

# 棉花硼、钾营养相互关系的研究\*

刘武定 皮美美 吴礼树

(华中农业大学)

## 摘 要

1983—1984 年,在田间及盆栽条件下,进行棉花硼、钾营养及其相互关系的研究,结果表明:硼与钾均呈显著影响棉花产量,且硼、钾间存在相互效应。严重缺硼时,钾与产量呈负相关,高硼时,钾与产量呈正相关;缺硼与高硼均使棉花产生明显的外部症状,且缺硼症状随施钾量的增加而加重,硼中毒症状则随钾量的增加而减轻;叶片含硼量随土壤施硼量的增加而增加,随土壤施钾量的增加而减少;单株叶片吸硼量同样随硼的增加而增加,但与钾的关系则与不同硼水平有关,缺硼时,钾抑制硼的吸收,正常硼及高硼时,中量钾促进硼的吸收,高钾又抑制硼的吸收。叶片含钾量不受土壤施硼量的影响,但缺硼及高硼均使单株叶片吸钾量降低,缺硼严重影响花粉粒的形态及叶柄组织的解剖结构,且缺硼叶柄细胞中存在大量淀粉物,高硼及缺钾均不影响解剖学结构,也未发现硼、钾相互关系对它们的影响。

早在 40 年代, E. Reeve 等首先对蕃茄等作物的硼、钾营养关系进行过研究,并发现硼、钾间的相互作用,曾指出作物的缺硼和硼中毒症状,均随基质中钾量的增加而加重。随后,有些研究与 Reeve 的结果一致或部分一致<sup>[5,8]</sup>,有些则与其不相符合<sup>[6,7]</sup>。关于棉花硼、钾营养的相互关系也有过报道<sup>[9,10]</sup>,所得结果也不尽相同,主要与所采用的研究方法和研究条件有关,其中大多是短期的苗期培养。本文主要研究硼、钾营养及其相互作用对棉株产量、硼、钾含量、外部症状以及叶柄和花粉粒形态解剖的影响,为棉花的硼、钾适宜比例及硼、钾肥的有效施用提供理论依据。

## 一、试验材料与与方法

(一) 盆栽试验: 1983 和 1984 两年供试土壤均采自湖北省新洲县严重缺硼的石灰性紫色砂岩发育的灰紫色土,质地为砂土,其主要农化性质见表 1。

1983 年的试验处理为硼、钾各三种水平 (B:0.13, 1.0 及 10.0 ppm; K:35, 200 及 600 ppm), 共九个处理, 选用 30×30 厘米及 20×20 厘米二种规格的米氏钵, 分别装风干土 15 公斤和 7 公斤, 20×20 厘米钵供取样分析, 30×30 厘米钵供全生育期观察, 每钵留一株棉花以收获产量。分别为 8 及 4 次重复。

1984 年的试验, 仍为硼、钾各三种水平共九个处理, 但硼水平修改为 0.23、1.0、8.0 ppm, 6 次重复, 均为 20×20 厘米钵, 除间苗留做分析样本外, 最后每一钵仍留一株收获产量。

\* 唐国华、陶维银(湖北新洲农业局土肥站)晏冲、马必俊(湖北沙洋农场农科所)刘安郁(湖北钟祥南湖农场)等参加田间试验。本院宋建兰参加部分室内分析。

表 1 盆栽供试土壤的主要农化性质

Table 1 Chemical properties of the soil sample used for pote experiment

pH (H <sub>2</sub> O)	有机质 (%) O. M.	全N (%) Total N	全P (%) Total P	全K (%) Total K	全B (ppm) Total B
8.0	0.16	0.021	0.113	1.79	43.4
pH (H <sub>2</sub> O)	碱解N (ppm) Alkali hydrolyzable-N	速效P (ppm) Available-P	速效K (ppm) Available-K	速效B (ppm) Water-sol. B	缓效K (ppm) Slowly available-K
8.0	8.7	1.9	35	0.13	222

硼、钾肥用量是在土壤原有速效钾 35 ppm 及速效硼 0.13 ppm 的基础上, 补充至试验设计所要求的水平, 分别以缺钾 ( $K_{0.5}$ ), 中钾 ( $K_{100}$ ), 高钾 ( $K_{400}$ ) 及严重缺硼 ( $B_{0.15}$ ), 缺硼 ( $B_{1.5}$ ), 正常硼 ( $B_{1.5}$ ) 高硼 ( $B_{1.5}$  及  $B_{1.5}$ ) 表示。氮、磷分别按每公斤土 0.3 克 N 及 0.1 克 P 施用, 全部磷、钾、硼肥及 2/3 氮肥, 均在拌土装盆时与土壤充分混匀作底肥, 另外 1/3 氮肥做追肥。

为防止微量硼的污染, 所用肥料 ( $NH_4$ )<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、KCl、 $NH_4H_2PO_4$ 、 $H_3BO_3$ , 均用 AR 或 GR 级试剂, 试验用盆钵均内衬聚乙烯薄膜。全生育期用去离子水浇灌, 并用活动尼龙瓦顶棚防止雨水淋洗。供试棉花品种为“鄂沙 28”, 每盆播萌发种子 10 粒, 最后定苗一株。

(二) 田间试验: 1983 和 1984 年共布置田间试验五处, 试验地的土壤名称, 主要农化性质见表 2。

表 2 田间试验土壤名称及主要农化性质

Table 2 The soil types and its chemical properties of the soil samples used for field experiments

年份 Year	试验地点 Location	成土母质 Parent material	土壤名称 Soil type	有机质 (%) O. M.	pH (H <sub>2</sub> O)	碱解N (ppm) Alkali hydrolyzable-N	速效P (ppm) Available-P	速效K (ppm) Available-K	速效B Water sol. B
1983	1. 湖北省新洲县	片麻岩冲积物	冲积土	1.06	5.5	145.8	6.3	47	0.25
	2. 湖北省钟祥县	河流冲积物	冲积土	1.31	8.4	66.9	9.5	97	0.43
	3. 湖北省沙洋镇	河流冲积物	冲积土	2.02	8.0	296.0	11.0	90	0.47
1984	4. 湖北省新洲县	红砂岩	黄棕壤	1.38	6.0	99.0	6.8	86	0.28
	5. 湖北省沙洋镇	河流冲积物	冲积土	1.68	8.0	200.0	12.5	90	0.46

田间试验设 (1) 对照 (基肥: N 20 斤/亩 + P 5 斤/亩) (2) 施硼 (基肥 + 硼砂 1.5 斤/亩), (3) 施钾 (基肥 + 氯化钾 20 斤/亩), (4) 硼钾 (基肥 + 硼砂 1.5 斤/亩 + 氯化钾 20 斤/亩), 共 4 个处理, 4 次重复, 小区面积 0.05 亩。

(三) 取样与化学分析: 盆栽样本除苗期为整株外, 其它各次取样均为全部叶片和叶柄, 田间试验样本为自上而下第三或第四片功能叶, 在 105℃ 停止酶活动后, 置真空干燥箱 80℃ 烘干, 粉碎过筛, 用于硼、钾测定, 植株全硼及全钾用 1 N HCl 提取, 振荡 2 小时, 姜黄素比色法测硼, 火焰光度计测钾, 供试土壤的有机质采用  $H_2SO_4-K_2Cr_2O_7$  容量法, 全氮用开氏法, 全磷用酸溶法, 全钾用碱熔法, 全硼用酸溶-氟化硼电极法, 缓效钾用 1 N HNO<sub>3</sub> 消煮法, 碱解氮用 1 N NaOH 碱解扩散法, 速效磷用 0.5 M NaHCO<sub>3</sub> 法, 速效钾用 1 N NH<sub>4</sub>Ac 法, 速效硼用沸水浸提姜黄素比色法。

棉花花粉粒及叶柄解剖形态观察分别在光学显微镜及扫描镜下进行, 光学显微镜样本采用石蜡切片法; 电镜样本用戊二醛固定液固定, 真空临界点干燥器干燥, 然后切片, 喷金和观察。

## 二、试验结果

### (一) 硼、钾及其相互效应对棉花产量的影响

从表 3 盆栽试验结果看出, 适量施硼或钾均极显著增加棉花产量, 但高硼使产量下降, 而高钾与中钾差异不显著。硼、钾间存在明显的相互效应, 在缺钾情况下, 施硼对产量无显著影响, 而在施钾情况下, 正常硼处理的棉花产量显著地高于缺硼与高硼二处理, 当严重缺硼时 ( $B_{0.13}$ ), 施钾可降低棉花产量, 而轻度缺硼 ( $B_{0.23}$ ), 钾对产量无显著影响。当正常硼时 ( $B_{1.0}$ ), 施钾使产量显著增加, 但高钾与中钾间差异不显著, 当高硼时 ( $B_{8.0}$  及  $B_{10.0}$ ), 产量随钾的增加而增加, 但均未超过正常硼、钾处理的产量, 总的认为, 严重缺硼时, 施用钾肥对棉花产量有负效应, 而高硼时, 施用钾肥对棉花产量呈正效应。

表 3 B×K 对棉花产量的影响  
Table 3 Effect of B×K on yield of cotton

盆 栽 试 验 (单 位: g/plant)								
年份, 重复数 Year, replicate	1983年, n = 4				1984年, n = 6			
	$B_{0.1}$	$B_{1.0}$	$B_{10.0}$	$\bar{x}$	$B_{0.1}$	$B_{1.0}$	$B_{8.0}$	$\bar{x}$
$K_{33}$	5.78	5.09	5.38	5.41	19.34	19.92	18.75	19.34
$K_{100}$	1.38	43.89	29.59	24.95	20.20	36.51	29.97	28.89
$K_{600}$	1.48	43.10	34.62	26.40	22.03	33.84	32.43	29.43
$\bar{Y}$	2.88	30.69	23.20		20.52	30.09	27.38	
$L.S.R_{0.05}$	$B \times K = 2.57$ $B \times K = 4.46$				$B \times K = 2.14$ $B \times K = 3.71$			
$L.S.R_{0.01}$	$B \times K = 3.48$ $B \times K = 6.61$				$B \times K = 2.86$ $B \times K = 4.97$			

田 间 试 验 (单 位: Uin/mu)					
处理 Treatment	1983年			1984年	
	试验地1* Location 1	试验地2 Location 2	试验地3 Location 3	试验地4 Location 4	试验地5 Location 5
CK	104 a**	141 a	183a	94.7a	159a
K	120 b	168 b	184a	98.7a	165a
B	126 c	149 a	183a	105 b	161a
BK	135 d	170 b	193b	110 c	182b

\* 试验地点同表 2; \*\* 字母表示显著性 ( $p = 0.05$ ,  $L.S.R.$  法)。

从表 3 不同地点的田间试验结果看出, 由于不同土壤的速效硼、钾含量(表 2) 以及其它条件的复杂性, 单施硼肥或钾肥, 对棉花的增产效果不一定显著(硼肥增产幅度为 0.8—17.9%, 钾肥为 1.3—19.6%), 但当硼肥与钾肥配合施用, 无论在有效硼含量低的片麻岩、红砂岩发育的土壤, 或有效硼稍高的冲积土, 增产幅度提高到 6.0—24.7%, 比单纯施硼肥或钾肥效果显著。

**(二) 硼、钾及其相互效应对棉株硼、钾含量及吸收量的影响**

棉花各生育期中,叶片含硼量均随土壤中硼量的增加而增加(图 1),二者呈直线相关(各生育期中  $r > 0.9$ )。同时,叶片含硼量还随土壤钾的增加而下降。

二年的田间试验结果亦表明,在施硼基础上施用钾肥,功能叶片含硼量显著降低,单施钾肥与对照比较,其含硼量也有下降的趋势(表 4),与盆栽试验结果(图 1)相似,说明在施钾情况下,更要求配合施用硼肥。

图 2 说明,单株叶片硼吸收量也随土壤硼的增加而增加,而土壤施钾量对硼吸收量的影响则与不同硼水平有关,缺硼时,随土壤钾的增加,单株叶片硼吸收量下降,即钾抑制硼的吸收,而正常硼及高硼条件下,中钾处理的硼吸收量均高于低钾及高钾处理。

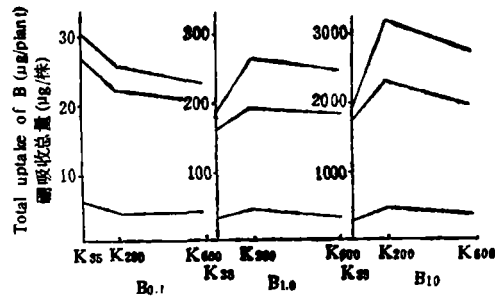
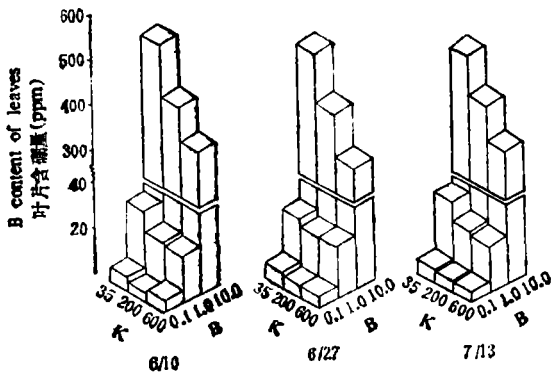


图 1 B×K 对棉叶含硼量的影响(1983, 盆栽试验)

图 2 B×K 对棉花单株叶片硼吸收量的影响

Fig 1 Effect of B×K on the B content of cotton leaves

Fig 2 Effect of B×K on B uptake by cotton leaves

表 4 B×K 对棉花功能叶含硼量 (ppm) 的影响  
Table 4 Effect of B×K on the B cotton leaves (ppm)

处理 Treatment	1983年			1984年	
	试验地1 Location 1	试验地2* Location 2	试验地3 Location 3	试验地4 Location 4	试验地5 Location 5
CK	10.0a**	19.8a	11.6a	12.8a	16.9a
K	8.7b	19.0a	9.4b	13.2a	15.7a
B	14.9c	33.1b	14.2c	17.8b	19.3b
BK	10.1a	24.9c	12.0a	12.3a	16.8a

\* 试验地 2 为叶片样,其它均为叶片、叶柄混合样; \*\* 字母标记如表 3。

图 3 及图 4 表明,叶片含钾量及单株叶片吸钾总量,均与土壤中钾的用量呈正相关,而在任一钾水平下,正常硼处理的叶片钾含量均有较缺硼和高硼处理有降低的趋势,而单株叶片钾的总吸收量,却高于缺硼和高硼处理,原因是正常硼处理的棉株生长量比缺硼和高硼处理均大,从而总吸收量也高,显然叶片钾含量的降低是与稀释效应有关。

**(三) 硼、钾及其相互效应对棉株外部症状的影响**

土壤严重缺硼时,棉苗生长点死亡,侧芽丛生,分枝多,形成多头棉,且随土壤中钾的增加,缺硼程度显著加重(照片 1)。其它如叶片皱缩变形,子叶肥厚,下部叶片加厚,叶柄

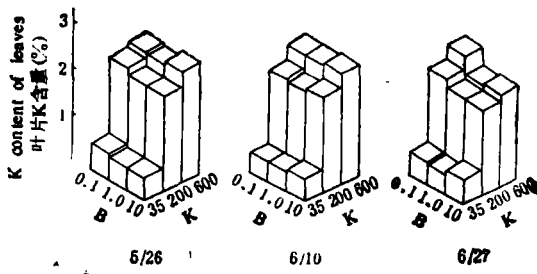


图3 B×K对棉叶含钾量的影响(1983,盆栽试验)  
Fig 3 Effect of B×K on K content of cotton leaves

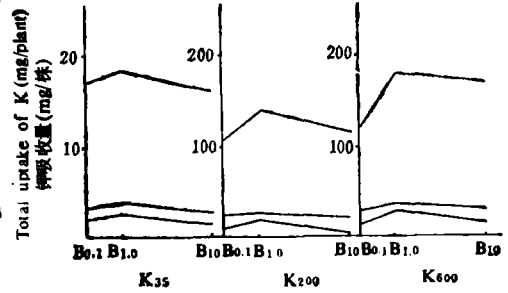
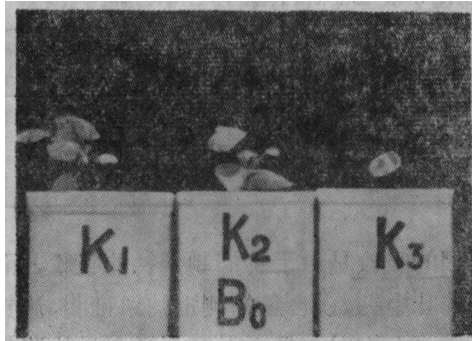
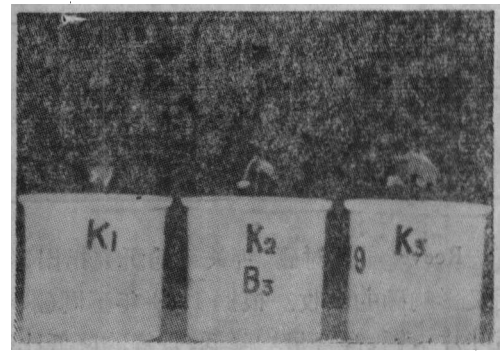


图4 B×K对棉花单株叶片钾吸收量的影响  
Fig 4 The effect of B×K on K uptake by cotton leaves

短粗、扭曲、开裂、发生暗褐色的叶柄环带等缺硼典型症状,无论苗期、蕾期或花期,均随钾量的增加而增加。当土壤轻度缺硼时(B<sub>0.1</sub>),其它症状不易出现,但叶柄环带出现的程度仍有随钾量增加而加重的趋势,尤其在花期更为显著。而硼过量时,中毒症状首先出现在子叶,然后向上部叶片发展,中毒初期,叶片呈瓢形、边缘枯焦、有枯斑,并逐渐向全叶发展,最后整个叶片干枯,坏死,脱落,植株生长缓慢,无论苗期、蕾期或花期均可产生中毒症状,但症状首先出现在低钾处理,其严重程度随钾的增加而减轻(照片2)。进一步证明,钾具有减轻硼中毒的作用,与产量结果及叶片含硼量相符合。



照片1 不同K水平对棉花缺硼症状的影响  
Photo 1 The effect of K levels on B-deficient symptoms of cotton



照片2 不同K水平对棉花B中毒症状的影响  
Photo 2 The effect of K levels on B-toxic symptom of cotton

**(四) 硼、钾及其相互效应对棉花花粉粒形态及叶柄组织解剖结构的影响**

缺硼时,花粉粒发育不良,下陷成半球形(图版1,照片2),而不同钾水平间,其缺硼花粉粒的形态差异不明显,高硼及缺钾均对花粉粒形态无显著影响(图版1,照片1)。

棉花叶柄横切面组织结构,在正常硼水平时,细胞形状似六边形,排列整齐,且胞间隙发育正常,而缺硼叶柄组织结构不清,细胞形状不规则,排列混乱,尤其髓细胞变形显著,其单个细胞不规则地增大,甚至破裂。不同钾水平的缺硼处理,细胞均发生变形。高硼处理的叶柄组织结构与正常硼处理间无明显差异。叶柄纵切面的照片,与叶柄横切面的上述观察一样,但可看出缺硼叶柄组织出现细胞变形的位置在整个纵切面上分布不均匀,即

每隔一段出现一条带,特别是木质部及韧皮部细胞增殖而横向膨大(图版 I, 照片 3),这就是外表可观察到的叶柄环带。不同钾水平的缺硼处理,均可看到上述纵切面的细胞变形状况,但其影响程度并未因钾水平提高而减轻。此外,缺硼处理的叶柄髓细胞和髓射线中,存在大量的颗粒状淀积物。这种淀积物在各细胞中的分布和数量很不均匀(图版 I, 照片 4),也不受钾水平的影响。

### 三、讨 论

#### (一) 硼、钾营养间的促进作用与抑制作用

硼、钾营养之间究竟是相互促进还是相互抑制的问题尚不大明确<sup>[5,6]</sup>,本研究结果表明,随钾的增加,叶片含硼量下降,而单株硼的吸收量,则只有在缺硼情况下,钾才抑制硼的吸收,而施硼(正常硼或高硼)后,适量钾促进硼的吸收。缺钾及高钾均使硼吸收量下降,其原因可能与土壤、植物中硼、钾比例失调有关。根据棉花不同生长期(1983: 6月10日,6月27日,7月12日)叶片中的钾、硼含量可以看出(表5),在供试的土壤条件下,棉叶的适宜 K/B 为 740—780,严重缺硼时,棉叶中的 K/B 较正常处理高 6 倍以上,高硼时则低 10 倍以上,缺钾时也比正常小 6—7 倍,由于 K/B 的变化,无疑地还会引起钾硼与其它元素比例的失调,影响棉花全生育期的“营养平衡”。

表 5 硼钾处理对棉叶中 K/B 的影响

Table 5 Effect of B×K on the K/B of cotton leaves

K/B 水平 Levels	B <sub>0.15</sub>	B <sub>1.0</sub>	B <sub>10.0</sub>
K <sub>33</sub>	560—690	107—114	8—9
K <sub>200</sub>	4200—5600	740—780	50—60
K <sub>600</sub>	6000—6100	930—1100	78—88

Reeve 早期对硼、钾关系的研究指出,钾促进硼的吸收是由于钾抑制了钙的吸收,而钙又影响硼的吸收。根据 1984 年不同硼、钾处理棉叶中钙、镁含量的测定结果证明,施钾后叶片中钙、镁含量均降低,且镁的降低比钙更为显著(表 6)。是否因钙、镁含量的降低而促进了硼的吸收,尚有待进一步研究。此外近年来有人认为钾促进蒸腾作用<sup>[8]</sup>,而硼的吸收在一定程度上可能依赖于质流过程,因此,蒸腾作用加强,也就可能促使硼的吸收加强。至于缺硼条件下,钾抑制硼吸收的原因,则可能与生理失调有关(Sinha, 1961)。

表 6 硼、钾处理对棉叶钙、镁含量的影响(苗蕾期)

Table 6 Effect of B×K on Ca, Mg content of cotton leaves

K×B 水平 Level	Ca %			Mg %		
	B <sub>0.2</sub>	B <sub>1.0</sub>	B <sub>2.0</sub>	B <sub>0.2</sub>	B <sub>1.0</sub>	B <sub>2.0</sub>
K <sub>33</sub>	4.17±0.46	4.07±0.18	4.21±0.23	1.15±0.03	1.27±0.07	1.18±0.03
K <sub>200</sub>	3.70±0.49	3.68±0.24	3.90±0.46	0.70±0.11	0.77±0.04	0.79±0.09
K <sub>600</sub>	3.98±0.15	3.71±0.04	3.98±0.04	0.63±0.05	0.67±0.01	0.75±0.04

## (二) 组织解剖结构中的几个问题

作物出现的外部不正常症状<sup>[1,2]</sup>,是内部组织结构及生理代谢的外在表现,缺硼叶柄及花粉粒的解剖结构,能很好反映棉花缺硼的叶柄环带及蕾而不花等特殊症状,但没有反映出施钾加重缺硼症状及减轻硼中毒症状的特点,其机理均需进一步探讨。

在我们的研究中<sup>[3,4]</sup>,也曾发现缺硼叶柄与正常叶柄的淀粉含量不同,分别为 3.15% 及 0.93%,前者比后者高出二倍以上。利用 <sup>14</sup>C 饲喂叶片的试验曾表明:缺硼棉株与正常棉株运转至其它叶片和繁殖器官的 <sup>14</sup>C 分别为 51.5% 及 69.5%,说明缺硼时,同化产物的运输受阻,从而大量转化为淀粉并积累在叶片及叶柄中,由此推想叶柄中的淀粉物可能是淀粉一类的多糖物质。但这种淀粉现象为何不受钾水平的影响,尚待进一步研究证实。

## 参 考 文 献

- [1] 王运华、刘武定、皮美美等, 1980: 棉花蕾而不花与硼营养。中国科学院微量元素学术交流会汇刊, 108—113 页, 科学出版社。
- [2] 皮美美、刘武定、王运华, 1983: 棉花蕾而不花和潜在性缺硼。土壤养分、植物营养与合理施肥。170—179 页, 农业出版社。
- [3] 刘武定、皮美美、王运华, 1983: 棉花缺硼与叶柄环带。中国棉花, 第 10 卷 5 期, 26—29 页。
- [4] 王运华、刘武定、皮美美, 1985: 棉花潜在性缺硼与有效施硼的研究。中国农业科学, 第 2 期, 62—70 页。
- [5] Aduayi, E. A., 1978: Role of boron on growth components and elemental composition of tomato. Commun. in Soil Sci. and Plant Analysis, 69: 1—11.
- [6] Curcliffe, J. A. and Gupta, U. C., 1980: Effects of added nitrogen, phosphorus, and potassium on leaf boron concentration of three vegetable crops. Canadian J. of Plant Sci., 60: 571—576.
- [7] Hill, W. E. and Morrill, L. G., 1975: Boron, calcium, and potassium interactions in Spanish Peanuts. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 39: 80—83.
- [8] Kumar, S., Arora, B. R. and Hundal, H. S., 1981: Potassium-boron synergism in the nutrition of Rice. J. Indian Soc. Soil Sci., 29: 563—564.
- [9] Miley, W. N., 1966: Relationship of boron to nutrient element uptake and yield of cotton on selected soil in Arkansas. Piss. Abstr., 278: 17—18.
- [10] Miley, W. N., Hardy, G. W., Sturgis, M. E., and Sedberry, J. E., 1969: Influence of boron, nitrogen and potassium of yield, nutrition uptake, and abnormalities of cotton. Agron. J., 61: 9—13.

## INTERACTION BETWEEN BORON AND POTASSIUM IN COTTON NUTRITION

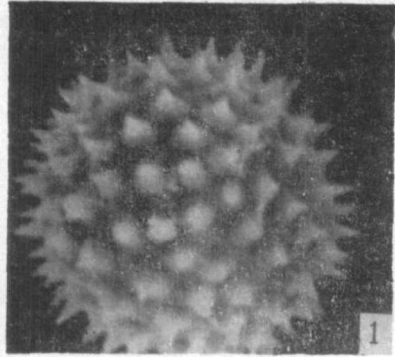
Liu Wuding, Pi Meimei and Wu Lishu  
(*Huazhong Agricultural University, Wuchang*)

### Summary

In 1983—1984, field and pot experiments were conducted to study the interaction between boron and potassium in cotton nutrition. The main results obtained are summarized as follows:

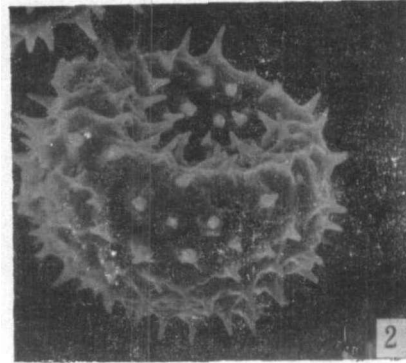
1. Boron and potassium significantly affected cotton yield and there was also a significant interaction between the effects of B and K on cotton yield. When B was severely deficient, potassium was negatively related to cotton yield and vice versa.
2. Symptoms of B-deficiency were aggravated, while the B toxicity symptoms alleviated with increasing K content in the soil.
3. B concentration of cotton leaves markedly increased with increasing of B in soil, and decreased with increasing of K in soil. At B-deficient level, total B absorbed by cotton leaves decreased with increasing of K in soil; at moderate and high B levels, moderate K accelerated but high K inhibited total B absorbed by cotton leaves. There were no difference in K content of leaves at any given B levels in soil. But total K absorbed by the plant decreased at low boron and high boron levels.
4. B deficiency significantly affected the anatomical structure of pollen and petioles, and lots of precipitates accumulated in petiole cells, but no influence by K and B level was found.





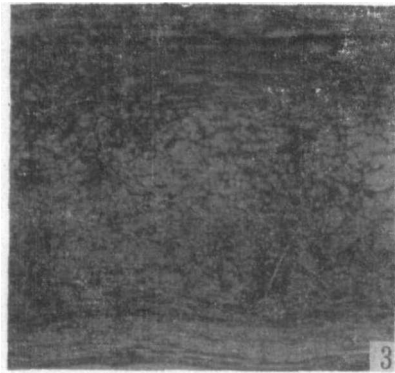
照片 1 正常棉花花粉粒

Photo 3 Normal pollen spore of cotton



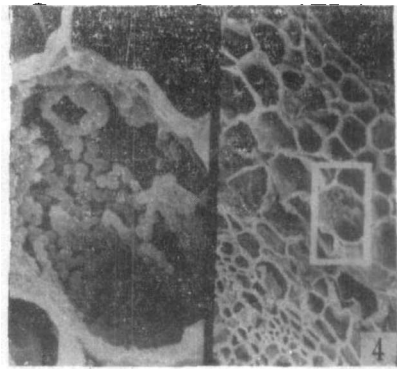
照片 2 缺硼棉花花粉粒

Photo 4 Pollen spore of B-deficient cotton



照片 3 缺硼棉花叶柄纵切面

Photo 3 Longitudinal section of B-deficient  
cotton pedicel



照片 4 缺硼叶柄细胞内的淀积物

Photo 4 Some precipitates in the cell of  
B-deficient cotton pedicel