

# 氮磷钾配施对填充型烤烟还原糖含量的影响

尹鹏达<sup>1,2</sup>, 赵丽娜<sup>1</sup>, 朱文旭<sup>1</sup>, 李鑫<sup>1</sup>, 岳冰冰<sup>1</sup>, 焦玉生<sup>3</sup>, 赵光伟<sup>3</sup>, 孙广玉<sup>1</sup>

(1. 东北林业大学 生命科学院, 黑龙江 哈尔滨 150040; 2. 贵州省烟草科学研究所, 贵州 贵阳 550003;

3. 中国烟草东北农业试验站, 黑龙江 牡丹江 157011)

**摘要:** 以东北填充型烤烟品种龙江 911 为试验材料, 通过正交回归田间试验, 建立了氮磷钾肥与烤烟烤后还原糖含量的回归效应模型, 并对各因子和交互作用进行了分析, 模拟计算得出了优化烤烟烤后还原糖含量为目标的施肥方案。结果表明: 施氮量增加, 烤后叶片还原糖含量呈先上升后下降趋势; 施磷量增加, 还原糖呈下降趋势; 施钾量增加, 还原糖呈急剧下降趋势。双因素效应大小依次为磷钾 > 氮钾 > 氮磷, 在一定的值域内磷钾、氮钾与还原糖含量呈正相关, 即存在促进作用; 而氮磷则相反, 即存在拮抗作用。通过对氮磷钾肥与烤后叶片还原糖含量的施肥模型综合分析得出: 在植烟土壤为河淤土的生产区, 建议烟田的基础施肥量, 氮肥 24.9 ~ 65.1 kg/hm<sup>2</sup>, 磷肥 13.1 ~ 61.1 kg/hm<sup>2</sup>, 钾肥 62.1 ~ 194.4 kg/hm<sup>2</sup>。

**关键词:** 烤烟; 还原糖含量; 肥料; 施肥模型

中图分类号: S147.21 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2011)增刊-0080-05

## Effect of N, P and K Fertilizer Combined Application on Reducing Sugar Content of Filling Flue-cured Tobacco

YIN Peng-da<sup>1,2</sup>, ZHAO Li-na<sup>1</sup>, ZHU Wen-xu<sup>1</sup>, LI Xin<sup>1</sup>, YUE Bing-bing<sup>1</sup>, JIAO Yu-sheng<sup>3</sup>,  
ZHAO Guang-wei<sup>3</sup>, SUN Guang-yu<sup>1</sup>

(1. College of Life Science, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China;

2. Guizhou Tobacco Institution, Guiyang 550003, China;

3. China Tobacco Northeast Agricultural Experimental Station, Mudanjiang 157011, China)

**Abstract:** Taking filled flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) variety of Northeast China Longjiang 911 as test material, the regression effect models on nitrogen, phosphorus and potassium (NPK) fertilizers and reducing sugar content flue-cured tobacco was established by orthogonal regression experiment in field, and the various factors and interactions in models were analyzed. The NPK fertilization scheme to optimization of reducing sugar content was calculated. Results by the model analysis showed that reducing sugar contents flue-cured tobacco increased first and then decreased along with nitrogen increase; phosphorus increase, reducing sugar declined, and reducing sugar contents showed a sharp decline with the increase of potassium. The two-factor effects of NPK were in order of PK > NK > NP. Value within a certain that phosphorus and potassium, nitrogen and potassium showed positive correlation with reducing sugar content, that exist promote effects; but antagonistic effects on reducing sugar content existed between nitrogen and phosphorus. By comprehensive analysis on fertilizer model of reducing sugar contents in the leaves of the flue-cured tobacco and NPK fertilizers, application rates of proposed fertilizers in tobacco production of warp soil was nitrogen fertilizer 24.9 ~ 65.1 kg/ha, phosphorus fertilizer 13.1 ~ 61.1 kg/ha and potassium fertilizer 62.1 ~ 194.4 kg/ha.

**Key words:** Flue-cured tobacco; Reducing sugar content; Fertilizer; Fertilization model

烟叶中还原糖含量是烤烟内在品质评价的重要指标, 它可以消除蛋白质燃烧产生的不良气味, 与烟

收稿日期: 2011-11-17

基金项目: 国家自然科学基金(30771746; 31070307); 黑龙江省烟草专卖局项目(2007; 2009)

作者简介: 尹鹏达(1984-), 男, 辽宁鞍山人, 硕士, 主要从事烟草栽培和生理研究。

通讯作者: 孙广玉(1963-), 男, 黑龙江巴彦人, 教授, 博士生导师, 主要从事植物营养和生理研究。

碱、总氮等化合物一起决定烟叶的吸味和刺激性,对烟叶质量起到平衡作用<sup>[1]</sup>。我国烟叶普遍存在烟叶还原糖量过高或过低而使叶片化学成分失衡的问题,因此,改善烟叶还原糖含量对提高我国烟叶质量具有重要的意义。烤烟还原糖含量往往由于地区、品种、栽培管理、烘烤技术等因素不同而有较大的差异,在所有影响还原糖合成和积累的因素中,施肥是重要因子之一<sup>[2]</sup>。黑龙江省是我国优质填充型烤烟生产基地。多年来,生产上氮、磷、钾肥的施用多以经验施肥为主,导致烤烟叶片中还原糖含量过高,烟叶化学成分的协调性不够,部分烟叶不太适合进入配方,从而影响了烟叶的品质和工业可用性<sup>[3]</sup>。单施氮、磷、钾肥料处理与对照相比,还原糖含量有降低的趋势,但与对照的差异都不显著<sup>[4]</sup>。施氮量过高会导致烟叶中还原糖等碳水化合物含量下降,烟碱含量升高,从而使烟叶品质下降<sup>[5]</sup>。随施磷量的增加,烟叶还原糖含量有明显降低的趋势<sup>[6]</sup>。施用缓释钾肥能够降低还原糖含量<sup>[7]</sup>,基追肥比例对烤烟还原糖含量的影响要大于施钾量<sup>[8]</sup>。但是,这些研究大多集中于某一单因子对烤烟还原糖含量的影响,而有关氮、磷、钾多因素对烤烟还原糖含量尤其是东北填充型烤烟烤后还原糖含量的影响研究鲜见报道。为此,本研究在大田试验条件下采用二次回归最优组合设计和计算机模拟寻优的方法,拟建立氮、磷、钾肥与烤后烟叶还原糖含量的经验回归模型,并分析氮、磷、钾肥对烤烟烟叶还原糖含量的影响及其交互作用,为东北填充型烤烟达到优质烟叶还原糖含量 16%~22%<sup>[9]</sup>提供量化依据。

# 1 材料和方法

## 1.1 试验区概况及试验设计

试验地点位于黑龙江省宁安市的中国烟草东北农业试验站。该区属于第二积温带, E 129°06′, N 44°58′, 无霜期 130~140 d, 大田生长期(5~9月)年均降雨量约 450 mm。土壤类型为河淤土, 土壤质地为壤土, 此土壤为东北填充型烤烟的主要植烟土壤。土壤理化性质: 碱解氮 87 mg/kg, 速效磷 36 mg/kg, 速效钾 300 mg/kg, 有机质 27.7 mg/kg, 全氮 1.9 mg/kg, 全磷 1.6 mg/kg, 全钾 13.0 mg/kg。供试品种为龙江 911。试验于 2009 年进行, 5 月 12 日移栽烟苗, 地膜覆盖, 施肥量采用定株施肥和双侧施肥, 施肥深度为 10 cm。氮肥选硝酸铵(  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  ) (N 34.4%), 磷肥选重过磷酸钙(  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  ) (  $\text{P}_2\text{O}_5$  46%), 钾肥选硫酸钾(  $\text{K}_2\text{SO}_4$  ) (  $\text{K}_2\text{O}$  50%)。试验采用 3414 二次回归最优设计, 即 3 个因素

为氮磷钾; 4 个水平为 0 水平指不施肥, 2 水平指当地最佳施肥量, 1 水平等于 2 水平  $\times 0.5$ , 3 水平等于 2 水平  $\times 1.5$ ; 14 个处理试验设计(表 1、2)。小区面积不小于 99  $\text{m}^2$ , 重复间设走道 50 cm, 小区之间筑埂隔离, 各小区设灌水口和排水口, 独立排灌, 四周设保护行 1.8~2.2 m。

表 1 试验施肥水平及编码

Tab. 1 Levels and codes of the experimental factors				
肥料 Fertilizer	施肥水平 / ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ ) Fertilizer level			
	0	1	2	3
N	0	22.50	45.00	67.50
$\text{P}_2\text{O}_5$	0	33.75	67.50	101.25
$\text{K}_2\text{O}$	0	67.50	135.00	202.50

表 2 施肥方案

Tab. 2 Fertilizer application program			
处理 Treatment	N /( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )	$\text{P}_2\text{O}_5$ /( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )	$\text{K}_2\text{O}$ /( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )
$\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$	0	0	0
$\text{N}_0\text{P}_2\text{K}_2$	0	67.50	135.0
$\text{N}_1\text{P}_2\text{K}_2$	22.5	67.50	135.0
$\text{N}_2\text{P}_0\text{K}_2$	45.0	0	135.0
$\text{N}_2\text{P}_1\text{K}_2$	45.0	33.75	135.0
$\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$	45.0	67.50	135.0
$\text{N}_2\text{P}_3\text{K}_2$	45.0	101.25	135.0
$\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_0$	45.0	67.50	0
$\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$	45.0	67.50	67.5
$\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_3$	45.0	67.50	202.5
$\text{N}_3\text{P}_2\text{K}_2$	67.5	67.50	135.0
$\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_2$	22.5	33.75	135.0
$\text{N}_1\text{P}_2\text{K}_1$	22.5	67.50	67.5
$\text{N}_2\text{P}_1\text{K}_1$	45.0	33.75	67.5

## 1.2 测定项目和方法

试验中每个处理单独采收, 烘烤采用三段式烘烤技术, 烘烤后选取各处理中较一致的烤烟叶片, 采用 SKALAR 连续自动分析仪法测定样品的还原糖含量<sup>[10, 11]</sup>, 3 次重复。

## 1.3 统计分析方法

试验数据采用 Excel 和 DPS 软件进行统计与分析。采用单因素方差分析( One-way ANOVA ) 和最小显著差异法( LSD ) 比较不同处理间的差异。建立多项式回归模型, 进行单因素分析和双因素交互效应分析, 并对模型进行模拟和检验<sup>[12]</sup>。

# 2 结果与分析

## 2.1 氮磷钾施肥经验模型的建立

对烤烟叶片还原糖含量进行方差分析, 结果表明, 处理间均达到显著差异(  $P=0.0262$  ), 说明不同氮磷钾配施对烤后叶片还原糖含量是有显著影响

的。由于各变量的量纲不一致,因此对数据采用了标准化处理。建立 N(氮肥)、P(磷肥)、K(钾肥)施用量与还原糖含量(Y)的回归经验模型如下:

$$Y = 28.691 + 0.225N - 0.110P + 0.011K - 0.004N^2 + 0.0004P^2 - 0.0004K^2 - 0.000066N \times P + 0.000066N \times K + 0.0011P \times K \quad (1)$$

回归方程显著性  $P = 0.0429$ ,说明该数学模型在 0.05 水平显著;相关系数  $R = 0.968$ ,说明该模型拟合性较好,复相关系数  $R^2 = 0.937$ ,表明氮磷钾肥对烤后叶片还原糖含量的影响占 93.7% 而其他因素的影响和误差占 6.3%。

表 3 不同肥料处理的烤后还原糖含量

Tab. 3 Reducing sugar content in the flue-cured tobacco under different fertilizer treatments (mean  $\pm$  SD)

处理 Treatment	还原糖含量/% Reducing sugar content
$N_0P_0K_0$	28.6abcd
$N_0P_2K_2$	28.07abcd
$N_1P_2K_2$	28.66 abc
$N_2P_0K_2$	24.82 cde
$N_2P_1K_2$	25.83 bcde
$N_2P_2K_2$	29.95 ab
$N_2P_3K_2$	32.31 a
$N_2P_2K_0$	23.63 de
$N_2P_2K_1$	28.39 abcd
$N_2P_2K_3$	26.63 bcde
$N_3P_2K_2$	22.56 e
$N_1P_1K_2$	28.33 abcd
$N_1P_2K_1$	30.17 ab
$N_2P_1K_1$	28.56 abcd

注:不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

Note: Different small letters meant significant difference at 0.05 level.

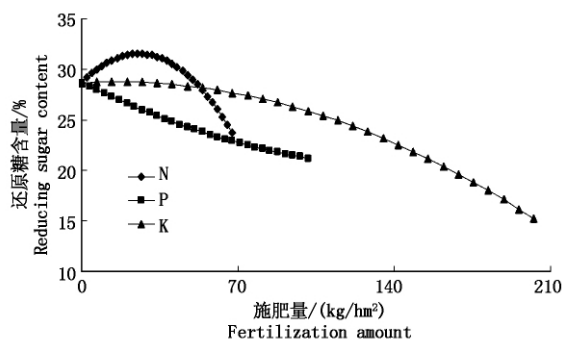


图 1 标准化后的单因素肥料效应曲线

Fig. 1 The standardized of broken line graph of single-factor fertilizer

## 2.2 经验模型解析

2.2.1 单因素效应分析 通过模型(1)中的一次项标准回归系数的绝对值大小可以直接判断氮、磷、钾肥对烤后叶片还原糖含量的影响程度。一次项系数中氮肥(N)和钾肥(K)为正值,磷肥(P)为负值,

表明氮肥和钾肥与还原糖含量呈正相关关系,磷肥与还原糖含量呈负相关关系,影响程度依次为:氮肥 > 磷肥 > 钾肥。单因素分析采用降维法,分析不同施肥水平下烤后还原糖含量的变化规律,即在 3 个因素中,固定 2 个因素于 0 水平,见图 1。从图 1 可以看出,氮肥呈先上升后明显下降趋势,氮肥施用量为  $31.75 \text{ kg/hm}^2$  时叶片还原糖含量最高,磷肥呈显著下降趋势,钾肥呈略上升后逐渐下降的趋势。

2.2.2 两因素交互效应分析 将其中 2 因素水平设为 0 水平,可以得到以下子模型:

$$Y = 28.691 + 0.225N - 0.110P - 0.004N^2 + 0.0004P^2 - 0.000066N \times P \quad (2)$$

$$Y = 28.691 - 0.110P + 0.011K - 0.0004P^2 - 0.0004K^2 + 0.0011P \times K \quad (3)$$

$$Y = 28.691 + 0.225N + 0.011K - 0.004N^2 - 0.0004K^2 + 0.000066N \times K \quad (4)$$

将氮、磷、钾的不同施肥水平值分别代入方程(2)、(3)、(4)计算得出烤后烟叶还原糖含量(图 2)。与单一的肥料效应相比,氮磷钾肥三因素并不简单地表现出加和效应,同时还存在协同促进作用和拮抗作用。通过以上 3 个子模型可知,氮肥和磷肥对烤后还原糖含量表现为拮抗作用,氮肥和钾肥、磷肥和钾肥对烤后还原糖含量表现为促进作用。由图 2 可知,中氮低磷、高钾高磷和中氮中钾时还原糖含量较高,高氮高磷、高钾低磷和高氮高钾时还原糖含量较低。氮肥水平的提高,还原糖含量呈先上升后明显下降趋势,随着磷肥或钾肥的增加还原糖含量呈减少的趋势;磷肥水平的提高还原糖含量呈下降趋势,随着氮肥或磷肥水平的提高还原糖含量呈上升后下降的趋势,随着磷肥或钾肥水平的提高还原糖含量呈上升趋势,当钾肥和磷肥达到最高水平时还原糖含量达到最大值;钾肥水平的提高还原糖含量呈下降趋势,随着钾肥水平的提高还原糖含量呈下降趋势,随着磷肥水平的提高还原糖含量呈上升趋势。说明氮、磷、钾肥对烤后烟叶还原糖含量的影响存在一个适宜的范围,低于或高于这个范围都无法提高烟叶的还原糖含量。

## 2.3 优化施肥方案的选择

根据单因素、双因素交互效应结果及氮、磷、钾肥与烤烟还原糖含量的经验模型,为了在当地生态环境条件下取得最适宜的施肥方案,本研究采用频数分析法进行模型的优化<sup>[13]</sup>,在试验约束条件范围内( $0 \leq R \leq 3$ ),经计算机模拟寻优得到了  $4^3 = 64$  套组合方案,将这 64 个理论值按一定的区域统计其频率,其频次分布见表 4。一般认为优质烟叶的还原

糖含量为 16% ~ 22%<sup>[9]</sup> ,由此可以看出当地烤后烟叶还原糖含量普遍高于优质烟叶的标准含量。大田试验中当烤后烟叶还原糖含量在 16% ~ 22% 内 ,氮肥水平主要分布在 3 水平 ,即施氮量为 67. 5

kg/hm<sup>2</sup>; 磷肥水平较均匀的分布在 0 - 1 水平 ,即施磷量为 0 ~ 33. 75 kg/hm<sup>2</sup>; 钾肥水平主要分布在 3 水平 ,即施钾量为 202. 5 kg/hm<sup>2</sup>。

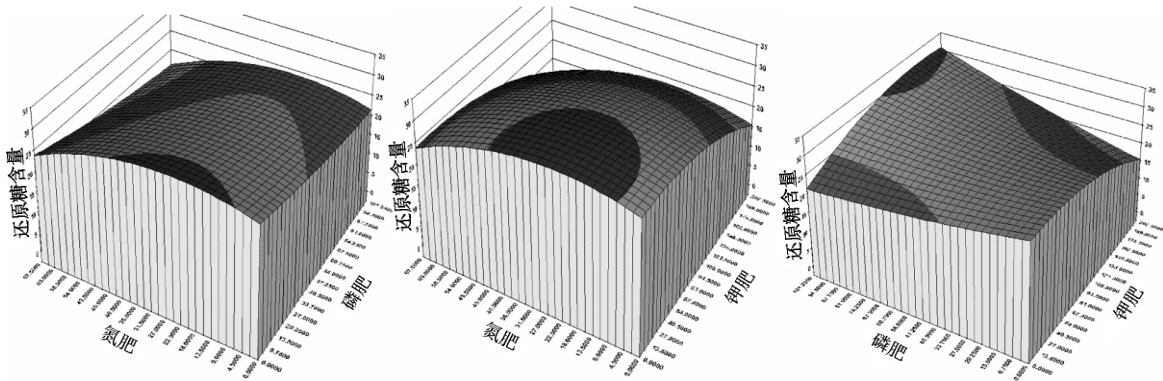


图 2 双因素交互效应曲面

Fig. 2 Response surface of interaction effects between two factors

计算 10 个方案中各个因子的加权平均数和标准误 ,并进行参数的区间估计(表 5)。当烤后烟叶还原糖含量在 16% ~ 22% 时 ,大田试验适宜的氮肥施用量为 24. 93 ~ 65. 08 kg/hm<sup>2</sup> ,磷肥施用量为 13. 12 ~ 61. 13 kg/hm<sup>2</sup> ,钾肥施用量为 62. 08 ~ 194. 42 kg/hm<sup>2</sup>。

表 4 还原糖含量为 16% ~ 22% 时 10 个施肥方案中各变量取值的频率分布

Tab. 4 Frequency distribution of variable values in 10 fertilizer application schemes with reducing sugar content between 16% and 22%

水平 Level	氮肥 Nitrogen	频率/% Frequency	磷肥 Phosphate	频率/% Frequency	钾肥 Potash	频率/% Frequency
0	2	20.0	3	30.0	3	30.0
1	1	10.0	4	40.0	0	0.0
2	2	20.0	2	20.0	2	20.0
3	5	50.0	1	10.0	5	50.0

表 5 优化施肥方案

Tab. 5 Optimum fertilizer application scheme

因素 Factor	加权平均数 Mean of additive weight	标准误 Standard error	95% 的分布区间 Distribution range of 95%	
			下限 Lower limit	上限 Upper limit
氮肥 Nitrogen	45	8. 87	24. 93	65. 08
磷肥 Phosphate	37. 13	10. 61	13. 12	61. 13
钾肥 Potassium	128. 25	10. 3	62. 08	194. 42

3 讨论

氮磷钾是作物生长的三大营养元素 ,这 3 个因子是形成优质烟叶最重要的条件。研究表明 ,氮磷钾肥配施对烟叶还原糖含量和烟碱含量等主要化学成分有显著影响<sup>[14 ,15]</sup>。赵宏伟等<sup>[16]</sup>、Rideout 等<sup>[17]</sup>、汪耀富等<sup>[18]</sup> 研究表明 ,随氮用量的增加 ,总糖、还原糖的含量以及糖碱比都降低。单施氮、磷、钾肥料处理与对照相比还原糖含量有降低的趋势<sup>[4]</sup>。施氮量过高会导致烟叶中还原糖等碳水化合物含量下降 ,从而使烟叶品质下降<sup>[5 ,19]</sup>。本研究

通过建立氮、磷、钾肥与烤烟烟叶还原糖含量的经验模型表明 ,氮肥与烤后烟叶还原糖含量均呈正相关关系 ,但是随施氮量的增加 ,叶片还原糖含量呈先上升后下降的趋势 ,这可能与烤烟生长期间对氮素的利用量有关系。本试验是在松花江和牡丹江流域 ,因此 ,与其生长的河淤土供氮水平有密切关系。烤烟植株对氮素的大量需求时期主要集中在旺长阶段 ,而烟株生长后期土壤氮素营养供应不足减少了烟株氮素的积累和糖类的合成<sup>[20]</sup>。有关磷肥的研究 ,施磷一般提高了烟叶中总糖、还原糖的含量;也有研究表明随施磷量的增加 ,烟叶还原糖含量都有

明显降低的趋势<sup>[6]</sup>。本研究表明,磷肥与烤后叶片还原糖含量呈负相关关系,随着磷肥的增加还原糖含量呈下降趋势,这可能是由于长期施入磷肥使土壤速效磷积累过多,抑制了其他营养元素的吸收,从而影响了烟叶养分和糖含量的协调性。

钾肥对改善烤烟可燃性、香吃味及安全性有显著作用<sup>[8]</sup>。钾能够平衡烟叶内在化学成分,但是有关钾用量与还原糖含量关系的现有报道并不完全一致。有研究表明,在一定范围内随着  $\text{KNO}_3$  追肥用量的增加,总糖、还原糖相应提高<sup>[21]</sup>,单施钾肥能够降低还原糖含量<sup>[4]</sup>,大田条件下  $0 \sim 525 \text{ kg/hm}^2$  的施钾范围内,随着钾肥施用量的增加,烤后烟叶的还原糖含量相应提高<sup>[22]</sup>;也有研究表明施钾量与烟叶还原糖的相关性不明显<sup>[23]</sup>。本研究表明,钾肥与烤后叶片还原糖含量呈正相关关系,从单因素分析得出还原糖随着钾肥的增加呈先略上升后逐渐下降的趋势。这可能是因为适量的钾肥能够促进光合作用,调节叶片中碳水化合物的代谢从而使含糖量增加;但过量的钾肥导致烟株养分失调,出现了“奢侈消耗”现象<sup>[24]</sup>。

氮、磷、钾双因素效应分析结果表明,对还原糖含量的影响依次为磷钾 > 氮钾 > 氮磷。在一定的值域内,氮磷互作与还原糖含量表现为负相关,即存在拮抗作用;而氮钾、磷钾互作则相反,即存在促进作用。因此,氮磷钾肥互作存在一个合理的值域,在这个值域内不但可以调节叶片的还原糖含量,而且还能提高烟叶的感观质量、加工后烟丝的质量及评吸时的香吃味,但是高于或低于这个值域则表现出相反的效果<sup>[1, 25]</sup>。

## 4 结论

通过 3414 二次回归最优试验设计,以国际优质烟叶烤后还原糖含量 16% ~ 22% 为目标函数,建立了填充型烤烟氮、磷、钾肥与烤后叶片还原糖含量的经验模型,并进行模拟和优化。结果表明,还原糖含量达到优质烟叶指标的田间氮肥施用量为  $24.9 \sim 65.1 \text{ kg/hm}^2$ ,施磷量为  $13.1 \sim 61.1 \text{ kg/hm}^2$ ,施钾量为  $62.1 \sim 194.4 \text{ kg/hm}^2$ ,即  $\text{N}:\text{P}:\text{K} = 1:0.8:2.9$ 。

### 参考文献:

- [1] 王胜男,孙虎,廖允成,等.氮磷钾配施对陕南烤烟化学成分的影响[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2010,38(2):76-82.
- [2] 闫克玉,赵献章.烟叶分级[M].北京:中国农业出版社,2003:22-23.
- [3] 李东亮,许自成.还原糖含量、还原糖烟碱比与烤烟形态特征的相关分析[J].安徽农业大学学报,2007,34(4):481-485.
- [4] 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.
- [5] 蔡晓布,钱成.氮肥形态和用量对藏东南地区烤烟产量和质量的影响[J].应用生态学报,2003,14(1):66-70.
- [6] 肖庆礼,黄帅,刘国顺,等.施磷对低磷土壤烤烟化学成分和香气物质含量的影响[J].河南农业大学学报,2009,43(5):491-496.
- [7] 张雪芹,彭克勤,王少先.缓释钾肥钾素释放特征及其在烤烟上的应用[J].中国烟草学报,2009,15(3):39-43.
- [8] 钟晓兰,张德远,何宽信,等.红壤性水稻土上钾肥运筹对烤烟产量和品质的影响[J].土壤,2006,38(3):315-321.
- [9] 谷海红,李志宏,李天福,等.不同来源氮素在烤烟体内的累积分配及对烟叶品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2009,15(1):183-190.
- [10] 刘泽春,谢卫,蔡国华,等.连续流动法测定烟草水溶性糖的影响因素[J].福建分析测试,2004,13(1):1901-1904.
- [11] 蔡国华.样品放置时间对连续流动法测定烟草还原糖结果的影响[J].闽西职业技术学院学报,2006,(2):116-118.
- [12] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其DPS数据处理系统[M].北京:科学出版社,2002:100-105.
- [13] 董坤,刘意秋,李华,等.氮磷钾硼配施对油菜泌蜜量的影响[J].植物营养与肥料学报,2009,15(2):435-440.
- [14] 安德艳,舒敏言.不同施氮量对烤烟产质量的影响[J].耕作与栽培,1998(2):47-49.
- [15] 尹鹏达,朱文旭,赵丽娜,等.氮磷钾配施对东北填充性烤烟烟碱含量的影响[J].应用生态学报,2011,22(05):1189-1194.
- [16] 赵宏伟,邹德堂.氮素用量对烤烟生长发育及产质量影响的研究[J].黑龙江农业科学,1997(5):16-19.
- [17] Rideout J W, Gooden D T, Fortnum B A. Influence of nitrogen application rate and method on yield and leaf chemistry of tobacco grown with drip irrigation and plastic mulch[J]. Tobacco Science, 1998(42):46-51.
- [18] 汪耀富,张福锁.干旱和氮用量对烤烟干物质和矿物质养分积累的影响[J].中国烟草学报,2003,9(1):19-23.
- [19] Court W A, Elliot J M, Hendel J G. Influence of applied nitrogen fertilization on certain lipids, terpenes and other characteristics of flue-cured tobacco[J]. Tobacco Sci, 1984,28:69-72.
- [20] 巨晓堂,逢春,李春俭,等.土壤后期供氮对烤烟产量和烟碱含量的影响[J].中国烟草学报,2003,9(增刊):48-53.
- [21] 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.
- [22] 陈义强.氮磷钾肥对烤烟内在品质的影响及其施肥模型[D].河南农业大学,2008.
- [23] 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[J].安徽师范大学学报,1998,21(1):78-81.
- [24] S L 蒂斯代尔.土壤肥力与肥料[M].孙秀廷译.北京:科学出版社,1984:146-167.
- [25] 汪耀富,孙德梅,徐传快,等.干旱胁迫下氮用量对烤烟养分积累与分配及烟叶产量和品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2004,10(3):306-311.