

## 微肥用量对烤烟化学成分的影响

罗柱石<sup>1</sup>, 伍智强<sup>2</sup>, 鄢敏<sup>1</sup>, 吴疆<sup>3</sup>, 侯春霞<sup>4</sup>, 刘芳<sup>4</sup>, 谷宇超<sup>2</sup>, 景延秋<sup>2</sup>, 杨洋<sup>1</sup>, 李林秋<sup>1</sup>

(1. 四川省烟草公司宜宾市公司, 四川 宜宾 644002; 2. 河南农业大学烟草学院, 河南 郑州 450002; 3. 河南省烟草公司南阳市公司, 河南 南阳 473000; 4. 广元市农业农村局, 四川 广元 628017)

**摘要:** 为探究不同微量元素肥料用量对烤烟化学品质的影响, 采用添加镁、铁、锰、锌、铜、硼、钼等元素的肥料, 设置 4 个施肥量梯度对烤烟进行追肥处理。结果表明, 增施含微量元素的肥料能够提升总糖和还原糖含量, 在一定范围内增施含微量元素的肥料, 糠醛、糠醇、2-乙酰基吡咯、 $\beta$ -二氢大马酮、 $\beta$ -大马酮、6-甲基-5-庚烯-2-酮、6-甲基-5-庚烯-2-醇、法尼基丙酮、香叶基丙酮、芳樟醇、茄酮、 $\beta$ -环柠檬醛等香味物质含量及香气总量有所提升, 但过高的施肥量又会降低香味物质的含量。施肥量为 180 kg/hm<sup>2</sup> 时香味物质含量最高, 烟叶品质较好。

**关键词:** 微量元素; 烤烟; 化学成分

**中图分类号:** S572 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2020)11-0062-05

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2020.11.016](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2020.11.016)

## Effect of the Amount of Trace Element Fertilizer on the Chemical Composition of Flue-cured Tobacco

LUO Zhushi<sup>1</sup>, WU Zhiqiang<sup>2</sup>, YAN Min<sup>1</sup>, WU Jiang<sup>3</sup>, HOU Chunxia<sup>4</sup>, LIU Fang<sup>4</sup>, GU Yuchao<sup>2</sup>, JING Yanqiu<sup>2</sup>, YANG Jian<sup>1</sup>, LI Linqiu<sup>1</sup>

(1. Yibin Branch of Sichuan Tobacco Corporation, Yibin Sichuan 644002, China; 2. College of Tobacco, Henan Agricultural University, Zhengzhou Henan 450002, China; 3. Nanyang Branch of Henan Tobacco Corporation, Nanyang Henan 473000, China; 4. Guangyuan Agricultural and Rural Bureau, Guangyuan Sichuan 628017, China)

**Abstract:** In order to explore the effects of different amounts of trace element fertilizers on the chemical quality of flue-cured tobacco, the fertilizers with magnesium, iron, manganese, zinc, copper, boron, molybdenum and other elements were used as topdressing, and 4 fertilizer application gradients were set up. The results showed that adding fertilizers containing trace elements could increase the total sugar and reducing sugar content. Within a certain range, the content of aroma substances such as furfural, furfuryl alcohol, 2-acetyl pyrrole,  $\beta$ -damascone,  $\beta$ -damascenone, 6-Methyl-5-heptene-2-one, 6-methyl-5-heptene-2-ol, farnesyl acetone, geranyl acetone, linalool, solanone,  $\beta$ -cyclic citral increased, but the content of aroma substances was decreased by excessive fertilizer application, but excessive fertilization would reduce the content of aroma substances. In this experiment, when the fertilization rate was 180 kg/hm<sup>2</sup>, the content of aroma substances was the highest, and the quality of tobacco leaves was better.

**Key words:** Trace elements; Flue-cured tobacco; Chemical composition

收稿日期: 2020-10-09

基金项目: 四川省烟草公司宜宾市公司科技攻关项目(201851150024089)。

作者简介: 罗柱石(1970—), 男, 四川宜宾人, 硕士, 主要从事烟叶生产、收购管理工作。Email: zhushi0526@163.com。

通信作者: 杨洋(1987—), 男, 四川高县人, 农艺师, 硕士, 主要从事烟草科技创新与技术推广工作。Email: 298989633@qq.com。

烟草是一种同时要求品质和产量的特殊经济作物<sup>[1]</sup>,在现有的烟草生产经济中,烟株的品质和产量与肥料有着重要关联<sup>[2]</sup>。在烟草生长发育期间,所必需的微量元素有硼、锰、铜、钼、硅等,它们都直接或间接地参与植物发育,烟草品质能否得到提升,烟草中微量元素是否平衡至关重要<sup>[3]</sup>。矿质元素在烟草生长发育中有着重要地位,对不同的肥料进行合理施用,可以合理地调节烟草必需的养分元素<sup>[4]</sup>。合理地增加施用含有微量元素的肥料,可促进烟草植株生长发育,在一定程度上改善烟草农艺性状,增进烟草植株体内干物质的积累,从而改良烟草品质<sup>[5]</sup>。然而,人们往往只注重大量必需元素肥的施用,如氮磷钾肥,忽视了土壤的养分平衡<sup>[6]</sup>。由于连年的耕作和长期大量使用化肥,导致土壤元素输入与输出的不协调,造成土壤理化性状恶化和基础肥力的下降<sup>[7]</sup>。常规的化肥已经不能满足品质优良烤烟生产的需要,应当增加对中微量元素肥料的施用,使微量元素在烟草生长中得到满足,从而达到提升烟叶品质的目的<sup>[8]</sup>。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地概况

试验于 2018 年在宜宾市兴文县仙峰乡太阳光村进行。试验地土壤为黄壤土,肥力中等,地势平坦,灌排方便。试验地海拔 1 109 m, pH 为 6.86,含碱解氮 57.40 mg/kg、全磷 0.71 g/kg、速效磷 40.48 mg/kg、全钾 16.00 g/kg、速效钾 437.13 mg/kg、土壤有机质 38.66 g/kg、氯离子 12.18 mg/kg、铝离子 82.35 mg/kg、钙离子 22.47 mg/kg、铁 71.65 mg/kg、镁 7.29 mg/kg、锰 1.48 mg/kg、钠 1.05 mg/kg、铜 3.65 mg/kg、钼 0.34 mg/kg、锌 184.26 mg/kg。烟草种植密度为 15 750 株/hm<sup>2</sup>。

### 1.2 试验材料

指示烤烟品种为当地主栽品种云烟 87。

供试肥料:烟草专用追肥[有效成分为 N 150 g/kg, K<sub>2</sub>O(以氧化物计算)300 g/kg];微量元素复合肥[含 N 190 g/kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(以氧化物计算)65 g/kg、K<sub>2</sub>O(以氧化物计算)190 g/kg,有机质 180 g/kg,腐殖酸 80g/kg,镁 40 g/kg、铁 12 g/kg、锰 10 g/kg、锌 40 g/kg、铜 8 g/kg、硼 30 g/kg、钼 4 g/kg]。

### 1.3 试验方法

试验共设 4 个处理:T1 施微量元素复合肥 120 kg/hm<sup>2</sup>;T2 施微量元素复合肥 150 kg/hm<sup>2</sup>;T3 施微量元素复合肥 180 kg/hm<sup>2</sup>;T4 施微量元素复合肥 210 kg/hm<sup>2</sup>。以施烟草专用追肥 150 kg/hm<sup>2</sup> 为对照(CK)。试验采用随机区组设计,3 次重复,每小区植烟 30 株。试验各处理和对照均在烟苗移栽后 30 d、45 d 按试验设计用量分两次将肥料溶于水后浇灌于根部土壤。烟叶分区挂杆采收。每小区取初烤样品 C3F 等级的烟叶 1 kg 磨粉待测。

### 1.4 测定项目及方法

样品去梗切丝后在 40 ℃下干燥 12 h,磨碎过 40 目筛,置密封塑料袋中备用。测定指标包括烟叶的常规化学成分(总糖、还原糖、总氮、烟碱、钾、氯、蛋白质)和中性香味物质。中性香味物质的检测:称取 20 g 烟叶样品置于蒸馏萃取装置中,用二氯甲烷萃取提取液提取其香气成分,移至鸡心瓶于旋转蒸发仪上浓缩至 1 mL,采用美国 HP6890-5975 气质联用仪对烟叶样品进行定性定量分析。

### 1.5 数据统计与分析

用 Excel 2016 对数据进行统计和绘制图表,用 SPSS 进行相关数据统计。

## 2 结果与分析

### 2.1 肥料用量对烟叶常规化学成分的影响

从表 1 可知,施添加微量元素肥料的烟叶,其总糖和还原糖总量较 CK 高,随着施用量的增加,总糖和还原糖含量有所增加,

表 1 微量元素复合肥不同施用量处理的烤烟常规化学成分

处理	总糖 /(g/kg)	还原糖 /(g/kg)	总氮 /(g/kg)	烟碱 /(g/kg)	钾 /(g/kg)	氯 /(g/kg)	蛋白质 /(g/kg)	糖碱比	氮碱比	钾氯比	施木克值
CK	202.7 b	191.9 a	21.9 a	33.4 a	17.9 a	1.7 a	100 a	5.85 b	0.66 a	11.70 a	2.03 b
T1	244.9 ab	223.6 ab	20.1 a	29.8 a	16.3 a	1.1 a	92.8 a	7.67 ab	0.67 a	15.98 a	2.71 ab
T2	254.9 ab	225.8 ab	20.1 a	30.1 a	17.6 a	1.2 a	93.0 a	7.64 ab	0.66 a	14.34 a	2.83 ab
T3	274.4 a	242.6 a	18.0 a	26.9 a	17.9 a	1.4 a	83.1 a	9.13 a	0.67 a	14.25 a	3.34 a
T4	270.8 a	237.3 a	18.5 a	26.8 a	17.2 a	1.1 a	85.0 a	8.94 ab	0.69 a	18.71 a	3.19 a

且总糖含量处理 T3、T4 均与 CK 间存在显著差异。各处理的总氮含量和烟碱含量略低于 CK，但差异未达到显著水平。钾离子含量各处理间差别不大。蛋白质含量各处理均低于 CK，并且随着施肥量的增加，蛋白质含量略有减少；从烟叶的协调性方面来看，糖碱比 T3 处理与 CK 差异显著；施木克值处理 T3、T4 与 CK 有显著差异，且增施含微量元素的肥料对烟叶糖碱比及施木克值有增加的作用，而对烟叶的钾氯比以及氮碱比作用不显著。

## 2.2 对烟叶中性致香物质的影响

2.2.1 对棕色化反应产物的影响 由表 2 可知，在 T1、T2 施肥量下，糠醛、糠醇、2-乙酰基吡咯的含量高于 CK，但继续增加施肥量后，糠醛、糠醇、2-乙酰基吡咯又有所下降；2-乙酰基呋喃的含量各处理均低于 CK。棕色化反应产物总量处理 T1、T2、T3 均高于 CK，处理 T4 低于 CK，且 T2>T1>T3。表明在一定范围内增加施肥量能够增加棕色化反应产物的总量，而部分棕色化反应产物如 2-乙酰基呋喃却不一定增加，增施一定量的微量元素肥料可能对糠醛和糠醇的产生有一定影响。

表 2 微量元素肥料用量处理的棕色化反应产物

处理	μg/g						棕色化 反应产 物总量
	糠醛	糠醇	2-乙 酰基 呋喃	5-甲 基糠 醛	3, 4-二 甲 基-2, 5- 呋 喃二 酮	2-乙 酰基 吡咯	
CK	16.17	1.83	0.90	1.59	0.39	0.85	21.72
T1	17.42	2.09	0.78	1.91	0.37	1.01	23.58
T2	19.59	2.47	0.78	2.28	0.39	1.09	26.60
T3	14.40	3.51	0.82	2.07	0.57	0.89	22.26
T4	14.88	1.70	0.62	1.87	0.33	0.47	19.86

2.2.2 对苯丙氨酸类代谢产物的影响 由表 3 可知，不同施肥量处理下，苯丙氨酸类代谢产物总量处理 T2、T3 高于 CK。T1、T3、T4 的各苯丙氨酸类代谢产物无明显的规律，处理 T4 丙氨酸类代谢产物如苯甲醇、苯甲醛等均低于 CK，表明较高的微肥使用量不利于苯丙氨酸类代谢产物的增加。

表 3 微量元素肥料施用量处理的苯丙氨酸类

处理	代谢产物测定结果				苯丙氨酸类 代谢产物 总量
	苯甲醇	苯乙醛	苯甲醛	苯乙醇	
CK	10.36	2.57	0.64	3.47	17.05
T1	8.48	2.12	0.71	2.86	14.18
T2	8.36	4.81	1.62	4.84	19.63
T3	11.24	2.10	0.60	3.37	17.31
T4	8.62	2.31	0.25	4.81	15.99

2.2.3 肥料用量对类胡萝卜素降解产物的影响 由表 4 可知，各处理对不同类胡萝卜素降解产物的影响不尽相同，β-二氢大马酮含量各处理均高于 CK；法尼基丙酮在较低施肥量(处理 T2、T3)时含量略微升高，在较高施肥量(处理 T4)时明显低于 CK；β-大马酮以处理 T2 最高，β-二氢大马酮处理 T4 最高，香叶基丙酮处理 T3 最高，二氢猕猴桃内酯处理 T3 最高；巨豆三烯酮 2 以处理 T2 最高；3-羟基-β-二氢大马酮各处理均低于 CK。6-甲基-5-庚烯-2-酮含量随着施肥量的增加有升高的趋势；6-甲基-5-庚烯-2-醇含量随着施肥量的增加呈先增加后降低的趋势，各处理均高于 CK，以处理 T2 最高。芳樟醇和异佛尔酮随着肥料施用量的增加其含量也在增加；肥料用量对氧化异佛尔

表 4 微量元素肥料施用量处理的类胡萝卜素降解产物测定结果

处理	物质测定结果																类胡萝卜素降解产物总量
	$\beta$ -二氢大马酮	法尼基丙酮	$\beta$ -大马酮	香叶基丙酮	二氢猕猴桃内酯	巨豆三烯酮1	巨豆三烯酮2	巨豆三烯酮3	巨豆三烯酮4	3-羟基- $\beta$ -二氢大马酮	6-甲基-5-庚烯-2-酮	6-甲基-5-庚烯-2-醇	芳樟醇	螺岩兰草酮	异佛尔酮	氧化异佛尔酮	
CK	12.62	10.07	18.84	2.34	0.40	2.67	12.43	2.65	13.99	3.26	0.40	0.65	0.55	0.55	0.07	0.23	81.71
T1	14.65	9.05	22.51	2.21	0.47	2.37	12.25	2.36	12.62	2.27	0.46	0.96	0.49	0.29	0.09	0.25	83.32
T2	15.49	11.00	25.47	2.44	0.48	3.02	15.81	1.90	16.91	3.17	0.45	1.11	0.51	0.27	0.10	0.31	98.41
T3	16.21	12.05	23.46	2.96	0.54	2.52	11.72	3.49	11.78	2.08	0.58	1.08	0.67	0.33	0.13	0.24	79.84
T4	25.34	6.74	15.20	1.58	0.12	2.86	11.13	2.39	12.13	2.91	0.59	0.74	0.86	0.42	0.14	0.14	83.29

酮含量的影响不大，只在 T4 处理下略有减少。螺岩兰草酮等香味物质含量随着肥料用量的增加降低先降后增。

2.2.4 对类西柏烷类降解产物的影响 各处理的烟叶类西柏烷类降解产物(茄酮)含量均高于 CK (17.85  $\mu\text{g/g}$ )，在处理 T1、T2、T3 范围内，随着肥料用量的增加，类西柏烷类降解产物茄酮的含量有所提高，分别为 23.98、24.60、26.48  $\mu\text{g/g}$ ，处理 T4 的茄酮含量(18.65  $\mu\text{g/g}$ )较处理 T1、T2、T3 有所降低但高于 CK。可见在一定范围内，增加微量元素肥料的使用量可提升烟叶类西柏烷类降解产物的含量，超过一定范围，类西柏烷类降解产物又有所降低。

2.2.5 对其他香味物质的影响 由表 5 可以看出， $\beta$ -环柠檬醛含量处理 T1、T2、T3 之间相差不大，但均明显高于 CK，处理 T4 较其他处理  $\beta$ -环柠檬醛含量有所减少，但仍高于 CK；藏花醛含量以处理 T2 最高。使用含微量元素肥料的烟叶其他香味物质含量总体上高于 CK，但对于其他香味物质总体提

表 5 微量元素肥料施用量处理的其他香味

处理	物质测定结果				
	愈创木酚	2, 6-二烯醛	藏花醛	$\beta$ -环柠檬醛	其他香味物质总量
CK	1.05	0.23	0.18	0.38	1.84
T1	0.90	0.21	0.22	0.71	2.04
T2	0.91	0.24	0.40	0.75	2.30
T3	1.09	0.14	0.18	0.74	2.15
T4	1.21	0.19	0.21	0.53	2.14

升的幅度较小。

2.2.6 对中性香味物质总量的影响 由表 6 可以看出，不同肥料用量对香味物质的影响不同，香味物质总量以处理 T3 最高，处理 T1、T2 与 CK 的香味物质总量上较为接近，处理 T4 低于 CK。新植二烯含量处理 T1、T2 与 CK 相差不大，处理 T3 较高，比 CK 提高了 12.56%，处理 T4 比 CK 降低了 11.05%。对于除新植二烯外的香味物质来说，处理 T1、T2、T3 均高于 CK，分别较 CK 提高了 4.93%、16.62%、12.75%。处理 T2 含量最高，处理 T4 含量低于 CK。

表 6 微量元素肥料施用量处理的中性香味

处理	物质测定结果		中性香味物质总量
	除新植二烯外总量	新植二烯	
CK	140.18	907.65	1 047.83
T1	147.10	895.76	1 042.86
T2	171.55	897.30	1 068.85
T3	158.06	1 021.68	1 179.74
T4	139.93	807.36	947.29

### 3 结论与讨论

铁、锰、锌、铜、硼、钼是烟草生长发育过程中重要的营养元素，含量过高或者过低都会影响烟草植株的正常发育<sup>[9-10]</sup>，如果微量元素含量过低，会降低烟叶的化学品质以及协调性。魏小慧等<sup>[11]</sup>研究表明，不同的微肥用量会导致烟叶化学品质的差异。就试验结果来看，增施含有微量元素的肥料能

够提高烟叶的总糖和还原糖含量,随着含微量元素肥料用量的增加,总糖和还原糖含量也在增加,而总氮和烟碱的含量有所减少,对钾、氯含量影响不明显。蛋白质含量和对照相比有所降低,但各处理间蛋白质含量差异不大。就常规化学成分协调性来说,增施含有微量元素的肥料能够提高烟叶的糖碱比以及施木克值,对烟叶的氮碱比影响较小,这与前人的研究结果大致相同。

烟叶的香味物质也是评价烟草质量高低的重要指标,研究表明,施用含微量元素的肥料可以提高烟叶中香味物质成分的含量<sup>[12]</sup>。本研究表明,不同微量元素肥料使用量对不同的香味物质成分影响不同。在一定程度上,使用含微量元素的肥料能够提高糠醛、糠醇、2-乙酰基吡咯、 $\beta$ -二氢大马酮、 $\beta$ -大马酮、6-甲基-5-庚烯-2-酮、6-甲基-5-庚烯-2-醇、法尼基丙酮、香叶基丙酮、芳樟醇、茄酮、 $\beta$ -环柠檬醛等香味物质含量,新植二烯含量仅在施量为 180 kg/hm<sup>2</sup> 时较高,除新植二烯外总量在一定范围内有所提高,香味物质总量也有所提高;3-羟基- $\beta$ -二氢大马酮、螺岩兰草酮等香味物质随着微量元素肥料用量的增加含量有所降低;大多数的香味物质在较高微量元素肥料使用量的情况下,香味物质含量会有所下降甚至低于对照。这可能反映出过多使用含微量元素的肥料不利于烟叶香味物质的形成,因此在使用含微量元素肥料时一定要注意用法用量;不同的香味物质含量峰值所在的微量元素肥用量也不完全相同。总体上来说,施肥量 180 kg/hm<sup>2</sup> 的烟叶香味物质含量高于其他处理。

增加土壤微量元素的含量,平衡土壤养分是提升烟叶品质的重要途径,但各地土壤养分含量差异较大,加之环境气候和烟草品种的影响,无法确定通用微量元素的最佳用

量。不同微量元素参与烟草生理过程的机理较为复杂,不同微量元素组合间的作用关系尚未明确,这些都有待于进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 聂新柏,靳志丽.烟草中微量元素对烟草生长及产量质量的影响[J].中国烟草科学,2003,24(4):30-34.
- [2] 陈江华,刘建利,李志宏,等.中国植烟土壤及烟草养分综合管理[M].北京:科学出版社,2008.
- [3] 崔国明,黄必志,柴家荣,等.硼对烟草生理生化及产质量的影响[J].中国烟草科学,2000(3):16-20.
- [4] 黄占平,汤红印,胡小东.盐井基地单元植烟土壤有效锌硼、交换性镁含量变化分析[J].宁夏农林科技,2012,53(2):38-39;41.
- [5] 刘清,许松林,张邦成.锌对烟草烟叶产量品质的影响[J].土壤,1991(1):35-36.
- [6] 胡荣华.富源县植烟土壤有效态微量元素含量评价[J].湖南农业科学,2015(7):40-43;47.
- [7] 黄元炯,张翔,范艺宽,等.河南烟区土壤硫、镁及微量元素的含量与分布[J].烟草科技,2005(3):33-36.
- [8] 韦凤杰,张国显,常思敏,等.锌对豫西烤烟香气物质含量和评吸质量的影响[J].河南农业大学学报,2008(3):263-267.
- [9] 朱浩,张强,孙渭,等.烟草品质性状影响因子的研究进展[J].中国农学通报,2018,34(34):25-29.
- [10] 杨苏,戴林建,周田,等.烟草微量营养元素研究现状[J].作物研究,2015,29(4):453-456.
- [11] 魏小慧,佘国涵,王勇,等.5种微量元素对十堰烤烟产质量的影响[J].安徽农业科学,2018,46(1):47-51.
- [12] 张豹林,景延秋,刘剑君,等.喷施微量元素与糖对烟叶品质的影响[J].江苏农业科学,2015,43(3):91-94.

(本文责编:郑丹丹)