

土壤供钾不足对棉花光合及物质积累的影响

董海荣,刘静普,李金才,李存东*

(河北农业大学棉花研究所,河北保定 071001)

摘要:以抗虫棉 33B 为试验材料,通过去除地表 20 cm 耕层营造土壤缺 K 的方法,探讨了钾营养胁迫对棉花植株光合性能及物质积累的影响。钾营养胁迫对棉花植株叶面积指数、主茎功能叶片有效光合速率、棉花中后期生育进程中主茎叶片叶绿素积累以及棉株干物质积累均有明显的抑制作用,其中随着生育进程的推进,钾胁迫对于叶面积指数和棉株干物质积累的抑制作用趋于明显。以最大拟合优度为标准,利用 EXCEL 对观测点数据进行拟合得到的趋势线方程显示,钾胁迫没有改变叶面积指数、主茎功能叶光合速率和棉株干物质积累的动态规律,但是却一定程度上改变了主茎功能叶片叶绿素积累的动态规律。

关键词:钾胁迫;棉花;光合特性;物质积累

中图分类号:S562.062 **文献标识码:**A

文章编号:1002-7807(2010)02-0145-05

Effects of Potassium Shortage in Soil on Photosynthesis Characteristics and Materials Accumulation of Cotton

DONG Hai-rong, LIU Jing-pu, LI Jin-cai, LI Cun-dong*

(Cultivation Physiology Laboratory, Cotton Research Institute of Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei 071001, China)

Abstract: This research is conducted by the methods of wiping off 20 cm soil of tith. It explored the effects of potassium nutrition stress on photosynthesis characteristics and materials accumulation of Bt cotton 33B. The results are as following: potassium stress can significantly inhibit leaf area index (LAI), the effective Pn of the functional leaves of main stem, the accumulation of chlorophyll in the functional leaves during the mid- and late-stage, and the dry materials of whole plant. With the development of cotton, the inhibition of potassium stress becomes more obvious. With the greatest fitting goodness as the standard, the trend equations from fitting the curve to data points by EXCEL indicate that potassium stress hardly changes the dynamics of leaf area index(LAI), the effective Pn of the functional leaves of main stem and the dry materials of whole plant, however, to some extent, change the dynamics of the accumulation of chlorophyll in the functional leaves.

Key words: potassium stress; cotton; photosynthesis characteristics; materials accumulation

近年来,早衰已经成为我国棉花生产中一种普遍存在的现象,更为重要的是它已经成为威胁棉花产量提高的一个重要因素。导致棉花早衰的因素可能涉及到诸如铃重负担过大、气候、品种、营养元素的缺乏等等。国内现有的学术期刊上有关这方面的研究几乎涉及到了各个方面,然而总体看来大多数是基于生产实际中一些实际情况的推断。国内关于棉花早衰的生长发育机理方面

的研究更多集中在氮营养对棉花早衰的影响研究^[1-2]。然而,有研究认为各种原因所导致的棉花早衰可能都与钾营养的供给、运输和分配有着密切的关系^[1]。棉花光合性能和干物质积累及其变化动态一定程度上表征着棉花衰老进程的快慢。既有文献关于钾营养对棉花光合特性和干物质积累的影响研究更多地集中在苗期的水培和土培盆栽试验阶段^[3],或者是关于不同钾敏感型棉

收稿日期:2009-11-09

作者简介:董海荣(1971-),女,博士,副教授,donghairong321@126.com; * 通讯作者,

nxylcd@mail.hebau.edu.cn

基金项目:国家自然科学基金(30370833)、河北省自然科学基金(C2006000436,303179)、教育部高等学校博士点基金(20050086003)、农业部公益性行业(农业)科研专项(nyhyzx07-005)

花基因型差异的分析^[45],还很少从大田实际种植条件下进行全生育进程的跟踪研究。基于这一点,本研究通过去除地表 20 cm 耕层土壤,营造土壤缺素环境的方法,以抗虫棉 33B 为试验材料,探讨了钾营养胁迫和既有土壤生存条件下棉花植株光合性能及物质积累的动态变化规律,以期从钾营养管理的角度为当前棉花早衰现象的调控提供理论依据和实践支持。

1 材料和方法

1.1 试验材料和设计

试验于 2007 年在河北农业大学教学实验站进行。供试棉花品种为抗虫棉 33B。试验通过去

除 20 cm 耕层土壤来创造缺素环境,试验小区之间通过设置 50 cm 深度的塑料膜隔断层防止肥料的侧渗。试验地基础肥力情况如表 1 所示。

试验采取随机区组设计,缺钾和对照 2 个处理,3 次重复,共计 6 个小区,小区面积 30 m²。大小行种植,行距 80 cm、60 cm,株距 25 cm,种植密度为 5.33 万株·hm⁻²。对照为没有去除耕层的土壤环境。去除耕层所导致的钾素以外的其它营养元素靠施肥加以补充(土壤施肥状况如表 2 所示)。微量元素叶面喷肥分蕾期、初花期和盛花期 3 次进行。其中,硫酸锰和硫酸亚铁肥料配比为 0.4%,钼酸铵为 0.1%,其它均为 0.2%。田间管理同常规棉田。

表 1 试验地基础肥力情况

Table 1 The basic soil nutrients of experimental field

处理	有机质 /%	全 N/%	速效 P/(mg·kg ⁻¹)	速效 K/(mg·kg ⁻¹)	碱解 N/(mg·kg ⁻¹)
无耕层土壤	1.029	0.104	9.95	62.95	42.30
有耕层土壤(对照)	1.213	0.128	20.46	102.34	55.30

表 2 棉田施肥状况

Table 2 Fertilization of cotton field

处理	硫酸锰	硫酸锌	硼砂	硫酸铜	硫酸亚铁	硫酸镁	钼酸铵	尿素	过磷酸钙	氯化钾
缺钾	15	7.5	7.5	7.5	15	7.5	3.75	450	600	-
对照	-	-	-	-	-	-	-	300	450	225

1.2 样本提取和指标测定

1.2.1 叶面积指数测定。采用美国产 SUNSCAN 冠层仪测定。

1.2.2 光合速率测定。选取棉花主茎功能叶片(倒 4 叶),打顶后依次取倒 3 叶、倒 2 叶和倒 1 叶,采用英国 ADC 公司生产的 LCI 便携式光合仪在晴天的上午 9:00-11:00 时进行光合速率测定。

1.2.3 叶绿素含量测定。采用改进的赵世杰的方法^[6]。称量 0.1 g 叶片鲜样放入试管中,加入 10 mL 95% 的酒精,遮光放置 48 h,其间不时震荡,使叶片完全失绿,在 665 nm、649 nm、470 nm 波段下比色测定。根据公式计算叶片中叶绿素总含量。

1.2.4 干物质积累的测定。从现蕾期开始,每 15 d 每个小区取代表性植株 2 株按器官分解,主要包括主茎、主茎叶片、主茎叶柄、果枝、果枝叶片、果枝叶柄、蕾、花及幼铃、成铃、根等器官,在 105℃ 条件下杀青 30 min,然后在 80℃ 条件下烘

干至恒重,去纸袋称重,得到各器官干重,各器官干重之和即为总干物重。

2 结果与分析

2.1 钾胁迫对棉花叶面积指数变化动态的影响

图 1 显示,随着发育进程的发展,钾胁迫对棉花叶面积指数的影响表现为增加的趋势,即随着棉花发育进程的发展,钾胁迫不利于棉花绿叶面积扩展和维持的强度加强,这可能也是钾胁迫会导致棉花早衰的直接原因之一。然而,以最大拟合优度为标准,利用 EXCEL 对观测点数据进行拟合得到趋势线方程,对照条件下为 $y = -0.2907x^2 + 2.481x - 1.506$, $r^2 = 0.9539$;钾胁迫条件下为 $y = -0.3089x^2 + 2.4436x - 1.584$, $r^2 = 0.9568$ 。可以看出,钾胁迫并没有改变拟合方程多项式的项数,亦即基本上没有改变棉花生育进程中叶面积指数变化的动态模式。

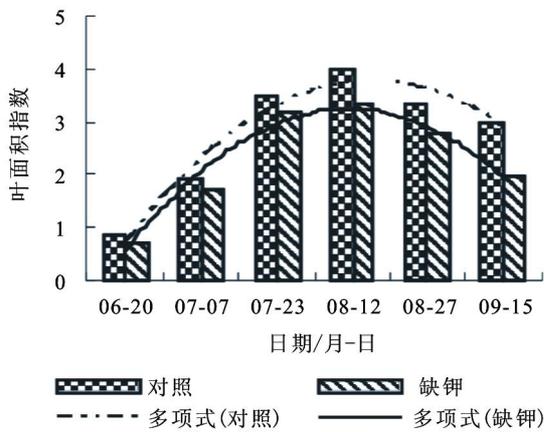


图1 钾胁迫对棉花叶面积指数变化的影响

Fig.1 Effects of potassium stress on leaf area index (LAI) of cotton

2.2 钾胁迫对棉花主茎功能叶片叶绿素积累的影响

图2显示,钾营养胁迫在棉花生长发育的中后期对棉花功能叶片中叶绿素积累具有不同程度的抑制作用。以最大拟合优度为标准,利用EXCEL对观测点数据进行拟合得到趋势线方程:缺钾条件下为 $y = -0.0078x^6 + 0.1965x^5 - 1.9766x^4 + 10.007x^3 - 26.386x^2 + 33.087x - 12.39$, $r^2 = 1$;对照条件下 $y = -0.0307x^4 + 0.5604x^3 - 3.0125x^2 + 1.5965x + 19.143$, $r^2 = 0.9796$ 。由此可见,钾营养胁迫改变了棉花生长发育进程中主茎功能叶片叶绿素积累的动态变化规律,亦即钾营养胁迫有可能改变了棉花生育进程中不同阶段的光合能力和光合强度。

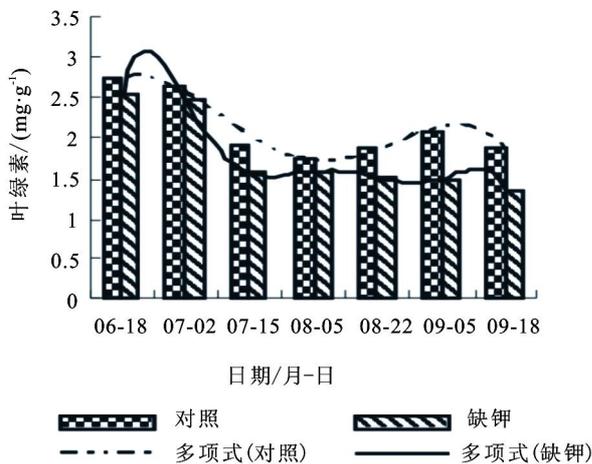


图2 钾胁迫对棉花主茎功能叶片叶绿素含量的影响

Fig.2 Effects of potassium stress on chlorophyll content of main stem leaves of cotton

2.3 钾胁迫对棉花主茎功能叶片有效光合速率变化动态的影响

图3显示,钾营养缺乏一定程度上降低了棉花功能叶片有效光合速率。以最大拟合优度为标准,利用EXCEL对观测点数据进行拟合得到的棉花主茎叶片有效光合速率变化动态的拟合方程:缺钾条件下为 $y = -0.1708x^4 + 2.7454x^3 - 15.993x^2 + 35.748x - 1.8333$, $r^2 = 1$;对照条件下 $y = -0.2021x^4 + 3.3597x^3 - 19.994x^2 + 45.93x - 8.65$, $r^2 = 0.9953$ 。可以看出,钾素营养缺乏并没有改变棉花主茎叶片有效光合速率变化动态模拟方程的项数,意味着其没有改变棉花生长发育进程有效光合速率变化的动态。

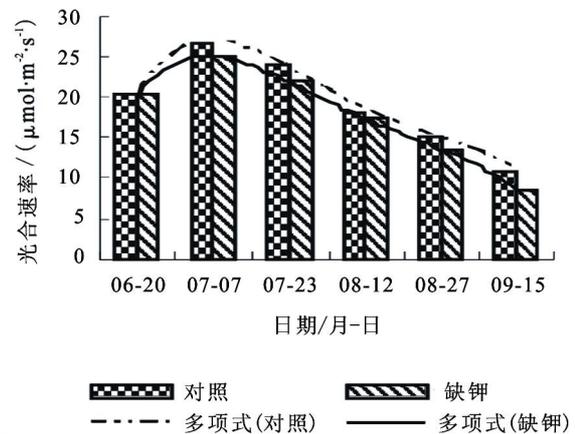


图3 钾胁迫对棉花主茎功能叶片光合速率的影响

Fig.3 Effects of potassium stress on Pn of main stem functional leaves of cotton

2.4 钾胁迫对棉花干物质积累的影响

图4显示,钾营养胁迫抑制了棉花干物质的积累,尤其是随着生育进程的发展,这种抑制作用愈加明显。以最大拟合优度为标准,利用EXCEL对观测点数据进行拟合得到棉花干物质积累动态变化的趋势方程:缺钾条件下 $y = 0.1027x^4 - 2.323x^3 + 15.013x^2 - 2.8047x + 0.5286$, $r^2 = 0.9972$;对照条件下 $y = 0.6159x^4 - 10.743x^3 + 60.517x^2 - 86.224x + 48.157$, $r^2 = 0.9986$ 。由此可见,钾营养胁迫没有改变拟合方程多项式的项数,亦即没有改变棉花干物质积累的动态变化规律。

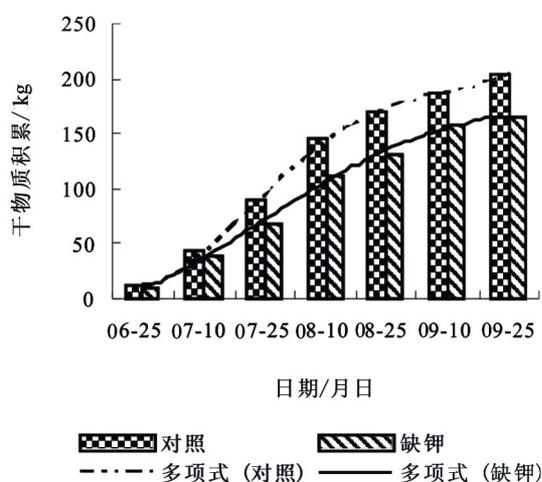


图4 钾胁迫对棉花干物质积累的影响

Fig.4 Effects of potassium stress on dry materials accumulation of cotton

3 结论和讨论

钾可以提高棉花叶片光合速率^[7-8],促进叶绿素合成和积累^[9-10],影响棉花单株叶面积扩展^[10]等,对棉花生长发育起到一定的促进作用。而缺钾会导致棉花发育的异常,突出表现为叶面积系数、光合速率和干物质生产的降低,加速棉花的早衰^[11]。本研究利用去除耕层和增施其它营养物质的手段,以创造缺钾环境的方法从另外一个角度验证了上述部分结论。诸如低钾营养胁迫会导致棉花植株叶面积指数、主茎功能叶片有效光合速率、棉花中后期生育进程中主茎叶片叶绿素积累以及棉株干物质积累的下降。然而,以最大拟合优度为标准,利用EXCEL对观测点数据进行拟合得到的趋势线方程显示,低钾胁迫没有改变棉花生育进程中植株叶面积指数、主茎功能叶片有效光合速率和棉株干物质积累的动态规律,但却一定程度上改变了主茎功能叶片叶绿素积累的动态规律。

利用拟合曲线方程来定量地对棉花光合特性和物质积累动态规律拟合的研究尚不多见,本研究通过这一途径在重新证实了既有研究在相关方面的研究结论的同时,对部分结论进行了进一步深入。然而,值得一提的是,研究方法方面的差异和局限性也可能会给研究结论带来一定的偏差。本研究去除耕层土壤、创造缺素环境的方法虽然一定程度上有效地模拟了土壤缺钾的环

境,但却造成了棉花生长的土壤理化性状的改变,如土壤密度大、通气性下降、微生物活动下降等。这些都可能会通过影响棉花形态和生理发育而限制试验小区棉花叶面积的扩展,使试验小区棉花叶面积系数、光合速率以及物质积累的度量值偏小。同时,对各指标动态规律的变化影响也很难预测。比如韩秋成等^[12]认为,不同的耕作方式造成了不同的土壤理化性状。在免耕条件下(与翻耕和旋耕相比,免耕棉田土壤相对紧实、透气性不好),棉花上、下部叶片叶绿素积累受影响不大,而中部叶片受影响较大,后期叶绿素含量下降快。所以,这些问题尚需在今后的研究中进一步确认和证实。

参考文献:

- [1] 刘连涛,李存东,孙红春,等. 氮素营养水平对棉花衰老的影响及其生理机制[J]. 中国农业科学, 2009, 42(5): 1575-1581.
LIU Lian-tao, Li Cun-dong, Sun Hong-chun, et al. Effects of nitrogen on cotton senescence and the corresponding physiological mechanisms[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2009, 42(5): 1575-1581.
- [2] 刘连涛,李存东,孙红春,等. 氮素营养水平对棉花不同部位叶片衰老的生理效应[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(5): 910-914.
LIU Lian-tao, Li Cun-dong, Sun Hong-chun, et al. Physiological effects of nitrogen nutrition on the senescence of cotton leaves at different positions[J]. Plant Nutrition and Fertilizer, 2007, 13(5): 910-914.
- [3] 宋美珍,杨惠元,蒋国柱. 黄淮海棉区钾肥效应研究[J]. 棉花学报, 1993, 5(1): 73-78.
SONG Mei-zhen, Yang Hui-yuan, Jiang Guo-zhu. Studies on the effect of potassium fertilizer in the Huanghuaihai cotton growing district of China[J]. Cotton Science, 1993, 5(1): 73-78.
- [4] 姜存仓,高祥照,王运华,等. 不同钾效率棉花基因型对低钾胁迫的反应[J]. 棉花学报, 2006, 18(2): 109-114.
JIANG Cun-cang, Gao Xiang-zhao, Wang Yun-hua, et al. Response of difference potassium efficiency cotton genotypes to potassium deficiency[J]. Cotton Science, 2006, 18(2): 109-114.
- [5] 姜存仓,王运华,鲁剑巍,等. 不同棉花品种苗期钾效率差异的初步探讨[J]. 棉花学报, 2004, 16(3): 162-165.
JIANG Cun-cang, Wang Yun-hua, Lu Jian-wei, et al. Potassium efficiency of different cotton varieties at seedling stage[J]. Cotton Science, 2004, 16(3): 162-165.
- [6] PHILIP W. Research into early senescence syndrome in cotton[J].

- Better Crops International, 1998, 12(2):14-16.
- [7] 李伶俐, 房卫平, 马宗斌, 等. 氮钾配合施用对短季棉光合特性和产量品质的影响[J]. 棉花学报, 2008, 20(5): 379-384.
- LI Ling-li, Fang Wei-ping, Ma Zong-bin, et al. Effects of N and K on photosynthetic characteristics and yield & fiber quality of short-season cotton[J]. Cotton Science, 2008, 20(5): 379-384.
- [8] 宋美珍, 毛树春, 邢金松, 等. 钾素对棉花光合产物的积累及产量形成的影响[J]. 棉花学报, 1994, 6(增刊): 52-57.
- SONG Mei-zhen, Mao Shu-chun, Xing Jin-song, et al. Effects of potassium on photosynthetic matter accumulation and yield of CCRI 12 and CCRI 17[J]. Cotton Science, 1994, 6(Suppl): 52-57.
- [9] 雷荣荣, 陈波浪, 盛建东, 等. 钾营养对棉花生长发育与生理特性的影响[J]. 新疆农业大学学报, 2008, 31(3): 69-72.
- LEI Rong-rong, Chen Bo-lang, Sheng Jian-dong, et al. Effect of potassium on growth and development and physiological characteristics of cotton[J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2008, 31(3):69-72.
- [10] 郭英, 孙学振, 宋宪亮, 等. 钾营养对棉花苗期生长和叶片生理特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(3): 363-368.
- GUO Ying, Sun Xue-zhen, Song Xian-liang, et al. Effects of potassium nutrition on growth and leaf physiological characteristics at seedling stage of cotton[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2006, 12(3): 363-368.
- [11] 董合忠, 唐薇, 李振怀, 等. 棉花缺钾引起的形态和生理异常[J]. 西北植物学报, 2005, 25(3): 615-624.
- DONG He-zhong, Tang Wei, Li Zhen-huai, et al. Morphological and physiological disorders of cotton resulting from potassium deficiency[J]. Acta botanica Botanica Boreali-occidentalia Sinica, 2005, 25(3): 615-624.
- [12] 韩秋成, 张月辰, 李存东, 等. 耕作方式对棉花不同部位果枝叶衰老生理特性的影响[J]. 棉花学报, 2008, 20(1): 29-33.
- HAN Qiu-cheng, Zhang Yue-chen, Li Cun-dong, et al. Effects of different tillage treatments on the senescence physiological characteristics of the fruit branch leaves in the different positions of cotton plant[J]. Cotton Science, 2008, 20(1): 29-33.

