

干旱对不同铃重基因型棉花叶片细胞膜伤害、 保护酶活性及产量的影响

刘灵娣, 李存东*, 孙红春, 刘连涛, 高雪飞, 冯丽肖

(河北农业大学/河北省作物生长调控重点实验室, 河北 保定 071001)

摘要:研究水分胁迫对棉花叶片细胞膜伤害、保护酶活性及产量的影响。结果表明,在水分胁迫下,各棉花品种各部位果枝叶片中MDA含量明显增加,增加幅度因品种、时期和植株部位不同差异较大,其中,以中铃品种果枝叶片中MDA含量增加幅度最小。水分胁迫下各品种、各部位果枝叶片SOD、POD酶活性在棉铃发育的多数时期都明显升高,其中上、中部果枝叶SOD酶活性在棉铃30 d日龄时最低,并且这一规律不因品种类型和果枝区位而改变;中铃品种上部和下部果枝叶SOD酶活性在干旱胁迫下增加的幅度大于大铃和小铃品种;就不同区位果枝叶各时期总体情况而言,以中部POD酶活性最高,下部次之,上部最低。干旱胁迫下中铃品种的铃重和产量变化幅度最小,表现出较强的耐旱性。

关键词:棉花;干旱;细胞膜伤害;SOD;POD;产量

中图分类号:S562.01 **文献标识码:**A

文章编号:1002-7807(2009)04-0296-06

Effects of Drought on Cell Membrane Damage, Activities of Protective Enzymes and Yield of Different Boll-weight Genotypes in Cotton

LIU Ling-di, LI Cun-dong*, SUN Hong-chun, LIU Lian-tao, GAO Xue-fei, FENG Li-xiao

(Hebei Key Laboratory of Crop Growth Regulation/Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001, China)

Abstract: The effects of water stress on cell damage, activities of protective enzymes and yield of different boll-weight genotypes in cotton were studied. The result showed that: under water stress, the content of MDA in these genotypes increased significantly according to both each genotype and each position and the increasing extent varied greatly with genotypes, stages and positions. Among the three species, the middle-boll genotype increased the least under water stress, the activities of SOD and POD increased at different position and for different genotypes in the most time, the activities of SOD in upper branch and middle branch leaves were the lowest at the 30-days age, and the changes were the same according to different position and for different genotypes, the change of the activity of SOD in upper branch and bottom branch leaves with middle-boll genotype was more obvious than big-boll genotype and small-boll genotype. So far as the branch leaves of different locations at every period were concerned, the activity of POD in middle branch was the highest according to positions and stages, and the bottom branch was the second, and the upper branch was the lowest. The decreasing extent of boll weight and yield with middle-boll variety was the least which indicated that middle-boll genotype has higher drought tolerance ability than the other genotypes.

Key words: cotton; drought; cell membrane damage; SOD; POD; yield

收稿日期: 2008-10-06

作者简介: 刘灵娣(1978-), 女, 在读博士, liulingdi9903@126.com; * 通讯作者, nxyld@mail.hebau.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金(30370833)、教育部重点科技项目(02019)、高等学校博士学科点专项科研基金(20050086003)、河北省自然科学基金(303179)联合资助

气候变暖导致的气候灾害对农业生产的危害正在加剧。在各种气候灾害中,干旱造成的损失最大,损失量超过其它逆境造成损失的总和^[1]。棉花是我国重要的经济作物,深入研究棉花对于旱胁迫的生理反应,对棉花抗旱栽培具有指导意义。

前人在干旱胁迫对棉花的产量、生长发育、光合性能、叶绿素荧光的影响及调节方面做了相关研究^[2-5]。铃重大小和铃数多少在一定程度上影响着棉花源、库关系的协调性,但以不同铃重基因型为材料,对棉花不同部位功能叶在水分胁迫条件下的细胞膜及其保护酶特征的系统研究尚鲜有报道。

本试验采用旱棚设施,以3个不同铃重基因型棉花品种为研究对象,进行干旱胁迫试验,对不同植株部位功能叶片的SOD酶活性、POD酶活性及MDA含量等动态变化及其铃重基因型间的

差异进行研究。旨在探明土壤持续干旱条件下棉花叶片细胞膜伤害及其保护酶反应的动态变化特征,从生理学的角度进一步探讨不同铃重品种对于旱胁迫的适应性差异。

1 材料和方法

1.1 试验材料

本试验于2004、2005年在河北农业大学教学实验站进行。在2003年进行品种筛选试验基础上,2004、2005年度试验选用了较具代表性的3种铃重类型的棉花品种:小铃品种册亨大棉花(简称册亨,铃重3.98 g);中铃品种新棉33B(简称33B,铃重4.91 g);大铃品种宿棉9108(简称宿棉,铃重7.90 g)。试验地前茬为玉米,土质为粘质壤土。试验地的基础肥力情况如表1所示。两年结果趋势相近,文中所用数据为2005年测定结果。

表1 试验地基础养分含量

Table 1 The contents of soil nutrients of experiment field

年份	有机质/(g·kg ⁻¹)	全氮/(g·kg ⁻¹)	速效磷/(mg·kg ⁻¹)	速效钾/(mg·kg ⁻¹)	速效氮/(mg·kg ⁻¹)
2004	13.24	0.87	38.53	86.78	79.52
2005	12.75	0.85	40.26	88.95	78.93

1.2 试验设计与田间管理

田间种植采用裂区设计,品种为主处理,干旱与对照(正常浇水)为副处理,小区面积49 m²,等行距播种,行距75 cm,株距25 cm,密度为5.33万株·hm⁻²,重复3次。播前施入鸡粪2250 kg·hm⁻²,氯化钾225 kg·hm⁻²,磷酸二铵375 kg·hm⁻²,尿素375 kg·hm⁻²,在盛花期追施尿素150 kg·hm⁻²。4月20日播种,播种方式为开沟穴播,播后短期地膜覆盖以保持土壤温度与湿度。干旱处理在旱棚中进行,根据土壤水分测定结果确定灌溉时间,使棉花一生中的绝大部分时间20~80 cm土壤平均相对含水量在60%以下。对照处理按普通高产田进行水分管理。用烘干失重法监测土壤水分,测定土层深度为0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm、60~80 cm。为防止土壤水分横向交换,播种前在水分胁迫处理与对照处理的小区之间及干旱处理的各小区四周下埋60 cm防渗薄膜。

1.3 取样及测定

自棉花开花日起,用挂牌标记棉株上、中、下3个部位第1、2果节的棉铃。下部主要取第1、2果枝,中部取第6、7果枝,上部取第11、12果枝。由此把棉铃对位果枝叶分为上部内围、中部内围、

下部内围共3个区位。

取不同部位、不同日龄棉铃的对位果枝叶,测定叶片中MDA含量、SOD和POD酶活性。

丙二醛(MDA)含量用硫代巴比妥酸(TBA)法测定^[6];SOD酶活性、POD酶活性测定参照Cakamsk等^[7]的方法,其中,以光化还原50%氮蓝四唑(NBT)为一个SOD酶活性单位。

铃重考察和产量测定:每个小区随机选取生长正常的棉株10棵挂牌标记,测定铃重和子棉产量。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫对不同区位内围果枝叶中MDA含量的影响

水分胁迫后,棉花不同铃重类型品种叶片MDA含量均呈上升趋势。

由图1可知,正常处理3个品种下部果枝叶中MDA含量相差不大;水分胁迫下,大铃品种和小铃品种MDA含量增加幅度大于中铃品种。说明干旱下大铃品种和小铃品种下部内围果枝叶细胞膜脂过氧化程度加剧,细胞膜伤害程度大于中铃品种。

正常处理3个品种中部内围果枝叶中MDA含量变化比较平稳(图2);水分胁迫下,大铃品种

在不同铃龄 MDA 含量均明显增加,中铃品种和小铃品种 MDA 含量在铃龄 10 d 和 40 d 时明显高于水分正常处理。中、小铃品种在铃龄 20~30 d 时 MDA 含量明显低于大铃品种,显示具有较强的耐旱能力。

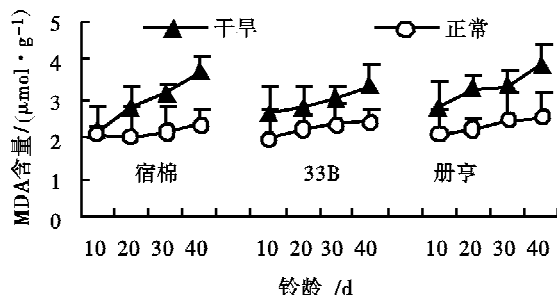


图 1 不同处理下部果枝叶中 MDA 含量变化

Fig. 1 The changes of MDA contents in lower branch leaves for different treatments

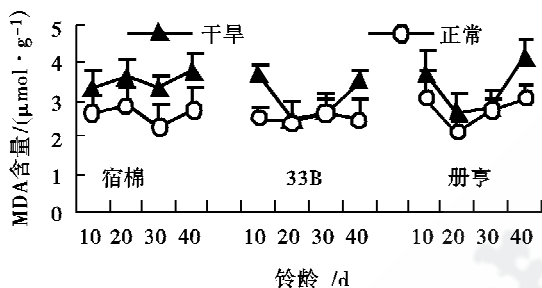


图 2 不同处理下中部果枝叶中 MDA 含量变化

Fig. 2 The changes of MDA contents in middle branch leaves for different treatments

由图 3 可以看出,干旱与正常处理小铃品种(册亨)上部内围果枝叶 MDA 含量差异在铃龄 20 d 和 30 d 最为明显,大铃品种(宿棉)次之,中铃品种差异最小。此外,无论干旱还是正常处理大铃品种的 MDA 含量均较高。

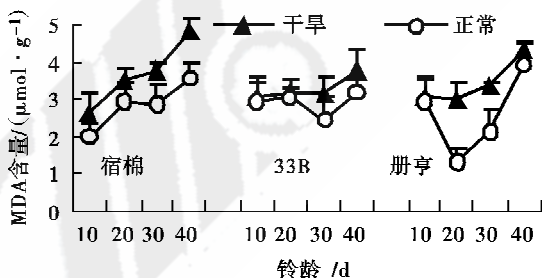


图 3 不同处理上部果枝叶中 MDA 含量变化

Fig. 3 The changes of MDA contents in upper branch leaves for different treatments

2.2 水分对不同部位内围果枝叶中 SOD 酶活性的影响

图 4—6 显示,水分胁迫下各品种、各部位果枝叶 SOD 活性在棉铃发育的多数时期都明显升高,以缓解膜脂过氧化对细胞的伤害。其中上、中部果枝叶 SOD 活性在棉铃 30 d 时最低,并且

这一规律不因品种类型和果枝区位而改变。中铃品种上部和下部果枝叶 SOD 活性在干旱胁迫下增加的幅度大于大铃和小铃品种。

图 4 表明,干旱胁迫条件下,下部果枝叶中 SOD 酶活性变化幅度由大到小依次为:中铃品种>大铃品种>小铃品种,各品种后期 SOD 酶活性增加幅度大于前期。

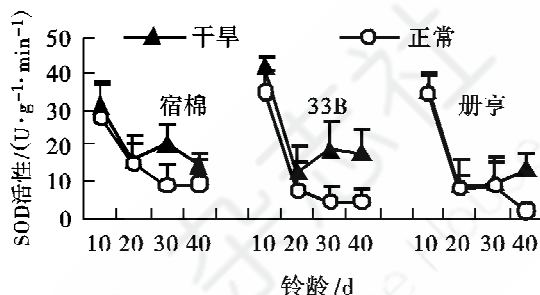


图 4 不同处理下部果枝叶中 SOD 活性变化

Fig. 4 The changes of SOD activities in lower branch leaves for different treatments

中部果枝叶中 SOD 酶活性无论干旱还是正常处理,大铃品种和中铃品种均大于小铃品种(图 5)。各品种中部果枝叶 SOD 酶活性随棉铃发育的变化趋势相近。

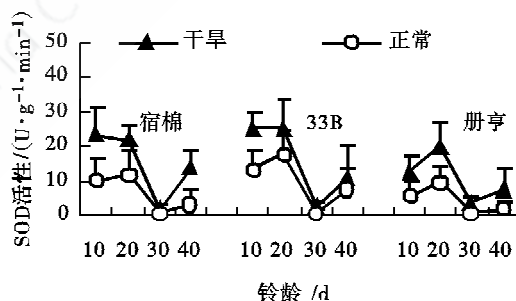


图 5 不同处理中部果枝叶中 SOD 活性变化

Fig. 5 The changes of SOD activities in middle branch leaves for different treatments

上部果枝叶中 SOD 酶活性随铃龄变化呈现出与下、中部果枝叶不同的近似 L 型变化趋势(图 6)。干旱下,中铃品种和小铃品种的 SOD 酶活性增加幅度大于大铃品种。

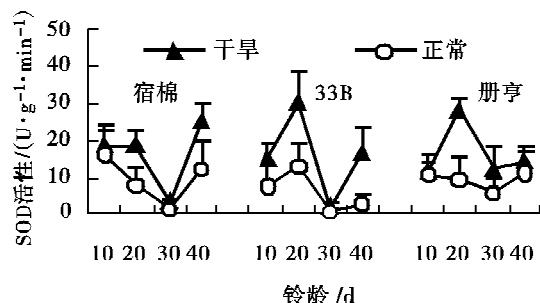


图 6 不同处理上部果枝叶中 SOD 活性变化

Fig. 6 The changes of SOD activities in upper branch leaves for different treatments

2.3 水分对不同区位内围果枝叶中 POD 酶活性的影响

从图 7—9 可以看出,在水分胁迫下,各品种不同区位内围果枝叶中的 POD 酶活性均有不同程度增加。

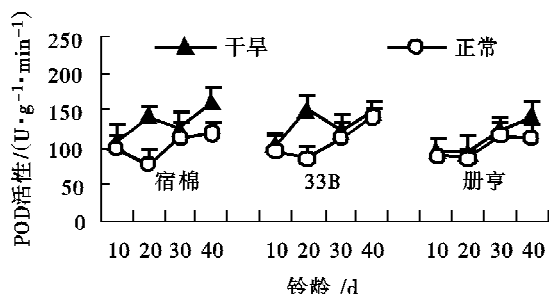


图 7 不同处理下部果枝叶中 POD 酶活性变化
Fig. 7 The changes of POD activities in lower branch leaves for different treatments

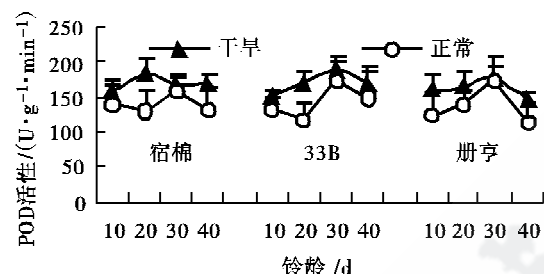


图 8 不同处理中部果枝叶中 POD 酶活性变化
Fig. 8 The changes of POD activities in middle branch leaves for different treatments

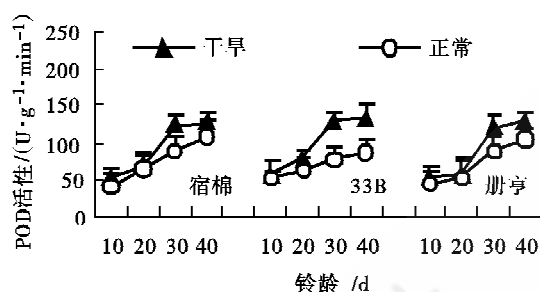


图 9 不同处理上部果枝叶中 POD 酶活性变化
Fig. 9 The changes of POD activities in upper branch leaves for different treatments

图 9 表明,上部果枝叶中各品种 POD 酶活性变化趋势相似,均随棉铃发育进程而增加;水分胁迫和正常供水处理相比,中铃品种的 POD 酶活性增加幅度大于小铃品种和大铃品种。就不同区位果枝叶各时期总体情况而言,以中部 POD 酶活性最高,下部次之,上部最低,其原因有待于深入研究。

2.4 水分胁迫下不同棉花品种的产量变化

干旱胁迫下,棉花不同铃重类型品种的铃重和产量均低于正常处理(表 2)。与对照相比,大铃品种的铃重降低了 16.4%,其次是小铃品种,为 13.3%,中铃品种最低,为 10.2%;与对照相比,各品种的产量下降幅度由大到小依次为:小铃品种>大铃品种>中铃品种。中铃品种的抗旱系数最高,这表明中铃品种对于干旱胁迫有较强的适应能力。

表 2 干旱胁迫下棉花不同品种的产量

Table 2 The yield of different cotton cultivars under water stress

品种	处理	铃重/g	降低百分数/%	子棉产量/(kg·hm ²)	降低百分数/%	抗旱系数
宿棉 9108	干旱	6.1	16.4	2639.8	19.6	0.80
	正常	7.3		3285.3		
新棉 33B	干旱	4.4	10.2	3438.7	16.6	0.83
	正常	4.9		4125.6		
册亨大棉花	干旱	2.6	13.3	1599.7	24.9	0.75
	正常	3.0		2130.4		

3 讨论与结论

干旱会引起植物膜伤害和生物自由基的累积。在一定范围内,植物会通过膜脂过氧化和保护酶系统活性的变化来适应水分胁迫环境,保护植株免受或少受伤害^[8]。本试验结果表明,水分胁迫下不同铃重品种、不同部位果枝叶中 MDA 含量均增加,说明皆受到相应的伤害。本研究还发现,各铃重类型品种果枝叶细胞膜受到的伤害度存在差异,说明不同棉花品种对于干旱胁迫的反应不同;中铃品种在水分胁迫下 MDA 含量增加

最少,表明其对于干旱有较强的适应能力。

处于逆境下的植物本身形成一些防御机制,如活性氧的酶促清除系统,SOD 酶在该系统中处于核心地位。SOD 酶在较轻度的干旱胁迫下酶活性提高,随后因胁迫增强而活性下降^[9]。本研究显示,干旱胁迫下,中、上部果枝叶前期 SOD 酶活性升高很多,随着持续胁迫的进行,SOD 酶活性升高幅度降低,表明适当的干旱可以诱导 SOD 酶活性的增加,以缓解活性氧类物质的损害。但当胁迫持续时间较长时,各品种缓解胁迫的能力会下降。不同品种果枝叶功能期的后期 SOD 酶

活性降低幅度不同,表明其对于干旱胁迫的适应能力存在差异。在叶功能后期,中铃品种的 SOD 酶活性下降幅度低于大、小铃品种,表明其对于干旱胁迫有较强的适应调节能力。

POD 作为植物体内消除自由基伤害防护酶系成员之一,与植物的抗逆境能力密切相关,尤其是在水分胁迫条件下,POD 酶活性往往升高^[10]。本文研究表明,干旱胁迫下,在棉铃发育的各个时期,各品种不同部位棉花叶片中 POD 酶活性均有所增加,其中,中、下部果枝叶片 POD 酶活性在前期增加幅度大于后期。在叶功能前期,以中铃品种增加幅度最大,其后期下降也较平缓,再度表明中铃品种具有较强的抗旱性。

干旱胁迫下 SOD、POD 酶活性存在先上升后下降的现象,然而不同植物的表现不完全一致^[11]。本文发现,三个品种水分胁迫下 SOD 与 POD 酶活性均呈上升趋势,这表明干旱胁迫后保护酶活性已具有明显的适应性反应,各铃重类型棉花品种不同部位果枝叶片中 SOD、POD 酶活性的上升因部位、品种的不同呈现出不同的变化规律,且各品种的干旱与对照变化趋势一致,但达到峰值的时间和增加的幅度因品种不同而存在差异。

棉花的抗旱性是多种因素综合作用的结果,水分通过影响包括生理代谢在内的各种作用进而影响了产量^[12]。在本项研究中,水分胁迫下,三个品种的铃重和子棉产量低于对照,均以中铃品种的下降幅度为最小,进一步证实了中铃品种具有异于其它两个品种类型的抗旱生理特征。

本课题的前期研究^[13]表明,铃型较小品种的棉铃属于库限制型品种,大铃品种的棉铃属于源限制型品种;张祥^[14]等研究认为,棉铃发育受叶源限制调节时,铃体积减小,铃重降低;何在菊^[15]等研究认为,低水条件下棉株地上部分生长受到限制,影响了库与源之间的协调水平。以上研究表明,铃重类型、结铃部位及环境条件差异均可导致棉花源、库的变化,本试验揭示了在干旱胁迫条件下,不同铃重类型品种及同一品种不同部位内围果枝源叶的膜脂过氧化及其保护酶活性的变化规律。

参考文献:

[1] 张士功,刘国栋,刘更另.植物营养与作物抗旱性[J].植物学通报,2001,18(1):64-69.

- ZHANG Shi-gong, Liu Guo-dong, Liu Geng-ling. Plant nutrition and drought resistance of crops [J]. Chinese Bulletin of Botany, 2001, 18 (1): 64-69.
- [2] 肖俊夫,刘祖贵,孙景生,等.不同生育期干旱对棉花生长发育及产量的影响[J].灌溉排水,1999,18(1):23-27.
- XIAO Jun-fu, Liu Zu-gui, Sun Jing-sheng, et al. Influences of water stress at different growing stages on growth, development and yield in cotton [J]. Irrigation and Drainage, 1999, 18(1): 23-27.
- [3] KUMAR B, Pandey D M, Goswami C L. Effect of growth regulators on photosynthesis, transpiration and related parameters in water stress cotton [J]. Biologia Plantarum, 2001, 44(3): 475-478.
- [4] 李志博,杨敏,张荣华.北疆棉花品种抗旱性初步评价及鉴定方法研究[J].新疆农业科学,2006,43(6):463-466.
- LI Zhi-bo, Yang Min, Zhang Rong-hua. Study on primary evaluation and identification of drought resistance of cotton cultivars in the North Xinjiang [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2006, 43(6): 463-466.
- [5] 孟兆江,卞新民,刘安能,等.棉花调亏灌溉的生理响应及其优化农艺技术[J].农业工程学报,2007,23(12):80-84.
- MENG Zhao-jiang, Bian Xin-min, Liu An-neng, et al. Physiological responses of cotton to regulated deficit irrigation and its optimized agronomic techniques [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007, 23 (12): 80-84.
- [6] 郝建军,刘延吉.植物生理学实验技术[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,2001:56-57.
- HAO Jian-jun, Liu Yan-ji. Guide on plant physiology experiment [M]. Shenyang: Liaoning Science and Technology Publishing House, 2001: 56-57.
- [7] CAKAMSK I, Marschner H. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves [J]. Plant Physiol, 1992, 98: 1222-1227.
- [8] 喻敏,陈跃进,萧洪东,等.硼钼对低温下草坪草海滨雀稗活性氧代谢的影响[J].作物学报,2005,31(6):755-759.
- YU Min, Chen Yue-jin, Xiao Hong-dong, et al. Influences of boron and molybdenum on active oxygen species in turfgrass seashore Paspalum under low temperature [J]. Acta Agron Sin, 2005, 31(6): 755-759.
- [9] 姚满生,杨小环,郭平毅.脱落酸与水分胁迫下棉花幼苗水分关系及保护酶活性的影响[J].棉花学报,

- 2005, 17(3):141-145.
- YAO Man-sheng, Yang Xiao-huan, Guo Ping-yi. Effects of abscisic acid on water relationship and defensive enzymes activities in cotton seedling under water stress[J]. *Cotton Science*, 2005, 17(3): 141-145.
- [10] 董合忠, 李维江, 唐 薇, 等. 干旱和淹水对棉苗某些生理特性的影响[J]. *西北植物学报*, 2003, 23(10): 1695-1699.
- DONG He-zhong, Li Wei-jiang, Tang Wei, et al. Effect of water-deficit and water-logging on some physiological characteristics of cotton seedlings[J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*, 2003, 23(10): 1695-1699.
- [11] 韩蕊莲, 李丽霞, 梁宗锁, 等. 干旱胁迫下沙棘膜脂过氧化保护体系研究[J]. *西北林学院学报*, 2002, 17(4):1-5.
- HAN Rui-lian, Li Li-xia, Liang Zong-suo, et al. Seabuckthorn membrane-lipid peroxidation system under drought stress[J]. *Journal of Northwest Forestry College*, 2002, 17(4): 1-5.
- [12] 蔡红涛, 汤一卒, 刁品春, 等. 棉花花铃期土壤持续干旱对产量形成的调节效应[J]. *棉花学报*, 2008, 20(4):300-305.
- CAI Hong-tao, Tang Yi-zu, Diao Pin-chun, et al. Regulating effect of soil progressive drought on yield of cotton during blooming and bolling periods[J]. *Cotton Science*, 2008, 20(4):300-305.
- [13] 谢志霞, 李存东, 王文新, 等. 不同铃重类型棉花不同结铃区位的源库特征研究[J]. *河北农业大学学报*, 2005, 28(1):1-4, 27.
- XIE Zhi-xia, Li Cun-dong, Wang Wen-xin, et al. Study on characteristics of source-sink at different spatial positions of five cotton cultivars with different boll weight[J]. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 2005, 28(1):1-4, 27.
- [14] 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.
- [15] 何在菊, 罗宏海, 韩春丽, 等. 不同水分条件下源库调节对膜下滴灌棉花产量和品质的影响[J]. *石河子大学学报:自然科学版*, 2007, 25(4):397-403.
- HE Zai-ju, Luo Hong-hai, Han Chun-li, et al. Effect of source sink regulator on yield and fiber quality of under-mulch-drip irrigation cotton under the different soil moisture conditions[J]. *Journal of Shihezi University: Natural Science*, 2007, 25(4): 397-403. ●