

磷钾肥配施对红壤旱地烤烟产量和品质的影响

唐先干², 冯小虎^{1*}, 齐飞¹, 李祖章², 李琰琰¹, 张蕊¹, 王利兵¹, 何宽信³

(1. 江西省烟草公司抚州市公司, 江西 抚州 344000;

2. 国家红壤改良工程技术研究中心, 江西省农业科学院, 江西 南昌 330200;

3. 江西省烟叶科学研究所, 江西 南昌 330045)

摘要: 为了指导江西红壤旱地烤烟合理施用磷钾肥, 以烤烟品种 K326 为试验材料, 在红壤旱地上试验研究磷钾肥配施对烟叶产量和品质的影响。结果表明, 红壤旱地上缺施磷钾肥的烤烟长势较差, 烤烟经济效益偏低, 磷钾肥配施的烤烟, 烟叶长势好, 高量磷钾配施能提升烤烟品质与经济效益。在氮肥用量 142.5 kg/hm² 的情况下, 随着磷钾肥配施比例的增加, 烤烟烟碱与总氮含量呈现降低的趋势, 但烤烟糖碱比、总糖与还原糖呈现增加的趋势。烤烟含硼量与总糖、还原糖呈显著负相关, 与烟碱、总氮呈显著至极显著正相关, 烤烟中含铁量与烟碱呈极显著负相关。在江西红壤旱地烟区, 施用氮 142.5 kg/hm² 的基础上, 高量磷钾肥配施 (N : P₂O₅ : K₂O = 1 : 1.2 : 3.0) 将更有利于烤烟烟碱含量的平衡与产量和品质的提高。

关键词: 红壤; 烤烟; 磷钾配施; 烟碱

中图分类号: S143; S572 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-6257 (2015) 04-0076-06

磷、钾是烟株生长发育所必需的大量营养元素。磷能促进碳水化合物的代谢, 在烤烟体内磷是许多有机化合物的组成成分, 并以各种方式参与生物遗传信息和能量传递, 磷也是促进烤烟生长发育和新陈代谢的必需元素, 缺磷烟株生长迟缓, 成熟延迟, 缺磷烟叶由于细胞发育不良, 叶绿素密度相对过高, 叶色呈暗绿, 烤后无光泽^[1-2]。钾是烟草吸收量最大的营养元素, 钾可以促进烟株光合作用, 提高烟株呼吸效率, 同时参与糖类、脂类和蛋白质的代谢过程^[3-4]。含钾高的烟叶色泽呈深桔黄色, 香气足, 吃味好, 有弹性和韧性, 填充性强, 阴燃持火力和燃烧性好; 施用钾肥可以增强烟株抗旱、抗病虫等抗逆能力^[5], 改善烟气品质, 降低烟气中总微粒物和烟碱含量^[2,6-7]。土壤是烟草生长的重要生态条件之一, 土壤磷钾素的供应状况是影响烤烟品质的重要因子, 红壤是江西省的主要土壤, 故研究红壤旱地烤烟的施肥参数对江西浓香型烟叶的开发意义重大。

本文在江西红壤旱地上, 研究不同磷钾肥配施比例对烟叶产量和品质的影响, 为指导红壤旱地烤烟合理施用磷钾肥, 提高烟叶的产量和品质提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点情况

试验在江西省抚州市烟叶技术中心试验园, 当地属季风气候区, 气候湿润, 雨量充沛, 光热充足, 四季分明, 生长季长。年平均气温在 16.9 ~ 18.2℃ 之间, 最热月 7 月平均气温为 28.8 ~ 29.6℃, 最冷月 1 月平均气温为 4.9 ~ 6.3℃。年平均降水量 1 600 ~ 1 900 mm, 雨季集中在 4 ~ 6 月。年平均日照为 1 582 ~ 1 928 h。本试验所在的烟地是新开垦的红壤旱地, 种植年限为 2 年。试验地土壤基本理化性质见表 1。

1.2 供试品种与育苗方式

供试烤烟品种为 K326, 包衣种漂浮育苗。

1.3 试验设计

试验设 5 个处理, 施氮量为 N 142.5 kg/hm², 处理如下: (1) P₀K_{2.5}, 缺磷处理, N : P₂O₅ : K₂O = 1.0 : 0 : 2.5; (2) P_{1.0}K₀, 缺钾处理, N : P₂O₅ : K₂O = 1.0 : 1.0 : 0; (3) P_{0.8}K_{2.0}, 低量磷钾配施处理, N : P₂O₅ : K₂O = 1.0 : 0.8 : 2.0; (4) P_{1.0}K_{2.5}, 中量磷钾配施处理, N : P₂O₅ : K₂O = 1.0 : 1.0 : 2.5;

收稿日期: 2014-06-17; 最后修订日期: 2014-07-17

基金项目: 江西省烟草公司科技专项 (201101009); 国家科技支撑计划课题 (2011BAD41B01)。

作者简介: 唐先干 (1983-), 男, 江西南昌人, 助理研究员, 硕士, 主要从事土壤调查与烟草栽培研究。E-mail: tangxiangan707@126.com。

通讯作者: 冯小虎, E-mail: fzx196903@163.com。

表 1 试验地土壤基本理化状况 (0~20 cm)

pH 值	有机质	全氮	全磷 (P)	全钾 (K)	碱解氮	有效磷 (P)	速效钾 (K)
	(g/kg)				(mg/kg)		
5.41	14.3	0.91	0.01	9.2	63.0	8.0	120.1
有效钙	有效镁	有效硫	有效硼	有效铜	有效锌	有效铁	有效锰
(mg/kg)							
294.2	65.9	84.9	0.16	1.45	2.17	48.4	160.0

(5) P_{1.2}K_{3.0}, 高量磷钾配施处理, N:P₂O₅:K₂O=1.0:1.2:3.0。小区面积 40 m², 试验处理重复 3 次, 试验田四周设保护行。

试验所施肥料为烟草专用复合肥 (N 10%、P₂O₅ 8%、K₂O 20%)、过磷酸钙 (或钙镁磷肥)、K₂SO₄、KNO₃、有机肥料等。氮素基追肥比例为 6:4, 其中有机氮 20%, 硝态氮 31%; 有机肥和磷肥全作基肥; 全部硝酸钾与部分硫酸钾用于追肥。

烤烟在 2013 年 12 月 4 日播种, 12 月 17 日出苗, 2014 年 3 月 10 日成苗。于 3 月 13 日烟苗达 6 叶 1 心时采用地膜覆盖, 膜下小苗移栽方式移栽。田间管理按照江西省抚州市优质烤烟生产技术规范进行, 同项操作均在同一天内完成。烘烤按照江西省密集烘烤技术规范进行。

1.4 试验记录项目及样品检测

试验记录项目有烟草大田生育期、植物学性状、农艺性状、烤烟外观质量等; 并统计烤后烟叶产量、产值以及上等烟、中等烟比例。

烟叶按烤烟 42 级国标进行分级, 处理 P₀K_{2.5}、P_{1.0}K₀ 烟叶等级取混合样, 磷钾配施处理 (P_{0.8}K_{2.0}、P_{1.0}K_{2.5}、P_{1.2}K_{3.0}) 的烟样取 B2F (上橘二)、C3F (中橘三)、X2F (下橘二) 3 个等级, 其中 B2F 代

表上部叶, C3F 代表中部叶, X2F 代表下部叶, 样品送农业部烟草产业产品质量监督检验测试中心检测还原糖、总糖、烟碱、总氮、总钾 (K₂O)、Cl, 同时送江西省农业科学院绿色食品环境检测中心检测 Ca、Mg、S、B、Cu、Zn、Fe、Mn 含量。

1.5 数据整理

使用 Excel 2010 和 SPSS 11.5 进行数据处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 磷钾配施对烤烟主要生育期的影响

由表 2 可知, 受到不同磷钾配施比例的影响, 各处理的现蕾期中, 磷钾配施处理 (P_{0.8}K_{2.0}、P_{1.0}K_{2.5}、P_{1.2}K_{3.0}) 的烤烟现蕾最早, 为 4 月 30 日, 但缺钾处理 (P_{1.0}K₀) 的烤烟相对磷钾配施处理延迟了现蕾 2 d, 缺磷处理 (P₀K_{2.5}) 的烤烟相对磷钾配施处理延迟了现蕾 4 d, 表明在红壤旱地上不施磷、钾肥会延迟烟株开花。由于缺磷缺钾烤烟的长势差, 打顶也相对延迟了 1 d。一般来说, 缺磷烟株生长迟缓, 矮小瘦弱, 故烤烟成熟延迟^[1-2], 在本试验中缺磷处理烤烟的整个生育期也延长了 3 d。

表 2 不同处理烤烟的主要生育期

处理	移栽期 (月-日)	现蕾期 (月-日)	打顶期 (月-日)	初采期 (月-日)	终采期 (月-日)	大田生育期 (d)
P ₀ K _{2.5}	03-13	05-04	05-18	05-26	07-18	126
P _{1.0} K ₀	03-13	05-02	05-18	05-26	07-15	123
P _{0.8} K _{2.0}	03-13	04-30	05-17	05-26	07-15	123
P _{1.0} K _{2.5}	03-13	04-30	05-17	05-26	07-15	123
P _{1.2} K _{3.0}	03-13	04-30	05-17	05-26	07-15	123

2.2 磷钾配施对烤烟植物学性状的影响

于 5 月 10 日调查烤烟植物学性状, 由表 3 可以看出, 缺磷与缺钾处理 (P₀K_{2.5}、P_{1.0}K₀) 烤烟

的叶色表现为深绿, 茎叶角度为小, 主脉粗细为细, 生长势为中, 田间整齐度为不整齐和较整齐; 磷钾配施的 3 个处理 (P_{0.8}K_{2.0}、P_{1.0}K_{2.5}、P_{1.2}K_{3.0})

叶色正常,为绿色,茎叶角度表现为中,主脉粗细为粗,生长势强,田间生长整齐。说明在红壤旱地上种植烟叶缺施磷钾肥会导致烟株生长发育不良,

而磷钾配施的烟株长势良好,不同磷钾配施处理之间,烟株的植物学性状没有明显差异。

表3 不同处理烤烟的植物学性状

处理	株型	叶形	叶色	茎叶角度	主脉粗细	田间整齐度	生长势
P ₀ K _{2.5}	塔形	椭圆形	深绿	小	细	不整齐	中
P _{1.0} K ₀	塔形	椭圆形	深绿	小	细	较整齐	中
P _{0.8} K _{2.0}	塔形	椭圆形	绿	中	粗	整齐	强
P _{1.0} K _{2.5}	塔形	椭圆形	绿	中	粗	整齐	强
P _{1.2} K _{3.0}	塔形	椭圆形	绿	中	粗	整齐	强

2.3 磷钾配施对烤烟主要农艺性状的影响

5月20日调查烤烟农艺性状,结果如表4所示。缺磷缺钾处理(P₀K_{2.5}、P_{1.0}K₀)烤烟的株高、叶长、叶宽、茎围、节距(除与P_{1.2}K_{3.0}处理未达显著水平)均显著小于磷钾配施处理,缺磷缺钾处理烤烟的株高、叶长、叶宽、茎围与节距仅相当于磷钾配施处理(P_{0.8}K_{2.0}、P_{1.0}K_{2.5}、P_{1.2}K_{3.0})烤烟的7/9、3/4、3/4、5/6与3/5,说明在红壤旱地上缺施磷、钾肥会严重影响烟株正常生长。磷钾配施3处理之间,随着磷钾配施比例的递增烤烟农艺性状没有显著差异。

表4 不同处理烤烟的主要农艺性状

处理	株高	叶长	叶宽	茎围	节距	叶片数 (片)
	(cm)					
P ₀ K _{2.5}	63.7 b	46.8 b	17.4 c	7.5 b	2.3 b	18 a
P _{1.0} K ₀	60.5 b	48.9 b	22.2 b	7.8 b	2.5 b	19 a
P _{0.8} K _{2.0}	81.0 a	66.5 a	27.7 a	9.6 a	4.1 a	19 a
P _{1.0} K _{2.5}	78.7 a	64.2 a	26.3 a	9.2 a	4.1 a	19 a
P _{1.2} K _{3.0}	79.7 a	64.1 a	26.9 a	9.1 a	3.6 ab	19 a

注:同列小写字母不同表示5%显著差异。下同。

2.4 磷钾配施对烤烟经济性状的影响

从烤烟经济性状表5可知,缺钾处理(P_{1.0}K₀)烤烟的产量、产值、上等烟比例和均价都最低,但缺磷处理(P₀K_{2.5})烤烟产量显著高于缺钾处理,同时产值、中上等烟比例与均价都明显高于缺钾处理,说明在红壤旱地上种植烤烟钾肥比磷肥更能影响烤烟的产量和品质。磷钾肥配施3处理烤烟的经济性状指标除中等烟比例外均优于缺磷缺钾处理的烤烟。磷钾肥配施3处理之间随着磷钾配施比例的增加经济性状并没有显著差异,但以高量磷钾配施处理(P_{1.2}K_{3.0})烤烟的产量、产值和均价相对较高,分别为2419.4 kg/hm²、53483元/hm²和22.1元/kg。

表5 不同处理烤烟的经济性状

处理	产量	产值	上等烟	中等烟	均价 (元/kg)
	(kg/hm ²)	(元/hm ²)	比例(%)	比例(%)	
P ₀ K _{2.5}	1483.8 b	26182	36.0	51.9	17.6
P _{1.0} K ₀	985.1 c	13515	26.4	47.1	13.7
P _{0.8} K _{2.0}	2344.4 a	50169	63.1	34.9	21.4
P _{1.0} K _{2.5}	2309.3 a	48751	59.4	37.5	21.1
P _{1.2} K _{3.0}	2419.4 a	53483	69.7	27.4	22.1

2.5 磷钾配施对烤烟常规化学成分的影响

由烤烟常规化学成分的结果可知(表6),对缺磷缺钾处理混合样的检测中,缺磷处理(P₀K_{2.5})烤烟的总糖、还原糖、总钾含量高于缺钾处理(P_{1.0}K₀),但烟碱、总氮含量低于缺钾处理,说明在红壤旱地上种植烤烟钾肥比磷肥更能有效降低烤烟烟碱和增加总糖与还原糖含量。

在表6中,磷钾配施对烤烟总糖与还原糖含量的影响比较一致,上部叶B2F:低量磷钾配施处理(P_{0.8}K_{2.0})低于中、高量磷钾配施处理(P_{1.0}K_{2.5}、P_{1.2}K_{3.0});中部叶C3F:低量磷钾配施(P_{0.8}K_{2.0})<中量磷钾配施(P_{1.0}K_{2.5})<高量磷钾配施(P_{1.2}K_{3.0}),其中还原糖含量中、低量磷钾配施比高量磷钾配施处理低26.5%、38.8%,总糖含量中、低量磷钾配施比高量磷钾配施处理低25.4%、34.9%;下部叶X2F:中、低量磷钾配施处理(P_{0.8}K_{2.0}、P_{1.0}K_{2.5})低于高量磷钾配施处理(P_{1.2}K_{3.0}),其中高量磷钾配施处理的还原糖含量比中、低量磷钾配施高22.8%~28.7%,高量磷钾配施处理的总糖含量比中、低量磷钾配施高20.7%~27.8%。故以上结果说明,在红壤烟地氮用量142.5 kg/hm²条件下,烤烟中的总糖与还原糖含量有随着磷钾配施量增加而增加的趋势。

表6 不同处理烤烟的常规化学成分对比

等级	处理	还原糖	总糖	烟碱	总氮	总钾	Cl	糖碱比
混合样	P ₀ K _{2.5}	24.0	25.5	2.04	1.72	3.21	0.12	7.5
	P _{1.0} K ₀	19.5	20.8	2.28	1.90	2.40	0.10	8.1
B2F	P _{0.8} K _{2.0}	17.2	19.3	3.56	2.03	2.73	0.09	6.3
	P _{1.0} K _{2.5}	21.6	23.0	2.90	1.81	2.82	0.10	7.7
	P _{1.2} K _{3.0}	19.6	21.6	2.93	1.82	2.88	0.16	6.8
C3F	P _{0.8} K _{2.0}	18.9	21.3	3.66	1.98	3.16	0.08	6.0
	P _{1.0} K _{2.5}	22.7	24.4	3.03	1.81	3.26	0.14	7.0
	P _{1.2} K _{3.0}	30.9	32.7	1.93	1.54	3.16	0.15	9.8
X2F	P _{0.8} K _{2.0}	22.3	24.5	2.62	1.90	3.72	0.23	6.0
	P _{1.0} K _{2.5}	20.6	22.3	2.80	1.86	3.77	0.17	5.5
	P _{1.2} K _{3.0}	28.9	30.9	1.66	1.56	3.56	0.14	8.1

从表6还可以看出,磷钾配施对烤烟烟碱与总氮含量的影响,上部叶 B2F: 低量磷钾配施处理 (P_{0.8}K_{2.0}) 大于中、高量磷钾配施处理 (P_{1.0}K_{2.5}、P_{1.2}K_{3.0}), 其中中、高量磷钾配施处理的烟碱与总氮含量比低量磷钾配施处理分别下降了 18.3% 与 10.8%; 中部叶 C3F: 高量磷钾配施 (P_{1.2}K_{3.0}) < 中量磷钾配施 (P_{1.0}K_{2.5}) < 低量磷钾配施 (P_{0.8}K_{2.0}), 高量磷钾配施处理的烟碱与总氮含量比低量磷钾配施处理分别降低了 47.3% 与 22.2%; 下部叶 X2F: 中、低量磷钾配施处理 (P_{0.8}K_{2.0}、P_{1.0}K_{2.5}) 大于高量磷钾配施处理 (P_{1.2}K_{3.0}), 高量磷钾配施处理的烟碱含量比中、低量磷钾配施处理降低了 36.6% ~ 40.7%, 总氮含量比中、低量磷钾配施处理降低了 6.1%、7.8%。上述结果说明氮用量 142.5 kg/hm² 条件下, 红壤旱地烤烟中的烟碱与总氮含量有随着磷钾配施量的增加而降低的趋势。

在磷钾配施的 3 个处理中烤烟含钾量上部叶 (B2F) 为 2.73% ~ 2.88%, 中部叶 (C3F) 3.16% ~ 3.26%, 下部叶 (X2F) 3.56% ~ 3.77%, 不同磷钾配施处理之间不同叶位的烟叶含钾量没有明显的差异, 没有出现烤烟含钾量随施钾量增加而增加的趋势。但烤烟中的糖碱比有随着磷钾配施量的增加而增加的趋势, 但总的来看, 红壤烤烟中的糖碱比偏低。

2.6 磷钾配施对烤烟中、微量元素含量的影响

由表7结果可知, 缺磷处理 (P₀K_{2.5}) 烤烟中 Ca、Mg、S、B、Cu、Zn、Fe、Mn 低于缺钾 (P_{1.0}K₀) 处理的烤烟, 说明在红壤旱地上种植烤烟, 施磷肥可能更有利于烤烟对中、微量元素的吸收。磷钾配施 3 个处理 (P_{0.8}K_{2.0}、P_{1.0}K_{2.5}、P_{1.2}K_{3.0}) 中烤烟的 S、B 含量均高于缺磷与缺钾处理, 但烤烟的 Fe 含量低于缺磷与缺钾处理。在不同磷钾配施处理的烤烟中, 不同叶位的烟叶 Ca、Mg、S、Cu、Zn、Mn 含量差异并不明显, 但烤烟中的含 B 量有随着磷钾配施量增加而降低的趋势, 含 Fe 量有随着磷钾配施量增加而升高的趋势。

从表8可以得出, 红壤旱地烤烟含 B 量与总糖、还原糖显著负相关; 烤烟含 B 量与烟碱呈极显著正相关, 与烟叶总氮呈显著正相关。烤烟中含铁量与烟碱呈极显著负相关, 而烤烟中其它元素 Ca、Mg、S、Cu、Zn、Mn 含量与烟叶常规化学成分之间没有显著的相关性。

3 结论与讨论

在江西省红壤旱地上种植烤烟, 由于烤烟成熟阶段常出现 >30℃ 的高温天气, 导致高温逼熟, 使烟碱含量偏高, 香气不足, 刺激性加重, 影响烟叶的品质, 成为优质烟叶生产的瓶颈^[8-9]。有研究认为氮、磷、钾配施处理烟叶的化学成分协调, 致香

表7 不同处理烤烟的中、微量元素含量

等级	处理	Ca	Mg	S	B	Cu	Zn	Fe	Mn
		(g/kg)			(mg/kg)				
混合样	P ₀ K _{2.5}	16.20	3.24	4.13	62.5	20.9	60.7	761	235
	P _{1.0} K ₀	23.80	5.44	5.06	81.7	30.9	92.7	901	327
B2F	P _{0.8} K _{2.0}	14.30	4.24	8.98	181	31.4	80.6	219	292
	P _{1.0} K _{2.5}	13.20	3.82	7.13	147	47.8	75.5	212	245
	P _{1.2} K _{3.0}	15.00	4.46	8.19	153	51.7	88.5	367	314
C3F	P _{0.8} K _{2.0}	13.70	4.22	8.94	160	16.6	81.2	231	289
	P _{1.0} K _{2.5}	12.70	3.84	9.12	146	37.0	78.2	261	275
	P _{1.2} K _{3.0}	14.00	3.90	7.77	85.1	13.3	83.0	650	271
X2F	P _{0.8} K _{2.0}	14.80	4.07	8.86	136	13.3	71.3	422	270
	P _{1.0} K _{2.5}	14.60	4.24	8.83	142	16.1	77.3	311	290
	P _{1.2} K _{3.0}	15.20	4.32	7.96	83.6	32.5	82.0	648	302

表8 烤烟化学成分的相关系数

	Ca	Mg	S	B	Cu	Zn	Fe	Mn
还原糖	-0.17	-0.34	-0.13	-0.67*	-0.26	-0.15	0.46	-0.28
总糖	-0.21	-0.35	-0.08	-0.64*	-0.29	-0.14	0.43	-0.26
烟碱	-0.35	0.04	0.55	0.92**	0.17	0.10	-0.83**	0.08
总氮	0.10	0.31	0.25	0.71*	0.04	0.08	-0.50	0.22
K ₂ O	-0.48	-0.43	0.41	-0.04	-0.52	-0.49	-0.16	-0.27
Cl	-0.17	-0.12	0.29	-0.07	-0.27	-0.21	0.04	-0.05

注：* 和 ** 分别表示达显著 ($P < 0.05$) 和极显著 ($P < 0.01$) 水平。

物质总量和不同种类致香物质含量高，平衡施肥是改善烟叶化学成分，提高烟叶香气质量的基础^[10]。在本研究中，红壤旱地烤烟烟碱含量有随着磷钾配施量增加而降低的趋势，特别是高量磷钾配施处理 (P_{1.2}K_{3.0}) 的烤烟烟碱含量下降比较明显。故在江西省红壤旱地烟区，氮肥用量 N 142.5 kg/hm² 情况下，N: P₂O₅: K₂O = 1: 1.2: 3.0 将更有利于烤烟烟碱含量的平衡与产量及品质的提高。

在江西烟区有使用硼肥提高烟叶品质的做法，巩永凯等^[11]曾比较我国烤烟含硼量特征，发现江西烤烟中部叶含硼量较高，笔者也曾在江西紫色土调查中发现江西紫色土烤烟含硼量较高^[12]，本次试验中的烤烟含硼量多数已经大于 100 mg/kg，含量偏高，以后要减施少量的硼肥可能更有利于提高烤烟的品质，而且本研究中烤烟含硼量与烟碱含量呈显著正相关，故减施一部分硼肥或许可以起到降低烟碱的作用。本研究还发现烤烟中含铁量与烟碱呈极显著负相关，故增施一些铁肥如叶面喷施柠檬酸铁^[2]可能有助于降低中、上部叶的烟碱含量。

方明等^[13]研究了磷钾配施对晒红烟碳氮代谢和光合效率的影响，得出由于磷、钾肥的缺乏造成的营养不协调，使叶片硝酸还原酶活性、转化酶活性和叶绿素含量在生育期内不能按照优质烟叶的要

求变化，不利于烟叶的适时成熟采收，进而影响烟叶的品质。供应充足的钾肥，对烟叶品质和产量的影响都是较好的^[14-16]。江朝静等^[17]研究表明，磷的施用可以加强烟株对钙、镁的吸收，同时阻碍烟株对铜、锌、铁、锰的吸收。在本研究中，红壤旱地上缺施磷、钾肥都会严重影响烟株正常生长，烤烟经济效益也偏低；缺磷处理 (P₀K_{2.5}) 烤烟的烟碱、总氮含量低于缺钾肥处理 (P_{1.0}K₀)，同时烤烟 Ca、Mg、S、B、Cu、Zn、Fe、Mn 的含量也低于缺钾 (P_{1.0}K₀) 处理，说明在红壤旱地上种植烤烟，磷肥有利于中、微量元素的吸收，但钾肥有利于烟碱的降低。

烟叶的含糖量对烤烟品质具有重要的作用。何承刚等^[18]、颜合洪等^[15]研究表明，在一定范围内随着钾肥用量的增加，烤烟的总糖和还原糖含量都相应提高。江朝静等^[17]研究表明，烟叶水溶性糖和还原糖含量随着磷施用量的增加而增加。陈义强等^[19]认为，氮磷肥对可溶性总糖的互作效应存在一个阈值，低于这个阈值时表现协同促进作用，高于这个阈值时表现拮抗作用；氮钾肥对可溶性总糖的互作表现为拮抗作用；磷钾肥对可溶性总糖的互作表现为协同促进作用。本研究也表明，红壤烟地上施氮量为 N 142.5 kg/hm² 条件下，随着磷钾配施

量的增加, 烤烟中的总糖、还原糖与糖碱比呈现增加的趋势。

值得说明的是, 本试验结果是施肥后产生的直接效应, 对指导烟叶生产具有现实意义。但研究的不足之处在于红壤旱地烤烟不同氮用量条件下, 磷、钾肥料对烟叶化学成分含量的贡献率及其作用机理, 尚需试验进一步研究, 以便为调控烤烟致香物质代谢、提高烟叶香气质量奠定基础。同时红壤烟区随着种植年限的增加, 土壤内的养分含量会发生变化, 为了更好地指导烤烟种植, 笔者建议每隔 5 ~ 10 年调整一次施肥参数, 将更有利于烟叶质量的改善。

参考文献:

[1] 曹志洪, 凌云霄, 李仲林, 等. 烤烟营养及失调症状图谱 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1993.
 [2] 胡国松. 烤烟营养原理 [M]. 北京: 科学出版社, 2000.
 [3] 刘正日, 胡日生, 郭清泉. 烟草钾营养研究进展 [J]. 作物研究, 2004, (2): 109 - 114.
 [4] 李佛琳, 彭桂芬, 萧凤回, 等. 我国烟草钾素研究的现状与展望 [J]. 中国烟草科学, 1999, (1): 22 - 25.
 [5] 司丛丛, 刘好宝, 曲平治. 烟草钾离子通道及转基因烟草抗逆性的研究进展 [J]. 中国农学通报, 2010, 26 (2): 45 - 49.
 [6] 郑宪滨, 曹一平, 张福锁, 等. 不同供钾水平下烤烟体内钾的循环、积累和分配 [J]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6 (2): 166 - 172.
 [7] 刘国顺, 叶协锋, 王英元, 等. 褐土区不同钾肥施用量对烟株钾含量的影响 [J]. 中国烟草学报, 2005, 11 (1): 18 - 22.

[8] 王惠娟, 陶远胜, 徐巧初, 等. 江西烤烟生产中的气象灾害及其防御对策 [J]. 江西农业学报, 2006, 18 (3): 122 - 124.
 [9] 辜尊荣, 谢金水, 申昌优, 等. 赣南单季稻区烟稻轮作的生态环境及其配套技术研究 [J]. 中国烟草科学, 2000, (3): 33 - 36.
 [10] 汪耀富, 高华军, 刘国顺, 等. 氮、磷、钾肥配施对烤烟化学成分和致香物质含量的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12 (1): 76 - 81.
 [11] 巩永凯, 龙怀玉, 王豹, 等. 我国烤烟中部烟叶硼含量特征研究 [J]. 中国土壤与肥料, 2008, (6): 35 - 38.
 [12] 唐先干, 韩延, 何宽信, 等. 江西紫色土有效硼含量及对烤烟硼元素分布特征的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2013, (1): 64 - 77.
 [13] 方明, 符云鹏, 刘国顺, 等. 磷钾配施对晒红烟碳氮代谢和光合效率的影响 [J]. 中国烟草科学, 2007, 28 (2): 27 - 30.
 [14] 王芳, 林克惠, 刘剑飞, 等. 不同施钾量对山地烤烟产量和品质的影响 [J]. 云南农业大学学报, 2005, 20 (1): 39 - 44.
 [15] 颜合洪, 胡雪平, 张锦韬, 等. 不同施钾水平对烤烟生长和品质的影响 [J]. 湖南农业大学学报, 2005, 31 (1): 20 - 23.
 [16] 汪健, 王松峰, 毕庆文, 等. 氮磷钾用量对烤烟红花大金元产质量的影响 [J]. 中国烟草科学, 2009, 30 (5): 19 - 23.
 [17] 江朝静, 周众, 朱勇. 不同施磷水平对烤烟生长和品质的影响 [J]. 耕作与栽培, 2004, (2): 27 - 29.
 [18] 何承刚, 辛培尧. 不同用量硝酸钾追肥对烤烟产量质量的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24 (1): 70 - 72.
 [19] 陈义强, 刘国顺, 习红昂. 氮磷钾肥对烤后烟叶可溶性总糖含量的交互效应分析 [J]. 中国烟草学报, 2013, 19 (5): 50 - 57.

Effects of potassium and phosphorous fertilizers mixed application on yield and quality of flue-cured tobacco planted in red soil

TANG Xian-gan², FENG Xiao-hu^{1*}, QI Fei¹, LI Zu-zhang², LI Yan-yan¹, ZHANG Rui¹, WANG Li-bing¹, HE Kuan-xin³ (1. Fuzhou Tobacco Corporation of Jiangxi Province, Fuzhou Jiangxi 344000; 2. National Engineering and Technology Research Center for Red Soil Improvement, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang Jiangxi 330200; 3. Jiangxi Tobacco Research Institute, Nanchang Jiangxi 330045)

Abstract: In order to explore the rational application of potassium and phosphorous fertilizers in tobacco cultivations in the red soil of Jiangxi province, a field trial was conducted to study the effects of potassium and phosphorous fertilizers mixed application on yield, quality and nutrient distribution of flue-cured tobacco planted in red soil using the tobacco variety “K326” as the tested materials. The results showed that tobacco plant growing was poor and economic benefit of flue-cured tobacco was low without the application of potassium and phosphorous fertilizers, but tobacco plant growing was well in case of potassium and phosphorous fertilizers mixed application. High levels of phosphorus and potassium fertilizers mixed application could improve the quality and economic efficiency of flue-cured tobacco. The total sugar, reducing sugar and the rate of sugar to nicotine was increased and nicotine and total N was decreased with the increasing of phosphorus and potassium fertilizers mixed application. Born content of tobacco was positively correlated to the content of nicotine or total N, but negatively correlated to the content of total sugar or reducing sugar, and tobacco iron content was significantly negative correlated to nicotine. So it is suggested that the application of N 142.5 kg/hm² with N: P₂O₅: K₂O = 1: 1.2: 3.0 was recommended for the balance of nicotine and improving the quality of flue-cured tobacco in the tobacco-growing areas of red soil in Jiangxi province.

Key words: red soil; flue-cured tobacco; P and K fertilizers mixed application; nicotine