

湖南烤烟营养元素含量与总糖和烟碱的关系

许自成¹,黎妍妍^{1,2},肖汉乾³,李挥文¹

(1 河南农业大学 农学院,河南 郑州 450002;2 湖北省烟草科研所,湖北 武汉 430030;3 湖南省烟草公司,湖南 长沙 410007)

【摘要】【目的】确定湖南烤烟矿质元素的适宜含量范围,为烤烟的营养平衡提供科学依据。【方法】对来自湖南8个烟区的61份C₃F等级烤烟样品的营养元素及总糖、烟碱含量进行了测定,采用统计方法分析了营养元素与总糖及烟碱含量间的关系。【结果】当烤烟烟叶中的氮、磷、钾、钙、镁、硫、氯含量分别为15.0~20.0,1.5~4.0,15.0~30.0,22.13~27.38,1.50~2.50,5.50~7.00和3.00~4.40 g/kg,铜、锰、锌和硼的含量分别为17.69~18.34,140~168,34.36~54.31和11.87~40.00 mg/kg时,烟叶总糖和烟碱含量较为适宜,糖碱比为8~10,有利于吃吸味间的平衡。【结论】湖南烤烟营养元素在各烟区间存在较大的变异,其中氮、磷、钾、钙、锌、硼、氯含量适中,镁、铜、锰含量较低,硫含量较高,各烟区应根据烟叶矿质元素含量的状况平衡施肥。

【关键词】 湖南烤烟;矿质元素;总糖含量;烟碱含量

【中图分类号】 S572.062 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1671-9387(2008)01-0137-06

Status of the contents of mineral elements and their relationships
with total sugar and nicotine content in
flue-cured tobacco leaves in Hunan province

XU Zi-cheng¹,LI Yan-yan^{1,2},XIAO Han-qian³,LI Hui-wen¹

(1College of Agronomy, Henan Agricultural University, Henan, Zhengzhou 450002, China; 2 Tobacco Research Institute of Hubei Province, Wuhan, Hubei 430030, China; 3 Tobacco Corporation of Hunan Province, Hunan, Changsha 410007, China)

Abstract: 【Objective】 In order to determine the feasible contents of mineral elements of flue-cured tobacco in Hunan, and give a scientific base for nutrient balance of tobacco. 【Method】 The contents of mineral elements, total sugar, and nicotine in flue-cured tobacco leaves were determined for 61 samples of grade C₃F from 8 tobacco-growing countries in Hunan province, and the relationships between mineral elements and total sugar, nicotine contents were analyzed by using statistical methods. 【Result】 When the contents of N, P, K, Ca, Mg, S, Cl were in the range of 15.0—20.0, 1.5—4.0, 15.0—30.0, 22.13—27.38, 1.50—2.50, 5.50—7.00, 3.00—4.40 g/kg, and Cu, Mn, Zn, B were in the range of 17.69—18.34, 140—168, 34.36—54.31, 11.87—40.00 mg/kg respectively, the contents of total sugar and nicotine were suitable in general, and the ratio of total sugar to nicotine ranged from 8 to 10 with good balance for smoking quality indexes. 【Conclusion】 There existed big variation of different mineral elements among different Hunan tobacco-growing areas. The contents of Mg, Cu and Mn were low; the content of S was high; the contents of N, P, K, Ca, Zn, B and Cl were suitable. In the last, based on the status of the contents of mineral elements in tobacco leaves in 8 tobacco-growing countries, the suggestions for fertilization balance were given accordingly, each tobacco-growing area could be fertilized balanceably according to mineral elements in tobacco leaves.

* [收稿日期] 2006-12-22
[基金项目] 国家烟草专卖局重点科技攻关项目(110200401017); 河南省杰出人才创新基金项目(0421001900)
[作者简介] 许自成(1964—),男,河南汝南人,教授,博士,主要从事烟草品质生态、烟草营养与烟叶质量评价研究。
E-mail: zcxu@sohu.com

Key words: flue-cured tobacco leaves of Hunan; mineral elements; contents of total sugar; contents of nicotine

烟叶是卷烟工业的基础,其质量好坏对卷烟品质优劣具有十分重要的影响^[1]。烟叶品质除受常规化学成分的直接影响外,还受氮、磷、钾、钙、镁、硫、铜、锰、硼等烟叶必需矿质营养元素的影响。大量研究表明,矿质元素含量过高或过低均会影响烟叶的吸食品质^[2-6]。目前,已有研究从“测土施肥”^[7]方面分析了湖南烟区及各植烟县(市)土壤中有关营养元素的丰缺状况^[8-10],但从“营养诊断”^[7]角度进行卷烟营养分析的研究报道还比较少。

总糖和烟碱是影响烟叶酸碱平衡的两类主要因素,两者比值能够较好地体现烟叶吃味和刺激性间的协调程度。已有研究从遗传因素、生态条件、栽培措施等方面报道了糖、碱含量的调控技术措施^[11-15],但从烟叶矿质营养元素角度分析其与烟叶糖碱关系的研究则鲜有报道。本研究分析了湖南烟叶矿质元素的含量状况,并对其与烟叶糖碱的关系进行了分析,以期确定各元素的适宜含量范围,旨在为烟草的营养平衡提供参考。

1 材料与方法

1.1 样品采集

在湖南 8 个烟区选取湖南烤烟主栽品种 K326、云烟 85、云烟 87、G80,共采集其中部叶 C₃F(中橘三)烟叶样品 61 个,其中嘉禾 8 个、桂阳 9 个、永兴 7 个、新田 8 个、蓝山 6 个、龙山 7 个、江华 10 个、衡南 6 个。样品等级由专职评级人员按照“GB2635—92 烤烟”标准进行评定,等级合格率达到 85% 以上。每样品取 3.0 kg,烟样烘干、粉碎、过筛(孔径为 0.25

mm)后,以备烟叶总糖、烟碱和矿质营养元素含量的测定。

1.2 烟叶化学成分与矿质元素含量的测定

1.2.1 烟叶氮、钾、总糖、烟碱含量的测定 采用常规分析方法^[16-17]进行。

1.2.2 烟叶磷、钙、镁、硫、铜、锰、锌、硼和氯等含量的测定 称取烟叶样品 0.5 g 至坩埚中,滴体积分数 95% 乙醇 3~4 滴湿润样品;将装有样品的坩埚置于马福炉中升温至 100 ℃,稳定 0.5 h;将马福炉升温至 250 ℃,稳定 1 h;将马福炉升温至 500 ℃,稳定 3 h;冷却后用体积分数 5% 盐酸溶解,用胶头滴管小心洗涤,过滤至 50 mL 容量瓶,同时制备空白溶液。取处理好的溶液直接用原子吸收分光光度计进行测定,用标准曲线计算各矿质元素含量。

1.3 数据处理

采用 SPSS 12.0 统计软件对各烟区间的矿质元素含量进行多重比较与回归分析。

2 结果与分析

2.1 湖南烤烟营养元素的含量分析

2.1.1 大量元素 湖南烟叶氮、磷、钾等矿质元素含量的测定结果见表 1 和表 2。由表 1 可见,湖南烟叶平均氮含量为 18.21 g/kg,分布较为集中,变异系数小于 10%,与巴西烟叶的符合程度仅为 3.28%。由表 3 可见,不同烟区烟叶的氮含量相比,以蓝山和衡南两个烟区较高,且显著高于嘉禾、新田、龙山等烟区,而与桂阳、永兴、江华等烟区无显著差异。

表 1 湖南烟叶中 N、P、K、Ca、Mg、S 等矿质元素的含量

Table 1 Status of the contents of mineral elements of N,P,K,Ca,Mg and S in tobacco leaves in Hunan

矿质元素 Mineral elements	平均值/ (g · kg ⁻¹) Mean	变异系数/% C. V.	一般含量/ (g · kg ⁻¹) Normal contents	与巴西烟叶比较 Comparison of the contents of mineralements between Hunan and Brazil		
				巴西烟上限/ (g · kg ⁻¹) Upper limit in Brazil	巴西烟下限/ (g · kg ⁻¹) Lower limit in Brazil	符合程度/% Correspondent frequency
N	18.21	7.09	15.0~35.0	20.4	30.6	3.28
P	2.44	24.52	1.5~5.0	2.0	2.8	44.26
K	22.16	17.48	≥20.0	16.1	26.8	81.97
Ca	22.62	17.40	—	11.9	20.8	32.79
Mg	2.20	44.27	3.0~12.0	2.6	6.9	29.51
S	7.63	26.57	2.0~7.0	—	—	—

注:矿质元素的“一般含量”来源于文献[2,7],巴西烟叶矿质元素含量的上、下限值来源于文献[18]。下表同。
Note: Data of normal contents of mineral elements came from references [2,7], and data of lower limit and upper limit contents of mineral elements of Brazil tobacco leaves came from reference[18]. Next table as followed.

表 2 湖南烟叶中 Cu、Mn、Zn、B、Cl 等微量矿质元素的含量

Table 2 Status of the contents of micro mineral elements of Cu, Mn, Zn,B and Cl in tobacco leaves in Hunan						
矿质元素 Mineral elements	平均值/ (mg · kg ⁻¹) Mean	变异系数/% C. V.	一般含量/ (mg · kg ⁻¹) Normal contents	与巴西烟叶比较 Comparison of the contents of mineralements between Hunan and Brazil		
				巴西烟上限/ (mg · kg ⁻¹) Upper limitin Brazil	巴西烟下限/ (mg · kg ⁻¹) Lower limitin Brazil	符合程度/% Correspondent frequency
Cu	9. 31	52. 58	15~21	4. 90	10. 60	40. 98
Mn	117. 13	107. 46	140~700	58. 16	156. 00	47. 54
Zn	37. 63	36. 68	20~80	10. 15	31. 64	32. 79
B	18. 00	52. 50	10~40	11. 00	31. 06	75. 41
Cl	3 670	73. 67	3 000~8 000	1 400	6 000	81. 97

表 3 不同烟区烟叶中矿质元素含量的多重比较

Table 3 Multiple comparison of the contents of mineral elements in tobacco leaves among different tobacco-growing areas						
烟区 Tobacco-growing areas	N/(g · kg ⁻¹)	P/(g · kg ⁻¹)	K/(g · kg ⁻¹)	Ca/(g · kg ⁻¹)	Mg/(g · kg ⁻¹)	S/(g · kg ⁻¹)
嘉禾 Jiahe	17. 46 bc	2. 26 b	24. 84 a	21. 70 ab	2. 30 b	7. 36 bcd
桂阳 Guiyang	18. 57 ab	2. 31 b	23. 99 ab	24. 60 a	2. 33 b	6. 41 d
永兴 Yongxing	18. 35 abc	1. 98 b	22. 87 ab	22. 60 a	3. 33 a	7. 75 bcd
新田 Xintian	17. 53 bc	3. 12 a	21. 35 ab	24. 42 a	1. 13 c	8. 41 abc
蓝山 Lanshan	19. 45 a	1. 93 b	24. 25 a	21. 58 ab	2. 09 b	9. 22 ab
龙山 Longshan	17. 10 c	1. 89 b	17. 61 c	17. 97 b	3. 22 a	6. 27 d
江华 Jianghua	18. 29 abc	2. 97 a	20. 13 bc	24. 01 a	1. 82 bc	6. 72 cd
衡南 Hengnan	19. 34 a	2. 79 a	22. 67 ab	22. 64 a	1. 53 bc	10. 11 a

烟区 Tobacco-growing areas	Cl/(g · kg ⁻¹)	Cu/(mg · kg ⁻¹)	Mn/(mg · kg ⁻¹)	Zn/(mg · kg ⁻¹)	B/(mg · kg ⁻¹)
嘉禾 Jiahe	4. 93 ab	8. 70 bc	101. 01 b	36. 93 bc	31. 04 a
桂阳 Guiyang	5. 43 a	10. 64 b	80. 67 b	36. 99 bc	16. 44 bcd
永兴 Yongxing	4. 81 ab	7. 63 bc	132. 87 b	37. 84 bc	21. 23 bc
新田 Xintian	3. 58 ab	10. 51 b	46. 9 b	31. 25 c	12. 76 cd
蓝山 Lanshan	3. 53 ab	10. 08 b	111. 48 b	48. 22 ab	23. 45 ab
龙山 Longshan	2. 53 ab	5. 76 c	387. 51 a	31. 86 c	15. 43 bcd
江华 Jianghua	2. 11 b	5. 31 c	44. 47 b	30. 43 c	10. 67 d
衡南 Hengnan	2. 22 b	18. 57 a	79. 88 b	55. 92 a	15. 92 bcd

注:同一列数据后标不同字母者表示差异达 5%显著水平。
Note: The different letters indicate the significant difference at the 0. 05 level in same column.

烤烟的磷含量一般为 1. 5~5. 0 g/kg。由表 1 可见,湖南烟叶磷含量整体上处于正常范围内,但变异性较大,仍有 3. 28%的烟样磷含量低于 1. 5 g/kg,与巴西烟叶的符合程度接近 50%。由烟区间的多重比较结果(表 3)来看,新田、江华和衡南烟区烟叶磷含量之间无显著性差异,但均显著高于其余 5 个烟区。

湖南烟叶钾的平均含量高于 20. 0 g/kg,且与巴西烟叶的符合程度较高(81. 97%),因此较高的钾含量是湖南优质烟叶的质量要素,但仍有 29. 51%的烟样钾含量低于 20. 0 g/kg。不同烟区相比较,仅龙山烟叶的钾含量低于 20. 0 g/kg ,且显著低于除江华外的其余烟区;嘉禾、蓝山烟叶的钾含量与桂阳、永兴、新田和衡南烟区间无显著性差异,但显著高于龙山、江华烟区。

2. 1. 2 中量元素 湖南烟叶平均钙含量为 22. 62 g/kg,变异程度与钾含量较为一致,与巴西烟叶的符合程度为 32. 79%。不同烟区相比,龙山烟区显著低于除嘉禾和蓝山之外的其余植烟区,但除龙山之外的各烟区间无显著差异。

湖南烟叶平均镁含量为 2. 20 g/kg,但变异性较大,有 78. 69%的烟样的镁含量低于 3. 0 g/kg,与巴西烟叶的符合程度低于 30%。其中永兴和龙山显著高于其他烟区,新田与江华、衡南间差异不显著,但显著低于其余烟区,应考虑适当补充含镁肥料。

湖南烟叶的硫含量偏高,平均为 7. 63 g/kg,有 54. 10%的烟样的硫含量大于 7. 0 g/kg,影响了烟叶的燃烧性。衡南烟叶的硫含量高于 10. 0 g/kg,且显著高于除新田和蓝山外的其余烟区;桂阳、龙山和江华烟叶的硫含量低于 7. 0 g/kg,显著低于衡南、新田

和蓝山烟区,但与其他烟区无显著差异。

2.1.3 微量元素 与烟叶微量矿质元素的一般含量(表 2)相比,湖南烟叶的铜和锰含量较低,锌、硼和氯含量适中,与巴西烟叶的符合程度依次为:氯>硼>锰>铜>锌;各微量元素的变异性均较大,其中以锰表现得最为明显。

不同烟区间相比,衡南烟区的铜含量、龙山烟区的锰含量均处于一般含量范围,并显著高于其他烟区;各烟区烟叶锌和硼的含量均处于基本正常范围,但新田、龙山和江华烟区的锌含量显著低于衡南和蓝山烟区,江华烟区的硼含量显著低于嘉禾、永兴和蓝山烟区;各烟区烟叶的氯含量中等,其中江华和衡南烟区显著低于桂阳烟区,但与其他烟区无显著性差异。龙山、江华和衡南烟区烟叶的氯含量均低于

3.0 g/kg,易导致烟叶内含物不足、切丝率降低等。

2.2 湖南烤烟营养元素含量与总糖、烟碱含量及其比值的 关系

2.2.1 烟叶氮素含量与总糖、烟碱含量及其比值的 关系 对烟叶氮含量与总糖、烟碱含量进行成对样本分析,结果表明,烟叶氮含量与总糖、烟碱含量相关不显著,但与糖碱比呈显著负相关($r = -0.294^*$)。若将烟叶按氮含量由低到高划分为 4 组(图 1),可以发现,当氮含量为 15.0~17.5 和 17.5~20.0 g/kg 时,烟叶具有较适宜的总糖和烟碱含量,此时糖碱比分别为 10.06 和 8.62,均在 8 和 12 之间;而当氮含量低于 15.0 或高于 20.0 g/kg 时,烟叶烟碱含量较高,总糖含量较低,导致糖碱比失调,刺激性较强。

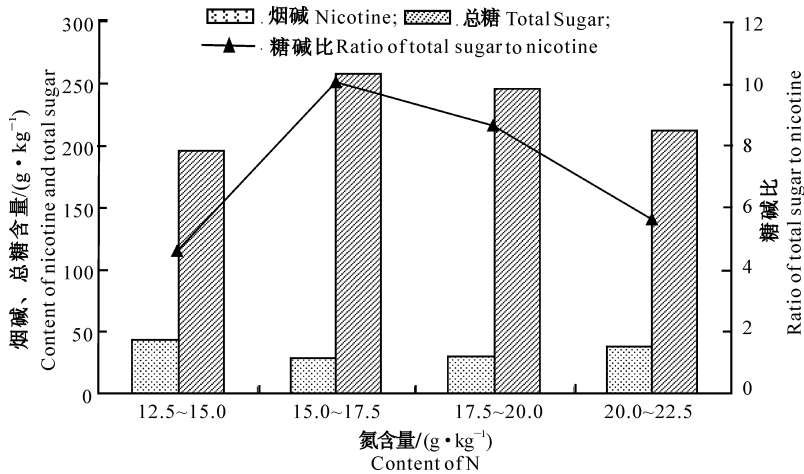


图 1 湖南烟叶氮含量与烟碱、总糖及糖碱比的关系

Fig.1 Relationship of N with nicotine, total sugar, and ratio of total sugar to nicotine

2.2.2 烟叶磷素与总糖、烟碱含量及其比值的 关系

相关分析结果表明,湖南烟叶磷素与总糖含量呈显著负相关($r = -0.315^*$),与烟碱含量及糖碱比的相关性均未达到显著水平,这可能是由于当烟叶磷含量能够满足烤烟的基本生理需求时,其对总糖、烟碱的影响主要取决于磷与其他因子的交互作用^[2]。同样对烟叶磷含量进行分组,由图 2 可以看出,当磷含量为 1.0~1.5 g/kg 时,烟叶中的烟碱含量较低(19.74 g/kg),而总糖含量较高(286.30 g/kg),烟叶糖碱比随磷含量的增加而逐渐下降,吃吸味间的平衡由不协调趋于协调;当烟叶磷含量由 1.5 g/kg 逐渐递增至 4.0 g/kg 时,糖碱比保持稳定(8.43~8.98),此过程中烟碱(27.04~32.15 g/kg)与总糖含量(231.28~256.99 g/kg)也基本处于适宜的范围内。

2.2.3 烟叶钾素与总糖、烟碱含量及其比值的 关系

相关分析结果表明,湖南烟叶钾与总糖含量和糖碱比均呈显著负相关,相关系数分别为 -0.329^{**} 和 -0.349^{**} ,钾含量与烟碱含量的相关性未达到显著水平。烟叶钾含量与糖碱比的关系与磷含量较为相似(图 3),但又有所不同。

由图 3 可见,在钾含量较低(10.0~15.0 g/kg)时,烟叶属高糖(303.85 g/kg)低碱(17.66 g/kg)型,糖碱比达 17.57,在此范围内,烟叶的糖碱比随钾含量的增加而降低,酸碱间的平衡趋于协调;当烟叶钾含量为 15.0~30.0 g/kg 时,烟叶糖碱比保持稳定(8.25~8.91),吃吸味达到较好的平衡,烟碱含量(28.98~31.28 g/kg)及总糖(235.43~255.46 g/kg)含量也大致处于适宜范围内;而后,当烟叶钾含量继续增高(30.0~35.0 g/kg)时,总糖含量与前几组无较大变化,但烟碱含量增至 38.14 g/kg,糖碱比又向不协调的方向发展。

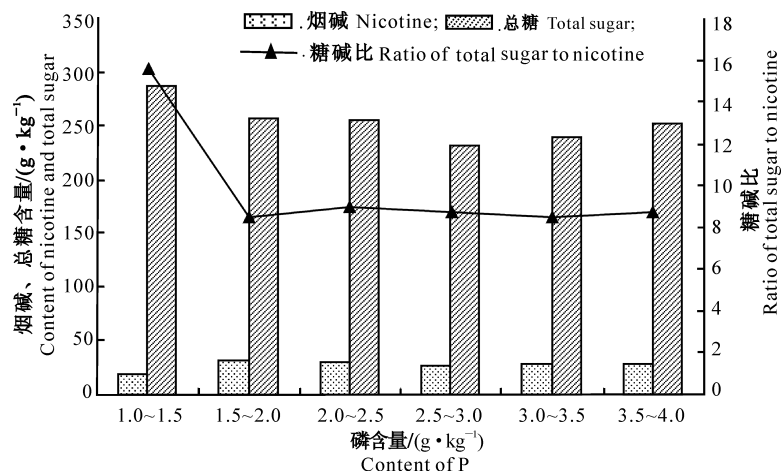


图 2 湖南烟叶磷含量与烟碱、总糖及糖碱比的关系

Fig. 2 Relationship of P with nicotine, total sugar, and ratio of total sugar to nicotine

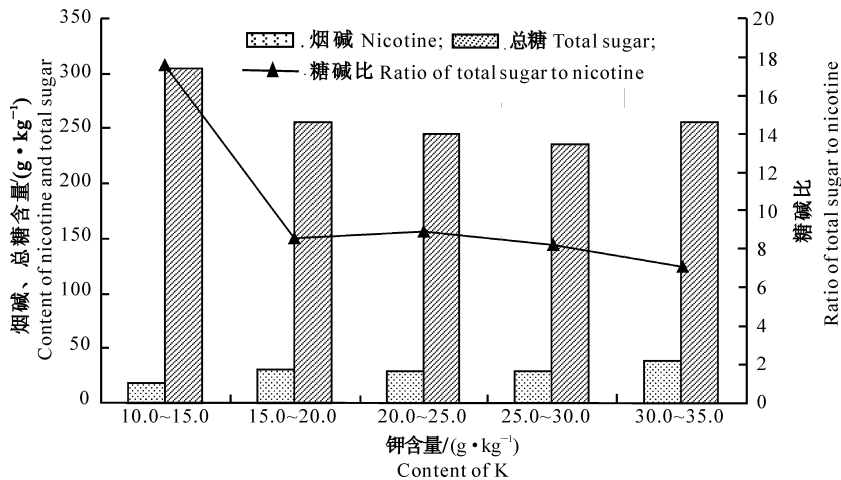


图 3 湖南烟叶钾含量与烟碱、总糖及糖碱比的关系

Fig. 3 Relationship of K with nicotine, total sugar, and ratio of total sugar to nicotine

2.2.4 烟叶中微量元素与总糖、烟碱含量及其比值的关系 烟叶中微量元素与总糖、烟碱含量及糖碱比的相关分析结果如表 4 所示。由表 4 可以看出，总糖含量与钙、硫、铜、锌等矿质元素呈显著或极显

著负相关，与其他元素的相关性均未达到显著水平；对烟碱含量具有显著影响的微量矿质元素仅有锰。综合来看，糖碱比与烟叶中的钙、硫和锌含量呈显著或极显著负相关，而与其他元素相关不显著。

表 4 烟叶中微量元素与总糖、烟碱含量及糖碱比的回归分析

矿质元素 Mineral elements		总糖(y_1) Total sugar	烟碱(y_2) Nicotine	糖碱比(y_3) Ratio of total sugar to nicotine
Ca(x_1)	$y_1=330.465-3.636x_1(r=-0.499^{**})$		$y_2=31.449-0.085x_1(r=-0.048)$	$y_3=13.339-0.195x_1(r=-0.278^{*})$
Mg(x_2)	$y_1=233.267+6.785x_2(r=0.230)$		$y_2=27.916+0.732x_2(r=0.102)$	$y_3=8.196+0.334x_2(r=0.118)$
S(x_3)	$y_1=292.357-5.787x_3(r=-0.409^{**})$		$y_2=25.709+0.501x_3(r=0.146)$	$y_3=12.750-0.500x_3(r=-0.367^{**})$
Cl(x_4)	$y_1=238.759+2.573x_4(r=0.242)$		$y_2=29.052+0.130x_4(r=0.050)$	$y_3=8.808+0.034x_4(r=0.033)$
Cu(x_5)	$y_1=274.953-2.872x_5(r=-0.490^{**})$		$y_2=31.340-0.195x_5(r=-0.137)$	$y_3=9.964-0.111x_5(r=-0.196)$
Mn(x_6)	$y_1=244.953+0.028x_6(r=0.122)$		$y_2=27.804+0.015x_6(r=0.266^{*})$	$y_3=9.005-0.001x_6(r=-0.028)$
Zn(x_7)	$y_1=271.926-0.630x_7(r=-0.303^{*})$		$y_2=26.297+0.086x_7(r=0.170)$	$y_3=10.987-0.055x_7(r=-0.273^{*})$
B(x_8)	$y_1=253.563-0.298x_8(r=-0.098)$		$y_2=27.708+0.106x_8(r=0.137)$	$y_3=9.693-0.042x_8(r=-0.145)$

以烟叶中的微量矿质元素含量为自变量(x)，以总糖(y_1)、烟碱(y_2)和糖碱比(y_3)为因变量进行

回归分析,其结果见表 4。由表 4 烟叶微量元素与糖碱比的一元线性回归方程可知,当烟叶钙、硫元素含量增加 1.0 g/kg 时,糖碱比分别降低 0.195 和 0.500 个单位;而当烟叶镁、氯元素含量增加 1.0 g/kg 时,糖碱比分别增加 0.334 和 0.034 个单位;当铜、锰、锌和硼等元素增加 1.0 mg/kg 时,糖碱比值分别降低 0.111,0.001,0.055 和 0.042 个单位。结合烟叶总糖含量(200.0~250.0 g/kg)、烟碱含量(15.0~35.0 g/kg)和糖碱比(8~12)及各种矿质元素的一般含量范围,认为当湖南烟叶中的钙、镁、硫、氯等矿质元素的含量分别为 22.13~27.38,1.50~2.50,5.50~7.00 和 3.00~4.40 g/kg,铜、锰、锌、硼等矿质元素含量分别为 17.69~18.34,140~168,34.36~54.31 和 11.87~40 mg/kg 时,烟叶糖、碱含量适宜,吃吸味能达到较好的平衡。

3 结 论

将湖南 8 个烟区烟叶矿质元素含量状况与其相应的适宜范围进行比较,结果表明,湖南烟叶矿质元素含量存在较大的变异。总的看来,烟叶镁、铜、锰含量较低,硫含量较高,氮、磷、钾、钙、锌、硼、氯含量较为适宜。通过分组和回归分析,研究了湖南烟叶矿质元素与烟叶总糖、烟碱含量及其糖碱比的关系,表明当烟叶中的氮、磷、钾、钙、镁、硫、氯含量分别为 15.0~20.0,1.5~4.0,15.0~30.0,22.13~27.38,1.50~2.50,5.50~7.00 和 3.00~4.40 g/kg,铜、锰、锌和硼的含量分别为 17.69~18.34,140~168,34.36~54.31 和 11.87~40.00 mg/kg 时,烟叶总糖和烟碱含量较为适宜,糖碱比为 8~12,有利于吃吸味间的平衡。

由于湖南 8 个烟区烟叶营养元素含量的差异较大,因此在平衡施肥技术上应对各烟区进行分类指导。龙山和衡南烟区需要慎用含锰和含铜肥料,其余各烟区则应注意增施锰和铜;新田、江华和衡南烟区烟叶镁含量相对较低,应适当补施钙镁磷肥;新田、龙山和江华烟区还需要增施锌肥;龙山、江华和衡南烟区可适量补充含氯肥料。此外,各烟区还应加强含硫肥料施用方法的研究,以解决湖南烟叶中普遍存在的硫素含量较高的问题。

[参考文献]

[1] 尹启生,陈江华,王信民,等. 2002 年度全国烟叶质量评价分析[J]. 中国烟草学报,2003,9(增刊):59-70.
Yin Q S, Chen J H, Wang X M, et al. The quality evaluation of

leaf tobacco in China in 2002[J]. Acta Tabac Sin, 2003, 9(suppl.):59-70. (in Chinese)

[2] 胡国松,郑伟,王震东,等. 烤烟营养原理[M]. 北京:科学出版社,2000.
Hu G S, Zheng W, Wang Z D, et al. Principle for flue-cured tobacco nutrition[M]. Beijing: Science Press, 2000. (in Chinese).

[3] Merker J. Studies on the effects of fertilization with phosphates upon development yield and quality of tobacco[J]. Inst Tabak Dresden, 1996, 1:40-45.

[4] Tso T C, McMurtrey J E, Sorokin T. Mineral deficiency and organic constituents in tobacco plants. alkaloids, sugars, and organic acids[J]. Plant Physiology, 1960, 35:60-64.

[5] 洪丽芳,苏帆. 烤烟钾素营养的研究进展[J]. 西南农业学报, 2001, 14(2):87-91, 104.
Hong L F, Su F. Advances in potassium nutrition of flue-cured tobacco[J]. Southwest China Journal of Agricultural Science, 2001, 14(2):87-91, 104. (in Chinese)

[6] 池敬姬,王艳丽. 总灰分及主要矿质元素对烟叶品质的影响[J]. 延边大学农学报, 2004, 26(3):204-207.
Chi J J, Wang Y L. Effect of total ash and major mineral elements on the quality of tobacco leaves[J]. Journal of Agricultural Science Yanbian University, 2004, 26(3):204-207. (in Chinese)

[7] 胡国松,彭传新,杨林波,等. 烤烟营养状况与香吃味关系的研究及施肥建议[J]. 中国烟草科学, 1997(4):23-29.
Hu G S, Peng C X, Yang L B, et al. Relationship of nutrition status with smoking quality of flue-cured tobacco and balanced fertilization in Lichuan city[J]. Chinese Tobacco Science, 1997(4):23-29. (in Chinese)

[8] 肖汉乾,罗建新,王国宝,等. 湖南省植烟土壤养分丰缺状况的分析[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版, 2003, 29(2):150-153.
Xiao H Q, Luo J X, Wang G B, et al. Analysis of the status of soil fertility in Hunan tobacco-growing areas[J]. Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences Edition, 2003, 29(2):150-153. (in Chinese)

[9] 罗建新,石丽红,龙世平. 湖南主产烟区土壤养分状况与评价[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版, 2005, 31(4):376-380.
Luo J X, Shi L H, Long S P. The status and evaluation of soil nutrients in major tobacco-growing areas from Hunan[J]. Journal of Hunan Agricultural University: Natural sciences edition, 2005, 31(4):376-380. (in Chinese)

[10] 黎妍妍,许自成,肖汉乾,等. 湖南省主要植烟地区土壤肥力状况的综合评价[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2006, 34(11):179-183.
Li Y Y, Xu Z C, Xiao H Q, et al. The comprehensive evaluation of soil fertility status for tobacco-growing areas in Hunan province[J]. Journal of Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry: Natural Sciences Edition, 2006, 34(11):179-183. (in Chinese)