

氮磷钾油枯配施对烤烟农艺性状和经济性状的影响

曾 睿^{1,2}, 何忠俊², 程智敏¹, 向金友³, 合勤麟⁴

(1. 四川省宜宾市农业科学院, 四川 宜宾 644000; 2. 云南农业大学 资源与环境学院, 云南 昆明 650201; 3. 四川省宜宾市烟草公司, 四川 宜宾 644000; 4. 玉溪源天生物能源开发有限公司, 云南 玉溪 653201)

摘要: 应用 D 饱和最优回归设计, 通过氮、磷、钾、油枯配比田间试验, 建立烤烟施用氮、磷、钾、油枯对烤烟产量、产值、含钾量及施肥利润的效应函数。结果表明, 产量极大值氮、磷、钾、油枯优化施肥组合为 $N=0.4059$ $P_2O_5=0.0959$ $K_2O=0.5603$ 油枯 $=0.5188$ 此时的产量为 3867.76 kg/hm^2 ; 烤烟产值极大值氮、磷、钾、油枯优化施肥组合为 $N=0.4376$ $P_2O_5=-0.1027$ $K_2O=0.5114$ 油枯 $=0.4056$ 此时的产值为 45194.40 元/hm^2 ; 烤烟含钾量极大值氮、磷、钾、油枯优化施肥组合为 $N=0.5010$ $P_2O_5=0.0623$ $K_2O=0.8663$ 油枯 $=0.3593$ 此时的含钾量为 3.31% ; 最佳施肥利润的氮、磷、钾、油枯优化施肥组合为 $N=0.3545$ $P_2O_5=-0.0327$ $K_2O=0.1697$ 油枯 $=0.2766$ 其最佳施肥利润为 41766.49 元/hm^2 , 此时经济产量达 3821.33 kg/hm^2 , 产值达 44894.43 元/hm^2 , 含钾量为 3.22% 。

关键词: 烤烟; 氮磷钾油枯配施; 农艺性状; 经济性状; 效应模式

中图分类号: S143.58 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2010)增刊-0230-06

Effects of N, P_2O_5 , K_2O and Oil Cake Application on Agronomic Traits and Economic Traits of Flue-cured TobaccoZENG Rui^{1,2}, HE Zhong-jun², CHENG Zhi-min¹, XIANG Jin-you³, HE Meng-lin⁴

(1. Sichuan Yibin Academy of Agricultural Yibin 644000 China; 2. College of Resource and Environment Yunnan Agricultural University Kunming 650201, China; 3. Sichuan Yibin Tobacco Corporation Yibin 644000 China; 4. Yuxi Yuantian Bio-energy Limited Company Yuxi 653201, China)

Abstract: The effects of N, P, K and oil cake application on economics character of flue-cured Tobacco and benefit of the fertilization were studied in the field by using the D-optimum regression design of supposed saturation. The results show that the optimum N, P, K and oil cake application amounts for the maximum yield of tobacco (3867.76 kg/ha) are $N=0.4059$ $P_2O_5=0.0959$ $K_2O=0.5603$ oil cake $=0.5188$, the optimum application amounts for the maximum value (45194.40 Yuan/ha) are $N=0.4376$ $P_2O_5=-0.1027$ $K_2O=0.5114$ oil cake $=0.4056$ and those for the maximum uptake of K (3.31%) are $N=0.5010$ $P_2O_5=0.0623$ $K_2O=0.8663$ oil cake $=0.3593$. The optimum N, P, K and oil cake application amounts for the best fertilization benefit are $N=0.3545$ $P_2O_5=-0.0327$ $K_2O=0.1697$ oil cake $=0.2766$. The best fertilization benefit is about 41766.49 Yuan/ha with a yield of 3821.33 kg/ha value of 44894.43 Yuan/ha uptake of $K_2O 3.22\%$.

Key words: Flue-cured tobacco; Proportion of N, P_2O_5 , K_2O Oil cake; Agronomic traits; Economic traits; Efficient mode

我国烤烟生产中有些地区由于长期单一施用氮、磷、钾肥, 造成土壤有机质含量下降, 烟叶的营养比例失调, 在一定程度上限制了烤烟产量的进一步提高^[1-3]。油枯是云南省传统的烟叶生产的优质有

机肥料, 油枯不仅为烟株提供无机养分, 而且还提供有机养分(氨基酸和有机酸类)^[4-5], 因而有利于烟叶内在化学品质的提高, 增强烟叶产量和上等烟比例等^[6-7]。有研究表明, 有机肥与无机肥配施, 能提

收稿日期: 2010-10-25

基金项目: 云南农业大学—玉溪市人民政府科技合作项目

作者简介: 曾 睿 (1984—) 女, 四川南溪人, 硕士研究生, 主要从事土壤施肥与肥力研究工作。

通讯作者: 何忠俊 (1962—) 男, 教授, 博士后, 主要从事土壤与植物营养、同位素技术方面的教学和科研工作。

高植烟土壤中的有机质含量, 培肥地力^[4], 提高作物对化肥氮素的利用效率。与单施无机肥相比, 饼肥配施无机肥处理烤烟植株的株高、茎围、叶面积和叶片数均增加^[6-8]。2008年, 笔者在云南玉溪烟区的大田条件下, 利用玉溪源天生物能源开发有限责任公司生产过程中以及周边农村的有机废弃物(油枯)采用二次 D饱和和最优设计, 进行了氮、磷、钾、油枯四因素五水平的肥效试验及配方筛选, 以期为

表 1 供试土壤的基本理化性状

Tab 1 The basic property of experimental soil

PH (H ₂ O)	有机质 / (g/kg) OM	全氮 / (g/kg) Total P	全磷 / (g/kg) Total N	全钾 / (g/kg) Total K	碱解氮 / (mg/kg) Alkaline N	速效磷 / (mg/kg) Available P	速效钾 / (mg/kg) Available K
6.36	19.5	1.6	1.3	26.7	101.6	13.6	87.4

试验采用四因素五水平二次 D饱和和最优设计^[9], 选择 N(X₁), P(X₂), K(X₃), 油枯(X₄)4个营养因素, 每个因子 5个水平, 按目前烟区推荐施用量 2倍设置养分最高水平, 最低水平为 0 按目前烟区推荐施用量 2倍设置养分最高水平, 最低水平为 0 共 15个处理, 3次重复, 共 45个小区, 随机区组排列, 小区面积约 33 m²。试验设计变量水平及编码见表 2 供试肥料为硝酸铵(含 N 34.9%)、普钙(含 P₂O₃ 16%), 硫酸钾(含 K₂O 52%), 油枯(完全腐熟, C/N约 25:1)。N P₂O₃、K₂O 油枯最高施肥

表 2 试验因素水平及编码

Tab 2 Levels and codes of the experimental factor

处理 Treatments	水平和编码 Levels and codes				施肥量 / (kg/hm ²) Fertilizers rate			
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	N	P ₂ O ₃	K ₂ O	油枯 Oil cake
1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0
2	1	-1	-1	-1	150	0	0	0
3	-1	1	-1	-1	0	150	0	0
4	-1	-1	1	-1	0	0	450	0
5	-1	-1	-1	1	0	0	0	900
6	0.411 4	0.411 4	-1	-1	105.855	105.855	0	0
7	0.411 4	-1	0.411 4	-1	105.855	0	317.565	0
8	0.411 4	-1	-1	0.411 4	105.855	0	0	635.15
9	-1	0.411 4	0.411 4	-1	0	105.855	317.565	0
10	-1	0.411 4	-1	0.411 4	0	105.855	0	635.15
11	-1	-1	0.411 4	0.411 4	0	0	317.565	635.15
12	-0.650 2	1	1	1	26.235	150	450	900
13	1	-0.650 2	1	1	150	26.235	450	900
14	1	1	-0.650 2	1	150	150	78.705	900
15	1	1	1	-0.650 2	150	150	450	157.41

2 结果与分析

2.1 氮、磷、钾、油枯配施对烤烟农艺性状的影响

株高是烟株长势最直接的表现, 也是各生育期阶段的外部标志。株高的增加往往伴随着叶片数、节距的增加, 茎围的扩大, 是烟株生长过程中内在协调性强弱的外在表现。烟株生长的快慢, 从一定程度上反映了其生长代谢的强弱。从烟株的成熟期株

合理施用油枯, 提高烤烟经济性状提供科学依据。

1 材料和方法

田间试验于 2008年 5—9月在云南省玉溪市澄江县城关小洋村进行。供试土壤为水稻土, 前作为小麦, 田间地势平坦, 肥力均匀。其土壤的基本理化性状见表 1。土壤为微酸性, 速效氮、速效磷属中高等水平、速效钾缺乏。供试烤烟品种为 K326

水平分别为 150 150 450 900 kg/hm², 最低施肥水平均为 0 kg/hm²。各处理栽烟后 4~5 d施 20%, 栽后 11~12 d施 20%, 栽后 20~21 d施 30%, 栽后 27~28 d施 30%。烤烟于 5月 5日移栽, 7月 11日至 8月 19日进行采收、烘烤。行距 110 cm 株距 55 cm 每小区种植烤烟 50株。试验田的整地做垄、栽培及田间管理措施都按烤烟生产规范执行。

试验数据在 MS EXCEL(2003)上处理; 肥料回归方程等应用 DPS分析软件进行处理^[9], 建立回归模型, 并进行回归分析等。

高长势可以看出(表 3), 各处理差异显著, 以处理 14的株高为最高, 比处理 1高 12.53 cm 处理 6和处理 8次之。

烟株茎围在一定程度上代表着植株同化产物的累积量。茎围和节距能直接反映烟株茎杆的健壮程度, 与烟株营养密切相关。由表 4可以看出, 各处理的节距差异不显著, 茎围差异显著, 分别以处理 14和处理 15最大。

叶片是光合作用的重要器官, 它的数量既与烟株自身生长规律有关, 又受外界环境条件的影响。在外界影响因素中, 肥料是一个较大的影响因子。烟草是以收获叶子为主, 所以其产量的形成与叶面积有着更为密切关系。试验结果表明 (表 4), 烤烟叶面积最大值出现在处理 14 为 1 618. 05 cm², 处理

15 次之, 为 1 599. 17 cm²。叶片数以处理 6 和处理 8 为最好, 均为 21 片/株。

由此说明 N P K 油枯配施更有利于烤烟的营养均衡, 促进烤烟生长。以处理 14 和处理 15 的田间长势最好。

表 3 不同氮磷钾油枯配施对烤烟成熟期农艺性状的影响
Tab 3 Effect of N P K and oil cake combined application on agronomic traits of flue-cured tobacco

处理 Treatments	株高 / cm Height	茎围 / cm Stem girth	节距 / cm Length between nodes	叶面积 / cm ² Leaf area	有效叶数 (片 / 株) Leaf number
1	100.96 bc	9.27 abc	5.04 a	1 200.44 cdef	19.33 ab
2	103.54 abc	9.75 ab	5.17 a	1 269.14 bcdef	20.11 ab
3	98.33 c	9.41 abc	5.70 a	1 255.88 cdef	18.78 ab
4	99.67 c	8.79 c	5.20 a	1 021.80 f	18.67 b
5	106.97 abc	9.26 abc	5.77 a	1 100.86 ef	18.67 b
6	112.72 abc	10.07 a	5.28 a	1 317.82 bcde	21.00 a
7	103.94 abc	10.10 a	5.36 a	1 410.70 abc	19.89 ab
8	111.68 abc	9.48 abc	5.29 a	1 389.61 abcd	21.00 a
9	98.24 c	9.48 abc	5.10 a	1 298.06 bcde	19.11 ab
10	107.48 abc	9.06 bc	5.46 a	1 239.63 cdef	19.56 ab
11	97.87 c	9.32 abc	4.90 a	1 133.85 def	19.33 ab
12	107.49 abc	10.03 a	5.80 a	1 459.60 abc	19.56 ab
13	107.52 abc	10.04 a	5.01 a	1 524.19 ab	20.67 ab
14	113.49 a	10.03 a	5.83 a	1 618.05 a	20.78 ab
15	108.88 abc	10.19 a	5.34 a	1 599.17 a	20.89 ab

表 4 不同处理对烤烟的产量、产值和 K₂O%
Tab 4 The Yield, output value and K₂O contents of flue-cured tobacco in different treatments

处理 Treatments	产量 / (kg/hm ²) Yield	产值 / (元 / hm ²) Value	K ₂ O% (上、中、下部 烟叶均值)
1	2 173.3	27 349.3	1.62
2	2 475	30 815.65	2.08
3	2 408.54	30 028.8	1.92
4	2 257.22	29 463.8	2.1
5	2 274.32	28 471.45	1.95
6	2 878.64	34 696.55	2.23
7	3 080.46	36 800.95	2.69
8	3 062.75	36 559.2	2.55
9	2 510.14	31 352.3	2.3
10	2 809.45	34 841.3	2.55
11	3 058.93	38 350.1	2.53
12	3 270.67	38 329.95	2.96
13	3 654.68	42 771.75	3.08
14	3 209.56	38 406.15	2.72
15	3 043.5	36 111.2	2.75

2.2 氮、磷、钾、油枯配施对烤烟经济性状的影响
2.2.1 氮、磷、钾、油枯配施对烤烟产量的效应和优化分析 根据烤烟累积产量 (表 4), 建立烤烟产量与氮、磷、钾、油枯施用量的回归模型, 建立二次多项式数学模式:

$$Y=3\,705.20+230.89X_1+51.71X_2+176.67X_3+245.68X_4-347.50X_1^2-83.24X_2^2-242.87X_3^2-325.34X_4^2-15.77X_1X_2+72.58X_1X_3+23.24X_1X_4-$$

$$79.97X_2X_3+29.83X_2X_4+142.10X_3X_4 \quad (1)$$

式中, Y 为产量, X₁、X₂、X₃、X₄ 分别为氮、磷、钾、油枯的码值, 且 -1 ≤ X₁、X₂、X₃、X₄ ≤ 1。

回归方程经检验 F=35 536.55 P=0.004 2<0.05 达显著水平。说明该模型的预测值和实际值拟合性很好, 可用该方程进行预测。对模型进行非线性求解极大值, 可得烤烟产量最高的农艺方案为 X₁=0.405 9 X₂=0.095 9 X₃=0.560 3 X₄=0.518 8 此时的产量为 3 867.76 kg/hm²。

采用降维法, 将回归方程中 4 个因素中的 3 个因素固定在 0 水平 (中量施肥水平), 得到各因素的一元二次回归子模型:

$$\begin{aligned} \text{氮肥 (N)} \quad Y &= 3\,705.20 + 230.89X_1 - 347.50X_1^2 \\ \text{磷肥 (P}_2\text{O}_5) \quad Y &= 3\,705.20 + 51.71X_2 - 83.24X_2^2 \\ \text{钾肥 (K}_2\text{O)} \quad Y &= 3\,705.20 + 176.67X_3 - 242.87X_3^2 \end{aligned}$$

$$\text{油枯} \quad Y = 3\,705.20 + 245.68X_4 - 325.34X_4^2$$

在回归模拟计算过程中应用的是无量纲线性编码代换, 所求的偏回归系数已标准化, 故其绝对值大小可以直接反映各变量对产量的影响程度。由一次项和二次项偏回归系数可以看出 4 个处理因素对烤烟产量的影响顺序为 X₁>X₄>X₃>X₂, 即 N 肥的影响最为显著, 油枯和 K 肥次之, P 肥的影响最小。

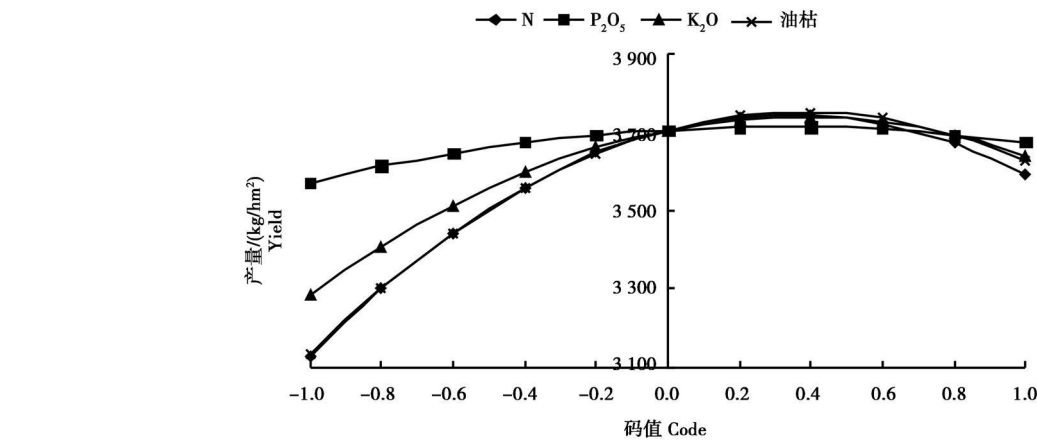


图 1 氮、磷、钾、油枯对产量的效应曲线

Fig 1 Yield response curves to N, P, K and oil cake application rates

从 (1) 的交互系数大小可以判断, 各因素交互效应的顺序为: $+142.10X_1X_4 > -79.97X_2X_3 > +72.58X_1X_3 > +29.83X_2X_4 > +23.24X_1X_4 > -15.77X_1X_2$ 。说明 K 肥与油枯的交互作用 (X_3X_4) 最为显著, N 肥与 P 肥的交互效应 (X_1X_2) 最小。将各因子水平值分别代入子模型, 得出各因子对产量的效应。由图 1 可以看出, 各因子对烟叶产量的影响不同。各因素在较低水平时, 产量均随因素水平的增加而增加, 但超过最佳水平后, 则开始下降。其中 N 和油枯对产量的影响最为显著, 而 P_2O_5 施用量对产量的影响变化很缓和。

2.2.2 氮、磷、钾、油枯配施对烤烟产值的效应和优化分析 试验结果见表 4。经计算建立产值与氮、磷、钾、油枯施用量的回归模型如下:

$$Y = 43\,752.59 + 2\,208.96X_1 + 338.62X_2 + 1\,824.18X_3 + 2\,512.36X_4 - 2\,845.90X_1^2 - 971.75X_2^2 - 2\,710.28X_3^2 - 4\,087.69X_4^2 - 81.02X_1X_2 + 450.52X_1X_3 + 106.28X_1X_4 - 1\,224.35X_2X_3 +$$

$$304.23X_2X_4 + 1\,540.77X_3X_4 \quad (2)$$

式中, Y 为产值, X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 分别为氮、磷、钾、油枯的码值, 且 $-1 \leq X_1, X_2, X_3, X_4 \leq 1$ 。

对模型进行非线性求解极大值, 可得烤烟产值最高的农艺方案为 $X_1 = 0.437\,6$ $X_2 = -0.102\,7$ $X_3 = 0.511\,4$ $X_4 = 0.405\,6$ 此时的产值为 45 194.40 元 / hm^2 。

采用降维法, 将回归方程中 4 个因素中的 3 个因素固定在 0 水平 (中量施肥水平), 得到各因素的一元二次回归子模型:

氮肥 (N) $Y = 43\,752.59 + 2\,208.96X_1 - 2\,845.90X_1^2$

磷肥 (P_2O_5) $Y = 43\,752.59 + 338.62X_2 - 971.75X_2^2$

钾肥 (K_2O) $Y = 43\,752.59 + 1\,824.18X_3 - 2\,710.28X_3^2$

油枯 $Y = 43\,752.59 + 2\,512.36X_4 - 4\,087.69X_4^2$

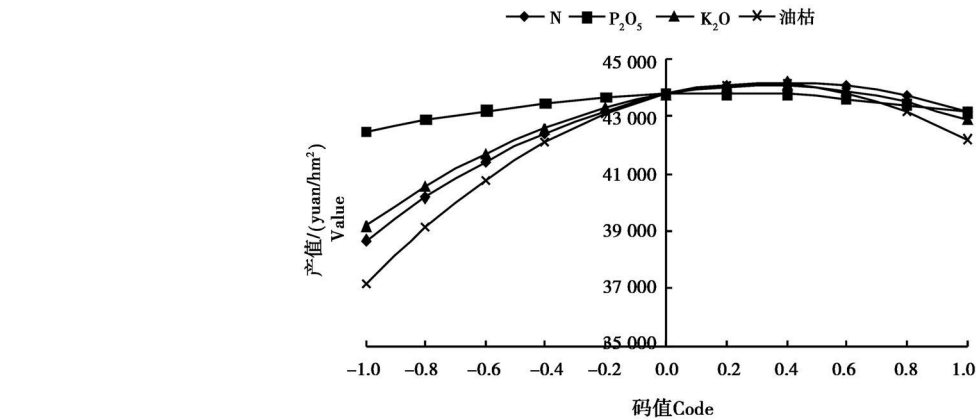


图 2 氮、磷、钾、油枯对产值的效应曲线

Fig 2 Value response curves to N, P, K and oil cake application rates

由各回归系数可判断 4个处理因素对烤烟产值的影响顺序为 $X_4 > X_1 > X_3 > X_2$ 从 (2) 的交互系数大小可以判断, 各因素交互效应的顺序为: $+1\,540.77X_3X_4 > -1\,224.35X_2X_3 > +450.52X_1X_3 > +304.23X_2X_4 > +106.28X_1X_4 > -81.02X_1X_2$

说明 K肥与油枯的交互作用 (X_3X_4) 最为显著, N肥与 P肥的交互效应 (X_1X_2) 最小。将各因子水平值分别代入子模型, 得出各因子对产值的效应。由图 2 可以看出, 在低水平时, 产值均随因素水平的增加而增加, 到达高水平时有下降趋势, P肥的增加趋势缓慢, 与对产量影响的变化趋势一致。其中油枯所产生的影响最为显著, N肥和 K肥次之, P肥的影响最小。

2.3 氮、磷、钾、油枯配施对烤烟钾含量的影响

烟叶含 K量高被公认为是优质烟叶的一个重要指标, 在优质烤烟品质标准中, 钾含量应 $> 2.5\%$ [10]。试验结果见表 4。经计算建立烟叶含钾量与氮、磷、钾、油枯施用量的回归模型如下:

$$Y = 3.12 + 0.17X_1 + 0.08X_2 + 0.24X_3 + 0.21X_4 - 0.21X_1^2 - 0.12X_2^2 - 0.15X_3^2 - 0.28X_4^2 - 0.10X_1X_2 + 0.06X_1X_3 - 0.02X_1X_4 - 0.05X_2X_3 + 0.08X_2X_4 - 0.01X_3X_4 \quad (3)$$

式中, Y为含钾量, X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 分别为氮、磷、钾、油枯的码值, 且 $-1 \leq X_1, X_2, X_3, X_4 \leq 1$ 。

对模型非线性求解极大值, 可得烤烟含钾量最高的农艺方案为 $X_1 = 0.501\,0$ $X_2 = 0.062\,3$ $X_3 = 0.866\,3$ $X_4 = 0.359\,3$ 此时的含钾量为 3.31% 。

采用降维法, 将回归方程中 4个因素中的 3个因素固定在 0水平 (中量施肥水平), 得到各因素的一元二次回归子模型:

$$\text{氮肥 (N)} Y = 3.12 + 0.17X_1 - 0.21X_1^2$$

$$\text{磷肥 (P}_2\text{O}_5) Y = 3.12 + 0.08X_2 - 0.12X_2^2$$

$$\text{钾肥 (K}_2\text{O)} Y = 3.12 + 0.24X_3 - 0.15X_3^2$$

$$\text{油枯 } Y = 3.12 + 0.21X_4 - 0.28X_4^2$$

由各回归系数可判断 4个处理因素对烤烟含钾量的影响顺序为 $X_3 > X_4 > X_1 > X_2$ 从 (3) 的交互系数大小可以判断, 各因素交互效应的顺序为:

$$-0.10X_1X_2 > +0.08X_2X_4 > +0.06X_1X_3 > -0.05X_2X_3 > -0.02X_1X_4 > -0.01X_3X_4$$

说明 N肥与 P肥的交互作用 (X_1X_2) 最为显著, K肥与油枯的交互效应 (X_3X_4) 最小。将各因子水平值分别代入子模型, 得出各因子对含钾量的效应。由图 3 可以看出, 各因素在较低水平时, 烤烟含钾量均随因素的增加而增加, 但到中高水平时, 增加相对缓慢且趋于下降, 以油枯对烟叶含钾量的影响最为明显。

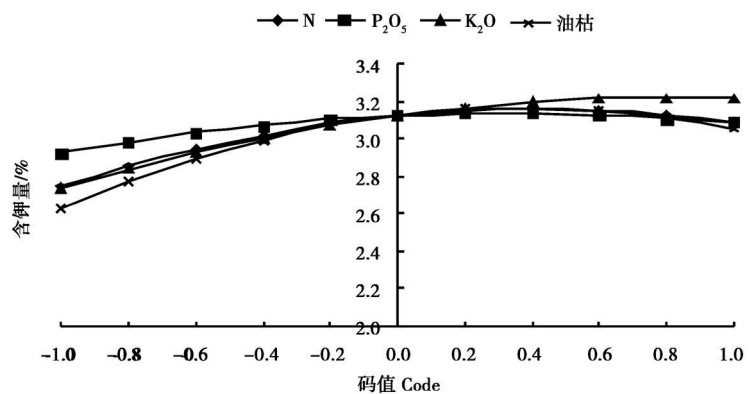


图 3 氮、磷、钾、油枯对含钾量的效应曲线

Fig 3 The uptake of K₂O response curves to N, P, K and oil cake application rates

2.4 烤烟最佳经济施肥效益分析

最佳经济施肥是以经济效益为原则, 在肥料资金充足条件下, 提高单位面积的施肥利润, 增加总收益。即当边际产量等于肥料与产品的价格比, 及边际产值等于边际成本, 边际利润等于 0 时, 单位面积的施肥利润最大 [11]。根据建立的产量与氮、磷、钾、油枯的统计模型, 并结合 2008 年烤烟各级烟叶产值和 2008 年肥料价格 N4.01、P₂O₅ 3.33、K₂O 6.8 油

枯 1.2 元 / kg 计算, 对烤烟进行施肥效益分析, 得到施肥效益方程如下:

$$Y = 41\,132.10 + 1\,908.20X_1 + 88.87X_2 + 294.19X_3 + 1\,972.37X_4 - 2\,845.88X_1^2 - 971.73X_2^2 - 2\,710.31X_3^2 - 4\,087.68X_4^2 - 81.02X_1X_2 + 450.51X_1X_3 + 106.28X_1X_4 - 1\,224.35X_2X_3 + 304.24X_2X_4 + 1\,540.77X_3X_4$$

式中 Y 为施肥利润, X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 分别为氮、

磷、钾、油枯的码值,且 $-1 \leq X_1, X_2, X_3, X_4 \leq 1$ 。

用计算机对方程进行求解,得氮、磷、钾、油枯的最佳经济施肥水平是 $X_1=0.354\ 5$ $X_2=-0.032\ 7$, $X_3=0.169\ 7$ $X_4=0.276\ 6$ 此时烤烟的产量为 $3\ 821.33\ \text{kg}/\text{hm}^2$, 产值为 $44\ 894.43\ \text{元}/\text{hm}^2$, 含钾量为 3.22% , 施肥利润为 $41\ 766.49\ \text{元}/\text{hm}^2$ 。

3 结论

氮磷钾油枯均衡施用,能促进烤烟生长,尤其以处理 14(高氮高磷高油枯低钾)、处理 15(高氮高磷高钾低油枯)的农艺性状最佳,可以提高烤烟株高、茎围、节距、叶面积和有效叶数。

烤烟产量、产值和含钾量均随各因素水平的增加呈先增后降的趋势。产量、产值和含钾量均以处理 13 最高。根据建立的各模型效应求解得出:①当 $X_1=0.405\ 9$ $X_2=0.095\ 9$ $X_3=0.560\ 3$ $X_4=0.518\ 8$ 此时的产量为 $3\ 867.76\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 。②当 $X_1=0.437\ 6$ $X_2=-0.102\ 7$ $X_3=0.511\ 4$ $X_4=0.405\ 6$ 此时的产值为 $45\ 194.40\ \text{元}/\text{hm}^2$ 。③当 $X_1=0.501\ 0$ $X_2=0.062\ 3$ $X_3=0.866\ 3$ $X_4=0.359\ 3$ 此时的含钾量为 3.31% 。根据烤烟的产值和当年(2008年)肥料价格,对烤烟进行施肥效益分析,得出最佳施肥水平是当 $X_1=0.354\ 5$ $X_2=-0.032\ 7$ $X_3=0.169\ 7$ $X_4=0.276\ 6$ 此时的利润为 $41\ 766.49\ \text{元}/\text{hm}^2$, 产量为 $3\ 821.33\ \text{kg}/\text{hm}^2$, 产值为 $44\ 894.43\ \text{元}/\text{hm}^2$, 含钾量为 3.22% 。获得最大的施肥利润时的产量接近于最高产量 $3\ 867.76$

kg/hm^2 ,在实际生产应用中宜以最佳经济施肥量作施肥推荐。

本试验结果是在较小的试验田获得的,因此有必要在实践生产中做进一步的检验。

参考文献:

[1] 卢增兰.土壤肥科学[M]. 北京: 农业出版社, 1987 11

[2] 曹志宏. 优质烤烟生产的土壤与施肥[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1991: 17.

[3] 陈瑞泰. 中国烟草栽培学[M]. 上海: 上海科技出版社, 1987.

[4] 刘卫群, 陈江华, 刘建利. 有机肥使用技术与烟叶品质关系[J]. 中国烟草学报, 2003(增刊): 9—15

[5] 胡国松, 郑 伟, 王震东, 等. 烤烟营养原理[M]. 北京: 科技出版社, 2000

[6] 唐丽娜, 熊德中. 有机肥与化肥配合施用对烤烟生长发育的影响[J]. 烟草科技, 2000(10): 32—35

[7] 张永春, 张 恒, 丁 伟, 等. 油菜籽粉对烤烟品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2007 35(31): 9951—9952

[8] 王 毅, 瞿 兴, 杨 跃, 等. 菜籽饼肥与化肥配合施用对烤烟生长及土壤养分的影响[J]. 华中农业大学学报, 2006 25(1): 50—54

[9] 唐启义, 冯明光. DPS数据处理系统— 试验设计、统计分析及数据挖掘[M]. 北京: 科学出版社, 2007.

[10] 谢建昌. 钾与中国农业. 南京: 河海大学出版社, 2000 45—52 296—300

[11] 谭金芳. 作物施肥原理与技术[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003 209—214