

干旱对棉花叶片碳水化合物代谢的影响

刘灵娣, 李存东*, 孙红春, 高雪飞, 任新茂

(河北农业大学农学院, 保定 071001)

摘要:以3个不同铃重的棉花基因型为材料,研究了土壤干旱对棉叶碳水化合物代谢的影响。结果表明,干旱胁迫使主茎叶片与不同部位内围果枝叶片可溶性糖含量均有不同程度的增加,而淀粉的积累受到明显抑制。虽然干旱条件下不同基因型棉叶的可溶性糖与淀粉含量的变化趋势一致,但小铃基因型开花(7月5日)后的主茎叶可溶性糖含量较中、大铃基因型变化小,淀粉含量则低于大铃基因型。上部内围果枝叶淀粉含量在棉铃发育过程中波动明显大于中、下部果枝,而小铃品种相对稳定。研究结果加深了对干旱胁迫下棉叶碳水化合物时空变化特征的认识。

关键词:棉花;水分;碳水化合物

中图分类号:S562.01 **文献标识码:**A

文章编号:1002-7807(2007)02-0129-05

Effect of Water Stress on Carbohydrate Metabolism in Cotton with Varying Boll Size

LIU Ling-di, LI Cun-dong, SUN Hong-chun, GAO Xue-fei, REN Xin-mao

(Agricultural University of Hebei, Baoding 071000, China)

Abstract: Three genotypes of cotton varieties with different boll weight, small-boll varieties Ceheng Damianhua (single boll-weight 3.98 g), middle-boll varieties NuCotn 33B (single boll-weight 4.91 g) and big-boll varieties Sumian 9108 (single boll-weight 7.90 g), were studied under different water treatments. The water stress treatments were carried out in the waterproof installations and repeated 3 times. The irrigation time was determined by water percent measured in the field. After irrigation, the earth RWC in almost cotton growth time was controlled below 60% in the soil layer 20~80 cm; the CK was managed according to high yield management. The soil water percentage was examined by method of oven-dry weight loss, including different soil layer: 0~20 cm, 20~40 cm, 40~60 cm and 60~80 cm. In order to prevent water from exchanging in landscape orientation, before seeding, the 60cm-long plastic was buried in the field between the drought management and the CK, and was buried around the drought treatment. The paper analyzed the effect of drought stress on carbohydrate metabolism of these materials. The results were that; under water stress, the soluble sugar content of main stem and different branch leaves increased to different levels, and the starch accumulation were restrained significantly. Although the changing trend of soluble sugar and starch of different boll weight genotypes materials are the same, after flowering stage (July 5th), the change of soluble sugar content of small-boll materials is more stable than middle-boll and large-boll materials, and the starch content is less than that of large-boll materials. In the growing stage, the changing trend of starch content in top branch leaves is more obvious than that in middle and bottom branch leaves in big-boll

收稿日期:2006-06-22 **作者简介:**刘灵娣(1978-),女,硕士,liulingdi9903@yahoo.com.cn;*,通讯作者,nxylcd@mail.hebau.edu.cn

基金项目:国家自然科学基金(30370833)、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,C2006000436)、河北农业大学重点科技项目(9816)计划基金

and middle-boll materials, except the small-boll materials. The result indicated the spatial-temporal character changes with carbohydrate metabolism of cotton leave under water stress conditions.

Key words: cotton; water; carbohydrate metabolism

淡水资源不足和干旱胁迫是世界农业生产面临的严峻挑战,作为重要经济作物的棉花也不例外,干旱已成为棉花生产发展的重要限制因素。深入研究干旱对棉花的影响以及棉花的耐旱机理对于指导棉花抗旱栽培和品种选育具有重要意义。前人研究业已表明,干旱严重影响棉花的生长发育^[1-2],具体表现为降低株高、总干物量和叶面积^[3],而且开花期干旱对分枝数、果节数、吐絮铃数和总铃数影响最大^[4];叶片是光合作用的器官,是有机营养物质的供应者,在棉花的各个生育时期,棉叶的生长受水分的影响都很大^[5],水分胁迫还降低源端同化物的输出率^[6-7]。不过,罗宾^[8]认为棉花开花结铃阶段,适当干旱可提早吐絮。然而,迄今为止以不同铃重棉花基因型为材料,比较研究叶片碳水化合物代谢对于干旱反应的报道尚不多见。由于不同铃重棉花基因型的库源特征不同,以此为材料开展研究碳水化合物的代谢特征,可以更全面地了解棉花对干旱胁迫的生理反应。

1 材料和方法

1.1 试验设计

试验于2004-2005年在河北农业大学实验站进行。试验地土质为壤土,0~20 cm耕层有机质含量1.018%,全氮含量0.099%,速效氮、磷、钾含量分别为79.94 mg·kg⁻¹、44.25 mg·kg⁻¹、82.82 mg·kg⁻¹。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。田间试验采用裂区设计,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。4月22日播种,地膜覆盖,齐苗后揭膜。干旱处理在早棚中进行,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。

1.2 试验材料

经筛选,本研究选用了小铃品种册亨大棉花,铃重3.98 g;中铃品种新棉33B,铃重4.91 g;大铃品种宿棉9108,铃重7.90 g,三个不同铃重的棉花品种为试验材料。

1.3 取样及测定

主茎功能叶测定:测定不同时期棉株主茎功能叶中的糖、淀粉含量。

果枝叶的测定:在棉花开花日起,挂牌标记上、中、下三个部位第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下部内围、中部内围、上部内围三个区位。从挂牌之日起,每隔10 d取样测定不同区位果枝叶的可溶性糖和淀粉含量。

可溶性糖、淀粉测定:采用硫酸-萘酚比色法^[8]测定。

2 结果与分析

2.1 不同处理对主茎叶可溶性糖、淀粉含量的影响

2.1.1 水分胁迫对主茎叶中可溶性糖含量的影响。由图1可知,水分胁迫提高了各棉花品种现蕾(6月11日)后各生育时期主茎功能叶可溶性糖含量,分析其原因是,由于干旱在影响叶面积扩展的同时,在一定程度上降低了棉叶叶绿素的相对含量与光合作用强度,也阻碍了可溶性糖向淀粉的转化及向其它器官的输送,并且这一规律不因品种类型而异。中铃品种和大铃品种在初花至盛花期(7月5—15日),主茎叶中可溶性糖含量最高,之后迅速(中铃品种)或缓慢(大铃品种)下降,标志着其生长中心的明显转移;小铃品种开花至吐絮期(7月5日—8月6日)叶片含糖量一直平稳,可能与棉铃对光合产物需求量少,生长中心转化缓慢有关,并且这一趋势不因水分供应的差异而改变。

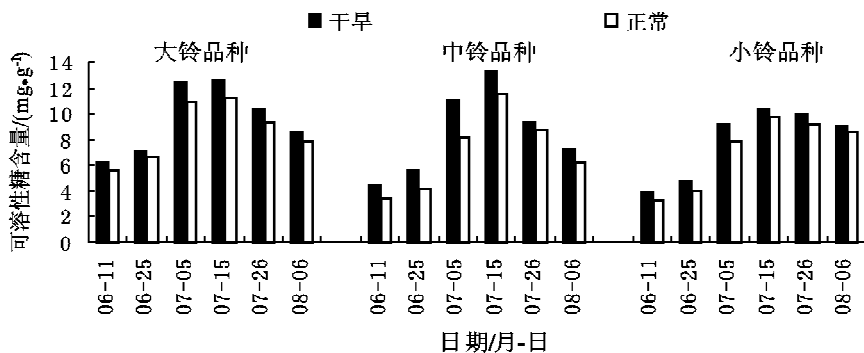


图 1 不同时期不同处理主茎叶中可溶性糖含量变化

Fig. 1 The content of soluble sugar in stem leaves at different stages

2.1.2 水分胁迫对主茎叶中淀粉含量变化的影响。由图 2 可以看出,正常水分处理下主茎叶中淀粉的含量在蕾期积累最多,而在花铃期含量最低,可能是由于进入花铃期后棉株逐渐转入以生殖生长为主,大量库器官的活性增强,对养分的需求量增大,叶片同化的光合产物被运转到生殖器

官的比例增大,造成可溶性糖向淀粉的转化量相应降低。除小铃品种 7 月 5 日和 7 月 15 日结果外,干旱处理棉株其它各时期淀粉积累量低于对照。并且无论干旱还是对照处理,小铃品种各生育时期淀粉含量皆低于大铃品种。

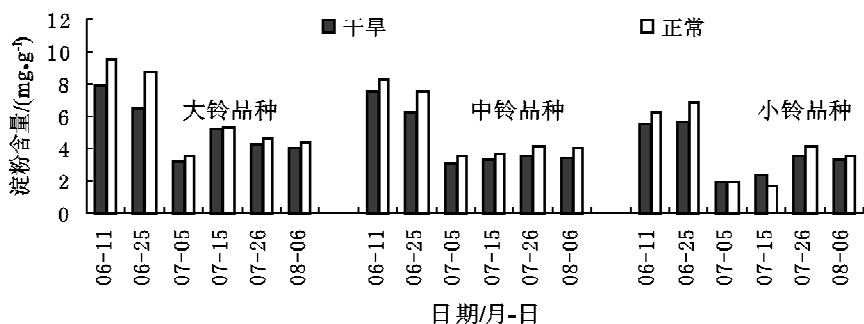


图 2 不同时期不同处理主茎叶中淀粉含量变化

Fig. 2 The content of starch in stem leaves in different stages

2.2 不同处理对不同区位果枝叶可溶性糖、淀粉含量的影响

2.2.1 水分胁迫对下部内围果枝叶中可溶性糖、淀粉含量的影响。图 3 表明,干旱处理下 3 个品种下部内围果枝叶中可溶性糖含量均明显升高。正常灌水处理 3 个品种该区位果枝叶可溶性糖的含量在棉铃发育过程中变化均较为平稳,干旱处

理小铃品种可溶性糖含量波动较大。并且,无论是干旱还是对照处理,品种之间基部果枝叶的可溶性糖含量较为一致。图 4 表明,干旱处理各品种下部内围果枝叶中的淀粉含量明显下降,以中铃品种下降幅度最大(铃龄 20 d 时下降 22.9%)。此外,无论干旱或对照,小铃品种基部果枝叶在棉铃发育各时期的淀粉含量均最高。

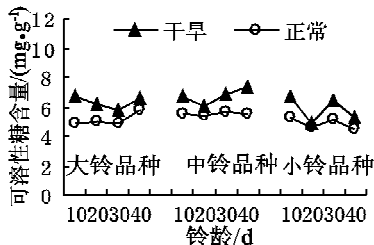


图 3 水分胁迫对下部内围果枝叶可溶性糖含量的影响

Fig. 3 Effect of water stress on the soluble sugar content in the bottom interior branch leaves

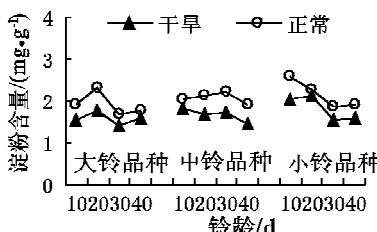


图 4 水分胁迫对下部内围果枝叶淀粉含量的影响

Fig. 4 Effect of water stress on the starch content in the bottom interior branch leaves

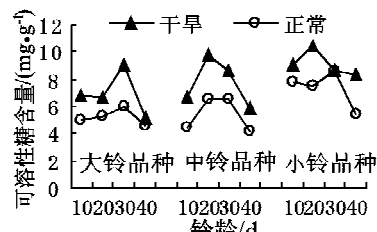


图 5 水分胁迫对中部内围果枝叶可溶性糖含量的影响

Fig. 5 Effect of water stress on the soluble sugar content in the middle interior branch leaves

2.2.2 水分胁迫对中部内围果枝叶可溶性糖、淀粉含量的影响。由图 5 可见,干旱处理中部内围果枝叶可溶性糖的含量除小铃品种 30 d 铃龄测定值外均比对照高,干旱和对照处理小铃品种的可溶性糖含量均高于其它品种,中部内围果枝叶可溶性糖含量在棉铃发育过程中的波动明显大于下部果枝,在铃龄 30 d 后均明显下降,说明叶片的生理状态与所在植株部位以及棉株的发育时期有关。图 6 结果显示,干旱条件下中部内围果枝叶中的淀粉含量除个别情况外均有不同程度的下降,以小铃品种在棉铃发育后期淀粉含量最低。此外,与下部果枝叶相比,中部果枝叶在棉铃发育各时期的淀粉含量呈明显降低趋势。

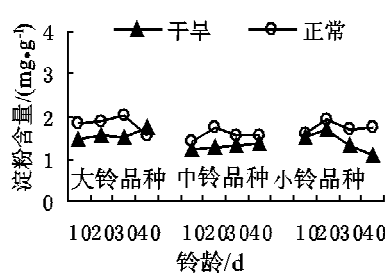


图 6 水分胁迫对中部内围果枝叶淀粉含量的影响

Fig. 6 Effect of water stress on the starch content in the middle interior branch leaves

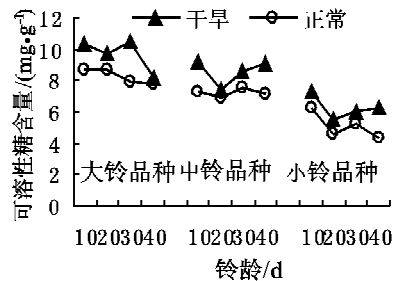


图 7 水分胁迫对上部内围果枝叶可溶性糖含量的影响

Fig. 7 Effect of water stress on the soluble sugar content in the top interior branch leaves

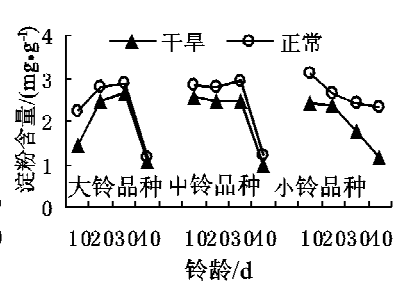


图 8 水分胁迫对上部内围果枝叶淀粉含量的影响

Fig. 8 Effect of water stress on the starch content in the top interior branch leaves

3 讨论

棉叶是棉花进行光合作用,制造有机养分的主要器官,供应内围棉铃发育的有机物质主要来源于同果节果枝叶和该果枝所属主茎叶^[9-12],因此,主茎叶和果枝叶的碳水化合物代谢能力对棉铃发育及产量与品质的形成具有显著影响。

本文对水分胁迫下 3 个不同铃重基因型品种的碳水化合物代谢特点的研究结果表明,水分胁迫下主茎叶和不同层次果枝叶中积累了较多的可溶性糖,这是棉花对干旱适应的一种渗透调节,通过增加细胞内的溶质浓度可使其在较低叶水势下仍保持较高的膨压,以减缓水分胁迫的不利影响^[13]。在一定干旱程度,一定生长时期,同一物种不同品种可溶性糖增加愈显著,则该品种适应干旱逆境的渗透调节能力愈强,其抗旱性与渗透调节能力呈正相关^[14]。干旱下不同品种间主茎叶中可溶性糖含量增加幅度依次为中铃品种、大铃品种、小铃品种,表明中铃品种新棉 33B 渗透

2.2.3 水分胁迫对上部内围果枝叶可溶性糖、淀粉含量的影响。图 7 表明,干旱处理 3 个品种上部内围果枝叶中的可溶性糖含量较对照都有所增加,铃龄 30 d 以前以大铃品种所含的可溶性糖最高,中铃品种次之,小铃品种最低,对照也表现了同样的品种差异趋势。干旱条件下 3 个品种上部内围果枝叶中的淀粉含量呈下降趋势,由图 8 可知,小铃品种较对照下降幅度较大(铃龄 40 d 时下降 50.8%)。无论干旱或对照处理,中铃品种与大铃品种在铃龄 30 d 后均下降迅速。小铃品种上部果枝叶在棉铃发育后期表现为淀粉含量高而可溶性糖含量偏低的特征。

调节能力最强,小铃品种册亨大棉花最差;主茎功能叶片淀粉的含量在前期累积多,干旱下淀粉累积量均低于对照。这是因为干旱下棉花的生理代谢减弱,光合产物转化受抑,导致叶片中可溶性糖累积量增加,光合产物以淀粉形式的累积量减少。

干旱对各基因型内围果枝叶碳水化合物代谢的影响,不同部位果枝间差异较大。本试验结果显示,随着果枝节位的上升,果枝叶可溶性糖含量在棉铃发育过程中的波动变大,同时水分处理以及基因型之间的差异增大,说明随着棉花的生育过程的进展,棉叶生理状态对环境条件和基因型的反应增强,导致其果枝位的差异增大。

在干旱胁迫下棉花生理过程变化协调性的一个重要方面是碳水化合物代谢,不同铃重基因型棉花及其不同部位果枝叶对水分胁迫反应特点不同,为棉花进行遗传改良,培育抗旱品种提供了重要理论依据。同时,在棉花栽培中因地制宜地选择耐旱品种有利于提高对干旱的适应能力,稳定水资源缺乏地区的棉花单产水平。

参考文献:

- [1] 王留明,王家宝,沈法富,等. 渍涝与干旱对不同转 Bt 基因抗虫棉的影响[J]. 棉花学报, 2001, 13(2): 87-90.
- [2] 南建福,刘恩科,王计平,等. 苗期干旱和施肥对棉花生长发育的影响[J]. 棉花学报, 2006, 17(6): 339-342.
- [3] PATTERSON D T, Highsmith M T. Competition of spurred anoda (*Anoda cristata*) and velvet leaf (*Abutilon theophrasti*) with cotton (*Gossypium hirsutum* L.) during simulated drought and recovery[J]. CAB Abstracts, 1990-1991.
- [4] HUSSEIN M M. Cotton growth and yield as affected by irrigation and nitrogen fertilizer [J]. CAB Abstracts, 1984-1985.
- [5] 俞希根,孙景生,刘祖贵,等. 亏缺灌溉对棉花生长发育和产量的影响[J]. 灌溉排水, 2000, 3: 33-37.
- [6] 吕金印,高俊风. 水分胁迫对小麦根质膜透性与质膜组分的影响[J]. 干旱地区研究, 1996, 14(1): 96-100.
- [7] KAGAWA T W, Joshua H H. Allocation and turnover of photo synthetically assimilated ^{14}C in leaves of *Glycine max* l. Clark [J]. *Plant Physiol*, 1985, 77: 266-274.
- [8] 卜 A 罗 宾. 棉花生理学[M]. 上海科技出版社, 1983: 35-43.
- [9] 邹 奇. 植物生理学[M]. 中国农业出版社, 2000: 58-59, 54-55.
- [10] ASHLEY D A. ^{14}C -labelled photosynthetic translocation and utilization in cotton plants [J]. *Crop Sci*, 1972, 12: 69-74.
- [11] BENEDILT C R, Kohel R J. Export of ^{14}C -assimilates in cotton leaves [J]. *Crop Sci*, 1975, 15: 367-372.
- [12] 金 聿, 陈布圣. 棉花栽培生理[M]. 农业出版社, 1987.
- [13] 张福锁. 环境胁迫与植物营养[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1993: 44-45.
- [14] 郭建军. 冬小麦灌浆期渗透调节能力的研究[J]. 西北农业学报. 1994, 3(4): 23-26. ●