时棉株易早衰,导致生育后期 Pn 迅速降低。

在库容量减少的条件下,在初花期至盛花期,两品种的 Pn 均有不同程度的降低。这表明,在初花期至盛花期相对于棉铃充实的需求,光合产物供应过剩。疏库后棉铃库容活性的提高,尚不足以弥补蕾铃数减少的负面效应,棉株中积累大量的碳水化合物,这种积累超过一定水平后,可导

致卡尔文循环中羧化底物 RuBp 再生受抑,进而影响 Pn,使其降低到库所能够接受的水平^[16]。盛铃期至吐絮期,标杂 A₁ 的 Pn 因疏 1/4 库而显著提高,而新陆早 13 号光合作用受抑制的状况一直持续到吐絮期,其原因可能与两类品种棉铃库容活性的提高幅度不同有关^[17]。提高幅度大的杂交棉花品种,可以及时将源器官制造的光合产物调运到棉铃中,使光合产物供大于求的状况得以改变,进而刺激 Pn 的提高。常规棉品种则因棉铃库容活性提高幅度小以及原有 Pn 水平较高,无法补偿库容量变小的负面效应,导致 Pn 始终处于较低水平。

3.2 前人对甜菜和大豆等作物光合同化产物运转分配源库调节效应的研究表明,通过改变源库平衡可调节叶片¹⁴C 同化物运转分配的量和方向,提高同化物向库器官分配的比例,调控作物向高产方向转变^[16-17]。本试验研究表明,减源后,两品种饲喂叶 3 d 后¹⁴C 同化物输出率及在蕾铃中的分配率均显著增加,饲喂后 28 d 标杂 A₁¹⁴C 同化物输出率及在蕾铃中的分配率低于对照,而新陆早 13 号仍保持较高水平,最终标杂 A₁ 减源处理子棉产量显著低于对照,新陆早 13 号去 1/4 叶处理的子棉产量与对照无明显差异,而去 1/2 叶处理由于光合物质累积量显著降低,子棉产量显著低于对照,这说明适当减源有利于提高新陆早 13 号同化物向蕾铃分配的比例。疏库后,新陆早 13 号饲喂后 3 d 和 28 d¹⁴C 同化物输出率及在蕾铃中的分配率始终显著低于对照,这主要与疏库导致新陆早 13 号 Pn 显著降低有关。标杂 A₁¹⁴C 同化物输出率与对照无明显差异,但疏 1/4 蕾铃处理饲喂后 28 d¹⁴C 同化物在根、茎

叶中的分配率低于对照,蕾铃中的分配率显著高于对照。通常情况下,当一个主要库器官的生长受限时,光合产物将优先分配给能够保持较强库力的器官^[18],以使作物可以忍受以后更强的胁迫^[19]。标杂 A₁ 疏 1/4 蕾铃处理饲喂后 28 d ¹⁴C 同化产物在根、茎叶中的分配率显著低于饲喂后 3 d,而在蕾铃中的分配率显著高于饲喂后 3 d,这说明适度的库容胁迫使标杂 A₁ 叶片中较多的¹⁴C 同化物短期内贮存于根系和茎中,随着棉铃生长发育,库容胁迫逐渐减轻,棉铃库对根系和茎叶中调运能力增强,同化物在蕾铃中分配率显著增加,提高了铃重,最终子棉产量高于对照。

陈德华等对皮棉 1875 kg·hm⁻² 产量水平以上棉花源库关系与产量形成关系的研究表明,适当降低群体果节量,提高果节成铃率,增加成铃数是获得超高产的唯一途径^[9]。本试验研究表明,在新疆自然生态条件下,皮棉 2500 kg·hm⁻² 产量水平以上棉花因栽培品种的源库类型不同,产量提高的限制因素有所不同。新陆早 13 号为源过大型品种,实际生产中保证水肥供应的同时,应结合整枝、化学调控等措施,适当减少源叶面积,提高同化物输出及向蕾铃分配的比例,扩大库容,有利于实现高产稳产;标杂 A₁ 为源限制型品种,保证单位面积铃数的基础上,应加强水肥供应量,以保证源叶一定的光合面积和较强的光合生产能力,提高同化物向库器官分配的比例,增强库对同化物的再调运能力,利于实现棉花超高产。

参考文献:

- [1] EVANS L. T. Crop evolution, adaptation and yield [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1993: 32-35.
- [2] BENEDILT C R, Kohel R J. Export of ¹⁴C assimilates in cotton leaves[J]. Crop Science, 1975, 15: 367-372.
- [3] 纪从亮, 俞敬忠, 刘友良, 等. 棉花高产品种的源库流特点研究[J]. 棉花学报, 2000, 12(6): 298-301.
JI Cong-liang, Yu Jing-zhong, Liu You-liang, et al. Study on source-sink characteristics of high-yielding cotton varieties [J]. Acta Gossypii Sinica, 2000, 12(6): 298-301.
- [4] 谢志霞, 李存东, 孙红春, 等. 不同铃重类型棉花品种的源库特性与产量形成[J]. 棉花学报, 2007, 19(3): 189-193.
XIE Zhi-xia, Li Cun-dong, Sun Hong-chun, et al. Relationship between yield formation and source-sink of cotton cultivars with different boll weight[J]. Cotton Science, 2007, 19(3): 189-193.
- [5] 张祥, 张丽, 王书红, 等. 棉花源库调节对铃叶光合产物运输分配的影响[J]. 作物学报, 2007, 33(5): 843-848.
ZHANG Xiang, Zhang Li, Wang Shu-hong, et al. Effect of source-sink regulation on the transportation and allocation of boll-leaf photosynthetic products in cotton[J]. Acta Agronomica Sinica, 2007, 33(5): 843-848.
- [6] 张旺锋, 勾玲, 杜亮, 等. 北疆高产棉花 (1800 kg·hm⁻²) 生长分析[J]. 棉花学报, 2000, 12(1): 27-31.
ZHANG Wang-feng, Gou Ling, Du Liang, et al. Growth analysis on high yield cotton colony (1800 kg·hm⁻²) in North Xinjiang[J]. Acta Gossypii Sinica, 2000, 12(1): 27-31.
- [7] 中国农业科学院棉花研究所. 中国棉花栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1983: 66-67.
Cotton Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences. Cotton cultivation in China[M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishing House, 1983: 66-67.
- [8] 陈德华, 吴云康, 段海, 等. 棉花群体叶面积载荷量与产量关系及对源的调节效应研究[J]. 棉花学报, 1996, 8(2): 109-112.
CHEN De-hua, Wu Yun-kang, Duan Hai, et al. Study on the relationship of sink capacity of unit leaf area to yield and regulation effect to source in cotton population[J]. Acta Gossypii Sinica, 1996, 8(2): 109-112.
- [9] 陈德华, 肖书林, 吴云康, 等. 棉花超高产群体质量与产量关系研究[J]. 棉花学报, 1996, 8(4): 199-203.
CHEN De-hua, Xiao Shu-lin, Wu Yun-kang, et al. The study on the relationship between yield and population quality for super high yield in cotton[J]. Acta Gossypii Sinica, 1996, 8(4): 199-203.
- [10] CRUZ-Aguado J, Reyes F, Rodes R, et al. Effect of source-to-sink ration and partitioning of dry matter and ¹⁴C-photoassimilates in wheat during grain filling[J]. Annals of Botany, 1999, 83: 655-665.
- [11] 徐迎春, 李绍华, 孔兰静. 水分胁迫后复水对苹果结果树体内¹⁴C-光合产物分配的影响[J]. 核农学报, 2003, 17(1): 41-45.
XU Ying-chun, Li Shao-hua, Kong Lan-jing. Effects of rewatering water stress on partitioning of ¹⁴C-labelled photoassimilate in mature apple tree[J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica, 2003, 17(1): 41-45.
- [12] BANGE M P, Milroy S P. Growth and dry matter

- partitioning of diverse cotton genotypes [J]. *Field Crops Research*, 2004, 87: 73-87.
- [13] 王振林, 贺明荣, 傅金民, 等. 源库调节对灌溉与旱地小麦开花后光合产物生产和分配的影响 [J]. *作物学报*, 1999, 25(2): 162-168.
WANG Zhen-lin, He Ming-rong, Fu Jin-min, et al. Effects of source sink manipulation on production and distribution of photosynthate after flowering in irrigated and rained wheat [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 1999, 25(2): 162-168.
- [14] AZCON-Bieto J. Inhibition of photosynthesis by carbohydrates in wheat leaves [J]. *Plant Physiol*, 1983, 73: 681-686.
- [15] 贺明荣, 王振林, 曹鸿鸣. 源库关系改变对小麦灌浆期植株光合速率及¹⁴C 同化物运转分配的影响 [J]. *西北植物学报*, 1998, 18(4): 555-560.
HE Ming-rong, Wang Zhen-lin, Cao Hong-ming. Effect of source sink manipulation on photosynthetic rate and partitioning of ¹⁴C-assimilate during grain filling in winter wheat plant [J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sinica*, 1998, 18(4): 555-560.
- [16] FONDY B R, Geiger D R. Effect of rapid change in sink-source ratio on export and distribution of products of photosynthesis in leaves of *Beta vulgaris* and *Phaseola vulgaris* L. [J]. *Plant Physiol*, 1980, 66: 945-949.
- [17] 傅金民, 张庚灵, 苏芳, 等. 大豆子粒形成期¹⁴C 同化物的分配和源库调节效应的研究 [J]. *作物学报*, 1999, 25(2): 169-173.
FU Jin-min, Zhang Geng-ling, Su Fang, et al. Partitioning of ¹⁴C-assimilates and effects of source-sink manipulation at seed-filling in soybean [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 1999, 25(2): 169-173.
- [18] WARDAW I F. The effect of water stress on translocation in relation to photosynthesis and growth [J]. *Aust J Bio Sci*, 1969, 21: 25-39.
- [19] WESTGATE M E, Boyer J S. Carbohydrate reserves and reproductive development at low leaf water potentials in maize [J]. *Crop Science*, 1985, 25: 762-769. ●