

云南保山市植烟土壤养分含量及肥力适应性评价

谭智勇¹, 周冀衡^{1*}, 王超^{2*}, 王绍坤², 张一杨¹, 李强¹, 程昌新²

(1. 湖南农业大学烟草研究院, 湖南 长沙 410128; 2. 红云红河烟草(集团)有限责任公司, 云南 昆明 650202)

摘 要:为综合评价保山市植烟土壤肥力的适宜性,在各植烟县选取有代表性的土壤样品 497 个,以土壤 pH 和有机质、碱解氮、水溶性氯、有效磷、有效钾、有效硼、有效锌含量共 8 个指标为评价指标,采用隶属度函数对数据进行处理,并运用主成分分析法确定各土壤养分指标的权重,根据土壤适宜性指数(SFI)将全市土壤肥力分为 5 级(I 级: $SFI \geq 0.70$; II 级: $0.55 < SFI < 0.70$; III 级: $0.40 < SFI < 0.55$; IV 级: $0.25 < SFI < 0.40$; V 级: $SFI < 0.25$),对植烟区土壤肥力适宜性进行综合评价。结果表明:①保山市植烟土壤的 pH 和水溶性氯离子、有效磷、有效钾含量适宜,而腾冲植烟土壤的有机质和碱解氮含量偏高,龙陵植烟土壤的有效磷、有效硼和有效锌含量偏低;②pH 和有机质、碱解氮、有效磷、有效钾、有效硼含量的空间变异较小,其中隆阳和昌宁水溶性氯离子含量的空间变异较大,施甸有效锌含量的空间变异较大;③保山市烟区土壤肥力适宜性指数平均值为 0.57,县市之间变幅较小,为 0.51~0.62,变异系数为 25.02%;④保山市土壤肥力适宜性 I、II、III、IV、V 级所占比例分别为 18.51%、36.42%、32.19%、11.87%、1.01%,即保山市植烟土壤的肥力适宜性等级中 II、III 级占绝大多数(68.61%),V 级所占比例很小(1.01%)。

关 键 词:植烟土壤;土壤养分;土壤肥力;适宜性;保山市

中图分类号: S151.9+3 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2013)03-0429-07

Evaluation of the nutrient content and fertility suitability on tobacco-growing soil in Baoshan city of Yunnan province

TAN Zhi-yong¹, ZHOU Ji-heng^{1*}, WANG Chao^{2*}, WANG Shao-kun², ZHANG Yi-yang¹, LI Qiang¹, CHEN Chang-xin²

(1. Institute of Tobacco, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2. Hongyuhonghe Tobacco (Group) Co., Ltd., Kunming 650202, China)

Abstract: Eight indices from 497 representative soil samples were collected to evaluate the nutrient and fertility suitability of tobacco soil in the Baoshan city, they are, pH, organic matter, alkali-hydrolyzable N, water soluble Cl, available P, available K, available B, available Zn. Member function and principal component analysis were firstly employed to process these data and define the weights of soil nutrients respectively, According to SFI, the city's soil fertility is divided into five levels (grade I: $SFI \geq 0.70$; grade II: $0.55 < SFI < 0.70$; grade III: $0.40 < SFI < 0.55$; grade IV: $0.25 < SFI < 0.40$; grade V: $SFI < 0.25$). The results indicated that ① The pH, water soluble Cl, available P, available K content were at an appropriate level in Baoshan, while organic matter and hydrolytic nitrogen content were high in Tengchong, and available B, available Zn content was low in Longling; ② The pH, organic matter, alkali-hydrolyzable N, available P, available K, available B had little variation in space, while water soluble Cl in Longyang and Changning changed greatly, available Zn in Shidian changed greatly as well. ③ The SFI had little change among counties, they varied from 0.51 to 0.62, with mean of 0.57 and with CV (coefficient of variation) of 25.02%. ④ The proportion of soil fertility grades (I-V) in Baoshan were 18.51%, 36.42%, 32.19%, 11.87%, 1.01% respectively, where II, III accounted

收稿日期: 2012-11-09

基金项目: 红云红河烟草(集团)有限责任公司项目(HYHH2012YL03); 中国烟草总公司云南省公司项目(2010YN25)

作者简介: 谭智勇(1986—), 男, 博士研究生, 主要从事烟草科学与工程技术研究, lisituoluofusiji@163.com; *通信作者, jhzhou2005@163.com; wangchao0333@sina.com

for the vast majority (68.61%), V proportion is very small (1.01%).

Key words: tobacco-growing areas; soil nutrient; soil fertility; suitability; city of Baoshan

土壤是影响烟叶品质的重要生态条件之一。烟叶品质对土壤肥力的反应十分敏感。烟草生产需要养分含量适宜的土壤。烟叶品质与土壤养分含量有着密切的关系^[1-2]。植烟田土壤肥力适宜性评价是指通过对某区域内各土壤肥力因素的综合评价来确定其对烤烟种植的适宜性程度^[3]。李强等^[2]利用经典统计方法和地统计学方法对植烟土壤养分状况的总体特征和空间变异特征进行分析,并采用模糊数学方法对植烟土壤肥力适宜性进行综合评价。结果表明:植烟土壤肥力适宜性指数为优的区域缺乏,为良的区域占8.0%,为一般的区域占51.6%,为中等的区域占39.0%,为差的区域占1.4%。陈泽鹏等^[4]采用 Fuzzy 综合评判法对烟区土壤综合肥力水平进行评价,结果显示:全省植烟土壤的 *IFI* 值为 0.590,综合养分肥力总体评价为强Ⅲ级。黎妍妍等^[5]运用主成分分析法确定了各土壤养分指标的权重,通过估算土壤肥力综合指标值(*IFI*)对湖南植烟区土壤肥力进行了综合评价,并根据 *IFI* 值将全省土壤肥力分为高、较高、中等、较低和低 5 个等级。结果表明:属于中等以上土壤肥力植烟区所占的比例为 92.3%,其中,龙山和浏阳的 *IFI* 平均值较高,东安和衡南的 *IFI* 平均值较低,其余地区 *IFI* 平均值居中。笔者根据模糊数学原理,采用主成分分析法估算不同指标的权重,对保山市主要植烟区土壤养分状况进行了综合评价,旨在为研究烟草专用肥配方和制定施肥方案,提高肥料利用率,实现烟叶优质适产提供参考。

1 研究区概况

保山市位于云南省西南部,地处东经 98°25′~100°02′,北纬 24°08′~25°51′。保山市境内地形复杂多样,整个地势自西北向东南延伸倾斜,最低海拔 535 m,最高海拔 3 780.9 m,平均海拔约 1 800 m。保山市四季如春,物产富饶,资源丰富,年平均气温 14~17℃,年降水量 700~2 100 mm,森林覆盖率 53%。全州有红壤、紫色土、黄棕壤、石灰性土、

水稻土等土壤类型。

2 材料与方法

2.1 样品采集及制备

试验于 2011 年 4 月进行。采用 GPS 定位技术,在云南保山市 5 个植烟县的主要植烟土壤共取样 497 个,其中腾冲县 201 个,隆阳县 86 个,龙陵县 7 个,昌宁县 63 个,施甸县 140 个。遵循均匀性、代表性的原则,根据基本烟田面积的大小和分布情况布置取样点。在田间取样时,以定点为中心,在半径 10 m 的圆形区域内多点(10 个点)混合取样,取样深度 0~20 cm,用四分法取约 1 kg 土样。土样经风干、研磨、过筛及混匀后装瓶备用。

2.2 评价因子的选择与评价方法

2.2.1 评价因子的选取

植烟土壤肥力适宜性评价要求数量化、客观化、综合化。参考文献^[1-2],并根据生产实践经验和专家建议,结合对研究区土壤各项养分指标含量和空间变异性的分析,依据主导性、系统性、独立性、空间变异性和指标体系区域性等原则^[2,4-9],选取土壤 pH 和有机质、碱解氮、有效磷、有效钾、有效硼、有效锌、水溶性氯含量共 8 个指标作为评价指标。所有评价指标都参照文献^[10]的方法进行测定。土壤肥力适宜性等级根据变异系数划分,参考文献^[7]将保山市植烟土壤肥力适宜性分为 5 级(I 级: $SFI \geq 0.70$; II 级: $0.55 < SFI < 0.70$; III 级: $0.40 < SFI < 0.55$; IV 级: $0.25 < SFI < 0.40$; V 级: $SFI < 0.25$)。

2.2.2 评价方法

植烟土壤肥力适宜性评价采用模糊数学隶属函数模型进行。土壤肥力适宜性指数(soil fertility suitability index, *SFI*)计算公式:

$$SFI_i = \sum_{j=1}^m W_{ij} N_{ij} \quad (i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m) \quad (1)$$

式中： N_{ij} 和 W_{ij} 分别为第*i*个土壤样品的第*j*个土壤养分指标的隶属度值和相应的权重系数^[11-12]。

确定隶属函数公式(2)、(3)，把不规则分布的、有单位的、定量或定性描述的原始数值转化为从0到1分布的、无量纲差异的隶属度值。

$$f(x) = \begin{cases} 1.0, x \geq x_2 \\ 0.9 \times (x - x_1) / (x_2 - x_1) + 0.1, x_1 < x < x_2 \\ 0.1, x \leq x_1 \end{cases} \quad (2)$$

$$f(x) = \begin{cases} 0.1, x \leq x_1, x \geq x_4 \\ 0.9 \times (x - x_1) / (x_2 - x_1) + 0.1, x_1 < x < x_2 \\ 1.0, x_2 \leq x \leq x_3 \\ 1.0 - 0.9 \times (x - x_3) / (x_4 - x_3), x_3 < x < x_4 \end{cases} \quad (3)$$

不同参评因子对土壤肥力的影响程度不同。本研究中采用主成分分析法确定研究区域肥力适宜性评价指标权重^[13]。

2.3 数据处理

采用 Excel 2003 和 SPSS19.0 软件进行统计分析。

3 结果与分析

3.1 保山市植烟土壤 pH 及主要养分含量的空间变异

3.1.1 土壤 pH

由表 1 可见，全市植烟土壤 pH 为 4.81~8.03，变异系数为 6.41%~11.62%，变异性较弱，表明全市植烟土壤 pH 的空间变异小；龙陵、隆阳、施甸、昌宁、腾冲植烟土壤的平均 pH 依次减小。腾冲有 63.68%的植烟土壤 pH 为最适宜烤烟生长的 pH，而龙陵和隆阳的整体 pH 偏高，其中隆阳有 3.49%的植烟土壤 pH 超过 8。

表 1 保山市及其各县植烟土壤 pH 的空间变异

Table 1 Spatial variability of pH value of tobacco-growing soil in Baoshan region

植烟地区	pH			分级比例/%				
	平均值	变幅	变异系数/%	4.5	>4.5~5.5	>5.5~6.5	>6.5~8.0	>8.0
腾冲县	5.67	4.81~6.68	6.41	0.00	35.32	63.68	1.00	0.00
隆阳县	7.28	4.91~8.03	10.44	0.00	3.49	13.95	79.07	3.49
龙陵县	7.40	5.96~7.96	11.58	0.00	0.00	28.57	71.43	0.00
昌宁县	6.14	4.84~7.79	11.62	0.00	19.05	53.97	26.98	0.00
施甸县	7.04	5.18~7.94	10.18	0.00	2.14	20.71	77.14	0.00
保山市	6.42	4.81~8.03	14.41	0.00	17.91	41.25	40.24	0.60

3.1.2 土壤有机质含量

由表 2 可知，全市植烟土壤有机质含量为 1.68~113.20 g/kg，变异系数为 36.76%~74.28%，属中等变异，表明全市植烟土壤中有机质含量的空

间变异较小；腾冲、施甸、隆阳、昌宁、龙陵植烟土壤的有机质含量依次递减，其中腾冲植烟土壤有机质含量高于 45 g/kg 的占 48.62%。

表 2 保山市及其各县植烟土壤有机质含量的空间变异

Table 2 Spatial variability of organic matter in tobacco-growing soil in Baoshan region

植烟地区	有机质含量/(g·kg ⁻¹)		变异系数/%	分级比例/%				
	平均值	变幅		10	>10~20	>20~30	>30~45	>45
腾冲县	46.36	11.09~113.20	36.76	0.00	3.00	11.44	37.20	48.26
隆阳县	26.22	6.3~52.90	40.95	4.65	29.07	36.05	24.42	5.81
龙陵县	16.70	1.68~30.57	74.28	28.57	28.57	28.57	14.29	0.00
昌宁县	20.92	4.20~41.29	38.41	11.11	36.51	39.68	12.70	0.00
施甸县	27.98	2.28~79.93	48.37	5.00	27.14	32.14	25.71	10.00
保山市	34.06	1.68~113.20	51.43	4.02	18.91	25.35	28.37	23.34

3.1.3 土壤碱解氮含量

由表 3 可知，全市植烟土壤碱解氮含量为 8.33~291.60 mg/kg，变异系数为 32.16%~65.91%，

属中等变异，表明全市植烟土壤中碱解氮含量的空间变异较小；腾冲、隆阳、施甸、昌宁、龙陵植烟土壤的碱解氮含量依次递减，其中腾冲植烟土壤的

碱解氮含量偏高,高于 150 mg/kg 的比例达 54.23%, 其他县区植烟土壤的碱解氮含量较为适宜。

表 3 保山市及其各县植烟土壤碱解氮含量的空间变异

植烟地区	碱解氮含量/(mg·kg ⁻¹)		变异系数/%	分级比例/%				
	平均值	变幅		30	> 30 ~ 60	> 60 ~ 120	> 120 ~ 150	>150
腾冲县	162.03	23.16 ~ 291.60	33.45	0.50	1.99	19.90	23.38	54.23
隆阳县	98.32	26.04 ~ 241.61	43.14	1.16	13.95	58.14	16.28	10.47
龙陵县	62.93	12.50 ~ 115.60	65.91	28.57	28.57	42.86	0.00	0.00
昌宁县	87.82	31.24 ~ 183.29	32.16	0.00	15.87	69.84	11.11	3.17
施甸县	97.03	8.33 ~ 217.66	41.91	5.00	12.86	56.43	16.43	9.29
保山市	121.89	8.33 ~ 291.60	46.40	2.21	9.26	43.46	18.31	26.76

3.1.4 土壤水溶性氯离子含量

由表 4 可知,全市植烟土壤水溶性氯离子含量为 0.00 ~ 172.11 mg/kg, 变异系数为 49.39% ~ 109.98%; 隆阳、施甸、龙陵、昌宁、腾冲植烟土壤的水溶性氯离子含量依次递减。全市植烟土壤的水溶性氯离子含量较为适宜; 腾冲、龙陵和施甸植

烟土壤水溶性氯离子含量的变异系数处于中等水平, 说明其植烟土壤水溶性氯离子含量的空间变异较小, 而隆阳和昌宁的变异系数均大于 100%, 属于强变异, 说明其植烟土壤水溶性氯离子含量的空间变异较大。

表 4 保山市及其各县植烟土壤水溶性氯离子含量的空间变异

植烟地区	水溶性氯离子含量/(mg·kg ⁻¹)		变异系数/%	分级比例/%				
	平均值	变幅		2	> 2 ~ 5	> 5 ~ 25	> 25 ~ 40	>40
腾冲县	10.38	0.00 ~ 74.49	78.99	14.93	9.45	72.64	1.99	0.99
隆阳县	26.88	0.00 ~ 172.11	109.98	3.49	3.49	62.79	15.12	15.12
龙陵县	14.40	0.00 ~ 21.51	49.39	14.29	0.00	85.71	0.00	0.00
昌宁县	12.01	0.00 ~ 59.72	109.72	30.16	7.94	44.44	14.29	3.17
施甸县	15.52	0.00 ~ 50.09	60.36	3.57	7.14	77.86	8.57	2.86
保山市	14.95	0.00 ~ 172.11	107.58	11.67	7.44	69.01	7.65	4.23

3.1.5 土壤有效磷含量

表 5 结果表明,全市植烟土壤的有效磷含量为 0.20 ~ 114.89 mg/kg, 变异系数为 60.21% ~ 175.68%; 腾冲、昌宁、隆阳、施甸、龙陵植烟土壤的有效磷含量依次递减, 龙陵植烟土壤有效磷含量偏低, 其

变异系数为 175.68%, 属于强变异, 表明其植烟土壤有效磷含量的空间变异大, 而其他县区植烟土壤的有效磷含量较适宜, 且其植烟土壤有效磷含量的空间变异较小。

表 5 保山市及其各县植烟土壤有效磷含量的空间变异

植烟地区	有效磷含量/(mg·kg ⁻¹)		变异系数/%	分级比例/%		
	平均值	变幅		10	> 10 ~ 40	>40
腾冲县	26.57	1.55 ~ 87.15	60.21	13.43	69.15	17.41
隆阳县	20.52	0.73 ~ 114.89	85.86	30.23	61.63	8.14
龙陵县	5.93	0.20 ~ 28.89	175.68	85.71	14.29	0.00
昌宁县	20.72	2.46 ~ 79.68	91.58	42.86	42.86	14.29
施甸县	18.28	0.20 ~ 95.86	88.76	39.29	50.71	10.00
保山市	22.16	0.20 ~ 114.89	77.94	28.37	58.55	13.08

3.1.6 土壤有效钾含量

由表 6 可知,全市植烟土壤有效钾含量为 1.88 ~ 1491.03 mg/kg, 变异系数为 52.62% ~ 91.31%;

施甸、龙陵、隆阳、昌宁、腾冲植烟土壤的有效钾含量依次递减。全市植烟土壤的有效钾含量较为适宜, 且其植烟土壤有效钾含量的空间变异较小。

表6 保山市及其各县植烟土壤有效钾含量的空间变异

Table 6 Spatial variability of available K of tobacco-growing soil in Baoshan region

植烟地区	有效钾含量/(mg·kg ⁻¹)		变异系数/%	分级比例/%		
	平均值	变幅		50	> 50 ~ 200	>200
腾冲县	104.25	1.88 ~ 383.93	68.14	23.38	64.18	12.44
隆阳县	187.90	411.86 ~ 772.21	65.82	1.16	73.26	25.58
龙陵县	214.27	57.51 ~ 638.73	91.31	0.00	71.43	28.57
昌宁县	166.77	30.82 ~ 409.00	52.62	3.17	66.67	30.16
施甸县	252.64	39.72 ~ 1491.03	72.87	1.43	43.57	55.00
保山市	170.00	1.88 ~ 1491.03	81.88	10.46	60.36	29.18

3.1.7 土壤有效硼含量

由表7可知,全市植烟土壤的有效硼含量为0.003~1.432 mg/kg,变异系数为57.14%~79.11%;施甸、昌宁、腾冲、隆阳、龙陵植烟土壤的有效硼

含量依次递减。龙陵植烟土壤的有效硼含量偏低,低于0.25 mg/kg的土壤比例达85.71%,其他县市植烟土壤的有效硼含量较为适宜,且其植烟土壤有效硼含量的空间变异较小。

表7 保山市及其各县植烟土壤有效硼含量的空间变异

Table 7 Spatial variability of available B in tobacco-growing soil in Baoshan region

植烟地区	有效硼含量/(mg·kg ⁻¹)		变异系数/%	分级比例/%		
	平均值	变幅		0.25	> 0.25 ~ 2.0	>2.0
腾冲县	0.286	0.003 ~ 1.402	57.14	45.27	54.73	0.00
隆阳县	0.246	0.027 ~ 0.910	68.98	65.12	34.88	0.00
龙陵县	0.131	0.004 ~ 0.328	79.11	85.71	14.29	0.00
昌宁县	0.321	0.055 ~ 0.804	55.00	39.68	60.32	0.00
施甸县	0.422	0.027 ~ 1.432	56.54	25.00	75.00	0.00
保山市	0.320	0.003 ~ 1.432	63.04	42.86	57.14	0.00

3.1.8 土壤有效锌含量

由表8可知,全市植烟土壤的有效锌含量为0.10~33.66 mg/kg,变异系数为59.39%~162.05%;施甸、隆阳、昌宁、腾冲、龙陵植烟土壤的有效锌含量依次递减。龙陵植烟土壤的有效锌含量偏低,

低于1.0mg/kg的植烟土壤比例分别达65.17%和71.43%。施甸和腾冲植烟土壤有效锌含量的变异系数分别为162.05%和108.33%,属于强变异,表明其植烟土壤的有效锌含量空间变异较大。

表8 保山市及其各县植烟土壤有效锌含量的空间变异

Table 8 Spatial variability of available Zn in tobacco-growing soil in Baoshan region

植烟地区	有效锌含量/(mg·kg ⁻¹)		变异系数/%	分级比例/%		
	平均值	变幅		1.0	> 1.0 ~ 5.0	>5.0
腾冲县	1.18	0.10 ~ 15.85	108.33	65.17	33.83	1.00
隆阳县	1.45	0.25 ~ 7.53	76.57	38.37	59.30	2.33
龙陵县	0.65	0.16 ~ 1.37	70.50	71.43	28.57	0.00
昌宁县	1.45	0.29 ~ 4.05	59.39	33.33	66.67	0.00
施甸县	1.84	0.35 ~ 33.66	162.05	23.86	65.00	2.14
保山市	1.44	0.10 ~ 33.66	132.01	47.48	51.11	1.41

3.2 土壤肥力指标的隶属函数类型及曲线拐点值

根据文献[2,4-6,9,14]及专家意见,确定各肥力指标隶属度函数的拐点值如表9。将各指标实测值代入公式(2)、(3)中可得到各指标的隶属度值。由表

9中的拐点值可知,pH和有机质、碱解氮、水溶性氯离子含量的隶属函数曲线是抛物线型,而有效磷、有效钾、有效硼、有效锌含量的隶属函数曲线属于S型。

表9 各土壤养分指标隶属函数的拐点值

拐点值	pH	有机质含量/ (g·kg ⁻¹)	碱解氮含量/ (mg·kg ⁻¹)	水溶性氯离子含量/ (mg·kg ⁻¹)	有效磷含量/ (mg·kg ⁻¹)	有效钾含量/ (mg·kg ⁻¹)	有效硼含量/ (mg·kg ⁻¹)	有效锌含量/ (mg·kg ⁻¹)
X ₁	4.5	10	30	2	10	50	0.25	1.0
X ₂	5.5	20	60	5	40	200	2.00	5.0
X ₃	6.5	30	120	25				
X ₄	8.0	45	150	40				

3.3 土壤养分指标的权重值

由表 10 各土壤养分指标的权重可知,所有指标中碱解氮含量的权重最大,而有效锌含量的权重最小。

表 10 各土壤养分指标的权重

指标	公因子方差	权重
pH	0.732	0.131
有机质含量	0.870	0.156
碱解氮含量	0.930	0.167
水溶性氯离子含量	0.873	0.157
有效磷含量	0.573	0.103
有效钾含量	0.690	0.124
有效硼含量	0.705	0.126
有效锌含量	0.203	0.036

3.4 保山市土壤肥力适宜性评价

由表 11 可见,保山市植烟土壤的肥力适宜性等级中 II、III 级占绝大多数(68.61%),V 级所占比例很小(1.01%)。全山市植烟区域 *SFI* 的平均值为 0.57(处于 II 级),变异系数为 25.02%,表明全市植烟土壤肥力状况较好,且其植烟土壤的肥力空间变异较小。昌宁和施甸的 *SFI* 平均值最高;昌宁、施甸和龙陵的 *SFI* 值处于 I 级的植烟土壤所占比例较高,分别为 33.33%、32.14%和 28.57%。只有腾冲和施甸少量植烟土壤的 *SFI* 值处于 V 级,所占比例分别为 0.50%和 2.86%。

表 11 保山市植烟土壤肥力适宜性综合评价结果

植烟地区	所占比例%					变异系数/%	<i>SFI</i> 值
	级	级	级	级	级		
腾冲县	3.98	26.37	54.73	14.43	0.50	21.92	0.51
隆阳县	18.60	47.67	19.77	13.95	0.00	24.13	0.58
龙陵县	28.57	14.29	28.57	28.57	0.00	38.87	0.52
昌宁县	33.33	42.86	15.87	7.94	0.00	22.49	0.62
施甸县	32.14	42.14	15.00	7.86	2.86	23.54	0.62
保山市	18.51	36.42	32.19	11.87	1.01	25.02	0.57

4 结论和讨论

保山市全市植烟土壤的 pH 和水溶性氯离子、有效磷、有效钾含量适宜,有机质和碱解氮含量偏高;pH 和有机质、碱解氮、有效磷、有效钾、有效硼含量的空间变异较小,水溶性氯离子和有效锌含量的空间变异较大。

各植烟县中腾冲植烟土壤的有机质和碱解氮含量偏高,分别为 46.36 g/kg 和 162.03 mg/kg,应严格控制其施肥量;龙陵植烟土壤的有效磷、有效硼和有效锌含量偏低,分别为 5.930、0.131、0.650 mg/kg,应增施相应肥量;隆阳和昌宁植烟土壤的

水溶性氯离子含量的空间变异较大,龙陵植烟土壤有效磷含量的空间变异较大,腾冲和施甸植烟土壤有效锌含量的空间变异较大。

保山市植烟土壤肥力适宜性为 I 级的区域占 18.51%,为 II 级的区域占 36.42%,为 III 级的区域占 32.19%,为 IV 级的区域占 11.87%,为 V 级的区域占 1.01%。保山市植烟土壤肥力状况较好,且其土壤的肥力空间变异较小。昌宁和施甸的 *SFI* 平均值较高。腾冲和施甸有少量植烟土壤的 *SFI* 值处于 V 级,土壤养分含量有待提高。

(下转第 444 页)