

棉花钾素营养与土壤钾素供应水平*

孙 羲 饶立华 秦遂初 章永松 应启肇 唐才贤 覃莲祥

(浙江农业大学)

摘 要

大田试验和田间调查分别在杭州浙江农业大学实验农场黄松土(Semihydromorphic soil)和金华盆地红壤上进行。品种分别为钱江9号和协作2号,这两处土壤有效钾含量均较低,棉花(*Gossypium hirsutum* L.)生长不良,普遍早衰。根据土壤中交换性钾的含量与棉花生长情况,一般可分为四类:土壤交换性钾 >90 ppm,棉花生长正常,70—90 ppm,潜在缺钾; <70 ppm,明显缺钾; <50 ppm,严重缺钾。棉花叶片含钾量与土壤交换性钾含量呈正相关, $r = 0.928$,显著性超过1%水准。

大田试验表明,施用钾肥能提高棉花叶片含钾量,增加叶面积和叶绿素含量以及 CO_2 的同化率;钾还能促进叶片中细胞色素氧化酶和硝酸还原酶的活性,提高气孔导度,降低水分的蒸腾速率。缺钾叶片结构松弛,角质层发育不良;正常叶片结构紧密,角质层发育良好。叶片含钾量无论在苗期、初花期、盛花期、花铃期,均与皮棉产量呈正相关,达到显著水准。

钾是棉花生长发育不可缺少的营养元素。棉花需钾(K_2O)量常比氮、磷(P_2O_5)高,如只靠土壤的自然含钾量,往往不能满足棉花高产的要求。合理施用钾肥,对提高棉花产量和品质均有良好的效果。钾在植物体内多分布在代谢较旺盛的组织中。土壤含钾量不足,引起棉花生长不良,常发生早衰。本文主要研究土壤中有效钾含量与棉花缺钾的症状以及钾对棉花的营养作用和对产量、品质的影响。

一、材料与方 法

试验分别在杭州浙江农业大学农场黄松土和金华盆地红壤上进行,土壤肥力状况见表1。大田试验于1982年采用随机排列,分5个处理,4次重复;于1986年仍在校农场黄松土以拉丁方排列,改为4个处理。氮肥用硫酸,磷肥用过磷酸钙,钾肥用氯化钾。基肥每亩用氮2公斤,磷3公斤,钾分不施和不同等级用量。另2公斤氮作追肥施用。棉花品种各年间均选用钱江9号。在金华地区,着重研究土壤交换性钾与棉花生长的关系。品种为协作2号。

叶片测定选用第4、第5位叶。全钾量用火焰光度法测定^[1],土壤交换性钾用1 mol NH_4Ac 提取;叶绿素含量用Arnon法^[2]; CO_2 同化率、气孔导度和叶片蒸腾速率用L1-6000便携式光合作用测定系统;细胞色素氧化酶用氧电极法^[3,4];硝酸还原酶用NADH还原法^[5]。粗脂肪用脱脂残余法;各种脂肪酸的组成用岛津E-R3A气相色谱仪分析,提取剂为苯:石油醚=1:1^[6]。

* 参加工作的还有林荣新、蒋式洪同志,一并致谢。

本文于1986年在南京国际旱地土壤管理与施肥学术会议上交流,并曾在会上宣读。

表 1 试验田土壤肥力

Table 1 Soil fertility of the experiment field

深度 Depth (cm)	土壤质地 Soil texture	pH	有机质 (%) Org. matter	全氮 (%) Total N	水解氮 (mg/100g) Hydroly- zable N	全磷 (%) Total P	硫酸-高氯酸 溶性钾 (%) H ₂ SO ₄ -HClO ₄ soluble K	有效钾 (ppm) Available K
0—20	粉砂质 壤土	6.6	1.24	0.11	8.1	0.13	0.52	50
20—50	粉砂质 壤土	6.9	0.76	0.09	5.3	0.10	0.52	34

二、结果与讨论

(一) 棉花叶片全钾量与皮棉产量

棉花生长在缺钾土壤上表现生长不良。初期叶片转为暗绿色,边缘黄到棕色,出现棕褐色斑点和斑块,叶片提早脱落,植株早衰,影响棉铃成长,所以产量很低。

在缺钾土壤施用钾肥,棉花生长正常。在第4、第5叶片上含钾量无论在蕾期,初花期、盛花期及花铃期均与皮棉产量呈正相关,经统计分析,均达到显著水准(表2、3)。

表 2 棉花叶片含钾量与皮棉产量的关系

Table 2 Potassium content in leaf in relation to lint yield of cotton plant (1982)

处 理 Treatment	叶片含钾量 (% DW.) Total K in leaf			皮棉产量 (kg/mu) Lint yield
	蕾 期 Square stage	初花期 Beginning of flowering stage	盛花期 Peak of flowering stage	
K ₀	0.75	0.51	0.54	32.7
K ₁	0.93	0.97	0.71	63.9
K ₂	1.30	0.97	1.02	76.3
K ₃	1.38	1.10	1.27	84.5
K ₄	1.40	1.22	1.52	92.0

注: K₀ 不施肥, K₁ 2.5 公斤/亩, K₂ 5.0 公斤/亩, K₃ 7.5 公斤/亩, K₄ 10 公斤/亩。(下同)

表 3 棉花叶片含钾量与皮棉产量间的相关系数和回归方程

Table 3 The correlation coefficient and regression equation between K content in leaf and lint yield of cotton plant (1982)

土壤类型 Soil type	生育期 Growth stage	回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient
黄松土 (品种: 钱江9号)	蕾 期	$\hat{y} = 63.16 + 165.301gx$	0.9342* (n = 5)
	初花期	$\hat{y} = 76.32 + 133.2731gx$	0.9501** (n = 5)
	盛花期	$\hat{y} = 75.63 + 120.5601gx$	0.9790** (n = 5)
红 壤 (品种: 协作2号)	花铃期	$\hat{y} = 49.43 + 70.9701gx$	0.875** (n = 21)

注: \hat{y} = 皮棉产量 (kg/亩), x = 棉花叶片含钾量 (% 干重)。

(二) 土壤有效钾含量与棉花生长的关系

于金华盆地取 105 个土壤样本, 将各种土壤交换性钾的含量对照棉花(协作 2 号)缺钾的生长症状, 初步划为四级^[7]: 土壤交换性钾 > 90 ppm 为正常; 70—90 ppm 为潜在缺钾; < 70 ppm 缺钾; < 50 ppm 严重缺钾。

此外, 采集了 49 个叶样本, 测定含钾量, 并进行统计分析。结果表明, 棉株叶片含钾量(%)与土壤交换性钾(ppm)之间成正相关, $r = 0.928$, 其回归方程为: $y = 0.1009 + 0.00467x^{[7]}$ 。

(三) 钾对于棉花的营养作用

试验是在校农场黄松土上进行的。结果表明(表 4、5), 钾能增加棉花的叶面积和叶绿素含量, 还能提高气孔导度, 有利于吸收 CO_2 , 提高叶片 CO_2 的同化率。 K^+ 离子本身是渗透性阳离子, 有渗透调节功能。在日光下, 保卫细胞内 K^+ 增多, 使其水势降低, 引起保卫细胞吸水, 膨压增大, 促进气孔张开, 有利于 CO_2 吸收同化^[7], 反之如 K^+ 外溢, 则气孔关闭^[9]。钾还能促进细胞色素氧化酶的活性, 有利于棉株进行正常呼吸。试验还指出, 钾能减少叶片的蒸腾速率, 有利于经济用水, 对于抗旱起了一定的作用。

表 4 叶片含钾量对于棉花叶片叶绿素含量和 CO_2 同化率的影响(盛花期, 1986)

Table 4 Effect of plant K status on chlorophyll content and CO_2 assimilation rate in cotton leaf at peak flowering stage

处理 Treatment	叶片全钾量 (%, DW.) Total K in leaf	叶面积 ($cm^2/leaf$) Leaf area	叶绿素含量 Chlorophyll ($mg/g.FW.$)			CO_2 同化率 ($mg CO_2/dm^2 \cdot h.$) CO_2 assimilation rate
			a	b	Total	
K_0	0.71	168	1.26	0.35	1.61	20.4
K_1	1.27	234	1.46	0.42	1.88	25.1
K_2	1.56	235	1.45	0.43	1.88	25.8
K_3	2.16	240	1.63	0.48	2.11	26.1

表 5 钾对于棉花气孔导度蒸腾作用, 细胞色素氧化酶和硝酸还原酶活性的影响(盛花期, 1986)

Table 5 Effect of K on stomatal conductance, cytochrome oxidase, nitrate reductase and transpiration rate in cotton leaf at peak flowering stage (1986)

处理 Treatment	气孔导度 ($cm/sec.$) Stomatal conductance	蒸腾速率 ($mg H_2O/m^2 \cdot sec.$) Transpiration rate	细胞色素氧化酶 ($O_2 \mu mol/mg$ Protein $\cdot h.$) Cytochrome oxidase	硝酸还原酶 ($mg NO_3-N/g \cdot h.$) Nitrate reductase
K_0	0.262	14.2	0.26	17.5
K_1	0.485	9.8	0.31	21.3
K_2	0.763	10.8	0.34	24.6
K_3	0.847	10.0	0.36	24.7

(四) 钾对于棉花叶片微结构的影响

图版 I 照片 1 中电子显微镜的照片表明, 棉花缺钾和富钾叶片的微结构有很大差别。

表 6 钾对于棉花产量组成各部分的影响 (1982)

Table 6 Effect of K on yield components of cotton plant (1982)

处 理 Treatment	皮棉产量 (kg/mu) Lint yield	Duncon's 检定 Duncon's test		籽棉产量 (g/boll) Seed cotton	Duncon's 检定 Duncon's test		棉株的铃数 No. of bolls per plant	Duncon's 检定 Duncon's test	
		5%	1%		5%	1%		5%	1%
K ₀	39.3	a	A	4.5	a	A	8.5	a	A
K ₁	63.9	b	B	5.6	b	B	10.8	ab	A
K ₂	76.3	c	BC	5.8	bc	B	12.1	b	A
K ₃	84.3	cd	C	6.2	bc	B	12.1	b	A
K ₄	92.0	d	C	6.4	c	B	11.7	b	A

表 7 钾对于棉花产量及品质的影响 (1986)

Table 7 Effect of K on the yield and quality of cotton (1986)

处 理 Treatment	皮棉产量 (kg/mu) Lint yield	Duncon's 检定 Duncon's test		优质花百分率 (%) Best quality cotton	纤维长度 (mm) Fibre length
		5%	1%		
K ₀	33.3	a	A	83.4	26.3
K ₁	43.8	b	B	85.2	26.9
K ₂	46.7	bc	B	84.5	29.2
K ₃	51.8	c	B	87.5	28.8

表 8 钾对于棉籽仁中粗脂肪及各种脂肪酸组成的影响

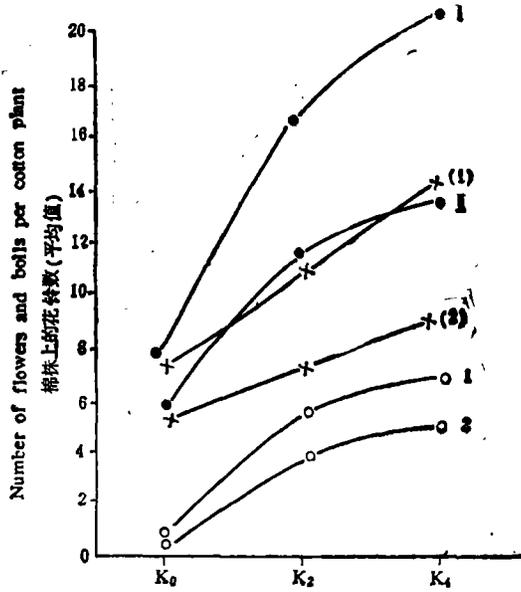
Table 8 Effect of K on crude fat and different fatty acids in kernel of cotton seed (1986)

处 理 Treatment	粗脂肪 (%) Crude fat	十六碳 Symbol 16:0 棕榈酸 (%) Palmitic acid	十八碳 Symbol			总 量 Total (%)
			18:1 油 酸 (%) Oil acid	18:2 亚油酸 (%) Linoleic acid	18:3 亚麻酸 (%) Linolenic acid	
K ₀	30.6	25.02	18.61	50.96	0.22	69.79
K ₁	32.6	27.93	17.20	53.53	0.22	70.95
K ₂	34.1	27.67	18.40	52.43	0.53	71.16
K ₃	33.9	25.64	16.80	51.79	1.09	69.68

表 9 钾对于棉籽千粒重、生命力和发芽率的影响

Table 9 Effect of K on 1000 grain Wt. of cotton, seed viability and germination rate of cotton seed (1986)

处 理 Treatment	千 粒 重 (g) 1000 grain Wt.	种子生命力 (%) Seed viability	发 芽 率 (%) Germination rate
K ₀	53.24	51.5	29.5
K ₁	69.48	61.0	41.0
K ₂	63.74	63.5	42.5
K ₃	64.24	71.0	44.5



I. 每株棉花总花数； II. 每株棉花总铃数； 1.8 月 5 日前每株棉花上的花数； 2.8 月 5 日前每株棉花上的铃数； (1) 8 月 5 日后每株棉花上的花数； (2) 8 月 5 日后每株棉花上的铃数。

图 1 钾对于棉花的花、铃数的效果(品种: 钱江 9 号; 1982)。

Fig. 1 Effect of K on the number of flowers and bolls per cotton plant (1982)

在缺钾土壤生长的棉花,叶片结构松弛,角质层发育不良,易受病虫的感染;施钾肥的土壤,叶片结构紧实,角质层发育良好,不易感染病虫害。据观察,缺钾叶片蚜虫很多,正常叶片未发现蚜虫,而且水分蒸腾速率较小,保持棉花经济用水。

(五) 钾对于棉花产量和品质的作用

棉花产量主要决定于三个组成部分: 种植密度, 每株棉花的平均铃数和每个铃的平均皮棉重。凡是影响其中的任一组成部分都要影响产量。试验指出, 钾可增加花、铃数和每铃的皮棉重, 所以能提高单位面积皮棉产量。图 1 是钾对于棉株花、铃数的影响。图版 I 照片 2 是不同用量钾处理的棉花蒴果外形。棉花缺钾引起叶片早衰, 落花落铃, 形成不正常的蒴果; 施用钾肥叶片不早衰, 减少花铃脱落, 蒴果生长正常, 故能提高棉花产量和品质。

表 6、表 7 表明, 钾对棉花产量组成各部分都有明显的增产效果, 对优质花的数量和纤维长度也有良好的效应^[1]。钾还能提高棉籽的发芽率(表 9), 对千粒重和种子生命力虽然较对照处理高, 但钾肥用量的多寡对千粒重和生命力并无规律。钾对棉籽仁中粗脂肪和亚麻酸亦有提高的效果(表 8)。总之, 钾不仅能提高棉花产量和纤维品质, 而且还能提高棉籽的发芽率以及棉籽仁中粗脂肪和亚麻酸, 有利于工农业生产。

参 考 文 献

- [1] 中国土壤学会农业化学专业委员会编, 1983: 土壤农业化学常规分析方法。67—116 页, 科学出版社。
- [2] 上海植物生理学会编, 1985: 植物生理学实验手册。192—194, 213—216, 316—326 页, 上海科学技术出版社。
- [3] 李德耀、叶济宇, 1980: 薄膜氧电极的制作与呼吸或光合控制的测定。植物生理通讯, 35—40 页。

- [4] 唐锡华、沈瑞娟、朱冷平, 1983: 高等植物胚胎的发育生物学研究区稻胚发育过程中呼吸强度及细胞色素氧化酶活力的变化。植物生理学报, 第9卷4期, 451—454页。
- [5] 秦遂初、章永松, 1983: 棉花缺钾症诊断研究。中国农业科学, 第4期, 44—50页。
- [6] Aronon, D. J. 1949: Copper enzymes in isolated chloroplasts. *Plant Physiol.* 24: 1—15.
- [7] Huber, S. C., 1985: Role of potassium in photosynthesis and respiration. In R. D. Munsen, Potassium in Agriculture, 369—380. Amer. Soc., Crop Sci. Soil. Sci. Soc. Amer., Madison. USA.
- [8] Ashley D. A. and Goodson, R. D., 1972: Effect of time and plant K status on ^{14}C -labeled photosynthate movement in cotton. *Crop Sci.* 12, 686—690.
- [9] Willmer, C. M., Pallas, J. E. Jr., 1973: A survey of stomatal movements and associated potassium fluxes in the plant kingdom. *Bot.* 51, 37—42.

POTASSIUM NUTRITION OF COTTON PLANT IN RELATION TO POTASSIUM STATUS IN SOILS

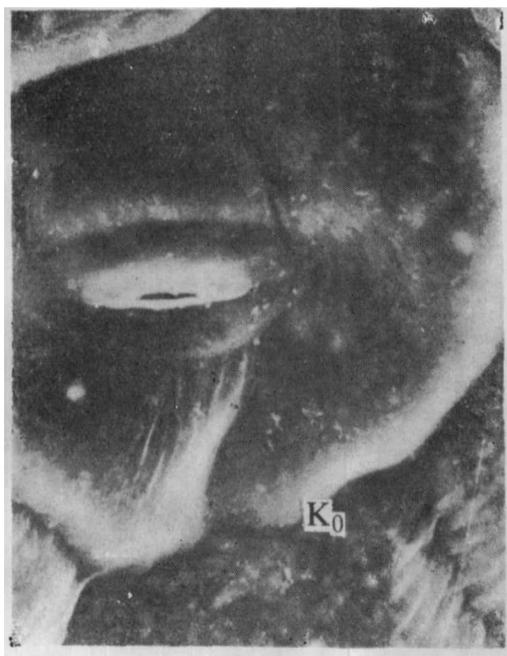
Sun Xi, Rao Lihua, Qin Suichu, Zhang Yongsong, Ying Chichao,
Tang Caixian and Qin Lianxiang
(Zhejiang Agricultural University)

Summary

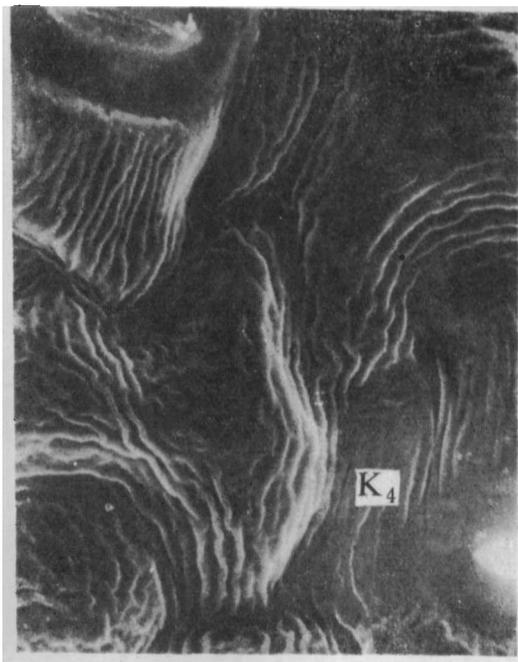
Field trials have been conducted on two types of soil: Semihydromorphic soil and red earth in Zhejiang province, where available K content in these soils was low. Cotton plants (*Gossypium hirsutum* L.) grown on the above soils showed a significant correlation between K content in leaves and lint yield at different stages of growth. According to the degree of K-deficiency of cotton plants response to the exchangeable K in soils, four categories may be divided: 1. exchangeable K > 90 ppm, no K-deficiency; 2. exchangeable K = 70—90 ppm, latent deficiency; 3. < 70 ppm, deficiency; 4. < 50 ppm, severe deficiency.

A high significant positive correlation between K content in cotton leaves and exchangeable K in soils, $r = 0.928$. The regression equation is: $y = 0.1009 + 0.00467x$ where y is K content in cotton leaves at flowering-bolling stage, x is exchangeable K in soils.

High potassium supply in K-deficient soil increased leaf area, chlorophyll content and CO_2 assimilation rate in leaves. Potassium promoted the activity of cytochrome oxidase, nitrate reductase, increased stomatal conductance and decreased transpiration rate in leaves. Besides, the leaf tissue of K-deficient plant was in flaccid structure, the cuticular layer was poorly developed; while the leaf tissue of high K-treatment was in turgidity and the cuticular layer was well developed. Application of K fertilizer on K-deficient soil, both of the cotton yield and lint quality were all increased.



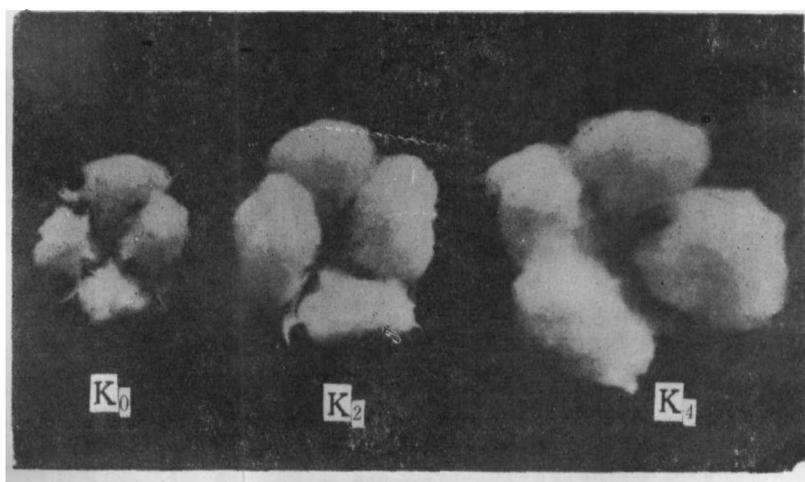
K_0 : 不施K



K_4 : 10 公斤/亩

照片 1 电子显微镜照片($\times 1500$) 显示出在花铃期缺钾与施钾处理后叶片的结构

Photo 1 Photographs of scanning electron microscope ($\times 1500$) shown morphological structure of cotton leaves under K_0 and K_4 treatments at flowering-bolling stage (1982)



照片 2 不同钾处理的棉花蒴果外形

Photo 2 Capsules of cotton plants with different K treatments