

海岛棉棉铃发育过程中糖与纤维素含量变化

边如欣, 刘明^{1*}, 范君华¹, 曹娟¹, 张建华^{2*}

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

摘要:以两个主栽海岛棉品种新海 21 提高系和新海 28(YX-193 和 XH-28)为材料, 在南疆膜下滴灌条件下于 2006 和 2007 年对海岛棉棉铃发育过程中糖与纤维素含量的变化进行了研究。结果表明, 随铃龄的增长, 铃壳、种子和纤维中糖含量变化呈单峰曲线, 即自花后快速上升, 21~28 d 达到最大值, 随后迅速下降, 到吐絮期降至最低; 纤维素于花后 14 d 左右开始大量合成, 含量至吐絮期达最大值; 纤维中可溶性固形物含量随着铃龄增加不断减小。棉铃不同部位的可溶性糖、还原糖含量及转移率表现为纤维>种子>铃壳。YX-193 铃壳、种子两种糖的转移率较 XH-28 略高, 说明它“装载”和“转运”能力强, 有利于纤维发育。

关键词:海岛棉; 棉铃发育; 可溶性糖; 还原糖; 纤维素

中图分类号:S562.01 **文献标识码:**A

文章编号:1002-7807(2009)-04-0319-05

Dynamics of Sugar and Cellulose Synthesis in Bolls of Island Cotton (*Gossypium barbadense* L.)

BIAN Ru-xin¹, LIU Ming^{1*}, FAN Jun-hua¹, CAO Juan¹, ZHANG Jian-hua^{2*}

(1. Institute of Plant Science and Technology, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300, China; 2. Department of Biology, HongKong Baptist University, HongKong, China)

Abstract: Sugar contents and cellulose deposition were monitored in the bolls of two varieties Xinhai 21 and Xinhai 28(YX-193 and XH-28) of island cotton in South Xinjiang in 2006 and 2007. After anthesis, total sugars in boll shells, seeds and fiber kept increasing and reached their maximum level at 21-28 days post anthesis (DPA). After that the sugar contents rapidly declined and reached the low level at the boll opening period. The cellulose was synthesized starting from 14 DPA and reached a peak at the boll opening stage. Soluble solids contents in fibers kept decreasing linearly during the boll development. Total soluble sugars, reducing sugars and their conversion rates showed an order as: fibers > seeds > boll shells, and were generally higher in YX-193 than in XH-28. The results indicate that sugar unloading and conversion capacities in bolls are related to fiber development and YX-193 has advantages over XH-28.

Key words: island cotton (*Gossypium barbadense* L.); boll development; sugar metabolism; reducing sugars; cellulose synthesis

新疆是我国唯一的海岛棉生产基地。海岛棉纤维具有长、细、强等突出的特点, 是品质最优的栽培棉种, 也是纺织高支精梳纱和特种织物不可

缺少的原料。因此, 发展海岛棉生产对于巩固国防、增加农民收入具有重要意义。棉铃是棉花产量构成的器官, 也是纤维形成载体。棉铃发育过

收稿日期: 2008-07-28 **作者简介:** 边如欣(1982-), 女, 硕士; * 通讯作者, lmzky@163.com

基金项目: 教育部骨干教师资助项目, 塔里木大学(2004-10, TDZKQN06002, 2005-02)和香港 UGC 和 RGC 项目(AoE/B-07/99, HKBU 262307)

程中糖分的转化和纤维素的合成是棉花产量和品质形成的基础,历来受到重视。前人^[1-4]对陆地棉棉铃发育中糖与纤维素的变化方面做了大量研究,但迄今对海岛棉的研究较少,且多为静态报道^[5-7]。本试验以膜下滴灌栽培的两个海岛棉品种为材料,对棉铃发育过程中铃部器官还原糖、可溶性糖及纤维素含量的动态变化开展研究,旨在摸清本地区主栽品种棉铃发育过程中碳水化合物消长规律及其在产量形成中的特性,为南疆膜下滴灌海岛棉高产与优质栽培提供指导。

1 材料和方法

1.1 试验材料

以近年南疆主栽零式果枝海岛棉 (*Gossypium barbadense* L.) 新海 28 (XH-28)、新海 21 号提高系-优系 193 (YX-193, CK) 为试验材料。2006 年、2007 年在农一师塔里木河种业良种繁育场一连 22[#]、二连 12[#]、24[#]、59[#] 南大田内进行。土壤为沙壤土,栽培方式:膜宽 1.4 m,一膜 4 行,2 条滴灌带高压滴灌。

1.2 取样方法

于 7 月 5 日和 15 日对当日花进行挂牌标记,每品种 1000 朵,标明花期。花后每隔 7 d 取 6~10 个棉铃进行室内分析。其中,当日花将棉铃分为铃壳和胚珠两部分,花后 7 d 分为铃壳和子棉

两部分,7 d 后分为铃壳、种子和纤维 3 部分。

1.3 测定方法

还原糖、可溶性糖和纤维素含量的测定参见文献^[8]。棉纤维细胞汁液浓度的测定采用手持糖量计法^[9]。转移率 (%) = (峰值 - 终值) × 100% / 峰值。

2 结果与分析

2.1 棉铃各部位还原糖和可溶性糖含量的动态变化

2.1.1 铃壳还原糖和可溶性糖含量的动态变化。

由图 1 可见,7 月 5 日、15 日两个花期两品种铃壳中可溶性糖和还原糖含量随铃龄增加表现为先升后降的单峰曲线,即开花后快速上升,21 d 左右达到峰值,然后迅速下降,至吐絮期降至最低值。达到峰值时还原糖仅为可溶性糖含量的 40%~66%,且 YX-193 大于 XH-28。YX-193 起始值低,达到峰值时大于 XH-28,并且下降速度快,即转移率高(YX-193 为 51.56%~80.39%,XH-28 为 32.35%~74.19%),表明在棉铃发育前期铃壳是光合产物的贮存“库”,后期光合产物转移快,有利于内部子棉的发育。年际间 2006 年糖含量小于 2007 年,说明不同时间环境条件对棉铃物质的积累有一定影响。

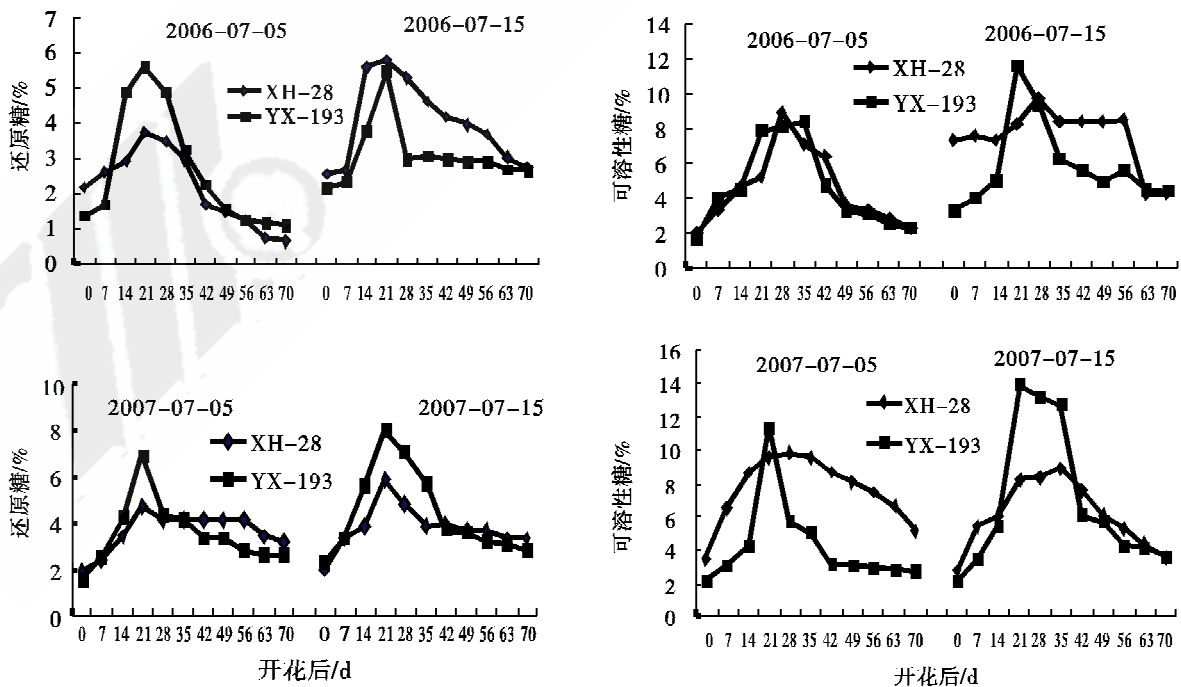


图 1 海岛棉棉铃发育进程中铃壳还原糖和可溶性糖含量的动态变化

Fig. 1 Dynamic changes of reducing sugar and soluble sugar in boll shells of different flowering stages

2.1.2 种子还原糖和可溶性糖含量的动态变化。

从图 2 可见,两品种不同花期种子中还原糖与可溶性糖随铃龄呈单峰曲线,即花后 14 d 快速增长,21 d 达到最大值,28 d 后迅速下降,至成熟期降至最低值。达到峰值时可溶性糖含量为还原糖含量的 1~2 倍,吐絮期可溶性糖、还原糖几乎接近。2006 年 YX-193 的初值、峰值均大于 XH-28, YX-193 转移率为 72.73%~93.69%,XH-28 为 62.20%~92.68%;2007 年与其相反。

2.1.3 纤维的还原糖和可溶性糖含量的动态变化。

由图 3 可见,两品种棉纤维还原糖和可溶性糖含量花后 14 d 迅速增大,21~28 d 达到最大

值,此后快速下降,吐絮时降至最低值。年际和花期间变化趋势一致,且可溶性糖大于还原糖;两种糖表现为 YX-193 略大于 XH-28;YX-193 峰值高,转移率接近(XH-28 为 94.61%~98.38%, YX-193 为 91.72%~98.04%)。纤维中糖含量达到最大值的时间比种子、铃壳晚 7 d,随着花期的推移,达到峰值时还原糖含量增大。2007 年铃期统计,7 月 5 日、7 月 15 日花期 XH-28 铃期为 67 d 和 63 d,而 YX-193 比它晚 9 d 和 14 d。由此可知,XH-28 铃期较 YX-193 短 11 d 左右,这也是 XH-28 纤维糖含量达到高峰时间早的主要原因。

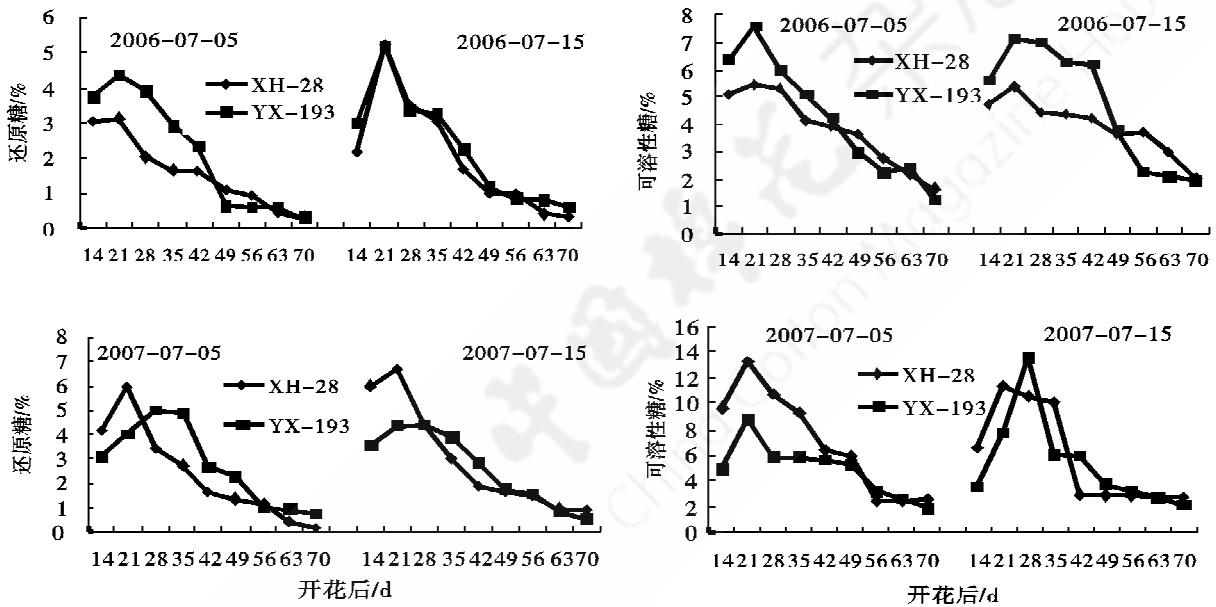


图 2 海岛棉棉铃发育进程中种子还原糖和可溶性糖含量的动态变化

Fig. 2 Dynamic changes of reducing sugar and soluble sugar in seeds of different flowering stages

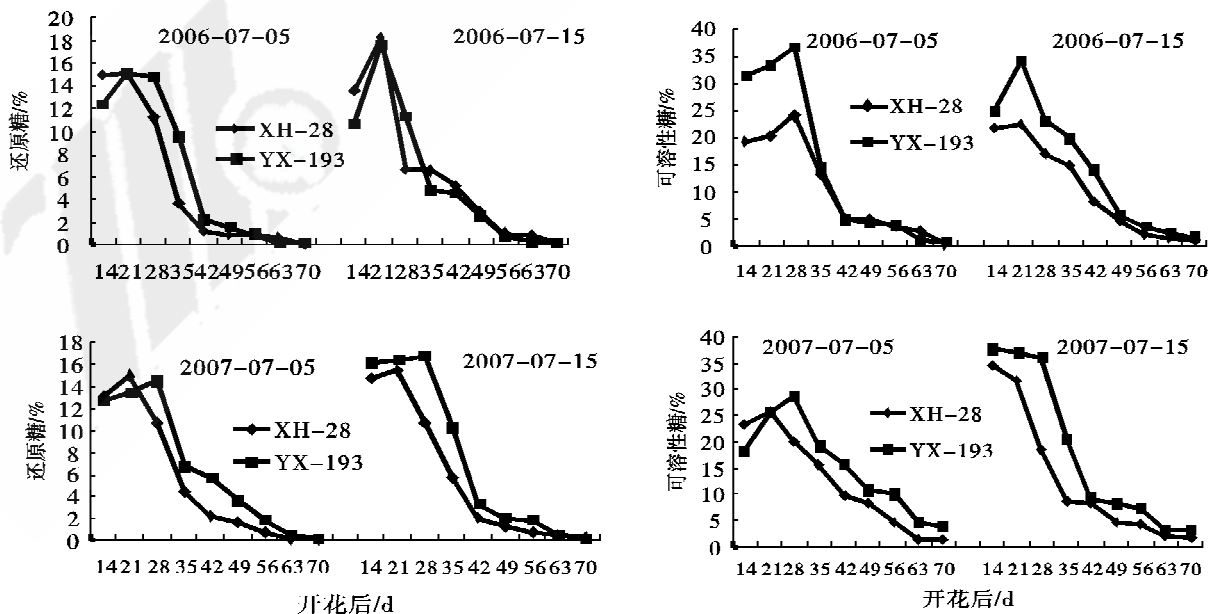


图 3 海岛棉棉铃发育进程中纤维还原糖和可溶性糖含量的动态变化

Fig. 3 Dynamic changes of reducing sugar and soluble sugar in fibers of different flowering stages

2.1.4 纤维可溶性固形物含量的动态变化。由图 4(A)可知, YX-193 的鲜纤维含糖略高于 XH-28; 由图 4(B)可看出, 21 d 前 XH-28 的含糖量高于 YX-193, 21 d 以后则为 YX-193 高于 XH-28。对其变化规律进行曲线模拟: XH-28: $y = 12.8371 - 0.2378x, n = 20, r = -0.9912^{***}, P < 0.001$; YX-

193: $y = 12.1419 - 0.2039x, n = 20, r = -0.9823^{***}, P < 0.001$ 。即在 11~30 d 范围内铃龄每增加 1 d, XH-28 的含糖量则相应下降 0.24%; YX-193 则下降 0.20%。说明纤维可溶性糖含量的下降速度 XH-28 略快于 YX-193。

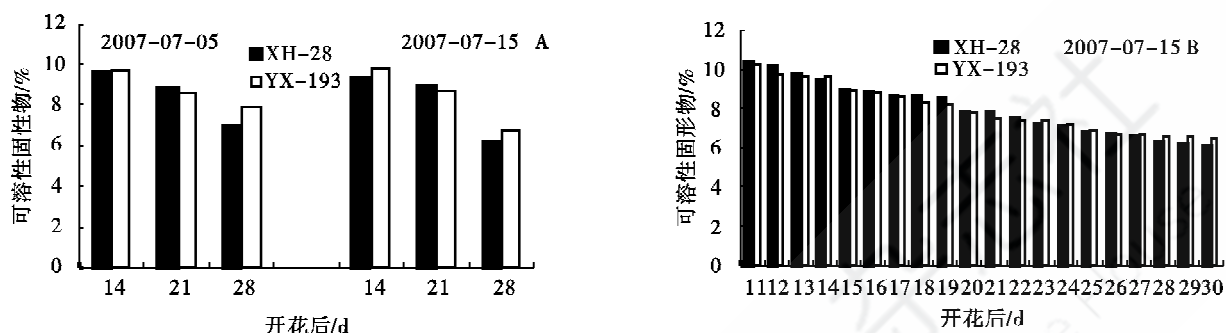


图 4 海岛棉棉铃发育进程中棉纤维可溶性固形物含量的动态变化

Fig. 4 Boll development in the process of cotton fiber soluble solid contents of the dynamic changes

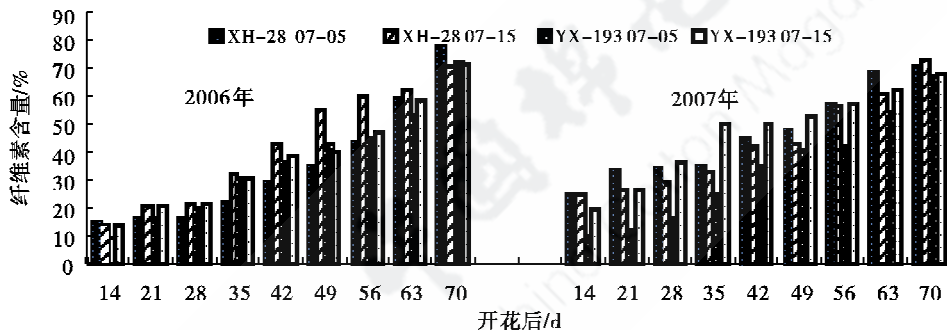


图 5 海岛棉棉铃发育进程中纤维素含量的动态变化

Fig. 5 Dynamic changes in cellulose contents of bolls in different years

3 讨论

纤维素合成及纤维中可溶性糖转化是形成棉花产量和棉纤维品质的物质基础^[10]。零型海岛棉纤维发育所需的碳源主要来自于棉铃同节位的主茎叶, 经铃壳—棉子转运而来。可溶性糖是纤维素合成的初始底物, 因此棉纤维发育中可溶性糖变化及纤维素合成是人们研究的焦点, 但海岛棉棉铃发育的研究报道尚少。前人^[2, 10-11]对陆地棉纤维发育的研究表明, 可溶性糖含量在花后 7~14 d 达到最大值, 随后迅速下降。本研究发现, 海岛棉的铃壳、种子、纤维中的还原糖、可溶性糖含量均表现在花后 21~28 d 达到最大, 随后下降, 这要比陆地棉晚 14 d 左右。虽然海岛棉纤维次生壁加厚发育开始时间比陆地棉晚, 但纤维素积淀经历时间长, 再加上新疆独特的气候条件, 从而有利于高强纤维的形成, 这可能是南疆海岛棉纤维品质好的重要原因。纤维素在花后 14 d 左右开始大量合成, 至吐絮期含量达最大值, 这与陆地棉的结果相一致。棉铃不同部位的可溶性糖、还原糖含量及转移率, 表现为

纤维>种子>铃壳。研究表明, YX-193 铃壳、种子可溶性糖、还原糖转移率较 XH-28 略高, 说明其铃壳对光合产物的“装载”和“转运”能力比较强, 有利于碳素同化产物向子棉中运输。纤维中纤维素含量 XH-28 略高于 YX-193, 说明 XH-28 纤维合成量比 YX-193 大。

可溶性固形物含量的高低是评价果实品质的重要指标之一。手持糖量计在仁果、浆果、甘蔗、甜菜块根可溶性固形物含量的快速检测方面已得到广泛应用。作物功能叶片细胞汁液糖量计读数用于诊断作物体内水分亏缺的生理指标已有报道。我们将糖量计用于检测发育蒴果的棉铃纤维细胞可溶性固形物含量以表征其糖代谢水平尚属首次尝试。

参考文献:

- [1] 过兴先, 曾伟, 苏玉兰. 棉叶光合产物的积累和分配及其夜温和纤维发育之关系[J]. 作物学报, 1991, 17(2): 115-122.

- GUO Xing-xian, Zeng Wei, Su Yu-lan. The accumulation and transportation of photosynsates in cotton leaves and their relation to night temperature and fiber development [J]. *Acta Agron Sin*, 1991, 17(2): 115-122.
- [2] 勾玲, 张旺锋, 李少昆, 等. 新疆棉花纤维发育过程中可溶性糖和纤维素含量的变化及与气象因子的关系[J]. *中国农业科学*, 2002, 35(7): 878-882.
- GOU Ling, Zhang Wang-feng, Li Shao-kun, et al. Dynamic changes of soluble sugar and cellulose during the course of cotton fiber development and correlation with meteorological factor in Xinjiang [J]. *Sci Agric Sin*, 2002, 35(7): 878-882.
- [3] 刘凌霄, 沈法富, 范作晓, 等. 棉花不同品种叶片和纤维中蔗糖磷酸合成酶活性变化及其与糖含量的关系[J]. *中国农学通报*, 2006, 22(4): 252-254.
- LIU Ling-xiao, Shen Fa-fu, Fan Zuo-xiao, et al. Dynamic activity changes of sucrose phosphate synthase and correlation with sugar content in leaves and fiber of different cotton cultivars [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2006, 22(4): 252-254.
- [4] 华水金, 王学德, 赵向前, 等. 棕色棉纤维发育过程中碳水化合物和色素的变化特征[J]. *棉花学报*, 2008, 20(3): 239-240.
- HUA Shui-jin, Wang Xue-de, Zhao Xiang-qian, et al. Dynamics of carbohydrate and pigment content during fiber development in brown-colored cotton [J]. *Cotton Sci*. 2008, 20(3): 239-240.
- [5] 文如镜. 新疆棉花纤维素沉积与可溶性糖转化积累的规律[C]//新疆国际棉花学术讨论会论文集. 北京: 中国农业科技出版社, 1995: 178-181.
- WEN Ru-jing. The cotton cellulose deposition and accumulation of soluble sugar in Xinjiang [C]// *Proceeding of International Cotton Science Conference*. Beijing: China Agricultural Science and Technology Publishing, 1995: 178-181.
- [6] 梅拥军, 徐尊, 由宝昌. 海岛棉纤维含糖量的遗传和亲子相关[J]. *西北农业学报*, 1998, 7(4): 66-68.
- MEI Yong-jun, Xu Zun, You Bao-chang. Inheritance of sugar content in sea island cotton fiber and parent offspring correlations [J]. *Acta Agric Boreali-occident Sin*, 1998, 7(4): 66-68.
- [7] 张江泓. 吐鲁番的长绒棉[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1992.
- ZHANG Jiang-hong. The long-fiber cotton of Turpan [M]. Urumqi: Health and Technology Publishing in Xinjiang, 1992.
- [8] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- LI He-sheng. Experiment principles and techniques for plant physiology and biochemistry [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000.
- [9] 叶尚红. 植物生理生化实验教程[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2004: 94-96.
- YE Shang-hong. The experiment directory for plant physiology and biochemistry [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Publishing, 2004: 94-96.
- [10] 张文静, 胡宏标, 陈兵林, 等. 棉纤维加厚发育生理特性的基因型差异及对纤维比强度的影响[J]. *作物学报*, 2007, 33(4): 531-538.
- ZHANG Wen-jing, Hu Hong-biao, Chen Bing-lin, et al. Genotypic differences in some physiological characteristics during cotton fiber thickening and its relationship with fiber strength [J]. *Acta Agron Sin*, 2007, 33(4): 531-538.
- [11] 胡宏标, 张文静, 王友华, 等. 棉纤维加厚发育相关物质对纤维比强度的影响[J]. *西北植物学报*, 2007, 27(4): 726-733.
- HU Hong-biao, Zhang Wen-jing, Wang You-hua, et al. Matters related with cotton fiber thickening development and fiber strength [J]. *Acta Bot Boreal Occident Sin*, 2007, 27(4): 726-733. ●