

# 钾肥对烤烟体内钾素分配及 微量元素含量的影响\*

张 新 曹志洪

(中国科学院南京土壤研究所, 210008)

## 摘 要

本文用三种典型的植烟土壤研究了不同的钾肥用量对烟株含钾量及分配的影响, 结果表明, 烟叶含钾量随钾肥用量的增加而增加, 两者符合二次曲线的关系。充分供钾时, 钾在烟株体内的含量顺序为芽 > 叶 > 茎 > 根, 烟叶不同部位为下部 > 中部 > 上部; 当烟株缺钾时, 上部烟叶含钾量高于中下部。

无论在何种土壤上, 钾在烟株中的分配比例顺序为烟叶 > 茎 > 根 > 芽, 当中部烟叶含钾量达到 2.4% 时钾在烟株中的分配趋向一稳定值, 即在烟叶、茎、根、芽中的分配比例分别为: 60%、20%、15%、5%, 我们将中部烟叶含钾量 2.4% 定义为实验条件下的烟株钾素平衡分配临界值。这临界值的发现为提高烟叶含钾量提供了新的科学依据。

施钾可协调烟叶中各种化学成份。对富钙潮土施钾的重要性不仅是提高烟叶含钾量, 更主要的是可降低烟叶 Ca、Mg 及粗灰分含量, 提高烟叶  $K/Ca$ 、 $K/(Ca + Mg)$  值。同时施钾可使烟叶中氮、烟碱含量趋于合理, 从而改善烟叶吃味和香气。施钾对烟叶中 Fe、Mn、Cu、Zn 等微量元素含量几无影响, 但能显著降低烟叶 B 含量, 因此在缺硼较严重的红黄壤地区, 施大量钾肥时应注意配施硼肥以免出现钾诱发的缺硼症。

**关键词** 土壤供钾状况, 钾肥, 烤烟, 植株钾分配, 微量元素

钾在优质烟叶生产中的重要作用已广泛的为人们所认识<sup>[1,3,12,20]</sup>, 成熟烟叶含钾量 ( $K_2O$ ) 一般多在 2—8% 之间<sup>[12,20]</sup>, 烟株体内顶芽及腋芽钾浓度最高, 其次为叶 > 茎 > 根<sup>[5,6]</sup>, 成熟烟叶随部位升高含钾量逐渐降低。烟叶含钾量一般在移栽后第 9 周左右达到最高值, 以后会略微下降<sup>[6]</sup>。钾从烟叶叶片中的转移率变化较大, 高钾低氮有助于减少钾从烟叶向烟株其他部分转移<sup>[8]</sup>。但若施钾量较高或后期追施钾肥使土壤供钾充足且及时打顶, 那么上下叶位烟叶含钾量将十分接近<sup>[14]</sup>。国外优质烟叶含钾量一般都大于 2.5%, 而我国烟叶含钾量则多在 1—2% 之间, 烟叶含钾量偏低已成为目前进一步提高我国烟叶质量的障碍之一<sup>[6]</sup>。

烟叶含钾量高低通常是从烟叶钾与其他元素的比例及元素间的相互平衡关系中获得。尤其是同烟叶燃烧性密切相关的氮、氯、硫、钙、镁等元素的平衡来考虑, 例如有

\* 本文系第一作者的硕士学位论文的一部分, 在工作期间得到周秀如、李仲林、胡国松等同志的指导; 同时本文也是中国烟草总公司八·五攻关课题的一部分, 得到中国烟草总公司烟叶购销公司王恩沛、赵振山等的指导, 特此一并致谢。

K/Ca、K/(Ca + Mg)、K/N、K/Cl、K/(N + Cl) 等指标<sup>[3,6,11,12,14,20]</sup>, 但从钾在烟株内各部位的分配来评价钾的丰缺工作却为人们所忽略。

已有许多试验证实烟叶中钾量同钙、镁含量成负相关关系<sup>[8,11,13,19]</sup>, 一般可将这种效应归纳为离子吸收间的拮抗作用及稀释效应<sup>[7, 12]</sup>。我国黄淮烟区的土壤 pH 一般都大于 7.5<sup>[7]</sup>, 土壤中 Ca<sup>+2</sup>、Mg<sup>+2</sup> 含量较高, 由此可能导致烟株对这两种离子的奢侈吸收及对吸钾产生竞争作用, 从而影响烟叶质量的进一步提高。同时, 在这种土壤上仅靠单纯增加钾肥用量很难将烟叶含钾量提高到令人满意的水平<sup>[7]</sup>。因此, 如何进一步提高我国黄淮烟区烟叶含钾量是目前烟草营养研究领域内急待解决的课题。

## 一、材料与方 法

三种土壤分别采自贵州遵义、安徽芜湖和河南宝丰, 分属我国西南、皖南和黄淮优质烟区的典型植烟土壤, 其基本理化性质见表 1。供试烤烟品种是 NC89 (*Nicotina tobatum*, Cv Nc89), 系从美国引进的 Virginia 型烤烟。

试验在本所温室网室中进行, 试验设计为五个施钾 (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 水平, 分别为 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 K<sub>2</sub>O g/kg 土 (以 K<sub>0</sub>、K<sub>1</sub>、K<sub>2</sub>、K<sub>3</sub>、K<sub>4</sub> 表示), 氮肥 (NH<sub>4</sub>NO<sub>2</sub>) 用量为 N 0.2g/kg 土, 磷肥 (过磷酸钙) 为 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.2g/kg 土。磷、钾肥全部基施, 氮肥的 2/3 作基肥, 1/3 留作烟草团棵期时追施。试验采用 20 × 15cm 米氏瓷钵, 每钵装入风干土 (过 5mm 筛) 5.0kg, 所有处理均设重复四次。试验移栽时间为

表 1 供试土壤基本理化性质

Table 1 Chemical and physical properties of the soils used

土壤 soil type	pH	有机质 (%) O. M.	全氮 (%) Total N	全磷 (%) Total P	全钾 (%) Total K	缓效钾 (mg/kg) Slowly released K	速效钾 (mg/kg) Avail. K	CEC (cmol/kg) CEC
黄壤	5.2	2.14	0.089	0.180	1.42	145.3	197.8	11.28
红壤	5.2	0.98	0.058	0.084	1.43	290.1	136.8	11.65
潮土	8.3	2.00	0.096	0.120	1.91	633.3	117.0	15.96

土壤 soil type	交换性 Ca (mg/kg) Exch. Ca	交换性 Mg (mg/kg) Exch. Mg	有效 Fe (mg/kg) Avail. Fe	有效 Mn (mg/kg) Avail. Mn	有效 Cu (mg/kg) Avail. Cu	有效 Zn (mg/kg) Avail. Zn	有效 B (mg/kg) Avail. B
黄壤	1130	121.6	17.08	113.0	0.732	2.54	<0.05
红壤	874	272.3	17.24	40.5	0.494	1.24	0.07
潮土	—	—	7.31	21.6	1.380	1.34	0.10

1991年5月7日, 选取长相一致的壮苗每钵定植一棵, 加水至田间持水量的 80%, 在培育过程中浇水保持土壤适宜的含水量。烟株于 6 月 5 日团棵, 追施剩余氮肥, 6 月 30 日打顶, 每株留叶 20 片, 以后根据腋芽生长情况每隔 3—5 天抹一次, 收集每株烟草的顶芽及腋芽, 杀青、烘干, 最后磨碎过 40 目筛供分析。烟株从 7 月 13 日开始采收下部叶片, 以后视烟叶成熟程度从下向上逐级采收, 至 8 月 12 日采收完毕。烟叶采收后立即烘干, 分下 (1—8)、中 (9—14)、上 (15—20) 三部分磨碎供分析用。试验结束时同时收获烟茎和烟根, 烟根用水洗法获得。

土壤的基本理化性质按《土壤农业化学常规分析方法》(1983)的方法测定,烟株钾用  $0.25\text{mol/L}$  盐酸浸提后微机-火焰光度计联用法测定<sup>[7]</sup>。

## 二、结果与讨论

### (一) 施钾量对烟叶含钾量的影响

1. 施钾量同中部烟叶含钾量的关系 从图 1 可知,随着施钾量的增加烟叶含钾量迅速提高,当施钾量增加到一定程度后,烟叶含钾量的增加速度逐渐放慢,最后趋于平缓。对于土壤速效钾含量较高的黄、红壤来说,  $K_3$ 、 $K_4$  时其中部烟叶含钾量已没有显著差别,而此时潮土上生长的烟叶含钾量仍有较大增加。故运用二次曲线方程能较好地拟合烟叶含钾量同施钾的关系,在本试验中有:

$$\text{黄壤: } Y = 1.059 + 8.019X - 4.268X^2$$

$$\text{红壤: } Y = 0.6846 + 8.87X - 5.64X^2$$

$$\text{潮土: } Y = 0.5597 + 5.486X - 1.554X^2$$

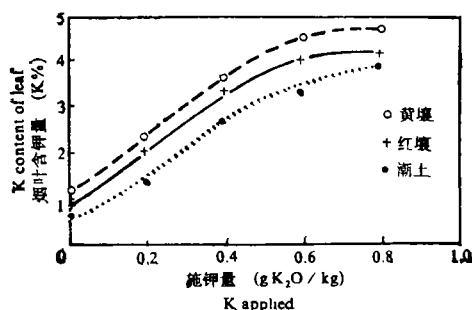


图 1 盆栽施钾量与烟叶含钾量的关系

Fig. 1 Potassium rates in relation to the K content in middle leaf

其中  $Y$  表示中部烟叶含钾量 ( $K\%$ ),  $X$  表示施钾量 ( $K_2O\text{ g/kg 土}$ )。

2. 烟株各器官的含钾量 钾在植物体内属易移动元素,很容易通过长距离运输在植物体内再分配<sup>[2]</sup>,从表 2 和表 3 中可知烟株体内钾浓度以顶芽及腋芽最高,其次是叶  $>$  茎  $>$  根,不同的烟叶叶位,是下部烟叶钾含量最高、中部次之,上部最低。

钾肥的施用对顶芽及腋芽含钾量影响不大,只能略微提高其含钾量,即使在缺钾( $K_1$ )条件下,由于钾优先供应顶芽及腋芽分生组织生长,使这部分组织仍维持较高的钾浓度。烟叶在充分供钾和缺钾时,钾在不同叶位浓度变化是不一样的,潮土的土壤钾素供应强度较差(有效钾( $K_2O$ )只有  $117\text{mg/kg}$ ),故不施钾时,烟株严重缺钾,由此下部烟叶含钾量很低,并表现出钾浓度上部叶片  $>$  中部叶片  $>$  下部叶片的规律;在黄壤及红壤上,烟叶中钾浓度分布为下部  $>$  上部  $>$  中部,这是由于黄、红壤有较高的供钾强度(有效钾( $K_2O$ )分别为  $198$  和  $137\text{mg/kg}$ ),烟株在生产前期及中期都不表现出缺钾症状,烟株能吸收较多的钾,故下部烟叶含钾量较高。在生长后期,土壤钾素供应能力下降,烟株吸钾能力也逐渐衰弱,烟株对钾素的需求大大高于供应,致使中部叶片的钾向上部新生叶转运增加,缺钾症状往往在中部叶片首先出现。烟叶质量最好的部位应为中部叶(腰叶)及中上部叶(上二棚),烟株供钾不足对这部分叶片影响甚大。下部烟叶由于光照及通风条件差,易遭受病虫害的袭击,同时烟碱、还原糖等有机质含量低或不协调,故品质较低,利用价值较差。因此,充分满足烟株对钾素的需求和促进钾由烟株中下部向中上部转运的措施都具有十分重要的意义。

### (二) 钾在烟株体内的分配

表 2 施钾量对不同土壤上的不同部位烟叶 K 含量 (K%) 的影响(盆栽)

Table 2 Effect of different K rates on the K contents of tobacco leaves of different positions in a pot experiment

施钾量 (K <sub>2</sub> O g/kg 土) K Rate	黄 壤 Yellow soil			红 壤 Red soil			潮 土 Calcareous soil		
	上 Upper	中 Middle	下 Lower	上 Upper	中 Middle	下 Lower	上 Upper	中 Middle	下 Lower
0.0	1.46	1.14 d <sup>1)</sup>	2.47	0.84	0.77d	1.12	0.83	0.63e	0.35
0.2	2.01	2.34c	4.39	1.53	2.01c	3.62	1.39	1.39d	2.23
0.4	2.30	2.55b	5.63	2.33	3.49b	4.82	1.71	2.68c	3.60
0.6	3.01	4.53a	6.24	2.53	3.99a	5.28	2.23	3.24b	4.26
0.8	3.35	4.65a	5.98	2.39	4.14a	5.59	2.52	3.93a	5.09

1) 百分数后不同字母表示经邓肯法检验后在 5% 水平下有显著差异。

表 3 施钾量对烤烟茎、叶、根、芽含钾量(K%)的影响(盆栽)

Table 3 Effect of K rates on K contents of tobacco stem, leaf, root, and bud

土 壤 Soil type	叶位 Leaf position	施钾量 (K <sub>2</sub> O g/kg土) K Rate				
		0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
黄壤 Yellow soil	茎 Stem	1.25	1.68	2.30	2.40	3.26
	根 Root	1.56	1.79	1.82	1.99	2.00
	叶 Leaf	1.70	2.79	3.53	4.32	4.54
	芽 Bud	4.08	4.29	4.53	4.70	5.48
红壤 Red soil	茎 Stem	0.97	1.43	1.63	2.19	2.18
	根 Root	1.07	1.39	1.46	1.54	1.58
	叶 Leaf	0.91	2.25	3.35	3.69	3.85
	芽 Bud	3.83	3.95	4.17	4.59	4.31
潮土 Calcareous soil	茎 Stem	1.00	1.29	1.73	1.88	2.17
	根 Root	1.17	1.34	1.31	1.45	1.78
	叶 Leaf	0.65	1.61	2.49	3.11	3.47
	芽 Bud	3.93	4.02	4.17	4.23	4.49

1. 钾在烟株体内的分配规律 钾肥用量和土壤本身供钾水平都将影响钾在烟草体内的分配。表 4 结果证明钾在烟茎中的含量是相对稳定的, 占总吸钾量的 20% 左右, 与土壤类型及供钾状况无关。烟芽钾占吸钾总量的比重变幅比较大(2.72—14.3), 打顶抹杈会将这部分钾带走。因此适时打顶, 及时抹杈将有助于提高烟株钾的利用率<sup>[9]</sup>。根、芽中的含钾量在不施钾时占总吸钾量的比例较高, 但随施钾量增加比重下降。烟叶含钾随施钾量增加其比重也不断增加。当供钾强度达到一定值之后如红黄壤的 K<sub>2</sub>, 潮

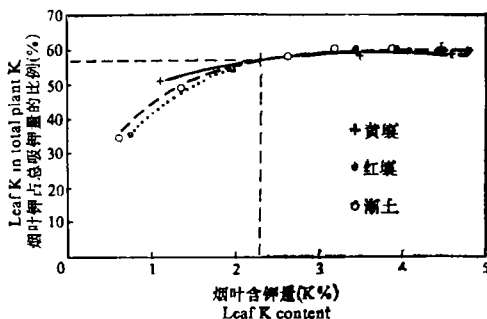


图 2 烟叶含钾量与钾素分配的关系

Fig. 2 The middle leaf K content in relation to the distribution of K in tobacco plant organs

土的 K, 则三种土壤的烟叶钾占总吸钾量的百分数最后都趋向于一稳定值即: 60% 左右; 而根和芽的含钾比重也稳定在 15% 和 5% 左右。由于施钾对烟株各部分干物质重量并没有显著影响 (数据未列出), 所以烟株各部位吸钾量的增加主要是含钾量增高的结果。

2. 钾素平衡分配临界值 图 2 是中部叶片含钾量(K%)与烟叶钾占烟株吸钾总量比例(%)的关系曲线, 黄壤、红壤和潮土的两条曲线相交于一点, 即横坐标为 2.4% 烟叶含钾量, 其纵坐标则是烟叶钾占总吸钾量 57% 的比例。我们定义这一点为烟叶钾素平衡分配临界值。这个临界值的科学意义是当中部叶片烟叶钾浓度达到 2.4% 时, 烟叶钾占烟株总吸钾量的 57—60%、烟茎占 20%、烟根占 15%、烟芽占 5%。钾在烟株中的分配比例可能存在着一种内部调节机制。当植物发生缺钾时, 首先是液泡含钾量不断降低, 而原生

表 4 施钾量对不同土壤上烟株钾在各器官中分配的影响 (K g/株)

Table 4 Effect of potassium rates on the distribution of K in tobacco plant organs on different soils

土壤 Soil Type	处理 Treat- ment	部 位 Organ								吸钾总量 Total K
		叶 <sup>1)</sup> Leaf	%	茎 <sup>1)</sup> Stem	%	芽 <sup>1)</sup> Bud	%	根 <sup>1)</sup> Root	%	
黄壤 Yellow soil	K <sub>0</sub>	0.524	51.1b <sup>2)</sup>	0.180	17.6	0.061	5.95	0.260	25.4	1.025
	K <sub>1</sub>	0.941	58.0ab	0.276	17.0	0.068	4.19	0.337	20.8	1.622
	K <sub>2</sub>	1.157	58.2ab	0.391	19.7	0.122	6.13	0.319	16.0	1.989
	K <sub>3</sub>	1.403	60.6a	0.404	17.5	0.063	2.72	0.445	19.2	2.315
	K <sub>4</sub>	1.494	58.7ab	0.555	21.8	0.099	3.89	0.399	15.7	2.547
红壤 Red soil	K <sub>0</sub>	0.275	35.5b	0.152	19.6	0.093	12.0	0.255	32.9	0.775
	K <sub>1</sub>	0.712	54.2a	0.276	21.0	0.073	5.56	0.252	19.2	1.373
	K <sub>2</sub>	0.959	60.0a	0.302	18.9	0.092	5.76	0.244	15.3	1.597
	K <sub>3</sub>	1.102	60.0a	0.330	18.0	0.094	5.12	0.310	16.9	1.836
	K <sub>4</sub>	1.176	59.6a	0.425	21.6	0.077	3.90	0.294	14.9	1.972
潮土 Calca- reous soil	K <sub>0</sub>	0.218	34.6c	0.138	21.9	0.090	14.3	0.184	29.2	0.630
	K <sub>1</sub>	0.558	49.2b	0.205	18.1	0.088	7.76	0.282	24.9	1.133
	K <sub>2</sub>	0.818	57.8a	0.273	19.3	0.099	7.00	0.225	15.9	1.41
	K <sub>3</sub>	1.063	59.9a	0.349	22.2	0.096	5.40	0.268	15.1	1.776
	K <sub>4</sub>	1.271	59.9a	0.388	18.3	0.088	4.14	0.376	17.7	2.123

1) 该部分占烟株吸钾总量的百分数。

2) 百分数后不同字母表示经邓肯法检验后在 5% 水平下有显著差异。

质钾浓度保持相对稳定; 当液泡钾下降到一定程度后, 原生质钾才会降低<sup>[2,15]</sup>, 此时植物发生较严重的缺钾症状, 由此可知, 液泡在植物体内的充当钾“库”。由于芽属分生组织, 细胞发育尚处于初始阶段, 液泡很小, 原生质占据了细胞的大部分体积, 这可能是芽中钾浓度较高但变化幅度较小的原因。而烟叶随着细胞成熟, 液泡对钾的调节能力较强。当烟株充足供钾, 即当中部烟叶钾浓度大于等于临界值 2.4% 时, 烟株所吸收的钾就按一定比例分配累积于烟叶及其它器官中, 当供钾充足时, 钾的“奢侈消耗”是很容易发生的<sup>[10]</sup>。我们可以推断, 此时钾主要是累积在植物的液泡中。反之, 若中部烟叶钾浓度低于 2.4% 时, 我们认为烟株就有可能出现生理缺钾。

表由 4 可知,中部烟叶含钾量达到上述临界值(2.4%)时,黄壤、红壤、潮土的施钾量分别为 0.19,0.23,0.38(K<sub>2</sub>O g/kg 土),显然土壤本身供钾状况不同是造成需施钾量不同的决定性因素。其生产上的意义是不同土壤必须施用一定量钾肥后才能使烟叶含钾量达到同一水平。同时,根据这个钾素平衡临界值的含义,通过科学管理,努力使中部烟叶含钾量接近 2.4% 才能使烟株吸收的钾最大程度地向烟叶分配,才能实现提高钾肥利用率和经济施肥的目的。

### (三) 施钾对烟叶内质量的影响

1. 施钾对烟叶内矿质元素含量的影响 烟叶含钙量过高会造成叶片过厚,质地粗糙;含镁过量则会导致烟叶储存时吸湿性增强、燃烧性下降<sup>[12,20]</sup>。潮土上烟叶 Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 含量同烟叶含钾量呈极显著负相关 ( $R_{K-Ca} = -0.9741^{**}$ ,  $R_{K-Mg} = -0.9650^{**}$ ),红黄壤上施钾以及烟叶含钾量增加只能略微降低烟叶钙、镁含量:

红壤:  $R_{K-Ca} = -0.3073$ ,  $R_{K-Mg} = -0.7073$ ;

黄壤:  $R_{K-Ca} = -0.5887$ ,  $R_{K-Mg} = -0.5260$ 。

潮土属钙饱和土壤,不施钾或施钾量较低时,烟草对钙奢侈吸收致使叶片含钙量过高,远远超过烟叶正常钙含量。施钾肥,能显著降低潮土上烟株对钙镁的吸收,使烟叶钙、镁含量降到适宜范围。因此在富钙土壤(潮土)上加大钾肥用量是很重要的。在黄壤及红壤上,由于盐基饱和度及交换性 Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 含量均比较低,同时烤烟对钙、镁有一定的生理需求,故施钾肥对降低这两种土壤上烟叶钙、镁含量并不显著(图 3,4)。

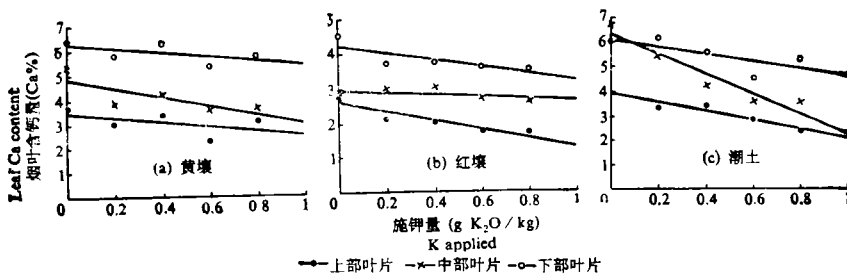


图 3 烟叶含钙量与土壤施钾量的关系

Fig. 3 Potassium rates in relation to the Ca content of cured leaf

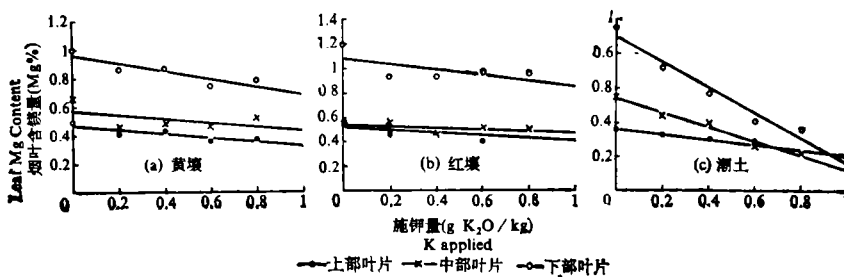


图 4 烟叶含镁量与土壤施钾量的关系

Fig. 4 Potassium rates in relation to the Mg content of cured leaf

黄壤交换性钙含量大于红壤,而交换性镁含量则低于红壤,故种植在黄壤上烟叶含钙量较红壤高而镁含量略低。这说明烟叶钙、镁含量土壤交换性钙、镁含量是密切相关的。烟株在钾、钙吸收中存在着拮抗作用,钾能减少烟株吸钙量,但这种作用只有在钙含量较高时(如潮土)才有明显表现。同时烟株水培结果也表明,环境中的钙同样能减少烟株的吸钾量(本组未刊资料),如相同的施钾量,烟株在红壤的吸钾量远比在潮土高。至于这种拮抗作用的浓度范围还需进一步研究明确。

烟叶内  $K/Ca$  和  $K/(Ca + Mg)$  的比值可用来衡量烟叶燃烧性,其比值越高,烟叶燃烧性越好,结果表明施钾能大幅度降低烟叶粗灰份含量(表 5)及  $K/Ca$  和  $K/(Ca + Mg)$  值(表 6),因此显著地改善了烟叶燃烧性。

表 5 施钾量对不同土壤上盆栽烟叶的粗灰分含量(%)的影响

Table 5 Effect of potassium rates on cured leaf total ash content

土壤 Soil Type	叶位 Leaf position	施钾量 ( $K_2O$ g/kg土) K Rate				
		0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
黄壤 Yellow soil	上	14.04	12.87	15.34	14.35	15.95
	下	24.49	25.61	29.35	28.06	28.94
红壤 Red soil	上	11.78	11.00	12.45	11.98	11.60
	下	20.30	21.60	25.01	24.61	24.64
潮土 Calcareous soil	上	14.06	13.30	13.48	13.36	12.45
	下	23.95	24.76	26.67	23.90	27.20

表 6 施钾对不同土壤上盆栽烟叶中  $K/Ca, K/(Ca + Mg)$  值<sup>1)</sup>的影响

Table 6 Effect of potassium rates on values of cured leaf  $K/Ca, K/(Ca + Mg)$

土壤 Soil Type	项 目 Item	施钾量 ( $K_2O$ g/kg土) K Rate				
		0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
黄壤 Yellow soil	$K/Ca$	0.21	0.61	0.85	1.28	1.02
	$K/(Ca + Mg)$	0.19	0.54	0.77	1.13	0.91
红壤 Red soil	$K/Ca$	0.28	0.67	1.15	1.46	1.57
	$K/(Ca + Mg)$	0.23	0.56	0.99	1.23	1.32
潮土 Calcareous soil	$K/Ca$	0.094	0.26	0.63	0.91	1.11
	$K/(Ca + Mg)$	0.087	0.24	0.58	0.84	1.04

1) 中部叶片。

结果指出,烟叶内钙、镁、铁、锰、铜等元素同钾一样随叶位由下而上含量逐渐递减,而磷、锌含量则随叶位由下而上逐渐增加(数据未列出)。因为烟叶中钾、钙、镁是构成粗灰分的主要元素,故烟叶中粗灰分含量也是下部高、中、上部低。钙、镁、铁、锰、铜这几个元素的上述分布规律是与它们在烟株体内移动性较差有关。这几个元素在土壤中的含量都较丰富,因此烤烟生产上一般不缺乏这些元素。植物体内磷和锌属易移动元素,而锌更是

大量分布在生长旺盛的幼嫩组织和繁殖器官中。钾与烟草体内微量元素相互关系研究报道很少。从试验结果来看,烟叶中 Fe、Mn、Cu、Zn 的含量同钾肥用量没有显著关系,但不同土壤上生产的烟叶之间差异较大。由于红、黄壤中锰活度较大,故烟叶中 Mn 含量大大高于潮土上生长的烟叶中 Mn 的含量。Stephenson<sup>[22]</sup> 等研究美国滨海平原南乔治亚土壤后发现当土壤 pH 高于 6.5 时大田烟草就可能发生缺锰。缺锰在以高 pH 潮土为主的黄淮烟区是比较普遍的,喷施锰肥常常有较好的增产增质作用。

钾能显著影响烟草体内硼含量,在 K<sub>0</sub> 处理中硼含量较高,随着施钾量增加硼含量逐渐下降(表 7),虽然供试土壤有效硼含量都属于较低水平(潮土、红壤)或缺硼水平(黄壤),但烟叶含硼量仍属正常范围(10—40mg/kg)。应用植物体内 Ca/B 值来判断硼供应情况比单用含硼量更为恰当<sup>[4]</sup>,正常生长烟草 Ca/B 值约为 1340:1,若 Ca/B 值超过 1500 则可能出现缺 B 症状<sup>[16]</sup>。供试皖南红壤上施用钾肥,协调烟株体内 Ca/B 值,使 K<sub>0</sub> 处理时偏低的 Ca/B 值趋于协调。但在土壤有效硼高度缺乏的黄壤上,所有处理的 Ca/B 值都过大,尤其是在 K<sub>4</sub> 时 Ca/B 值达 2428,大大超过 1500 的临界值,故在大量使用钾肥时就应注意配合施用硼肥以协调植株体内养分之平衡。潮土上随施钾量的增加而使 Ca/B 值逐渐下降,在高钾(K<sub>3</sub>、K<sub>4</sub>)处理时达到一较低稳定值(表 7)。这主要是由于潮土上硼的有效性较高以及增施钾肥能较大幅度降低烟叶钙含量所致。因此,潮土上增施钾肥便不需要配施硼肥。

表 7 施钾对不同土壤上盆栽烟叶 B 含量 (mg/kg) 及 Ca/B 值的影响<sup>1)</sup>

Table 7 Effects of potassium rates on the B content and values of Ca/B of cured leaf

施钾量 (K <sub>2</sub> O g/kg) K Rate	黄 壤 Yellow soil		红 壤 Red soil		潮 土 Calcareous soil	
	B	Ca/B	B	Ca/B	B	Ca/B
0.0	28.98a <sup>2)</sup>	1832	24.70a	1134	59.67a	1123
0.2	24.66b	1557	22.45a	1345	53.05ab	1023
0.4	21.66bc	1921	23.37a	1301	46.16b	923
0.6	18.11c	1954	22.52a	1217	40.02b	895
0.8	18.82c	2428	18.67b	1414	39.24b	905

1) 中部叶片。

2) 同列中平均数下字母不同表示经邓肯法检验后在 5% 概率水准下有显著差异。

2. 钾肥对烟叶烟碱及氮含量的影响 氮是烟叶中氨基酸及生物碱等有机含氮化合物的组成部分,参与组成蛋白质、酶、叶绿素和磷脂等物质的代谢<sup>[9]</sup>。从表 8 中可知,在黄壤及潮土上施钾能显著减少烟叶含氮量,增施钾肥也使红壤上烟叶含氮量有下降趋势。烟草体内含氮量高低与烟叶燃烧性,及吃味密切有关。一般认为烟草体内氮素含量的合理降低有利于改善品质和烘烤性能提高烟草质量。由于各处理间干物质产量并无显著差异,故试验中烟叶氮的减少并不是由于产量增加的稀释效应造成的,可能是由于施钾抑制了烟株对肥料中 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 的吸收,使烟草吸氮量减少。

烟碱是吸烟时对生理刺激的主要来源,许多报告认为在一定范围内烟叶烟碱含量与



表 8 施钾对不同土壤上盆栽烟叶氮和烟碱含量(%)的影响<sup>1)</sup>

Table 8 Effects of potassium rates on the N and nicotine contents of cured leaf

施钾量 (K <sub>2</sub> O g/kg) K Rate	黄 壤 Yellow soil		红 壤 Red soil		潮 土 Calcareous soil	
	氮 Nitrogen	烟碱 Nicotine	氮 Nitrogen	烟碱 Nicotine	氮 Nitrogen	烟碱 Nicotine
0.0	3.45a <sup>2)</sup>	4.86a	3.00N.S.	4.28N.S.	2.75a	4.47a
0.2	3.35a	3.65ab	2.78	3.62	2.69ab	4.15ab
0.4	2.57b	3.94b	2.93	3.68	2.44ab	4.39ab
0.6	2.85b	3.46b	2.65	3.87	2.26b	3.32b
0.8	2.52b	2.92b	2.80	2.91	2.12b	2.48b

1) 上部叶片。

2) 同列中平均数后不同字母表示经邓肯法检验后在 5% 概率水准有显著差异。

施氮量呈显著正相关<sup>[7,13,14]</sup>。本试验结果表明施钾能降低烟叶中烟碱含量,但是碱/氮值却没有随施钾量增加而下降的趋势,所以烟碱的降低可能是吸氮降低的结果。

### 三、结 论

通过本研究我们初步得出如下结论:

(1) 缺钾时,烟叶中上部叶片首先表现出缺钾症状。此时钾在烟株体内浓度分布规律是上部叶片高于中下部叶片。

(2) 中部叶片含钾量达到或超过 2.4% 钾在烟株各器官中的分配趋向一稳定值。针对不同土壤的供钾特性施用适宜的钾肥量可使烟叶含钾量达到或超过这一临界值。

(3) 施钾可协调烟叶内化学成分,从而改善烟叶燃烧性和吃味,提高烟叶品质。

钾素分配临界值的提出提供了一个较为明确区分烤烟生理缺钾(包括潜在性生理缺钾)与供钾充足的方法,同时也指出了在烟叶生产中进一步提高含钾量的努力方向,但该临界值形成的生理基础及意义尚需进一步研究,同时还需在生产中检验。另外,我国北方烟区石灰性土壤,存在着潜在性缺锰的问题,南方烟区酸性土壤随着施钾量的不断增加烟草缺硼的问题也将日益严重,因此,烤烟微量元素营养的研究也将成为人们今后烟草营养研究的重点。

### 参 考 文 献

1. 中国农业科学院烟草研究所主编,1987: 中国烟草栽培学。上海科技出版社。
2. 史瑞和,1987: 植物营养原理。江苏科技出版社。
3. 刘大义等,1981: 烤烟的钾素营养研究。植物生理学通讯,第 2 期,29—33 页。
4. 刘铮,1991: 微量元素的农业化学。108—141 页,农业出版社。
5. 苏寅生,1985: 酸碱度和供钾量对烟草生长和叶内成分的影响。中国烟草,第 4 期,23—29 页。
6. 曹志洪等,1990: 我国烟叶含钾情况及其与植烟土壤环境条件的关系。中国烟草,第 1 期,1—6 页。
7. 曹志洪,1991: 优质烤烟生产的土壤与施肥。江苏科技出版社。
8. 裘宗海等,1990: 氮钾对烤烟营养吸收规律及产量影响的研究。土壤通报,第 2 期,65—90 页。
9. 韩锦峰,1986: 烟草栽培生理。农业出版社。
10. 马斯纳 H.(曹一平、陆景陵等译),1991: 高等植物的矿质营养。155—162 页,北京农业大学出版社。

11. Alteinson, W. O., L. A. Link, and C. E. Bortner, 1962: Effects of potassium fertilizers on yield value and chemical composition of burley tobacco. *Tob. Sci.*, 6:110—113.
12. Chouteau, J. and D. Fauconnier, 1988: Fertilizing for High Quality and Yield Tobacco. IPI Bulletin 11. International Potash Institute. Bern, Switzerland.
13. Evanylo, G. K. and J. L. Sims, 1987: Nitrogen and potassium fertilization effects yield and quality of burley tobacco. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51:1536—1540.
14. Hawks, Jr. S. N., W. K. Collins, 1983: Principles of flue-cured tobacco production. N. N. State University.
15. Glass, A. D. M., 1989: Plant nutrition-An introduction to current concepts. Jones and Bartlett Publishers, Boston/Portola Valley.
16. Jones, H. E. and G. D. Scarseth, 1944: The calcium-boron balance in plants as related to boron needs. *Soil Sci.* 57, 15.
17. Leggett, J. E., et al. 1977: Potassium and magnesium nutrition effects on yield and chemical composition of burley tobacco leaves and smoke. *Can. J. Plant Sci.* 57:159—166.
18. Myhre, D. L. et al. 1956: Chlorine and other constituents in relation to tobacco leaf-burn. *Soil Sci. Soc. Amer. Pro.* 20(4):547—551.
19. Pettison, L. A., S. G. Dolar, and G. Chesters, 1969: Effects of N, P, and K fertiliation on the mineral composition of tobacco. *Soil Sci. Am. Proc.* 33:560—563.
20. Sims, J. L., 1985: Potassium nutrition of tobacco. In: Potassium in Agriculture. R. D. Munson Ed. 1023—1043 ASA—CSSA—SSA Publ. Madison Wisc. USA, 1985.
21. Scherer, H. W., and C. T. MacKown, 1987: Dry matter accumulation, N uptake, and chemical composition of tobacco grown with different N sources at two levels of K. *Journal of Plant Nutrition.* 10(1):1—14.
22. Stephenson, M. G. et al, 1987: Manganese and soil pH effects on yield and quality of tobacco. *Tob. Sci.* 31:109—113.

# EFFECTS OF POTASSIUM STATUS OF THREE TOBACCO PLANTING SOILS ON POTASSIUM NUTRITION AND CONTENTS OF OTHER ELEMENTS IN FLUE-CURED TOBACCO

Zhang Xin and Cao Zhihong

(*Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing, 210008*)

## Summary

This paper deals with the effects of the rates of potassium fertilizer application and the potassium status of three typical tobacco planting soils on the K contents of flue-cured tobacco organs, K distribution, and secondary and trace element contents of cured leaves. The results indicated that K content in cured leaves increased with the potassium rate, which could be fitted by equations. When tobacco was supplied with sufficient potassium fertilizer, the order of K content on plant organs was bud > leaf > stem > root, and on different leaf positions was lower > middle > upper; but in K deficient condition the leaf K content in upper position was higher than that in middle and lower.

The percentages of K distribution in tobacco organs were in the sequence leaf > stem > root > bud. When K content in middle leaf was upper to 2.4% or more, the distribution tended to be balanced and the percentage tended to a constant, being 60%, 20%, 15% and 5% in leaf, stem, root, and bud, respectively. So, 2.4% of K content in middle leaf could be taken as the Critical Value for Balanced Distribution of Potassium under the experimental conditions. The Critical Value gives a new idea to improving the potassium nutrition of tobacco.

Potassium application made the chemical components of tobacco be distributed in a more reasonable proportion. For tobacco planted on calcareous soils K application could not only increase K content of leaf but also reduce the content of Ca, Mg and ash. Therefore, it could increase the ratios of K/Ca and K/(Ca + Mg) and make the nitrogen and nicotine content more suitable, thus improving the taste and aroma characteristics of cured leaf. Potassium application had little effect on the contents of Cu, Zn, Fe and Mn, but reduced B content in cured leaf. For red soils and yellow earths where B deficiency is common, it is suggested that when a large quantity of K fertilizer was applied suitable B should be added to avoid the K-induced B deficiency.

**Key words** K status, K application, Flue-cured tobacco, Plant K distribution, Trace elements