

## 新疆海岛棉和陆地棉棉铃发育过程中的生理生化特征

曹娟<sup>1</sup>, 范君华<sup>2</sup>, 刘明<sup>1\*</sup>, 张建华<sup>3\*</sup>

(1. 塔里木大学植物科学学院, 新疆阿拉尔 843300; 2. 塔里木大学生命科学学院, 新疆阿拉尔 843300;  
3. 香港浸会大学生物系, 中国香港)

**摘要:** 在大田条件下, 以南疆主栽海岛棉和陆地棉为材料, 研究棉铃发育过程中棉铃各部位的生理生化特征。结果表明, 海岛棉铃壳叶绿素 a、叶绿素 b 含量极显著高于陆地棉, 类胡萝卜素含量极显著低于陆地棉。海岛棉铃壳、种子、纤维中可溶性蛋白质含量、过氧化氢酶活性和抗坏血酸含量明显高于陆地棉, 且纤维中过氧化物酶活性也高于陆地棉, 铃壳中丙二醛含量低于陆地棉。海岛棉与陆地棉发育棉铃各部位生理生化的异质性是棉铃铃期、铃重、衣分和纤维长度、伸长率、比强度等种间差异的内在表现。

**关键词:** 海岛棉; 陆地棉; 棉铃; 生理生化特征

**中图分类号:** S562 **文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-7807(2010)05-0460-06

## Physio-biochemical Characteristics in Bolls of Sea Island Cotton (*Gossypium barbadense* L.) and Upland Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in Southern of Xinjiang

CAO Juan<sup>1</sup>, FAN Jun-hua<sup>2</sup>, LIU Ming<sup>1\*</sup>, ZHANG Jian-hua<sup>3\*</sup>

(1. College of Plant Science, Tarim University, Alaer, Xinjiang 843300, China; 2. College of Live Science, Tarim University, Alaer, Xinjiang 843300, China; 3. Dept of Biology, Hong Kong Baptist University, Hong Kong, China)

**Abstract:** To study physio-biochemical characteristics in different parts of growing bolls, the major cotton varieties of sea island cotton and upland cotton were selected as materials. The results showed that the content of chlorophyll a and chlorophyll b in boll shell of sea island cotton were higher than that in upland cotton, the content of carotenoid in the boll shell was lower than that in upland cotton. The content of soluble protein, the catalase activity and the ascorbic acid content in the boll shell, seed and fiber of sea island cotton and the peroxidase activity in the fiber were higher than that in upland cotton, the malondialdehyde content were lower than that in upland cotton. There was an internal expression in the heterogeneity of physio-biochemical indexes of growing bolls between sea island cotton and upland cotton, which may have led to great difference in the boll period, boll weight, lint percentage, the fiber length, elongation and gouge strength, et al. in different cotton species.

**Key words:** *G. barbadense* L.; *G. hirsutum* L.; boll; physio-biochemical characteristics

棉铃是构成棉花产量的基础, 棉铃各部位的生理生化特征与棉花的生长发育及最终产量的形成有密切关系。研究表明, 陆地棉纤维细胞伸长与过氧化物酶活性密切相关<sup>[1-3]</sup>, 纤维加厚期过氧化氢酶活性随铃龄呈单峰曲线变化, 峰值出现在 35 d<sup>[4]</sup>。海岛棉纤维细胞伸长与过氧化物酶活性关系不明显<sup>[2]</sup>, 但海岛棉铃壳生理特性对棉铃发育有重要影响<sup>[5]</sup>。已知海岛棉和陆地棉在纤维品质和棉铃性状(铃期、铃重、衣分)上存在巨大

差异, 因此, 探讨海岛棉和陆地棉棉铃发育过程中的生理生化特征, 可以为棉花高产稳产和育种提供指导依据。

### 1 材料和方法

#### 1.1 试验材料

试验于 2007—2008 年在新疆兵团农一师塔里木河种业良种繁育场生产大田中进行。供试土壤为灌淤土, 栽培方式: 膜宽 1.4 m, 一膜 4 行, 2

收稿日期: 2009-12-28 作者简介: 曹娟(1984-), 女, 硕士研究生, [caojuan2007talimu@163.com](mailto:caojuan2007talimu@163.com); \* 通讯作者

基金项目: 国家自然科学基金项目(31060035); 香港 UGC 和 RGC (AoE/B-07/99, HKBU262307); 塔里木大学(TDZGJC 090118)

条滴灌带高压滴灌。供试海岛棉 (*G. barbadense* L.)零式果枝品种为优系 193(YX-193,新海 21 的提高系)、新海 25 号 (XH-25) 和新海 28 号 (XH-28);陆地棉 (*G. hirsutum* L.)长果枝品种为中棉所 49(CCRI-49)和鲁棉研 21(SCRC-21)。

## 1.2 测定方法

棉花开花期 (7 月 5 日) 挂牌标记当日花各 500 朵, 分别采收开花后 14、21、28、35、42、49、56、63、70 d 的棉铃, 将其分解为铃壳、种子、纤维 3 部分, 分别测定以下生理指标: 用乙醇-丙酮混合液浸提比色法测定铃壳光合色素含量; 棉铃各部位的可溶性蛋白质含量用 CBBG-250 法, CAT (过氧化氢酶) 活性用高锰酸钾滴定法, POD (过氧化物酶) 活性用愈创木酚氧化法, MDA (丙二醛) 含量用硫代巴比妥酸 (TBA) 法<sup>[6]</sup>, AsA (还原型与氧化型抗坏血酸) 总含量用 2,4-二硝基苯肼比色法<sup>[7]</sup>。用 GV-7230 可见分光光度计 (上分厂生

产) 比色, 以 3 次重复的平均值计算。

棉铃吐絮收获后, 每品种选择 10 个具有代表性的棉铃, 考察其铃期、铃重、衣分等性状, 用 HFT-9000 纤维品质测定仪测试纤维品质。所有数据采用 Excel 和 DPS 统计软件处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 海岛棉与陆地棉品种单铃性状比较

由表 1 可知, 海岛棉铃期较长、铃重较轻、衣分较低, 与陆地棉相比差异达到极显著水平; 海岛棉的纤维长度、伸长率和比强度极显著高于陆地棉, 但 2 个栽培种的整齐度和麦克隆值差异不显著。海岛棉和陆地棉的纤维整齐度均超过 83%, 说明 2 个栽培种纤维的一致性较好; XH-28 和 CCRI-49 的麦克隆值略高于其它品种, 但均为 B2 级范围, 其余品种均达到 A 级范围。

表 1 海岛棉与陆地棉品种单铃性状比较

Table 1 Comparison of characters in boll of sea island cotton and upland cotton

棉种	品种	铃期 /d	铃重 /g	衣分 /%	长度 /mm	伸长率 /%	比强度 /(cN·tex <sup>-1</sup> )	整齐度 /%	麦克隆值
海岛棉	YX-193	83.85 Aa	3.08 Dd	32.20 Ee	36.89 Bb	6.84 BCbc	38.35 Aa	83.57 Ab	3.89 Aa
	XH-25	66.90 Dd	2.52 Ee	33.61 Dd	39.51 Aa	6.95 ABab	39.02 Aa	90.59 Aa	3.72 Aa
	XH-28	69.15 Bb	3.40 Cc	33.81 Cc	35.76 Bc	7.05 Aa	38.37 Aa	87.65 Aab	4.50 Aa
陆地棉	CCRI-49	68.10 Cc	5.88 Bb	41.88 Bb	31.61 Cd	6.72 Ccd	28.55 Bb	88.04 Aab	4.14 Aa
	SCRC-21	63.95 Ee	5.99 Aa	42.70 Aa	31.81 Cd	6.70 Cd	28.07 Bb	87.70 Aab	4.50 Aa

注: 表中同列不同品种数据后不同小写字母表示差异显著 ( $\alpha=0.05$ ), 不同大写字母表示差异极显著 ( $\alpha=0.01$ )。

### 2.2 棉铃铃壳光合色素含量的动态变化

由图 1 可知, 叶绿素 a、叶绿素 b 含量随棉铃发育呈先增加后减少的趋势, 且叶绿素 a 含量明显高于叶绿素 b。从整个发育过程来看, 叶绿素

a/b 比值变化范围多维持在 (1.25~2.00):1 之间, 与棉叶叶绿素比值 ( $a:b \approx 3:1$ ) 相比, 其值较小, 说明铃壳光合速率较叶片的低。类胡萝卜素含量在开花后 14~28 d 之间快速下降, 42 d 之后呈单峰

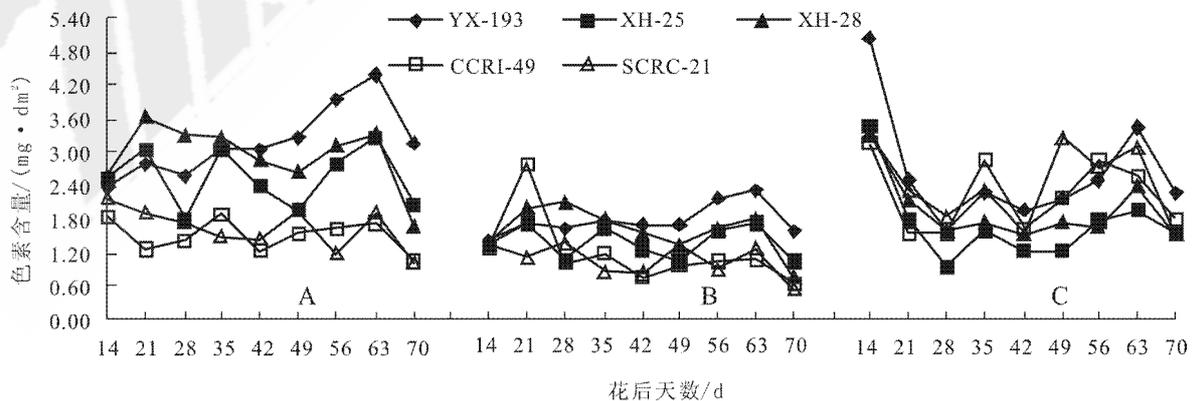


图 1 铃壳中叶绿素 a(A)、叶绿素 b(B) 及类胡萝卜素(C) 含量的动态变化

Fig. 1 The dynamic changes of chlorophyll a (A), chlorophyll b (B) and carotenoid (C) content of boll shell

曲线变化。经过显著性测定,海岛棉与陆地棉叶绿素 a、叶绿素 b 含量相比的  $t$  值分别为 8.056<sup>\*\*\*</sup>、6.934<sup>\*\*\*</sup>, 均达到极显著水平 ( $t_{(0.001,8)} = 5.041, P < 0.001$ ); 陆地棉类胡萝卜素含量极显著高于海岛棉 ( $t = 3.497^{**}, t_{(0.01,8)} = 3.355, P < 0.01$ )。

### 2.3 棉铃各部位可溶性蛋白质含量的动态变化

由图 2 可知,供试品种棉铃各部位可溶性蛋白质含量变化是:铃壳于开花后 21 d 降低,之后先增加后减少。种子呈近似“S”形曲线变化。纤维则随着棉铃的发育而逐渐降低。同一品种可溶性

蛋白质含量变化为种子 > 铃壳 > 纤维。通过检验可知,铃壳、种子、纤维中可溶性蛋白质含量表现为海岛棉与陆地棉差异达到极显著或显著水平 ( $t$  值分别是 4.156<sup>\*\*</sup>、5.489<sup>\*\*\*</sup> 和 2.949<sup>\*</sup> ( $t = 1.349, P < 0.05 \sim 0.001$ ))。可溶性蛋白质含量可以直接反映棉铃中多种酶的含量,而酶的含量又在一定程度上决定了棉铃的生理功能。以上结果说明,不同栽培种间棉铃各部位的生理活性在棉铃发育过程中存在明显差异。

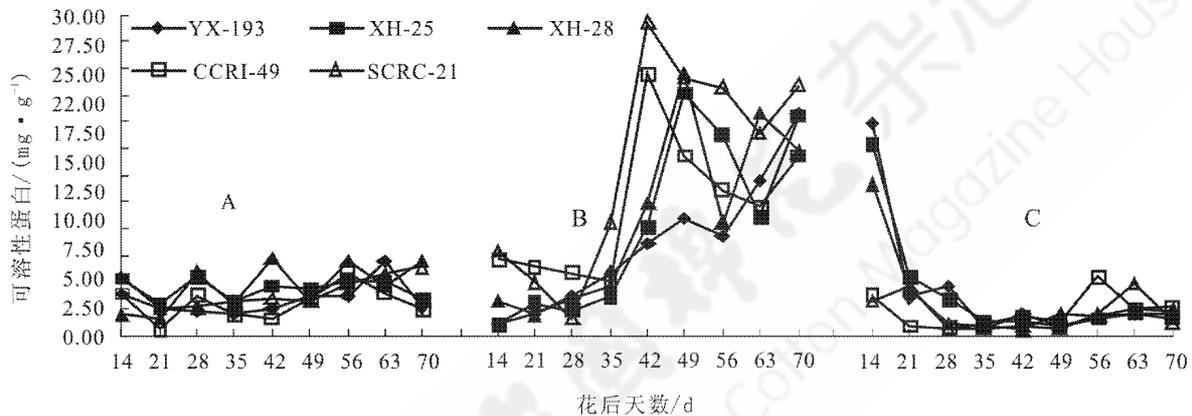


图 2 棉铃中铃壳(A)、种子(B)和纤维(C)可溶性蛋白质含量的动态变化

Fig. 2 The dynamic changes of soluble protein content of boll shell (A), seed (B) and fiber (C)

### 2.4 棉铃各部位内源保护酶活性和 MDA 含量的动态变化

**2.4.1 CAT 活性。**由图 3 可知,棉铃铃壳、纤维的 CAT 活性呈“W”形变化,即铃壳在棉铃发育初期呈现下降趋势,从开花后 28 d 开始其活性逐渐增强,在 35、42 d 达到峰值,之后随着棉铃日龄的增加,其活性降低。纤维的 CAT 活性随着棉铃的发育而下降,在花后 28 d 降到最低值,随后又增加,42 d 后随着纤维逐渐成熟,其活性又开始降低。

种子的 CAT 活性在开花后 21 d 之前呈下降趋势,随后则逐渐增强。同一品种 CAT 活性表现为种子 > 铃壳 > 纤维; 海岛棉各部位 CAT 活性与陆地棉差异均达到极显著水平 ( $t$  值分别是 5.936<sup>\*\*\*</sup>、6.528<sup>\*\*\*</sup> 和 4.419<sup>\*\*</sup>)。CAT 活性高,清除代谢活动中产生的活性氧自由基的能力则强,能较长时间地维持棉铃细胞结构完整,延迟棉铃成熟。其活性高峰出现的时间较晚,说明海岛棉棉铃不易早衰,有利于物质的生产和积累。

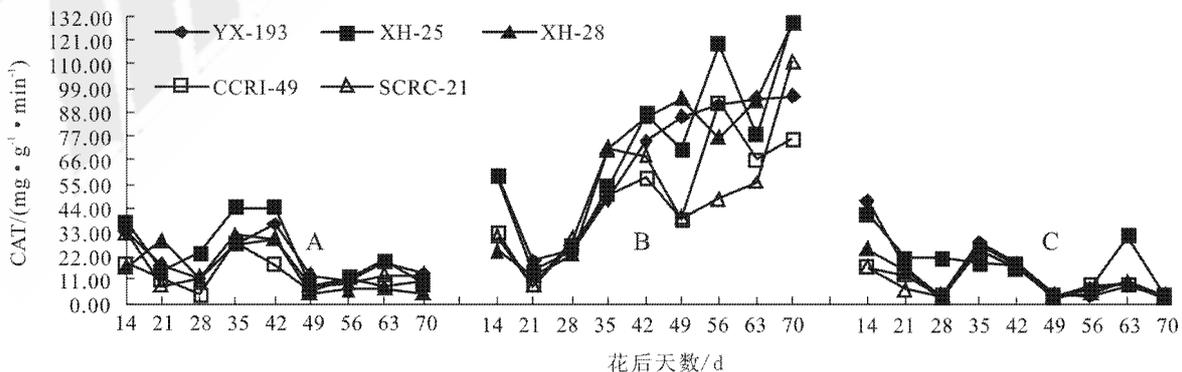


图 3 棉铃中铃壳(A)、种子(B)和纤维(C)CAT 活性的动态变化

Fig. 3 The dynamic changes of catalase activity of boll shell (A), seed (B) and fiber (C)

**2.4.2 POD 活性。**由图 4 可知,供试品种棉铃铃壳和纤维均表现为开花后 14 d 活性最强,21 d 后铃壳 POD 活性不断上升,达到峰值之后又迅速降低;而纤维变化较平缓。种子的活性在棉铃发育初期较低,28 d 后则随着棉铃的发育呈单峰曲

线变化。同一品种 POD 活性为铃壳>种子>纤维。检验得知,陆地棉铃壳、种子 POD 活性极显著高于海岛棉 ( $t$  值为 7.820<sup>\*\*\*</sup>、4.763<sup>\*\*</sup>),但纤维 POD 活性显著低于海岛棉 ( $t=2.687^*$ )。

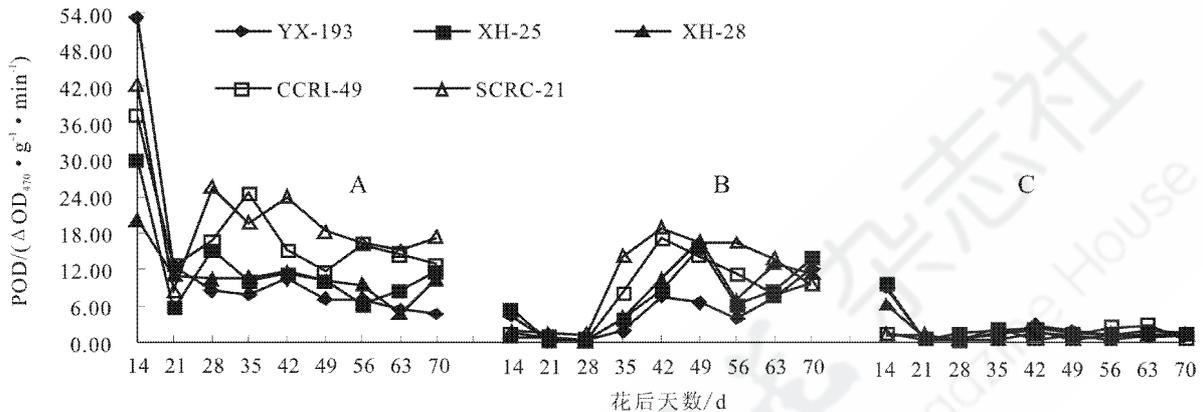


图 4 棉铃中铃壳(A)、种子(B)和纤维(C)POD 活性的动态变化

Fig. 4 The dynamic changes of peroxidase activity of boll shell (A), seed (B) and fiber (C)

**2.4.3 MDA 含量。**由图 5 可知,铃壳中 MDA 含量在整个棉铃发育进程中变化不大,呈缓慢增长状态,说明铃壳细胞膜质过氧化程度低,铃壳功能期较长,有利于种子和纤维的发育。纤维中 MDA 含量随着棉铃的发育逐渐增多,达到峰值之后又迅速降低,说明其纤维膜质过氧化严重,影响了棉铃发育中、后期光合产物的合成和转

运。本试验在测定种子 MDA 含量时发现其含量在花后 35 d 迅速降低,至 42 d 时已不能有效地检测出。同一品种 MDA 含量表现为纤维高于铃壳。经检验,陆地棉铃壳 MDA 含量极显著高于海岛棉 ( $t=4.368^{**}$ ),但 2 个栽培种间纤维 MDA 含量差异不显著。

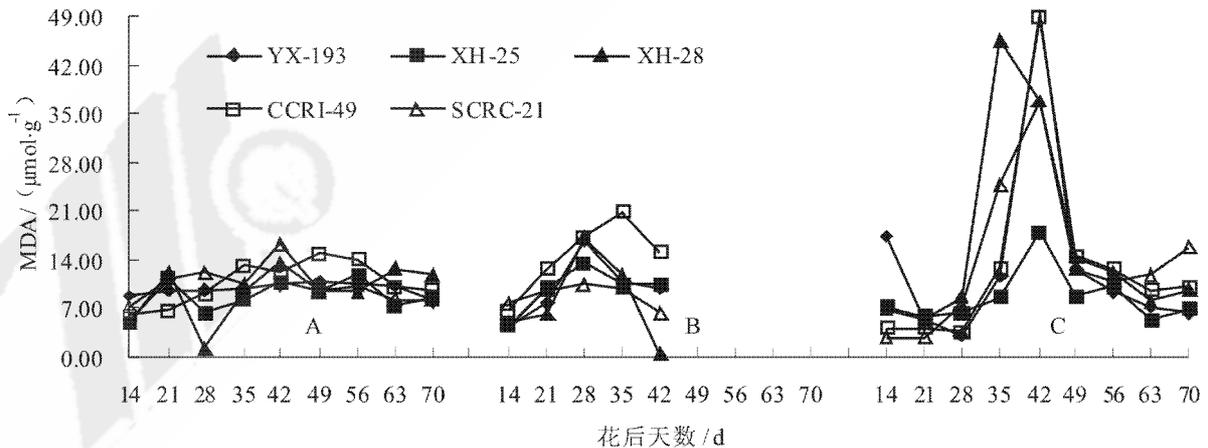


图 5 棉铃中铃壳(A)、种子(B)和纤维(C)MDA 含量的动态变化

Fig. 5 The dynamic changes of malondialdehyde content of boll shell (A), seed (B) and fiber (C)

## 2.5 棉铃各部位 AsA 含量的动态变化

由图 6 可知,供试品种 AsA 含量变化是铃壳随棉铃的发育缓慢增长,种子和纤维则随棉铃的发育逐渐降低。同一品种 AsA 含量变化为种子>

铃壳>纤维。通过  $t$  检验可知,海岛棉铃壳、种子、纤维 AsA 含量显著或极显著高于陆地棉 ( $t$  值分别为 2.297<sup>\*</sup>、7.642<sup>\*\*\*</sup> 和 4.691<sup>\*\*</sup>)。

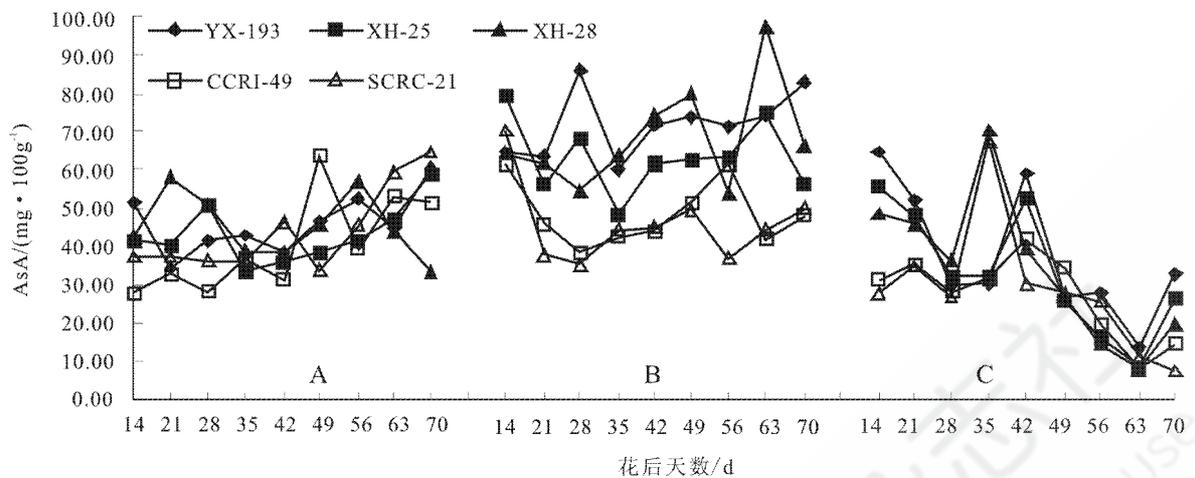


图6 棉铃中铃壳(A)、种子(B)和纤维(C)AsA含量的动态变化

Fig. 6 The dynamic changes of ascorbic acid content of boll shell (A), seed (B) and fiber (C)

### 3 结论与讨论

研究发现,2个栽培种棉铃铃壳叶绿素含量在棉铃发育中期保持增长状态,且叶绿素a/b比值较小,这与前人的结果基本一致<sup>[9]</sup>。通过检验可知,海岛棉铃壳叶绿素a、b含量极显著高于陆地棉,且下降较缓慢,说明海岛棉铃壳具有较强延迟衰老的生理特性。

类胡萝卜素具有吸收和传递电子的能力,它既可降低光合膜的受损程度,又可吸收过多的光能,避免叶绿素的光氧化。本研究表明,陆地棉铃壳中类胡萝卜素含量极显著高于海岛棉,这说明陆地棉铃壳在棉铃发育中、后期进行光合作用时,类胡萝卜素对光合机构起到了保卫功能,提高了棉铃抗光抑制能力,确保了棉铃正常发育。

棉铃中可溶性蛋白质含量、内源保护酶的活性及细胞内膜质过氧化程度均可以反映棉铃的衰老情况,在一定程度上决定了棉铃功能期的长短。其中POD被认为是限制植物细胞伸长的两大类壁蛋白之一,它能使细胞壁全面失去伸展性而起到限制植物细胞伸长的作用。王水平等研究认为,细胞壁上离子结合型POD活性是控制棉纤维伸长的关键因子,而可溶性蛋白质同伸长生长的关系不大<sup>[1]</sup>。董合忠等对海岛棉和陆地棉细胞壁POD活性变化的研究表明,2个栽培种都在纤维伸长停止前5d左右出现高峰,进一步证实了离子结合型POD活性与棉纤维伸长生长的负相关关系<sup>[2]</sup>。张文静等研究发现,棉花纤维POD活性动态变化呈单峰曲线<sup>[8]</sup>。但这些结果只

是针对棉铃中纤维一个部位的研究,而作者在海岛棉和陆地棉棉铃发育过程中,分别对铃壳、种子、纤维多项生理生化指标变化进行了综合研究。可溶性蛋白质主要包含清蛋白、组蛋白,从功能上看包括大量执行各种催化反应的酶蛋白,其含量越高,代谢越强,生理生化活性越旺。在本试验中,海岛棉铃壳、种子、纤维可溶性蛋白质含量明显高于陆地棉,这与海岛棉铃期最长,纤维最细、最长、强力最大、品质最优是相一致的。海岛棉和陆地棉纤维CAT活性峰值出现时间与前人的结果一致<sup>[4]</sup>,但纤维POD活性的峰值出现时间与前人的结果不同,这可能是品种本身的差异或者种植的地理原因不同所致,其机理有待于进一步探讨。本试验还发现,在棉铃发育过程中,海岛棉棉铃各部位CAT活性和纤维POD活性均高于陆地棉,尤其在棉铃发育中、后期,铃壳内MDA含量相对较少,细胞膜质过氧化程度低,说明其抗衰老能力强,棉铃发育时间较长。

AsA不但参与所有活细胞的氧化还原过程(Асамов Д К, 1989),而且还是植物体内重要的内源抗氧化剂,能清除机体内活性氧,其含量的变化可以直接反映植物衰老的程度。本研究结果表明,海岛棉棉铃各器官AsA含量明显高于陆地棉,且海岛棉铃壳内MDA含量低于陆地棉,说明AsA对膜质过氧化具有抑制作用,降低了膜质过氧化产物MDA的含量,稳定了细胞膜的结构,延迟了海岛棉棉铃细胞的衰老,对细胞起到了保护作用,这与海岛棉铃期最长一致。

AsA 含量高低是评价果蔬营养品质的重要指标之一,将其用于棉铃(铃壳、棉子、棉纤维)发育过程中的生化指标以表征蒴果物质代谢水平尚属新的尝试。

#### 参考文献:

- [1] 王水平,沈曾佑,张志良,等. 棉纤维细胞伸长生长与过氧化物酶和 IAA 氧化酶的关系[J]. 植物生理学报,1985,11(4):409-417.  
WANG Shui-ping, Shen Zeng-you, Zhang Zhi-liang, et al. A study of elongation of the cotton fiber cell[J]. Acta Phytobiologica Sinica, 1985, 11(4): 409-417.
- [2] 董合忠,申贵芳. 陆地棉与海岛棉纤维细胞伸长中过氧化物酶活性比较[J]. 植物生理学通讯,1997,33(3):188-190.  
DONG He-zhong, Shen Gui-fang. Comparative studies of peroxidase activities of upland cotton and sea island cotton during fiber cell elongation[J]. Plant Physiology Communications, 1997, 33(3): 188-190.
- [3] 单世华,王明林,汪建民,等. 不同开花期 IAA, GA<sub>3</sub> 和 POD 对棉纤维伸长发育的影响[J]. 棉花学报,2001,13(2):100-104.  
SHAN Shi-hua, Wang Ming-lin, Wang Jian-min, et al. Research on effect of IAA, GA<sub>3</sub> and POD on cotton fiber elongation development on different anthesis dates [J]. Cotton Science, 2001, 13(2): 100-104.
- [4] 蒋光华,周治国,陈兵林,等. 棉株生理年龄对纤维加厚发育及纤维比强度形成的影响[J]. 中国农业科学,2006,39(2):265-273.  
JIANG Guang-hua, Zhou Zhi-guo, Chen Bing-lin, et al. Effect of cotton physiological age on the fiber thickening development and fiber strength formation[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2006, 39(2): 265-273.
- [5] 范君华,刘 明,陈志林. 零式海岛棉棉铃物质积累分配与铃壳生理生化动态变化初探[J]. 棉花学报,2008,20(2):154-157.  
FAN Jun-hua, Liu Ming, Chen Zhi-lin. Primitively exploring the matter accumulation and distribution in the developing cotton-boll and physio-biochemical dynamics in the boll shell in boll for sea island cotton (*Gossypium barbadense* L.)[J]. Cotton Science, 2008, 20(2): 154-157.
- [6] 李合生. 植物生理生化试验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2004.  
LI He-sheng. Experiment principles and techniques for plant physiology and biochemistry[M]. Beijing: Higher Education Press, 2004.
- [7] 白宝璋,王景安,孙玉霞,等. 植物生理学测试技术[M]. 北京:中国科学技术出版社,1993:111-112.  
BAI Bao-zhang, Wang Jing-an, Sun Yu-xia, et al. Experiment technology for Plant Physiology[M]. Beijing: China Scientific and Technical Press, 1993: 111-112.
- [8] 张文静,周治国,胡宏标,等. 棉花季节桃纤维发育相关酶活性变化与纤维比强度形成的关系[J]. 棉花学报,2008,20(5):342-347.  
ZHANG Wen-jing, Zhou Zhi-guo, Hu Hong-biao, et al. Relationship between fiber strength and activity of fiber development related enzyme in cotton seasonal boll[J]. Cotton Science, 2008, 20(5): 342-347. ●