

杨长琴, 刘瑞显, 张国伟, 等. 花铃期渍水对棉铃对位叶光合速率、物质累积及产量的影响[J]. 江苏农业学报, 2015, 31(4): 732-736.

doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2015.04.004

花铃期渍水对棉铃对位叶光合速率、物质累积及产量的影响

杨长琴¹, 刘瑞显¹, 张国伟¹, 帕尔哈提·买买提², 娄善伟², 王致春³

(1. 江苏省农业科学院经济作物研究所/农业部长江下游棉花与油菜重点实验室, 江苏 南京 210014; 2. 国家棉花工程技术研究中心, 新疆 乌鲁木齐 830000; 3. 天地成微生物技术(北京)有限公司, 北京 100083)

摘要: 以美棉 33B 为材料, 于棉花中部果枝开花时进行渍水 7 d 和 14 d 处理, 研究花铃期渍水对不同果枝部位棉铃对位叶净光合速率与干物质累积及产量的影响。结果显示, 渍水处理棉铃对位叶净光合速率随渍水持续期延长而降低, 降幅为中部果枝>上部果枝>下部果枝。渍水后棉花地上部干物质累积降低, 水分胁迫指数随果枝部位的上升而增加, 下部果枝的干物质分配系数增加, 根系、叶片分配系数降低而蕾铃分配系数增加。渍水后棉花产量在不同果枝部位的表现与物质分配结果一致。因此, 花铃期渍水降低了棉花净光合速率, 致使光合产物减少并改变其在不同果枝及器官间的分配, 是不同果枝部位产量降低的物质基础。

关键词: 棉花; 花铃期渍水; 净光合速率; 干物质累积与分配; 产量

中图分类号: S562.01 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2015)04-0732-05

Photosynthesis of subtending leaves of bolls, dry matter accumulation and cotton yield in response to waterlogging during flowering and boll-forming stage

YANG Chang-qin¹, LIU Rui-xian¹, ZHANG Guo-wei¹, MAMATI Parhat², LOU Shan-wei², WANG Zhi-chun³

(1. Institute of Industrial Crops, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Cotton and Rapeseed, Ministry of Agriculture, Nanjing 210014, China; 2. National Engineering Research Center for Cotton, Urumchi 830000, China; 3. Todosway Biological Technology Co., Ltd., Beijing 100083, China)

Abstract: A waterlogging experiment lasting for 7 d and 14 d was conducted on a cotton cultivar NuCOTN 33B with pool culture to evaluate the influence on photosynthesis, dry matter accumulation and yield during flowering and boll-forming stage. The results were as follows. The net photosynthetic rates of subtending leaves of bolls were reduced over the time of waterlogging and the reduction in medium fruit branches of cotton was much more than that in lower and upper fruit branches. The dry matter weight in aboveground part of cotton decreased under waterlogging stress and the stress index increased with the rise of fruit branch position and waterlogging duration. The dry matter distribution coefficient increased in lower fruit branch, and buds and bolls, but decreased in roots and leaves. The performance of lint yield were consistent with that of dry matter distribution. In summary, waterlogging reduced the accumulation of assimilates due to decreased photosynthesis and

altered its distribution among fruit branches and organs, which may contribute to the decrease in lint yield.

Key words: cotton (*Gossypium hirsutum* L.); flowering and boll-forming stage; waterlogging; net photosynthetic rate; dry matter accumulation and distribution; yield

收稿日期: 2015-01-05

基金项目: 江苏省农业三新工程项目[SXGC(2014)299]; 江苏省自主创新项目[CX(13)5010]

作者简介: 杨长琴(1972-), 女, 江苏仪征人, 博士, 副研究员, 主要从事棉花栽培生理研究。(Tel) 025-84390993; (E-mail) ychq2003@qq.com

棉花由于降水季节分配与其需水的阶段特点存在一定差异,花铃期土壤涝渍时有发生,严重影响棉花生长,致使产量和品质下降^[1-5]。光合作用是作物产量与品质形成的基础,且光合性能的下降是植物对渍水响应最早的生理过程之一^[6]。光合产物以干物质的形态在产品器官中累积形成产量,而作物产量的高低不仅决定于光合产物的数量,且决定于光合产物运转分配的效率^[7-8]。已有的研究关于渍水对作物光合产物分配的结果存在较大差异^[2,9-10],且以往渍水对作物生长影响的研究仅从主茎功能叶光合性能角度出发,对干物质累积和分配的影响仅着眼于不同器官水平^[2,9]。棉花植株高大疏散,棉铃分布于不同的果枝部位,有关花铃期渍水对不同果枝部位棉铃对位叶光合性能、物质累积、分配及产量与品质的影响未见报道。

本研究在池栽条件下,研究花铃期渍水对棉株不同部位果枝棉铃对位叶光合特性、物质累积和分配的影响,揭示花铃期渍水对棉株不同部位果枝产量形成的物质基础。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

试验分别于2007年和2009年在江苏省农业科学院防雨棚水泥池进行,供试土壤为黄棕壤土。0~20 cm土壤分别含有机质15.0 g/kg,全氮0.9 g/kg,碱解氮57.6 mg/kg,速效磷25.9 mg/kg,速效钾101.5 mg/kg。以美棉33B为材料。于6~8果枝开花时开始水分处理。2007年设对照和渍水14 d 2个处理,对照全生育期土壤相对含水量(土壤相对含水量=土壤含水量/田间持水量)保持在75%±5%;渍水14 d处理保持地面2~3 cm的水层并持续14 d,渍水结束后土壤相对含水量自然减少至75%±5%。2009年设3个处理:对照、渍水7 d和渍水14 d,处理方式同2007年。

两年分别于4月17日、4月25日播种,5月17日、5月22日移栽。密度分别为1 hm² 3.6×10⁴株和3.9×10⁴株,小区面积14.9 m²,4个重复。施纯氮225 kg/hm²、过磷酸钙750 kg/hm²、氯化钾225 kg/hm²,基肥和初花肥各占50%。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 净光合速率 试验于棉株第2~4果枝(下部)、第6~8果枝(中部)、第10~12果枝(上部)第

1、2果节开花时,挂牌标记当日花。2007年和2009年分别于水分处理后第2 d、10 d、20 d、30 d和第1 d、7 d、15 d、25 d、35 d用美国产LI-6400型光合仪在9:00-11:00测定标记棉铃的对位叶净光合速率(P_n)。仪器使用开放式气路,内置光源,光照度为1 500 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。每处理重复5次。

1.2.2 干物质累积与分配 吐絮期取棉株下部、中部和上部果枝,同一部位果枝取茎枝、叶片、蕾铃和根系烘干后测定干质量。每处理重复3次。水分胁迫指数=(对照干质量-渍水干质量)/对照干质量,分配系数=植株器官(果枝)干质量/植株总干质量。

1.2.3 产量 吐絮期选取生长一致的棉花10株,测定单株成铃数。采收下部、中部和上部果枝标记棉铃,测铃质量和衣分。

2 结果与分析

2.1 花铃期渍水对棉铃对位叶净光合速率的影响

2.1.1 净光合速率 图1显示,花铃期渍水降低棉铃对位叶净光合速率,不同部位果枝间降幅以中部和上部大于下部。此外,渍水对净光合速率的影响还存在滞后效应。2007年和2009年棉铃对位叶净光合速率分别在处理后30 d和35 d呈恢复性增加。渍水处理间相比,处理后35 d上部果枝棉铃对位叶净光合速率以渍水7 d处理较高,与其生长恢复有关;而下部和中部则以渍水14 d处理较高,与其上部生长受严重抑制有关,而下部和中部净光合速率较高是补偿效应。

2.2 花铃期渍水对棉花干物质累积和分配的影响

2.2.1 对干物质累积的影响 表1显示,渍水处理同一果枝不同器官及不同部位果枝干物质累积量均显著降低($P<0.05$)。渍水处理间相比,不同器官干物质累积量均以渍水7 d处理较高;不同部位果枝间,下部果枝干物质累积量以渍水14 d处理较高,而中部和上部则以渍水7 d处理较高。分析胁迫指数(表2)可知,地上部以叶片的水分胁迫指数最大,其次是蕾铃和茎枝;不同部位间随果枝部位的上升水分胁迫指数增加,植株生长受影响越大。渍水处理间相比,不同器官的胁迫指数随渍水持续期延长而增加;不同部位果枝间,下部的水分胁迫指数以渍水7 d处理较高,其他均以渍水14 d处理较高。

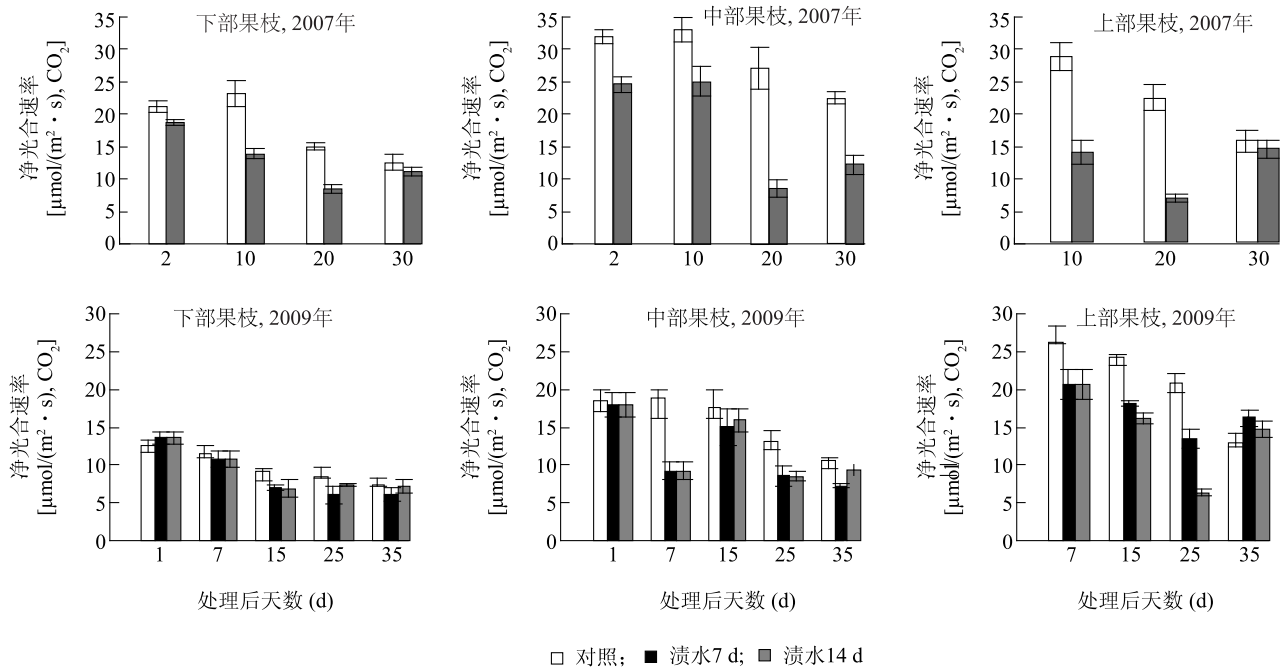


图 1 花铃期渍水对棉铃对位叶净光合速率的影响

Fig. 1 Effects of waterlogging on net photosynthetic rate of cotton subtending leaves of bolls at different fruiting branches during flowering and bolling stage

表 1 花铃期渍水对棉株干物质累积的影响

Table 1 Effects of waterlogging on dry matter weight of cotton plant during flowering and bolling stage

年份	处理	干质量 (g/m^2)						
		叶片	茎枝	蕾铃	根系	下部果枝	中部果枝	上部果枝
2007	对照	156.2a	149.4a	303.5a	52.2a	203.4a	217.4a	114.1a
	渍水 14 d	65.2b	89.6b	156.9b	25.2b	176.0b	115.5b	20.2b
2009	对照	177.4a	154.8a	302.2a	68.2a	196.1a	202.8a	134.5a
	渍水 7 d	71.0b	83.1b	182.5b	28.1b	114.6c	109.9b	72.1b
	渍水 14 d	46.4c	66.3c	134.2c	23.4b	134.1b	88.1c	24.6c

同列数字后不同小写字母表示同一年份差异达显著水平 ($P < 0.05$)。

表 2 花铃期渍水对棉株水分胁迫指数的影响

Table 2 Effects of waterlogging on the water stress indexes of cotton plant during flowering and bolling stage

年份	处理	水分胁迫指数						
		叶片	茎枝	蕾铃	根系	下部果枝	中部果枝	上部果枝
2007	渍水 14 d	0.58	0.40	0.48	0.52	0.13	0.47	0.82
2009	渍水 7 d	0.60	0.46	0.40	0.59	0.41	0.46	0.46
	渍水 14 d	0.74	0.57	0.56	0.66	0.32	0.57	0.82

2.2.2 对干物质分配的影响 从表 3 可见,渍水处理棉花叶片干物质分配系数显著降低 ($P < 0.05$),根系分配系数也呈降低的趋势,而蕾铃和茎枝分配系

数呈增加趋势。渍水 7 d 处理下部果枝的干物质分配系数显著增加 ($P < 0.05$),中部和上部没有显著变化;渍水 14 d 处理下部和中部果枝的干物质分配系

数增加而上部降低($P<0.05$)。渍水处理间相比,叶片分配系数以渍水7 d处理较高,而蕾铃和根系分配系数以渍水14 d处理较高;下部果枝分配系数以渍水14 d处理较高,而上部以渍水7 d处理较高。

2.3 花铃期渍水对棉花产量的影响

由表4可见,渍水显著降低了不同部位果枝皮棉产量($P<0.05$)。渍水7 d处理下部、中部和上部果枝皮棉产量分别下降29.4%、44.5%和44.4%(2009);渍水14 d处理分别下降41.3%、50.8%、77.7%(2007)和38.2%、41.0%、74.2%(2009)(表4)。渍水处理间相比,下部 and 上部果枝以渍水

7 d处理皮棉产量较高,而中部果枝皮棉产量没有差异。

对照下部、中部和上部果枝皮棉产量分别占整株的38.9%、30.0%、20.5%(2007)和40.2%、32.3%、17.5%(2009);渍水7 d处理的分别占整株的46.0%、30.6%和16.1%(2009);渍水14 d处理的分别占对照的51.4%、40.3%、8.3%(2007)和49.7%、41.5%、8.8%(2009)。表明,渍水7 d处理仅增加了下部果枝的蕾铃分配;渍水14 d处理增加了下部和中部果枝的蕾铃分配,但上部果枝的蕾铃分配比例大幅度降低。

表3 花铃期渍水对棉株干物质分配系数的影响

Table 3 Effects of waterlogging on dry matter distributive coefficient of cotton plant during flowering and bolling stage

年份	处理	干物质分配系数						
		叶片	茎枝	蕾铃	根系	下部果枝	中部果枝	上部果枝
2007	对照	0.24a	0.23b	0.46a	0.08a	0.31b	0.33a	0.17a
	渍水14 d	0.19b	0.26a	0.47a	0.07a	0.52a	0.34a	0.06b
2009	对照	0.25a	0.22a	0.43c	0.10a	0.28c	0.29b	0.19a
	渍水7 d	0.19b	0.23a	0.50b	0.08b	0.31b	0.30ab	0.20a
	渍水14 d	0.17b	0.23a	0.51a	0.09a	0.50a	0.33a	0.09b

同列数字后不同小写字母表示同一年份不同处理间差异达显著水平($P<0.05$)。

表4 花铃期渍水对不同果枝部位棉花产量的影响

Table 4 Effects of waterlogging on cotton yield at different fruiting branches during flowering and bolling stage

处理	皮棉产量 (g/m^2)							
	2007				2009			
	下部果枝	中部果枝	上部果枝	整株	下部果枝	中部果枝	上部果枝	整株
对照	52.1a	41.3a	17.9a	121.3a	45.7a	38.4a	19.8a	113.5a
渍水7 d	-	-	-	-	32.3b	21.3b	11.0b	70.2b
渍水14 d	30.6b	20.3b	4.0b	51.8b	28.3c	22.6b	5.1c	57.3c

-表示未设此处理。同列数字后不同小写字母表示差异达显著水平($P<0.05$)。

3 讨论

光合作用是作物进行物质生产的基础。本试验结果表明,随渍水持续期的延长不同部位果枝棉铃对位叶净光合速率降低且降幅以中部和上部大于下部。表明渍水对净光合速率的影响除了与渍水持续期有关外,还与渍水起始时果枝部位有关。

渍水降低光合速率必然影响物质分配。Meyer等^[10]认为渍水对棉花叶片生长的影响大于对根系生长的影响;郭文琦等^[9]研究结果表明花铃期渍水7 d处理的棉花叶片和茎枝的分配系数增大,根系

和蕾铃分配系数降低; Bang等^[2]研究发现,渍水并未改变光合产物在营养和生殖器官间的分配比例^[6]。本试验中渍水条件下根系与叶片分配系数降低、蕾铃分配系数增加,这与前述结果不一致,推测与渍水处理方式、渍水起始时植株生长状况差异有关。此外,在水分不足时,水分对营养生长的抑制程度大于对生殖生长的抑制^[11],短期干旱或干旱胁迫初期棉株中较多的同化物运送至库器官^[12-13],当一个主要库器官的生长受限时,光合产物优先分配给能够保持较强库力的器官^[14-15]。推测这也是渍水下叶片分配系数降低而蕾铃分配系数增加的原

因。不同部位果枝间,渍水初期促进了光合产物向棉花下部果枝的分配,随渍水持续期延长,对上部果枝生长抑制增强。产量结果与不同果枝部位物质分配结果一致,渍水7 d处理增加了下部果枝蕾铃分配,随渍水持续期延长上部生长抑制加重,增加了下部和中部蕾铃分配。因此,花铃期渍水后棉花净光合速率降低并改变光合产物在器官及果枝间的分配是不同部位果枝产量降低的物质基础。

此外,根系是植株遭受渍害最早、最直接也是最严重的器官,本试验中渍水后根系分配系数随渍水持续期延长而降低。渍水后根部储藏物质是恢复生长阶段根和叶重新生长的重要物质来源^[16]。因此,渍水条件下,排水降渍促进根系恢复生长以及通过栽培措施促进地上部营养生长的恢复是减少产量损失的关键。

参考文献:

- [1] 马富裕,李蒙春,杨建荣,等. 花铃期不同时段水分亏缺对棉花群体光合速率及水分利用效率影响的研究[J]. 中国农业科学,2002,35(12):1467-1477.
- [2] BANGE M P, MILROY S P, THONGBAI P. Growth and yield of cotton in response to waterlogging[J]. Field Crops Research, 2004, 88:129-142.
- [3] 吴巧娟,刘剑光,赵君,等. 棉花耐盐碱性状的QTL定位[J]. 江苏农业学报,2014,30(5):966-971.
- [4] 杨富强,杨长琴,刘瑞显,等. 不同生育期渍水对棉花恢复生长及产量的影响[J]. 江苏农业科学,2014,42(12):108-110.
- [5] 池文泽,周斌,盛玮,等. 保水剂在棉花生产上的应用[J]. 江苏农业科学,2013,41(5):73-75.
- [6] SAHAY R K. Photosynthetic and stomatal responses of cotton to drought stress and waterlogging[J]. Agricultural Science, 1989, 9:198-200.
- [7] PETTIGRE W. Cotton photosynthesis and carbon metabolism[J]. Advances in Agronomy, 2007, 94: 209-236.
- [8] 罗宏海,李俊华,勾玲,等. 膜下滴灌对不同土壤水分棉花花铃期光合生产、分配及籽棉产量的调节[J]. 中国农业科学,2008,41(7):1955-1962.
- [9] 郭文琦,张思平,陈兵林. 水分和氮肥运筹对棉花花后生物量和养分累积及氮素利用率的影响[J]. 西北植物学报,2008,28(11):2270-2277.
- [10] MEYER W S, REICOSKY D C, BARRS H D, et al. Physiological responses of cotton to a single waterlogging at high and low N-levels[J]. Plant Soil, 1987, 102: 161-170.
- [11] 董建康,邓西民,曾骧. 缺水条件下苹果幼树叶片¹⁴C-同化产物的输出和分配[J]. 核农学报,1994,8(2):92-96.
- [12] 罗宏海,张亚黎,张旺锋,等. 新疆滴灌棉花花铃期干旱复水对叶片光合特性及产量的影响[J]. 作物学报,2008,34(1):171-174.
- [13] WANG C Y, ISODA A, LI M S, et al. Growth and eco-physiological performance of cotton under water stress conditions[J]. Agricultural Sciences in China, 2007, 6(8): 949-955.
- [14] 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.
- [15] 任新茂,李存东,孙红春,等. 水分胁迫对棉花光合产物在下部“铃-叶系统”中运转分配的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2008,14(6):1149-1153.
- [16] 施美芬,曾波,申建红,等. 植物水淹适应与碳水化合物的相关性[J]. 植物生态学报,2010,34(7):855-866.

(责任编辑:孙宁)