

# 红壤性水稻土上钾肥运筹对烤烟产量和品质的影响<sup>①</sup>

钟晓兰<sup>1</sup>, 张德远<sup>2,3\*</sup>, 何宽信<sup>3</sup>, 李立新<sup>3</sup>, 程小强<sup>4</sup>

(1 南京大学城市与资源学系, 南京 210093; 2 江西农业大学国土学院, 南昌 330045;

3 江西省烟叶科学研究所, 南昌 330045; 4 江西省峡江县烟草专卖局, 江西峡江 331400)

**摘要:** 利用田间小区试验研究了南方红壤性水稻土上 K 肥用量及基追肥比例对烤烟的施用效果。试验结果表明: 相同追肥比例下, 烟叶产量、产值为施 K ( $K_2O$ ) 量 270 kg/hm<sup>2</sup> 最高, 315 kg/hm<sup>2</sup> 最低; 总 N 和烟碱含量随 K 肥用量增加而极显著减少 ( $r = -0.99^{***}$ ,  $r = -0.97^{***}$ ,  $P < 0.001$ )。相同 K 肥用量下, 烟叶产量基追肥比 3:7 最高, 5:5 最低; 上等烟比例、均价、产值、烟叶含 K 量随追肥比例增加而显著提高。因此, 在速效 K 含量为 130 mg/kg 的红壤性水稻土上, 选择适当的 K 肥用量, 增加追肥比例, 能更好发挥 K 肥的施用效果, 提高烟叶含 K 量, 改善烟叶品质。本试验以施 K 量 270 kg/hm<sup>2</sup>, 基追肥比例 3:7 为最优组合。

**关键词:** 红壤性水稻土; 烤烟; 钾肥运筹; 钾肥用量; 基追肥比例

**中图分类号:** S147.2; S158.3; S572

烟叶含 K 量高是评价优质烟叶的一个重要指标<sup>[1]</sup>, 而含 K 量较低是我国烟叶质量较差的主要原因之一<sup>[2-4]</sup>, 如何提高烟叶含 K 量已成为改善我国烟叶品质的关键。

由第四纪红色黏土经过长期水耕发育而成的红壤性水稻土, 是我国南方烤烟栽培的主要土壤类型之一<sup>[1]</sup>。其黏土矿物主要为高岭石和三水铝矿, 云母类矿物很少, 土壤供 K 潜力较低, 保 K 能力很差<sup>[1,5-6]</sup>。我国南方烤烟传统施 K 方式主要是 K 肥集中一次性施用(基肥)或以基肥为主, 栽后 15 天左右施用少量追肥, 烤烟生育中后期根本不施 K 肥<sup>[7]</sup>。这种在较短时间内集中施 K 的方式极易导致 K 素的淋失和固定<sup>[8]</sup>。已有研究表明, 烤烟在生育后期吸 K 量较大<sup>[9-12]</sup>, 增加 K 肥追肥比例和次数, 延长 K 肥追肥施用时期可能是提高我国烤烟产量和品质的重要优化调控技术。由此可见, 根据特定气候条件和土壤类型, 结合烤烟生长发育特点, 研究合理运筹 K 肥来提高烤烟产量和品质十分重要。

目前, 我国烟草 K 素研究多集中在不同气候土壤条件下适宜施 K 量方面<sup>[13-16]</sup>, 关于烤烟 K 肥

追肥时期和追肥次数也有些报道<sup>[17-19]</sup>, 但 K 肥用量与基追肥比例的合理搭配问题报道很少, 而有关南方红壤性水稻土上 K 肥运筹对烤烟生长发育及其产量品质的综合影响则未见报道。本文针对南方气候和红壤性水稻土的特点, 研究了不同 K 肥用量与基追肥比例对烤烟产量、品质的影响, 以期建立红壤生态区烤烟 K 素的优化调控技术及为烟叶产量和品质的提高提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验设计

试验于 2002 年在江西农业大学农学实验站进行。试验土壤为第四纪红色黏土发育的水稻土, 排水良好, 历年烟稻轮作, 主要理化性质为: pH 5.98, 有机质 39.2 g/kg, 全 N 1.97 g/kg, 碱解 N 125.44 mg/kg, 速效 P 11.8 mg/kg, 速效 K 130 mg/kg。试验在施纯 N 150 kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150 kg/hm<sup>2</sup> 的基础上, 设 K 肥施用 A 和 B 两个因素。其中, A 为施 K 量(以 K<sub>2</sub>O 计, 下同), 分 A<sub>1</sub> 225 kg/hm<sup>2</sup>、A<sub>2</sub> 270 kg/hm<sup>2</sup>、A<sub>3</sub> 315 kg/hm<sup>2</sup> 3 个水平; B 为 K 肥基追肥比例, 分 3 个水平: B<sub>1</sub> 3:7、B<sub>2</sub> 5:5、B<sub>3</sub> 7:3, 交叉

<sup>①</sup>基金项目: 全国烟草平衡施肥技术试验与推广项目子课题(国烟科 2000558) 和江西省烟叶科学研究所研究项目共同资助。

\* 通讯作者

作者简介: 钟晓兰(1978—), 女, 江西吉安人, 博士研究生, 主要从事土壤资源和土壤环境质量方面的研究。E-mail: zxlju@163.com

构成 9 个处理组合, 即  $A_1B_1$ 、 $A_1B_2$ 、 $A_1B_3$ 、 $A_2B_1$ 、 $A_2B_2$ 、 $A_2B_3$ 、 $A_3B_1$ 、 $A_3B_2$ 、 $A_3B_3$ 。试区随机排列, 3 次重复, 共 27 个小区。小区面积  $24.87 \text{ m}^2$ , 行距  $1.2 \text{ m}$ , 株距  $0.5 \text{ m}$ 。试验田四周设保护行。烤烟采用漂浮育苗, 单行高畦栽培。供试烤烟品种为  $K_{326}$ , 供试肥料为硫酸铵、硝酸钠、磷酸二铵、硫酸钾。不施有机肥, P 素全作基肥, N 肥 60% 作基肥, 40% 为追肥。K 肥基追肥比例按设计方案实施。基肥用磷酸二铵、硫酸铵和硫酸钾, 在烟苗移栽前 7 天开沟条施, 沟深  $18 \text{ cm}$ 。追肥用硝酸钠、硫酸钾, 于移栽后第 12 天、35 天穴施。硝酸钠每次用量依次为追肥总量的 62.5%、37.5%, 硫酸钾用量为追肥总量的 60%、40%。

## 1.2 制样与分析

烟株打顶后, 每小区选择长势基本一致有代表性的烤烟 15 株调查生物学性状, 采收前调查单株有效叶数、单叶最大叶面积; 每次采收后测量叶片长和宽, 采收结束测量株高、茎围和节距。经济学性状是分小区采收、烘烤分级、计产后, 测算单叶重、上等烟、中等烟比例、均价和产值。

烟叶成熟时分小区烘烤分级, 将相同处理的各小区的中部桔黄三级烟叶 ( $C_3F$ ) 混合, 烘干, 粉碎, 过筛, 四分, 制成化学成分分析样。

烟叶化学分析方法<sup>[20]</sup>: 全 N: 扩散法; 全 P: 钒钼黄比色法; 全 K: 火焰光度法; 全 Ca、全 Mg: 原子吸收光度法; 烟碱: 行业标准法 YC/T34-1996; 还原糖: 酒精浸提-费林试剂滴定法。

土壤理化分析方法<sup>[20]</sup>: 全 N: 凯氏法; 速效 P: 钼锑抗比色法; 速效 K: 火焰光度计法; pH 值: 电位法; 有机质: 丘林法; 碱解 N: 碱解扩散法。

统计分析分析方法: 不同施钾量处理间以及基追肥比例处理间利用 SPSS12.0 软件进行方差分析 (ANOVA), 差异显著性水平 ( $P < 0.05$ ) 通过最小显著差数法 (LSD) 进行检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 K 肥用量和基追肥比例对烤烟生物学性状的影响

2.1.1 不同处理组合烤烟的生物学性状 由表 1 可知, 不同施 K 量和基追肥比例对烤烟的株高、茎围、节距及单株有效叶数的影响较大, 部分处理间差异达显著水平; 单叶面积和单叶重各处理间差异不显著。各施 K 处理烤烟株高以  $A_2B_1$  和  $A_1B_1$  处理最高, 比其他处理平均高  $2.1 \sim 4.9 \text{ cm}$ ; 单株有效叶数以  $A_2B_1$  最多, 比其他处理多了近 1 片烟叶; 茎围和节距以  $A_1B_1$  和  $A_2B_1$  最高; 尽管各处理间单叶面积和单叶重统计上差异不显著, 但均以  $A_2B_1$  处理较高, 分别比最低处理增加了 12.4% 和 7.9%。从总体上看,  $A_2B_1$  组合最有利于烟株生长发育, 改善生物学性状, 其次为  $A_1B_1$ , 再次为  $A_3B_1$ 。由此可见, 在红壤性水稻土上栽培烟草, 选择适当的 K 肥用量, 加大追肥比例, 更有利于烟株生物学性状的改善。

表 1 不同处理组合烤烟的生物学性状

Table 1 Biological properties of flue-cured tobacco in different treatments

处理组合	株高 (cm)	茎围 (cm)	节距 (cm)	单株有效叶	单叶面积	单叶重 (g)
$A_1B_1$	69.04 ab	8.29a	3.38a	17.06ab	620.3a	6.33a
$A_1B_2$	66.96abc	7.61b	3.20ab	16.94ab	535.7a	6.10a
$A_1B_3$	66.44 bc	7.71ab	3.26ab	16.78ab	569.6a	6.47a
$A_2B_1$	70.06 a	8.13ab	3.32ab	17.89 a	611.5a	6.49a
$A_2B_2$	66.31 bc	7.95ab	3.21ab	16.58ab	562.9a	6.33a
$A_2B_3$	66.83abc	7.81ab	3.25ab	17.03ab	598.6a	6.38a
$A_3B_1$	66.93abc	8.04ab	3.30ab	16.53ab	567.1a	6.33a
$A_3B_2$	65.14 c	7.73ab	3.18ab	16.39 b	543.8a	6.07a
$A_3B_3$	65.36 c	7.60b	3.15b	17.03ab	562.5a	5.98a

注: 同列小写字母表示不同处理组间的差异显著性水平,  $P < 0.05$ 。

2.1.2 各因素对烤烟生物学性状的效应 从表 2 可知, 不同 K 肥用量间, 烟株节距随 K 肥用量

增加而递减; 株高等其他生物学性状均为  $A_2 > A_1 > A_3$ , 差异达显著水平。从变化趋势来看, 施 K 肥

270 kg/hm<sup>2</sup> 能促进烟株生长发育, 改善烟株生物学性状, 而施 K 肥 315 kg/hm<sup>2</sup> 时, 对烟株生物学性状呈负面作用。

不同基追肥比例间, 烟株生物学性状差异较大。茎围表现为随追肥比例增加而增粗; 其他生物学性状均为 B<sub>1</sub>>B<sub>3</sub>>B<sub>2</sub>, 其中, 株高和茎围的差异达显著水平。从总体上看, 生物学性状均以基追肥比例 3:7 表现最佳。

从各因素烤烟生物学性状的极差 R 值可知, 对烤烟株高、茎围、节距和单叶面积的影响程度为 B>A, 对单株有效叶和单叶重的影响则是 A>B。表明, 追肥比例对株型的影响更大, 而 K 肥用量更有利于产量的形成。

统计分析结果表明, K 肥用量和基追肥比例两因素间对烤烟各生物学性状的交互作用均很小 (P>0.05), 因此, 可以不考虑两者的交互效应。

## 2.2 K 肥用量和基追肥比例对烤烟产量的影响

### 2.2.1 不同处理组合的烟叶产量

烟叶产量 A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> 处理最高, A<sub>3</sub>B<sub>2</sub> 处理最低, 处理间差异未达显著水平 (表3)。由图 1 可知, 烟叶产量与单叶重、单叶面积呈显著正相关 (r=0.89<sup>\*\*</sup>, P<0.01; r=0.77<sup>\*</sup>, P<0.05)。虽然产量与单株有效叶数无明显相关 (P>0.05), 但产量仍有随单株有效叶数增加而提高的趋势。表明要提高烟叶产量, 应在保证一定数量的有效叶片的同时, 关注烟叶叶面积的扩大和单叶重的增加。

表 2 不同因素水平烤烟的生物学性状比较

Table 2 Biological properties of flue-cured tobacco different in factor level

因素水平	株高 (cm)	茎围 (cm)	节距 (cm)	单株有效叶 (片)	单叶面积 (cm <sup>2</sup> )	单叶重 (g)
A <sub>1</sub>	67.48ab	7.87a	3.28a	16.91a	575.2a	6.30a
A <sub>2</sub>	67.73a	7.96a	3.26a	17.17a	591.0a	6.40a
A <sub>3</sub>	65.81b	7.79a	3.21a	16.65a	557.8a	6.12a
R	1.67	0.17	0.07	0.52	33.15	0.28
B <sub>1</sub>	68.68a	8.15a	3.33a	17.14a	599.6a	6.38a
B <sub>2</sub>	66.13b	7.73b	3.20a	16.64a	547.5a	6.17a
B <sub>3</sub>	66.21b	7.70b	3.22a	16.94a	576.9a	6.27a
R	2.55	0.45	0.13	0.20	52.18	0.21
A·B	ns	ns	ns	ns	ns	ns

注: 同列小写字母表示不同处理组间的差异显著性水平, P<0.05; R 表示极差, ns 表示因素 A 和因素 B 之间没有交互作用, 下同。

表 3 不同处理组合烤烟的主要经济性状

Table 3 Major economic characters of flue-cured tobacco of each treatment

处理组合	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	产值 (元/hm <sup>2</sup> )	上等烟 (%)	均价 (元/kg)
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	1691.70a	11983.50a	14.68ab	7.04a
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	1623.90a	11629.20a	16.61a	7.16a
A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	1704.45a	11163.30a	8.14b	6.51a
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	1708.35a	12214.65a	14.22ab	7.15a
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	1645.95a	11422.65a	11.04ab	6.92a
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	1706.55a	11403.45a	8.67b	6.68a
A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	1643.70a	11555.25a	13.06ab	7.03a
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	1561.20a	10596.75a	11.96ab	6.79a
A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	1597.75a	11051.70a	9.96b	6.92a

### 2.2.2 各因素对烤烟烟叶产量的效应

由表 4 可知, K 肥用量对烟叶产量的效应为 A<sub>2</sub>>A<sub>1</sub>>A<sub>3</sub>, 各水平间差异未达显著水平。施 K 量和烟叶产量的关系与其对单株有效叶数和单叶重的效应相吻合, 这进一步说明单株有效叶数和单叶重是形成烤烟产

量的重要因素。

不同基追肥比例间烟叶产量排序为 B<sub>1</sub>>B<sub>3</sub>>B<sub>2</sub>, 各因素水平间差异不显著。

从各因素烟叶产量的极差 R 值可知, K 肥用量对烟叶产量的效应大于基追肥比例的效应; 统计

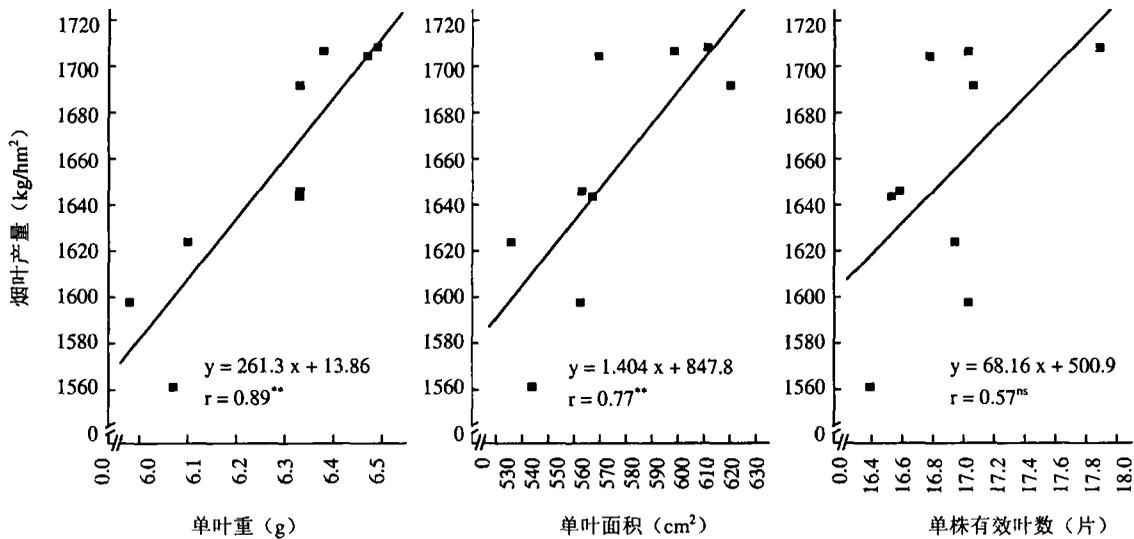


图 1 单叶重、单叶面积及单株有效叶数与烟叶产量的相关关系

Fig. 1 Yield of flue-cured tobacco leaves in relation to leaf weight, leaf area, and number of effective leaves

表 4 不同因素水平烤烟的经济性状比较

Table 4 Economic characters of flue-cured tobacco different in factor level

因素水平	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	产值 (元/hm <sup>2</sup> )	上等烟比例 (%)	均价 (元/kg)
A <sub>1</sub>	1673.35a	11592.00a	13.14a	6.90a
A <sub>2</sub>	1686.25a	11680.25a	11.31a	6.92a
A <sub>3</sub>	1600.88a	11067.90a	11.66a	6.91a
R	85.37	612.35	1.48	0.02
B <sub>1</sub>	1681.25a	11917.80a	13.99a	7.08a
B <sub>2</sub>	1610.35a	11216.20a	13.20a	6.95a
B <sub>3</sub>	1669.58a	11206.15a	8.93b	6.70a
R	70.90	711.65	5.09	0.37
A*B	ns	ns	ns	ns

结果表明, K 肥用量和基追肥比例对烟叶产量的交互作用很小 ( $P > 0.05$ )。

### 2.3 K 肥用量和基追肥比例对上等烟比例、均价和产值的影响

2.3.1 不同处理组合上等烟比例、均价和产值  
各处理上等烟比例在 8.14% ~ 16.61% 之间, 以 A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> 处理最高, A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>、A<sub>2</sub>B<sub>3</sub> 和 A<sub>1</sub>B<sub>3</sub> 处理最低, 其差异达显著水平 (表3)。烟叶均价为 6.51 ~ 7.16 元/kg, 其中 A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>、A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> 处理分别达到 7.16 元/kg 和 7.15 元/kg, 与最低均价相比, 增幅达 9.08%; 烟叶产值 A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> 处理最高, 比最低产值高出 1617.90 元/hm<sup>2</sup>, 增幅达 15.27%, 均价和产值各处理间差异均未达显著水平 (表3)。

#### 2.3.2 各因素对烤烟上等烟比例、均价和产值的效

应 不同 K 肥用量间, 上等烟比例的排序为 A<sub>1</sub> > A<sub>3</sub> > A<sub>2</sub>; 产值为 A<sub>2</sub> > A<sub>1</sub> > A<sub>3</sub>, 与烟叶产量变化趋势一致; 均价差异很小, 基本持平。经方差分析, 上述性状差异均不显著。

不同基追肥比例间, 上等烟比例、均价和产值均随追肥比例的增大而显著递增 ( $r_{\text{上等烟}} = 0.93^{**}$ ,  $P < 0.01$ ;  $r_{\text{均价}} = 0.98^{***}$ ,  $P < 0.001$ ;  $r_{\text{产值}} = 0.87^*$ ,  $P < 0.05$ ), 其中, 基追肥比例 3:7 和 5:5 的处理上等烟比例较基肥追肥比例 7:3 增幅分别达 56.66% 和 47.82%, 差异达显著水平。

从各因素烤烟经济性状的极差 R 值来看, 基追肥比例对上等烟比例、均价和产值的影响程度均大于 K 肥用量, 表明增加 K 肥追肥比例对改善烟叶外观品质和提高经济价值有良好的效果。统计结

果表明, K 肥用量和基追肥比例对上述各经济性状的交互作用均很小 ( $P>0.05$ )。

## 2.4 K 肥用量和基追肥比例对烟叶化学成分的影响

### 2.4.1 不同处理组合烟叶的化学成分

烟叶化学成分是决定其品质的内在因素, 对烟叶外观品质、抽吸品质有重要影响。一般认为, 优质烟叶的化学成分含量, 还原糖 160 ~ 180 g/kg; 总 N 15 ~ 30 g/kg; 烟碱 15 ~ 35 g/kg, 以 25 g/kg 最佳; K 30 g/kg

以上; 氮碱比等于 1 或稍小于 1; 糖碱比 8 ~ 10, 以 10 为宜<sup>[21]</sup>。

本试验中各处理烟叶化学成分差异较小 (表 5), 原因可能是分析烟样为同一等级 C<sub>3</sub>F。按上述优质烟要求, 各处理总 N 和氮碱比稍有偏低, 还原糖和糖碱比稍有偏高, 但从总体上看, 均在适宜的范围内。从烟叶含 K 量作为烟叶品质的评价指标来看, A<sub>2</sub>B<sub>1</sub> 处理最佳, 但从还原糖、总 N、烟碱和糖碱比等综合指标考查来看, A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> 处理最佳。

表 5 不同处理组合烟叶的化学成分 (C<sub>3</sub>F)

Table 5 Chemical composition (C<sub>3</sub>F) of tobacco leaves in different treatments

处理组合	还原糖 (g/kg)	总 N (g/kg)	烟碱 (g/kg)	全 K (K <sub>2</sub> O, g/kg)	糖碱比	氮碱比
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	206.6	14.2	19.0	29.4	10.87	0.75
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	225.0	13.6	17.8	28.8	12.64	0.77
A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	198.0	14.0	18.3	28.5	10.82	0.77
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	214.3	13.2	17.8	31.8	12.03	0.74
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	216.4	12.1	16.3	28.9	13.28	0.74
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	207.8	14.6	18.9	27.2	10.99	0.77
A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	210.1	12.3	17.4	29.6	12.07	0.71
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	214.8	12.9	17.4	28.3	12.49	0.74
A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	210.0	13.3	17.5	27.8	12.00	0.76

### 2.4.2 各因素对烤烟烟叶化学成分的效应

从 K 肥用量来看, 烟叶还原糖和 K 的含量均是 A<sub>2</sub> 最高 (表 6)。总 N 和烟碱含量随 K 肥用量增加而显著降低, 各水平间表现为极显著负相关 ( $r = -0.999^{***}$ ,  $-0.974^{***}$ ;  $P<0.001$ ), 这说明 K 和 N 间存在拮抗效应。因此应该合理调节 K 肥和 N 肥的用量比例, 这对提高烟叶产量和品质具有十分重要的意义。顾也萍等<sup>[14]</sup>、马友华等<sup>[22]</sup>及张晓林等<sup>[23]</sup>也有相同的结果。

不同基追肥比例之间, 烟叶含 K 量随追肥比例增大而升高, 呈极显著的正相关 ( $r = 0.999^{***}$ ,  $P<$

0.001), 可见追肥比例的增加是提高烟叶含 K 量的有效方法。

从各因素烟叶化学成分的极差 R 值来看 (表 6), K 肥用量对烟叶总 N 和烟碱含量的效应大于 K 肥基追肥比例, 而基追肥比例对还原糖、K 含量以及糖碱比的影响要大于施 K 量。

## 3 讨论

从 K 肥用量施用效果看, 本试验施 K 270 kg/hm<sup>2</sup> 能使烟株生物学性状和经济学性状改善, 烟叶产量增加, 品质提高, 含 K 量增加; 而施 K 315

表 6 不同因素水平烟叶的化学成分比较 (C<sub>3</sub>F)

Table 6 Chemical composition (C<sub>3</sub>F) tobacco leaves different in factor level

因素水平	还原糖 (g/kg)	总 N (g/kg)	烟碱 (g/kg)	全 K (K <sub>2</sub> O, g/kg)	糖碱比	氮碱比
A <sub>1</sub>	209.9	13.9	18.4	28.9	11.46	0.75
A <sub>2</sub>	212.8	13.3	17.7	29.3	12.19	0.74
A <sub>3</sub>	211.6	12.8	17.4	28.5	12.19	0.74
R	2.9	1.1	1.0	0.8	0.73	0.01
B <sub>1</sub>	210.3	13.2	18.1	30.2	11.66	0.73
B <sub>2</sub>	218.7	12.9	17.2	28.7	12.98	0.75
B <sub>3</sub>	205.3	14.0	18.2	27.0	11.27	0.75
R	13.4	1.1	1.0	3.7	1.32	0.02

kg/hm<sup>2</sup> 时, 烟株生长发育、产量、品质和烟叶含 K 量均呈负面效应(表2、4 和 6)。产生这一现象的原因可能是适当地增施 K 肥可促进烤烟叶面积和生物量的增加及营养物质的吸收, 有助于烤烟产量和品质的提高; 而高量施 K 后, 土壤中 K<sup>+</sup> 浓度升高, 与 N、Ca、Mg 等营养元素间易产生拮抗效应, 从而影响烟株对这些营养元素的吸收, 导致烟叶生长和养分累积受限, 进而降低了烟叶的产量和品质。胡国松等<sup>[24]</sup>在新沂(土壤速效 K 150 mg/kg)和河南内乡(土壤速效 K 203 mg/kg)的试验研究也有相同的结果。

从 K 肥基追肥比例对烤烟的影响看, 70% 追肥比例处理能改善烟株的生物学性状(表1、2), 提高烟叶产量(表3、4), 改善烟叶的品质和提高经济价值(表3、4、5); 烟叶含 K 量随追肥比例增大而极显著升高(表 6)。这主要是由于: ①生育前期烟株需 K 不多, 而此时南方降雨较多, 加上红壤性水稻土本身保 K 能力很弱, 在烤烟生育前期施入大量的 K 肥易使土壤中的 K 素随水淋失, 而到了烤烟的吸 K 高峰期土壤 K 素供应强度却不足, 导致烤烟缺 K 或潜在性缺 K, 影响烟叶的产量和品质; 而增加追肥比例可以减少 K 素的淋失, 有利于满足烤烟生育后期对 K 素的需求。②烤烟生育中、后期, 烤烟需 K 量较大, 但此时降雨量逐渐减少且以集中降雨为主, 雨后长时间干旱频繁发生<sup>[25]</sup>。暴雨容易造成土壤 K 素淋失<sup>[26]</sup>, 其淋失率可达 20% 以上<sup>[27]</sup>, 而干旱又会增加 K 的固定, 并且田间气温逐渐升高, 土壤水分因蒸腾作用损失很大, 根部土壤缺水现象频繁发生, 土壤 K<sup>+</sup> 的有效性降低, 此时施 K 不足, 则极易产生土壤供 K 能力变弱与烟株需 K 量增加的矛盾, 而增加 K 肥追肥比例提高了土壤中 K<sup>+</sup> 的溶度, 明显有利于缓解这一矛盾的发生。因此, 加大 K 肥追肥用量有利于烤烟产量和品质的提高; 另外, 保证适当的土壤含水量, 充分发挥土壤 K<sup>+</sup> 有效性可能也是一种提高烤烟产量和品质的有效方法。

K 肥用量对单株有效叶、单叶重、产量、烟叶含 N 量和烟碱含量的效应大于基追肥比例, 而 K 肥基追肥比例对产值、均价、上等烟比例和烟叶含 K 量等品质的效应大于 K 肥用量的研究结果说明: 增加 K 肥用量有利于产量的形成, 而提高追肥比例则有利于品质的提高。这表明, 在满足烤烟正常生长发育所需的 K 肥用量条件下, 增加 K 肥

追肥比例可能是充分发挥 K 肥施用效果, 提高烟叶产量和品质的可靠途径。

以上讨论结果表明, 南方传统施 K 模式明显不利于烤烟生长和 K 肥利用。综合来看, 南方红壤性水稻土上栽培烟草, 应根据烤烟生长发育特点和土壤、气候条件, 确定适宜的施 K 量, 增加 K 肥追肥比例, 合理改变追肥时期, 同时注意干早期适时灌溉以保证土壤速效 K 的溶解度和活性、充分发挥 K 肥肥效, 这可能是增加烟叶产量、提高烟叶含 K 量 and 经济效益的最优化的调控技术。

#### 参考文献:

- [1] 谢建昌主编. 钾与中国农业. 南京: 河海大学出版社, 2000
- [2] 李登武, 王冬梅, 贺学礼. AM真菌对烤烟钾素吸收的影响. 应用生态学报, 2003, 14 (10): 1719-1722
- [3] 张新, 曹志洪. 钾肥对烤烟体内钾素分配及微量元素含量的影响. 土壤学报, 1994, 31 (1): 50-60
- [4] 黎成厚, 刘元生, 何腾兵, 杨宏敏, 黄立栋, 腾应. 土壤pH与烤烟钾素营养关系的研究. 土壤学报, 1999, 36 (2): 276-283
- [5] 赵其国主编. 江西红壤. 南昌: 江西科学技术出版社, 1988
- [6] 李庆远主编. 中国水稻土. 北京: 科学出版社, 1992
- [7] 郭丽琢, 张福锁. 不同时期的钾素营养对烤烟含钾量及其它品质指标的影响. 农业现代化研究, 2003, 24 (4): 293-295
- [8] Zhou JH, Zhu XL, Wang DM. Effect of fertilizer N forms on physiological metabolism and potassium uptake of flue-cured tobacco. *Pedosphere*. 1997, 7 (2): 177-184
- [9] 刘好宝, 吕作新, 刘彩萍, 孙培呆. 烤烟不同生育期的钾素营养对烟叶产量和含钾量的影响. 中国烟草学报, 1998, 4(1): 60-65
- [10] 李絮花, 杨守祥. 施用钾肥对烤烟叶片中钾素和氮素含量的影响. 中国烟草学报, 2002, 8(3): 17-25
- [11] Patel BK. Influence of potassium application during active growth phase on the yield and quality of bidi tobacco. *Tobacco Research*, 1983, 9 (1): 26-32
- [12] Janardan KV, Natraju SP, Setty MV. Effect of split and application of potassium on yield and quality of flue-cured tobacco. *Tobacco Research*, 1997, 23 (1/2): 1-5
- [13] 周冀衡, 汪邓民, 方晓东, 吕国新, 阳向旭. 不同烤烟

- 品种对钾素响应能力的研究. 土壤, 1998, 30 (5): 247-251
- [14] 顾也萍, 程承士, 冯学钢. 钾肥对皖南红壤烟叶含钾量及烟碱含量的影响. 安徽师大学报 (自然科学版), 1998, 21 (1): 78-81
- [15] 赵久明, 戴建军, 丁伟. 不同施钾水平对烤烟产质量影响的研究. 东北农业大学学报, 1999, 30 (1): 41-43
- [16] 许明祥, 赵允格, 赵伯善. 施钾水平对烟叶含钾量的影响. 西北农业学报, 2000, 9 (4): 67-70
- [17] 王同朝, 刘作新, 高致明, 刘国顺, 陈彦春, 杨建新, 阎红莲. 分期追施钾肥对烤烟生长和品质的影响. 河南农业大学学报, 2002, 36 (4): 348-351
- [18] 黄贵萍, 钱晓刚. 钾肥施用技术与烤烟产量、烟叶含钾量研究. 耕作与栽培, 1999 (2): 39-41
- [19] 罗建新, 萧汉乾, 方红, 周万春, 彭建伟. 钾肥施用量与施用期对烤烟产量和品质的影响. 湖南农业大学学报, 1997, 23 (2): 132-136
- [20] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978
- [21] 瞿天镇, 郭月清. 烟草栽培. 郑州: 河南科学技术出版社, 1995
- [22] 马友华, 何方, 王世济. 安徽凤阳烟区烤烟施钾量与施钾方法的研究. 南京农业大学学报, 1998, 21 (1): 72-76
- [23] 张晓林, 和丽忠, 陈锦玉, 樊永言, 曹槐, 刘世熙, 张晓海, 李金培, 王绍坤. 土壤-烤烟矿质营养元素相互关系的主组分分析. 土壤学报, 2001, 38(2): 193-204
- [24] 胡国松, 郑伟, 王震东. 烤烟营养原理. 北京: 科学出版社, 2000
- [25] 姚贤良. 红壤水问题及其管理. 土壤学报, 1996, 33 (1): 13-20
- [26] 袁东海, 王兆骞, 陈欣. 不同农业系统红壤坡地钾素流失特性. 应用生态学报, 2003, 14 (8): 1257-1260
- [27] 熊德中, 刘淑欣, 唐莉娜, 李春英, 吴正举. 福建烟区土壤氮磷钾的吸附固定特性及淋失状况的研究. 中国烟草学报, 1997, 3 (3): 71-75

## Effects of Potassium Application on the Yield and Quality of Flue-Cured Tobacco in the Red Paddy Soil

ZHONG Xiao-lan<sup>1</sup>, ZHANG De-yuan<sup>2,3</sup>, HE Kuan-xin<sup>3</sup>, LI Li-xin<sup>3</sup>, CHENG Xiao-qiang<sup>4</sup>

(1 Department of Urban and Resources Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China;

2 College of Land, Resources, and Environment of Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China;

3 Institute of Tobacco Leaf Science of Jiangxi Province, Nanchang 330045, China;

4 Tobacco Monopolization Agency of Xiajiang City, Xiajiang, Jiangxi 331400, China)

**Abstract:** A field trial was conducted in red paddy soil to study effects of K application rate and ratio of basal and sidedressings (BS ratio) of the K fertilizer on growth, yield and quality of flue-cured tobacco. Results showed that when the BS ratios were the same K, the yield and production value were the highest with the treatment applied with 270 kg/hm<sup>2</sup> K(K<sub>2</sub>O) in total, and the lowest with the treatment applied with 315 kg/hm<sup>2</sup>; with the rising of K application rate, the contents of total N and nicotine markedly decreased ( $r = -0.99^{***}$ ,  $r = -0.97^{***}$ ,  $P < 0.001$ ). When the K application rates were kept the same, the highest yield of tobacco leaves was obtained in the treatment being 3:7 in BS ratio and the lowest in the treatment being 5:5 in BS ratio. In terms of yield of tobacco leaves, the treatments of BS ratio were in the order of 70% > 30% > 50%, while in terms of proportion of top grade leaves, average price, production value and K content of tobacco leaves were in the order of 70% > 50% > 30%. Therefore, in soils, 130 mg/kg<sup>1</sup> in available K content, keeping a feasible K application rate and increasing the proportion of sidedressing may improve use efficiency of the K fertilizer applied, K content and quality of tobacco leaves as well. In this experiment, the best combination is 270 kg/hm<sup>2</sup> in K application rate and 3:7 in BS ratio.

**Key words:** Red paddy soil, Flue-cured tobacco, K application, K application rate, Basal/sidedressing ratio