

网络出版时间:2013-09-22 17:04

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20130922.1704.016.html>

昆明烟区土壤速效养分及中微量元素丰缺状况分析

敖金成¹, 刘世文², 罗华元³, 张晓龙¹, 蒋美红¹, 郑武¹

(1 云南瑞升烟草技术(集团)有限公司, 云南 昆明 650106; 2 昆明市烟草公司石林县分公司, 云南 昆明 652200;

3 红云红河烟草(集团)有限责任公司, 云南 昆明 650202)

[摘要] **【目的】**探讨昆明烟区土壤速效养分和中微量营养元素的丰缺状况及区域特征, 为区域平衡施肥提供参考。**【方法】**于 2012 年采集昆明市 8 个县(市)主产烟区有代表性的土壤样品 858 份, 测定其土壤速效养分和有效中微量营养元素含量, 对其丰缺状况及区域分布特征进行评价与分析。**【结果】**1) 昆明部分烟区土壤速效氮含量处于低水平的县(市)占 12.5%, 中等或丰富水平的占 87.5%, 速效磷和速效钾基本处于中等或丰富水平, 表明昆明市 50% 以上烟区进行速效养分管理时应采取“提氮、稳磷、稳钾”的施肥策略。2) 昆明烟区土壤交换性钙、交换性镁含量均处于丰富水平, 有效硫含量处于临界值以下及低水平的县(市)分别占 12.5% 和 25%, 处于中等水平的占 62.5%, 说明有效硫含量整体适宜性稍差, 在施肥管理时应采取“降 Ca、稳 Mg、提 S”的措施。3) 昆明烟区有效锰、有效锌含量基本处于中等或丰富水平, 有效铜和有效铁含量均处于丰富水平, 有效硼含量处于低水平, 对各县(市)烟区微量元素肥进行管理时, 需适量补充硼肥, 稳定其他微量营养元素肥。**【结论】**昆明烟区土壤速效养分及中微量元素含量及分布均存在差异, 故在烤烟生产平衡施肥过程中, 应针对不同烟区的土壤养分特征实行分类指导。

[关键词] 植烟土壤; 中微量元素; 聚类分析; 平衡施肥

[中图分类号] S158.3

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2013)10-0193-07

Status of soil available nutrients and middle-microelements in Kunming tobacco-growing areas

AO Jin-cheng¹, LIU Shi-wen², LUO Hua-yuan³, ZHANG Xiao-long¹,
JIANG Mei-hong¹, ZHENG Wu¹

(1 Yunnan Reascend Tobacco Technology(Group) Co., LTD, Kunming, Yunnan 650106;

2 Shilin Filiale of Kunming Tobacco Company, Kunming, Yunnan 652200;

3 Hongyunhonghe Tobacco (Group) Co., LTD, Kunming, Yunnan 650202)

Abstract: **【Objective】**This study investigated the status and distribution of soil available nutrients and middle-microelements in Kunming tobacco-growing areas to improve balanced fertilization. **【Method】**858 soil samples were collected from 8 tobacco-growing counties (cities) in Kunming in 2012 to test their available nutrients and middle-microelements contents and evaluate the status. **【Result】**1) 12.5% counties (cities) in Kunming tobacco-growing areas had low soil available nitrogen content level, and 87.5% had medium or rich level. Available phosphorus and potassium of all counties (cities) were in medium or rich level. It was indicated “increasing nitrogen, stabilizing phosphorus and potassium” strategy should be adopted in more than half of Kunming tobacco-growing areas. 2) Soil available Ca and available Mg contents were rich. Counties (cities) with below critical and low level available S contents were 12.5% and 25% respectively.

[收稿日期] 2012-12-03

[基金项目] 云南中烟工业有限责任公司科技项目(2010YL01-2); 红云红河(烟草)集团有限责任公司科技项目(HYHH2012YL01)

[作者简介] 敖金成(1984—), 男, 云南曲靖人, 硕士, 主要从事烤烟栽培与调制研究。E-mail: aojincheng@yahoo.com.cn

[通信作者] 郑武(1977—), 男, 云南曲靖人, 农艺师, 主要从事烟草栽培与调制研究。E-mail: zhengwu@reascend.com

tively, while the counties (cities) with medium level were 62.5%. Suitability of soil available S content was slightly different and strategy of “reducing Ca, stabiling Mg and increasing S” should be adopted. 3) Soil available Mn and available Zn contents were in medium or rich level, available Cu and available Fe contents were in rich level, and available B contents were in low level, indicating that each county (city) should supply B fertilizer and stable other trace elements. 【Conclusion】 There were differences in soil available nutrients and middle-microelements contents and distribution among counties (cities) in Kunming tobacco-growing areas. Thus, specific fertilization strategies should be adopted.

Key words: tobacco-growing soil; middle-microelements; cluster analysis; balancing fertilization

土壤速效养分是作物能够直接吸收的养分,中微量营养元素是烤烟生长必需的营养元素,土壤中任何一种速效养分及中微量元素的缺乏或过量,都会直接影响烟株的生长发育和烟叶品质^[1-3]。可见,适宜的植烟土壤是提高烟叶产量和品质的重要基础与保障^[4-5]。土壤养分库受成土母质、气候条件、土地利用方式、耕作以及施肥方式等人为和自然等诸多因素的影响^[6]。耕地质量水平降低及土地利用结构与布局不够合理,容易导致耕地、人口和粮食生产矛盾的激化^[7],且施肥可直接影响土壤养分状况及发展趋势^[8-9]。因此,系统了解区域土壤养分特征及分布状况,有利于科学调控土壤肥力,实现平衡施肥^[10-11]。

根据 2009 年发布的《中国烟草种植区划》,昆明烟区是云南省乃至全国烤烟种植最适宜的区域之一,其烟叶清甜香风格特征突出,品质上乘,深受广大卷烟工业企业的喜爱。面对优质烟叶资源日益突出的供需矛盾,提升和稳定植烟土壤的生产力,对建立长效的烟叶生产供应机制具有重要意义。由于在生产实践中,烤烟种植者常常忽略对中微肥的管理,地方烟草部门的测土配方施肥仍然侧重于大量元素肥的管理,这不利于完善区域施肥结构调整,难以实现平衡施肥。近年来,许多学者纷纷开展区域植烟土壤养分丰缺状况分析与评价^[12-15],但鲜见关于昆明烟区土壤速效养分和中微量养分丰缺状况评价的研究报道。因此,本试验对昆明各主要植烟区域土壤速效养分和中微量营养元素进行检测分析,了解昆明烟区目前土壤速效养分和中微量元素的丰缺状况及分布特征,以期为昆明各烟区的合理施肥及土

壤改良提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集

2012 年在昆明市 8 个主要烤烟生产区采集有代表性的土壤样品 858 个,其中石林县 121 个、宜良县 137 个、寻甸县 141 个、嵩明县 106 个、禄劝县 120 个、晋宁县 105 个、富民县 62 个、安宁市 66 个。土壤样品的采集选择在前茬作物收获后、烤烟移栽起垄施肥前进行。随机取耕作层土壤 0~20 cm 处土样,根据地块形状按“S”形或交叉式取 6~8 个点的混合样,用四分法留取 1.0 kg 土壤样品。土样经风干、磨细、过筛后进行相关指标的检测。

1.2 土样理化指标的检测

土壤主要理化指标包括速效氮、速效磷、速效钾、交换性镁(Mg)、交换性钙(Ca)、有效硫(S)、有效锰(Mn)、有效锌(Zn)、有效硼(B)、有效铜(Cu)和有效铁(Fe),其测定均采用常规方法完成,具体方法参见《土壤农化分析》^[16]。

1.3 养分等级划分标准及变异强度分级标准

本研究参照国内外对植烟土壤速效养分和有效态中微量元素的研究结果及丰缺划分标准^[2,17-19],制定昆明植烟土壤速效养分和有效态中微量营养元素临界点的评价标准(表 1),用于判断土壤速效养分及中微量营养元素的丰缺状况,该评判标准适合于云南烟区;土壤速效养分和有效态中微量元素含量的变异强度评价参照薛正平等^[20]的三级评价法进行分析:变异系数 $CV < 10\%$,弱变异; $10\% \leq CV \leq 30\%$,中等变异; $CV > 30\%$,强变异。

表 1 土壤养分丰缺分级标准

Table 1 Classification criteria of soil nutrient status				mg/kg
指标 Index	临界值 Critical value	低 Lower	中等 Medium	丰富 Rich
速效氮 Available N	≤100	>100~≤150	>150~≤200	>200
速效磷 Available P	≤10	>10~≤20	>20~≤40	>40
速效钾 Available K	≤100	>100~≤150	>150~≤220	>220

续表 1 Continued table 1

指标 Index	临界值 Critical value	低 Lower	中等 Medium	丰富 Rich
交换性钙 Available Ca	≤400	>400~≤800	>800~≤1 200	>1 200
交换性镁 Available Mg	≤120	>120~≤170	>170~≤220	>220
有效硫 Available S	≤15	>15~≤25	>25~≤50	>50
有效锌 Available Zn	≤1	>1~≤1.5	>1.5~≤3	>3
有效硼 Available B	≤0.3	>0.3~≤0.4	>0.4~≤0.6	>0.6
有效锰 Available Mn	≤7	>7~≤12	>12~≤15	>15
有效铜 Available Cu	≤0.2	>0.2~≤0.3	>0.3~≤0.5	>0.5
有效铁 Available Fe	≤7	>7~≤15	>15~≤30	>30

1.4 数据分析

首先利用 SPSS 11.5 软件中的 Squared Euclidean Distance 对昆明市 8 个县(市)土壤的有效养分及中微量营养元素距离系数进行计算,得到相似距离系数矩阵,然后进行聚类分析。数据处理及作图均采用 Excel 2003 完成。

2 结果与分析

2.1 昆明烟区土壤速效养分聚类及丰缺状况分析

2.1.1 土壤速效养分聚类分析 由图 1 和表 2 可知,根据不同县(市)土壤速效氮、速效磷、速效钾含量,昆明烟区大致可聚为 4 类。第 I 类包括安宁市、

晋宁县、石林县,主要特点为速效氮含量处于低或较低水平,速效磷含量处于中等或丰富水平,速效钾含量基本处于中等水平,其中安宁市和晋宁县各速效养分区域特征较一致,石林县速效氮和速效磷含量略低,速效钾含量稍高;富民县和寻甸县聚为第 II 类,2 个县的速效磷含量处于中等水平,速效钾含量处于丰富水平,寻甸县速效氮含量处于中等水平,富民县速效氮含量处于低水平;嵩明县和禄劝县聚为第 III 类,表现为土壤速效氮和速效钾含量处于丰富水平,速效磷含量处于中等水平;宜良县单独作为第 IV 类,其速效氮和速效钾含量低于第 III 类,但也处于丰富水平,速效磷含量高于第 II 类,处于中等水平。

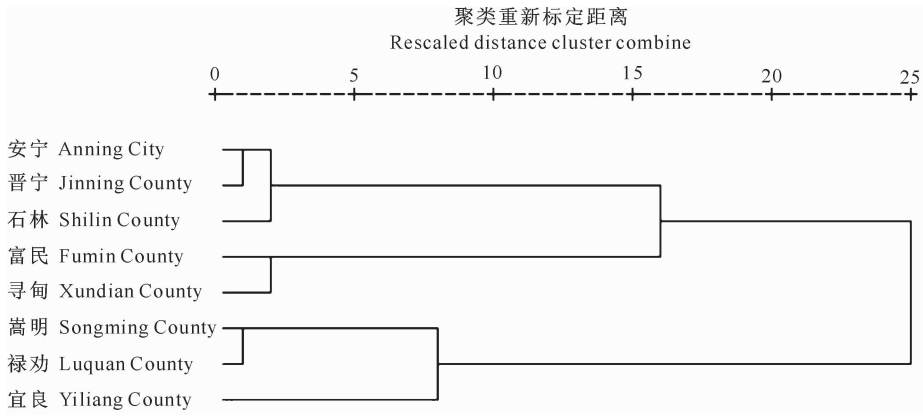


图 1 昆明烟区土壤速效养分的聚类结果

Fig. 1 Cluster results of soil available nutrients in Kunming tobacco-growing areas

2.1.2 土壤速效养分丰缺状况分析 由表 2 可知,昆明烟区土壤速效养分含量区域变化幅度较大。昆明烟区土壤速效氮平均含量为 181.11 mg/kg,处于中等水平,但变幅较强(CV 为 48.47%)。在 8 个植烟县(市)中,土壤速效氮含量处于低水平的占 12.5%,中等水平的占 50%,处于丰富水平的占 37.5%。此外,昆明烟区各县(市)植烟土壤速效氮含量的变异基本属于强度变异,说明应有针对性地提高昆明部分烟区土壤的施氮水平。昆明烟区土壤速效磷平均含量为 42.73 mg/kg,处于丰富水平,变异较强(CV 为 23.38%)。在 8 个植烟县(市)中,土

壤速效磷含量低于平均水平的占 75%,但速效磷含量均>20 mg/kg,说明昆明烟区土壤速效磷含量处于中等或丰富水平。在 8 个植烟县(市)中,土壤速效磷含量变幅较大,其中晋宁县土壤速效磷含量的变异系数最高(CV 为 71.90%),寻甸县(47.66%)最低。昆明烟区土壤速效钾含量平均值为 254.90 mg/kg,土壤速效钾含量处于丰富水平,变异较强(CV 为 23.38%)。8 个县(市)中,土壤速效钾含量处于中等水平的占 37.5%,丰富水平的占 62.5%。在昆明市各县(市)植烟区域内,土壤速效钾含量 CV 均大于 30%,属于强变异。以上结果说明,在昆明

烟区除少数县(市)的土壤速效氮含量较低外,大部分县(市)的土壤速效氮及所有县(市)的土壤速效磷和速效钾含量均处于中等或丰富水平。昆明部分烟

区在速效养分管理时,不能一味地“控氮提钾”,应适量提高硝态氮施用水平,并提高土壤养分的利用效率。

表 2 昆明烟区土壤速效养分的含量

Table 2 Contents of soil available nutrients in Kunming tobacco-growing areas

地区 Region	速效氮 Available N		速效磷 Available P		速效钾 Available K	
	平均值/(mg·kg ⁻¹)	变异系数/%	平均值/(mg·kg ⁻¹)	变异系数/%	平均值/(mg·kg ⁻¹)	变异系数/%
	Average	CV	Average	CV	Average	CV
富民 Fumin County	104.47±28.21	27.00	34.93±21.67	62.06	296.37±113.07	38.15
安宁 Anning City	127.23±25.95	20.40	68.32±45.69	66.88	178.08±63.99	35.93
石林 Shilin County	96.32±31.62	32.83	36.53±20.44	71.56	216.20±93.46	43.23
晋宁 Jinning County	117.62±38.52	32.75	54.65±39.29	71.90	176.32±87.03	49.36
寻甸 Xundian County	160.97±50.23	31.20	33.69±16.06	47.66	317.85±133.66	42.05
宜良 Yiliang County	233.35±76.95	32.82	38.45±22.40	58.26	241.15±112.36	46.59
嵩明 Songming County	290.84±86.26	29.66	32.21±23.07	53.40	312.48±130.14	43.27
禄劝 Luquan County	318.07±112.50	35.37	32.07±17.87	55.73	312.45±158.09	50.59
平均值 Means	181.11±87.77	48.47	42.73±12.59	23.38	254.90±59.60	23.38

2.2 昆明烟区土壤中微量元素聚类及丰缺状况分析

2.2.1 土壤中微量元素聚类分析 由图 2 可知,根据昆明烟区 8 个县(市)植烟土壤交换性钙、交换性镁和有效硫含量的区域特征,可将昆明烟区聚为 3 类。第Ⅰ类包括安宁市、宜良县、禄劝县、晋宁县、寻甸县、嵩明县,主要特征为 6 个县(市)植烟土壤交换性钙含量均在 2 000~3 000 mg/kg,明显低于第Ⅱ类和第Ⅲ类,交换性钙和交换性镁含量处于丰富水平,有效硫含量偏低;富民县单独聚为第Ⅱ类,其交换性

钙含量处于丰富水平,明显高于第Ⅰ类,但低于第Ⅲ类,交换性镁含量也处于丰富水平,明显高于第Ⅰ和第Ⅲ类;石林县单独聚为第Ⅲ类,其交换性钙含量明显高于其他县(市),交换性镁含量相对较低。以上结果说明,昆明烟区植烟土壤中微量元素含量水平整体一致,富民县和石林县植烟土壤的交换性钙含量明显高于其他县(市),可能与当地作物种植时普遍施用过磷酸钙有关。

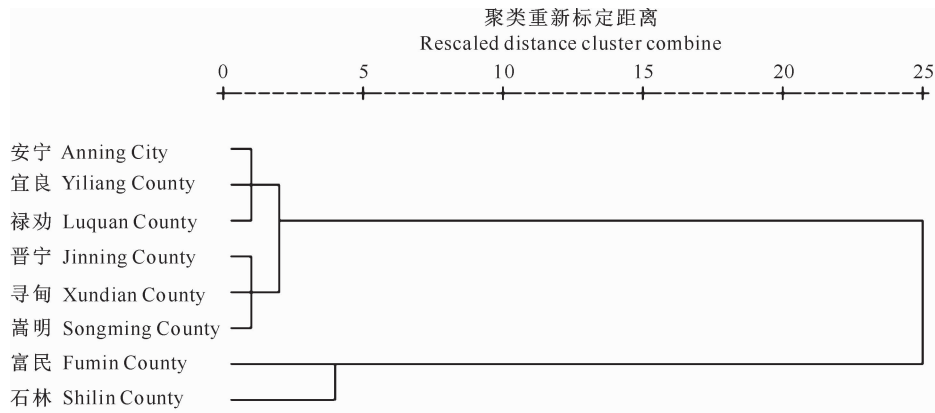


图 2 昆明烟区土壤中微量元素的聚类结果

Fig. 2 Cluster results of soil median elements in Kunming tobacco-growing areas

2.2.2 土壤中微量元素丰缺状况分析 钙、镁、硫是土壤中主要的交换性盐基成分,可被作物直接利用。由表 3 可知,昆明烟区土壤交换性钙、交换性镁含量均较丰富。昆明烟区各县(市)植烟土壤交换性钙平均含量为 2 846.01 mg/kg,约是土壤交换性钙临界点的 7 倍多,各县(市)土壤交换性钙含量均大于 1 200 mg/kg,尤以石林县最高,土壤交换性钙平均含量为 4 775.53 mg/kg,说明昆明烟区土壤交换性

钙含量极为丰富,这可能与昆明烟区普遍为喀斯特地貌、烟农常施过磷酸钙有关。昆明烟区土壤交换性钙变异系数多数大于 30%,属强变异,说明昆明烟区土壤交换性钙含量区域差异较大。昆明烟区土壤交换性镁平均含量为 358.22 mg/kg,变异系数为 20.04%,属于中等变异。8 个县(市)植烟土壤交换性镁含量均大于 220 mg/kg,表明昆明烟区植烟土壤交换性镁含量处于丰富水平,区域间差异稍小。

昆明烟区土壤有效硫平均含量为 31.78 mg/kg,变异系数为 32.59%,属于强度变异。8 个植烟县(市)中,土壤有效硫平均含量处于临界点以下的占 12.5%,处于低水平的占 25%,处于中等水平的占 62.5%,说明昆明烟区土壤有效硫含量多数适宜,禄

劝县、富民县和寻甸县烟区应适当补充硫肥,确保土壤硫库的有效供应。以上结果说明,昆明烟区土壤钙、镁养分较为丰富,而有效硫含量稍显不足,且各县(市)间差异较大,因此,对中量营养元素进行管理时,各县(市)应采取不同的施肥策略。

表 3 昆明烟区植烟土壤中量元素的含量
Table 3 Contents of soil median elements in Kunming tobacco-growing areas

地区 Region	交换性钙 Available Ca		交换性镁 Available Mg		有效硫 Available S	
	平均值/(mg·kg ⁻¹)	变异系数/%	平均值/(mg·kg ⁻¹)	变异系数/%	平均值/(mg·kg ⁻¹)	变异系数/%
	Average	CV	Average	CV	Average	CV
富民 Fumin County	3 180.26±1 695.06	53.30	473.15±193.64	40.92	24.69±7.39	29.94
安宁 Anning City	2 031.33±877.30	43.19	313.88±180.09	57.37	38.18±26.22	68.70
石林 Shilin County	4 775.53±3 116.05	65.25	301.42±178.97	59.38	35.82±29.77	83.12
晋宁 Jinning County	2 785.30±2 259.40	79.16	288.63±187.16	64.84	43.61±26.07	59.77
寻甸 Xundian County	2 764.22±1 630.83	59.00	426.53±218.07	51.13	24.96±15.93	63.83
宜良 Yiliang County	2 163.13±1 458.24	67.39	316.42±240.92	76.14	35.54±17.82	50.14
嵩明 Songming County	2 600.62±1 740.91	66.94	318.13±175.13	55.05	39.30±30.87	64.36
禄劝 Luquan County	2 397.89±1 396.13	58.22	427.63±172.84	40.42	12.67±7.14	58.87
平均值 Means	2 846.01±864.01	30.38	358.22±71.79	20.04	31.78±10.42	32.59

2.3 昆明烟区土壤微量元素聚类及丰缺状况分析
2.3.1 土壤微量元素聚类分析 由图 3 可知,根据昆明烟区土壤有效锰、有效硼、有效锌、有效铜和有效铁等微量元素的区域分布,可将昆明烟区聚为 3 类。晋宁县、宜良县、嵩明县、寻甸县和禄劝县聚为第Ⅰ类,5 个县的土壤有效锰、有效铁、有效铜含量均处于丰富水平,有效锌含量处于中等水平,有效硼

含量处于极低水平;富民县和安宁市聚为第Ⅱ类,土壤有效锰和有效铁含量处于丰富水平,有效铁含量明显高于第Ⅰ类,有效锌含量处于中等水平,有效硼含量较低;石林县单独聚为第Ⅲ类,其土壤有效锰、有效锌、有效铁含量均属中等水平,有效铜含量较丰富,有效硼含量较低。

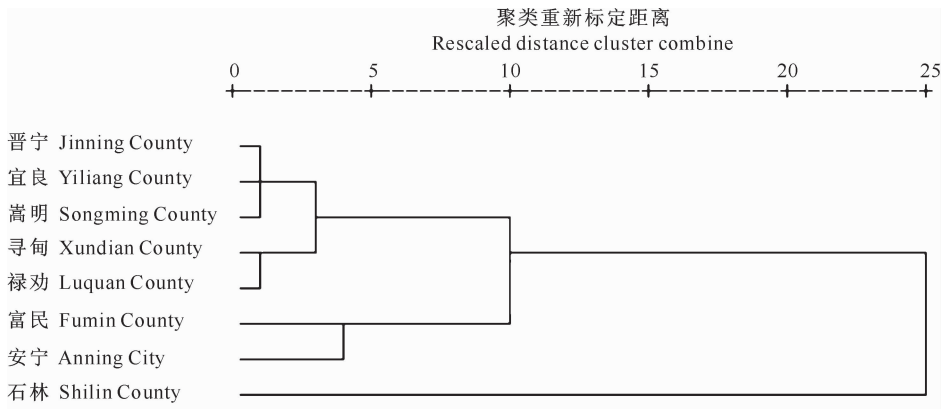


图 3 昆明烟区土壤微量元素的聚类结果
Fig. 3 Cluster results of soil trace elements in Kunming tobacco-growing areas

2.3.2 土壤微量元素丰缺状况分析 由表 4 可知,昆明烟区土壤有效锰、有效锌、有效硼、有效铜、有效铁平均含量分别为 21.0,2.1,0.3,3.0 和 49.8 mg/kg,均明显高于临界水平。8 个县(市)中,土壤有效锰含量处于中等水平的占 12.5%,处于丰富水平的占 82.5%;土壤有效锌含量均处于中等水平;有效硼含量均处于临界点,说明昆明烟区大部分植烟土壤处于缺硼状态,进行微量肥管理时需适量补

充硼肥;有效铜、有效铁含量处于丰富水平的分别占 100%和 87.5%,属于富铁和富铜区域。由各县(市)植烟土壤微量元素变异系数可以看出,有效锰、有效锌、有效硼、有效铜、有效铁区域变动幅度较大,其中以土壤有效铜的区域间变幅最大。以上结果说明,昆明烟区微量元素含量整体较丰富,除有效硼外,昆明烟区土壤基本不需额外补充微肥。

表 4 昆明烟区土壤微量元素的含量

Table 4 Contents of soil trace elements in Kunming tobacco-growing areas

地区 Region	有效锰 Available Mn		有效锌 Available Zn		有效硼 Available B		有效铜 Available Cu		有效铁 Available Fe	
	平均值/ (mg · kg ⁻¹) Average	变异 系数/% CV	平均值/ (mg · kg ⁻¹) Average	变异 系数/% CV	平均值/ (mg · kg ⁻¹) Average	变异 系数/% CV	平均值/ (mg · kg ⁻¹) Average	变异 系数/% CV	平均值/ (mg · kg ⁻¹) Average	变异 系数/% CV
富民 Fumin County	34.3±14.7	42.7	1.9±0.9	48.3	0.3±0.1	49.6	3.4±2.3	68.2	57.9±36.0	62.3
安宁 Anning City	29.5±12.1	41.0	2.9±1.7	58.0	0.3±0.1	49.5	1.2±1.0	80.1	67.5±36.0	48.9
石林 Shilin County	13.2±9.5	72.4	1.8±1.2	70.0	0.3±0.2	62.4	2.1±1.8	89.0	25.2±18.1	71.9
晋宁 Jinning County	16.6±9.9	59.8	1.5±0.7	49.3	0.2±0.1	43.6	1.6±0.8	48.2	45.1±24.6	54.6
寻甸 Xundian County	18.0±9.2	50.9	2.7±2.1	77.2	0.3±0.1	31.7	5.7±4.1	71.4	54.9±21.7	39.6
宜良 Yiliang County	16.7±10.0	59.9	1.8±1.2	64.3	0.3±0.1	51.0	2.5±1.5	59.2	43.2±30.2	70.0
嵩明 Songming County	18.2±11.3	62.4	2.4±1.2	49.9	0.3±0.1	38.7	4.5±3.0	67.1	48.8±23.8	48.7
禄劝 Luqian County	21.2±11.2	52.6	1.9±1.1	57.9	0.3±0.1	45.3	3.5±2.6	76.1	55.8±27.8	49.8
平均值 Means	21.0±7.2	34.5	2.1±0.5	22.7	0.3±0.0	11.0	3.0±1.5	49.9	49.8±12.6	25.3

3 讨论与结论

氮肥在烟叶产量、产值形成中具有较大作用,但过多氮肥反而会降低烟叶品质,过多的磷肥则会抑制烤烟对氮、钾养分的吸收。本试验中,在昆明烟区,除少数县(市)外,大多数县(市)土壤速效氮、速效磷和速效钾含量均处于中等或丰富水平,土壤肥力整体较好。因此在部分烟区进行速效养分管理时,不能一贯采取“控氮提钾”的施肥方式,还需注意适当“提氮、稳磷、稳钾”。

中微量营养元素是烤烟生长必需的营养元素,在烤烟生长发育中起着不可替代的作用,中微量元素的供应直接影响烤烟的生长发育和烟叶品质^[21-22]。长期以来,由于片面追求产量,不断提高氮磷钾肥料的施用量和土地的复种指数,对中微量营养元素的补充相对较少,部分植烟土壤中量营养元素不平衡状况日益突出,严重制约着优质烤烟的产量及品质^[23-24]。本试验中,昆明烟区各县(市)土壤交换性钙、交换性镁含量较高,均处于丰富水平,故这些烟区应降低钙镁肥的施用量,维持土壤养分平衡。此外,昆明烟区土壤有效硫含量处于临界点或低水平的植烟县(市)占 37.5%,存在缺硫或潜在缺硫的可能性较大,故烤烟种植时,应适量补施硫肥。有效锰、有效锌、有效铜和有效铁含量基本处于中等或丰富水平,说明中微量营养元素含量整体较为丰富,植烟土壤整体适宜性较高,但昆明烟区各县(市)土壤有效硼含量基本处于低水平或临界点以下,烟株出现缺硼的可能性较大,在烤烟种植时,应适当增施硼肥,以提高土壤有效硼含量。

本研究中,根据不同植烟县(市)土壤速效氮、速效磷、速效钾、交换性钙、交换性镁、有效硫、有效锰、

有效硼、有效锌、有效铜、有效铁含量的分布,昆明烟区速效养分区分布聚为 4 类,中量营养元素和微量营养元素区域分布均聚为 3 类,说明昆明烟区不同县(市)土壤速效养分和中微量元素含量与分布均存在差异,因此在烤烟栽培过程中,应针对不同烟区土壤养分特征调整施肥策略,以维持土壤养分平衡,提高植烟土壤可持续利用。

[参考文献]

[1] 陈义强,刘国顺,习红昂.微尺度下烟田铁的空间变异性及其与烟叶铁的相关分析[J].生态学报,2009,29(3):1449-1458.
Chen Y Q,Liu G S,Xi H A. Spatial variability of iron in a tobacco field by micro sampling scale in relation to tobacco leaf iron by correlation and regression analysis [J]. Acta Ecologica Sinica,2009,29(3):1449-1458. (in Chinese)

[2] 王林,许自成,肖汉乾,等.湖南烟区土壤有效态微量元素的分布特点[J].土壤通报,2008,39(1):120-124.
Wang L,Xu Z C,Xiao H Q,et al. Distribution of soil microelements in Hunan tobacco-growing areas [J]. Chinese Journal of Soil Science,2008,39(1):120-124. (in Chinese)

[3] 陶澍,曹军,李本纲,等.深圳市土壤微量元素成因分析[J].土壤学报,2001,38(2):248-255.
Tao S,Cao J,Li B G,et al. Distribution pattern of trace elements in soil from Shenzhen area [J]. Acta Pedologica Sinica,2001,38(2):248-255. (in Chinese)

[4] 王彦亭,谢剑平,李志宏.中国烟草种植区划[M].北京:科学出版社,2010.
Wang Y T,Xie J P,Li Z H. Chinese tobacco planting regionalization [M]. Beijing:Science Press,2010. (in Chinese)

[5] 许自成,王林,王金平,等.湖南烤烟化学成分与土壤有机质含量的关系[J].生态学杂志,2006,25(10):1186-1190.
Xu Z C,Wang L,Wang J P,et al. Relationships between chemical components of flue-cured tobacco leaf and soil organic matter content in Hunan Province of China [J]. Chinese Journal of Ecology,2006,25(10):1186-1190. (in Chinese)

[6] 关焱,宇万太,李建东.长期施肥对土壤养分库的影响[J].

- 生态杂志,2004,23(6):131-137.
- Guan Y,Yu W T,Li J D. Effects of long-term fertilization on soil nutrient pool [J]. Chinese Journal of Ecology,2004,23(6):131-137. (in Chinese)
- [7] 彭尔瑞,王 穗,张建新,等. 石林县耕地数量和质量分析 [J]. 云南农业大学学报,2010,25(4):551-555.
- Peng E R,Wang S,Zhang J S,et al. Quantity and quality analysis of cultivated land in Shilin county [J]. Journal of Yunnan Agricultural University,2010,25(4):551-555. (in Chinese)
- [8] Fan M S,Liu C J,Jiang R F,et al. Crop yields,internal nutrient efficiency,and changes in soil properties in rice-wheat rotations under non-flooded mulching cultivation [J]. Plant&Soil,2005,277(1/2):265-276.
- [9] 刘建香,贾秋鸿,田 树,等. 种植和施肥方式对云南坡耕地氮素流失的影响 [J]. 云南农业大学学报,2009,24(4):586-590,602.
- Liu J X,Jia Q H,Tian S,et al. Effect of cropping and fertilization manners on nitrogen loss from sloping land in Yunnan [J]. Journal of Yunnan Agricultural University,2009,24(4):586-590,602. (in Chinese)
- [10] 谢鹏飞,邓小华,何命军,等. 宁乡县植烟土壤养分丰缺状况分析 [J]. 中国农学通报,2011,27(5):154-162.
- Xie P F,Deng X H,He M J,et al. Analysis of nutrients in tobacco growing soils of Ningxiang county [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2011,27(5):154-162. (in Chinese)
- [11] 黄绍文,金继运,杨俐苹,等. 县级区域粮田土壤养分的空间变异性 [J]. 土壤通报,2002,33(3):188-193.
- Huang S W,Jin J Y,Yang L P,et al. Spatial variability of soil nutrients in grain crop region of Yutian county [J]. Chinese Journal of Soil Science,2002,33(3):188-193. (in Chinese)
- [12] 戴相林,刘 瑞,周建斌,等. 秦岭北麓地区农田土壤养分平衡状况演变分析 [J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2012,40(3):191-201.
- Dai X L,Liu R,Zhou J B,et al. Changes of nutrient balances in the northern area of Qinling mountain of Shaanxi during the past 30 years [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed,2012,40(3):191-201. (in Chinese)
- [13] 王树会,邵 岩,李天福,等. 云南 12 个地州植烟土壤养分状况与施肥对策 [J]. 土壤通报,2006,37(4):684-687.
- Wang S H,Shao Y,Li T F,et al. Analysis on soil nutrition and fertilizer strategy in 12 region of Yunnan Province [J]. Chinese Journal of Soil Science,2006,37(4):684-687. (in Chinese)
- [14] 韩 磊,李 锐,朱会利,安塞县农田土壤养分现状分析 [J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2011,39(5):91-97.
- Han L,Li R,Zhu H L. Research on the current farmland soil nutrient in Ansai [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed,2011,39(5):91-97. (in Chinese)
- [15] 李忠环,赵正雄,罗以贵,等. 昆明市植烟土壤养分状况分区评价 [J]. 土壤通报,2010,41(1):87-91.
- Li Z H,Zhao Z X,Luo Y G,et al. Evaluation of nutrients' availability of tobacco-growing soils in counties of Kunming [J]. Chinese Journal of Soil Science,2010,41(1):87-91. (in Chinese)
- [16] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京:中国农业出版社,2000:30-107.
- Bao S D. Soil agrichemical analysis [M]. Beijing:China Agricultural Press,2000:30-107. (in Chinese)
- [17] 付亚丽,李宏光,付国润,等. 红河植烟土壤中微量元素含量分析 [J]. 云南农业大学学报,2012,27(1):73-79.
- Fu Y L,Li H G,Fu G R,et al. Analysis of soil trace elements in Honghe tobacco-growing area [J]. Journal of Yunnan Agricultural University,2012,27(1):73-79. (in Chinese)
- [18] 王树会,邵 岩,邓云龙,等. 云南植烟土壤主要养分特征及在生产上的对策 [J]. 云南农业大学学报,2005,20(5):690-693.
- Wang S H,Shao Y,Deng Y L,et al. Analysis on soil nutrition and the strategy on the planting in Yunnan province [J]. Journal of Yunnan Agricultural University,2005,20(5):690-693. (in Chinese)
- [19] 陈江华,李志宏,刘建利,等. 全国主要烟区土壤养分丰缺状况评价 [J]. 中国烟草学报,2004(3):14-18.
- Chen J H,Li Z H,Liu J L,et al. Evaluation of soil nutrients condition in major tobacco production region of China [J]. Acta Tabacaria Sinica,2004(3):14-18. (in Chinese)
- [20] 薛正平,杨卫星,段项锁,等. 土壤养分空间变异及合理取样数研究 [J]. 农业工程学报,2002,7(4):6-9.
- Xue Z P,Yang X W,Duan X S,et al. Spatial variability of soil nutrient and reasonable sampling number [J]. Transactions of the CSAE,2002,7(4):6-9. (in Chinese)
- [21] 冯红柳,刘永贤,郑 希,等. 镁、硼对烤烟生长发育与产质量的影响 [J]. 广西农业科学,2010,41(3):244-247.
- Feng H L,Liu Y X,Zheng X,et al. Effects of magnesium and boron fertilizers on growth,yield and quality of flue-cured tobacco [J]. Guangxi Agricultural Sciences,2010,41(3):244-247. (in Chinese)
- [22] 胡国松,曹志洪,周秀如. 烤烟根际土壤中钾素和微量元素行为的研究 [J]. 中国烟草学报,1993,1(3):3-11.
- Hu G S,Cao Z H,Zhou X R. Studies on the behavior of potassium and trace elements in rhizosphere soil of flue-cured tobacco [J]. Acta Tabacaria Sinica,1993,1(3):3-11. (in Chinese)
- [23] 熊德中,蔡海洋,张仁椒. 福建烟区土壤中量和微量营养成分含量状况的研究 [J]. 中国生态农业学报,2007,15(4):36-38.
- Xiong D Z,Cai H Y,Zhang R J. Distribution of soil medium- and micro-elements in Fujian tobacco-growing soils [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture,2007,15(4):36-38. (in Chinese)
- [24] 李明德,肖汉乾,余崇祥,等. 湖南烟区土壤中、微量元素状况及施肥效应研究 [J]. 中国烟草科学,2005(1):25-27.
- Li M D,Xiao H Q,Yu C X,et al. Status of medium and minor elements in Hunan province and effectiveness of fertilizer application in tobacco plants [J]. Chinese Tobacco Science,2005(1):25-27. (in Chinese)