

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2020.08.004

保山植烟土壤有效硼质量分数分布及其影响因素

王 政¹, 林跃平², 杨海燕², 周芳芳³,
郑仕方³, 杨晓斌³, 曹 娜², 李晓婷³

1. 广西中烟工业有限责任公司, 南宁 530000; 2. 云南省烟草公司保山市公司, 云南 保山 678000;
3. 云南五佳生物科技有限公司, 昆明 650106

摘要: 为针对性开展保山硼素营养差异化管理提供理论依据, 采集保山市 677 份植烟土壤样本, 应用传统统计学和地理统计学方法进行了保山植烟土壤有效硼质量分数分布及其影响因素分析. 结果表明: 保山植烟土壤有效硼质量分数平均值为 0.54 mg/kg, 变幅在 0.03~2.68 mg/kg, 处于适宜范围内的样本占 26.44%, 偏低的样本占 61.01%. 植烟土壤有效硼质量分数在空间分布上表现为西南部和东南部的植烟土壤有效硼质量分数偏低, 北部和中部适宜. 4 县 1 区的植烟土壤有效硼质量分数总体由大到小依次为施甸、腾冲、昌宁、隆阳、龙陵, 施甸极显著高于龙陵. 植烟土壤有效硼质量分数与土壤 pH 值、物理性黏粒、有机质、速效氮、速效磷、交换性镁和有效锌显著相关, 表现为随物理性黏粒质量分数升高而降低, 随其他指标升高而升高的趋势. 因此, 调节土壤 pH、应用有机肥和营养元素肥料如氮肥、磷肥、镁肥或锌肥等可作为调控保山土壤有效硼质量分数的主要措施.

关 键 词: 保山; 植烟土壤; 有效硼; 空间分布; 影响因素

中图分类号: S572.06; S159 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9868(2020)08-0026-07

土壤是植物所需微量元素的给源, 土壤微量元素的供给情况与植物生长和产量、质量密切相关^[1]. 土壤硼作为烤烟正常生长发育必需的微量元素之一, 参与烟株碳水化合物、蛋白质的代谢运输、生物碱合成以及营养物质相互作用等过程, 对烟草生长发育和烟叶产量、质量具有重要影响^[2-5]. 胡国松等^[2], 张颖^[6]研究认为植烟土壤有效硼临界值为 0.4 mg/kg, 低于此值时烤烟会出现不同程度的缺硼现象; 而陈江华等^[7]报道全国植烟土壤有效硼适宜质量分数为 0.5~1.0 mg/kg; 黎娟等^[8]评价湘西植烟土壤有效硼适宜质量分数 0.3~0.6 mg/kg. 目前, 程昌新等^[9]、谭智勇等^[10]、胡志明^[11]对保山烟区植烟土壤的有效硼质量分数进行了丰缺评价, 但未见对保山植烟土壤有效硼影响因素的分析. 此外, 不同烤烟生态区土壤有效硼质量分数的影响因素及其影响程度有所差异^[8, 12-13]. 因此, 本文以保山的植烟土壤为材料, 系统研究了保山市 4 县 1 区的植烟土壤有效硼质量分数的总体状况、分布频率与空间分布特征, 并侧重分析了保山植烟土壤类型、土壤质地、海拔高度、土壤 pH 值、有机质、碱解氮等因素对有效硼质量分数的影响, 以期为保山植烟土壤硼素营养差异化管理和决策硼肥施用量等烤烟关键生产技术提供理论依据, 同时对提升保山烟叶产量和品质具有重要意义.

1 材料与方法

1.1 土壤样品采集

2016 年与 2017 年在保山市的隆阳区、腾冲市、昌宁县、施甸县、龙陵县等 4 县 1 区采集具有代表性的

收稿日期: 2019-12-16
基金项目: 广西中烟工业有限责任公司项目(GXZYCX2019B005).
作者简介: 王 政(1978—), 男, 硕士, 高级农艺师, 主要从事烟叶原料的研究.
通信作者: 李晓婷, 高级农艺师.

植烟土壤样品 677 个(图 1)。每个点的土样采集位置和海拔均用 GPS 定位, 采样时间均在每年 4 月份的烤烟移栽施肥前, 采集方法均为 S 形随机 10 点采集 0~20 cm 耕层土壤, 剔除根系、砾石等杂物后混匀, 制成 0.5 kg 左右的混合土样带回实验室进行测定。

1.2 土壤测定方法^[14-15]

土壤 pH 值采用电位测定法(水土比为 2.5 : 1); 有机质、速效氮、速效磷和速效钾分别采用重铬酸钾外加热法、碱解扩散法、碳酸氢钠浸提钼蓝比色法和醋酸铵浸提—火焰光度法; 水溶性氯离子、交换性钙、交换性镁和有效锌采用原子吸收分光光度法; 有效硼采用甲亚胺比色法进行测定。

1.3 土壤有效硼质量分数分级标准

根据陈江华等^[7]的植烟土壤养分分级方法, 将土壤有效硼质量分数分为很低(<0.2 mg/kg)、低(0.2~0.5 mg/kg)、适宜(0.5~1.0 mg/kg)、高(1.0~1.5 mg/kg)和很高(≥ 1.5 mg/kg)5 个等级(全文取值范围均包括前值)。

1.4 土壤数据处理及空间分布图绘制

采用 SPSS 18.0 和 Excel 2010 对数据进行方差分析、多重比较、相关分析和回归分析等, 并应用 ArcGIS 10.2 软件以克里格方法插值绘制保山市植烟土壤有效硼质量分数的空间分布图。

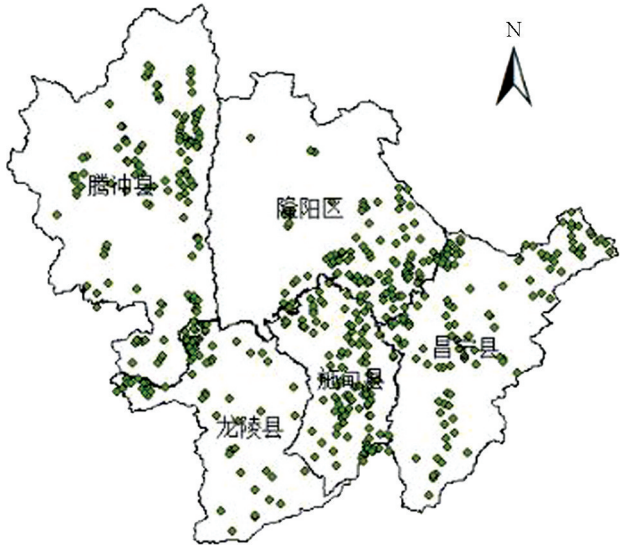


图 1 保山植烟土壤采样点分布图

2 结果与分析

2.1 总体描述统计分析

由表 1 可知, 总体上, 保山市植烟土壤有效硼质量分数平均值 0.54 mg/kg, 处于适宜水平; 变化幅度 0.03~2.68 mg/kg, 变异系数 76.75%, 为强变异。就 5 个主产烟区而言, 植烟土壤有效硼质量分数平均值变化范围 0.41~0.64 mg/kg, 从高到低依次为施甸、腾冲、昌宁、隆阳、龙陵, 除龙陵偏低外, 其他 4 县处于适宜水平; 变异系数为 68.74%~96.02%, 均为强变异, 从大到小依次为龙陵、腾冲、昌宁、隆阳、施甸; 同时, 5 个地区之间硼质量分数差异有统计学意义, 施甸极显著高于龙陵。

表 1 保山植烟土壤有效硼质量分数

区域	均值/ (mg · kg ⁻¹)	标准差	最小值/ (mg · kg ⁻¹)	最大值/ (mg · kg ⁻¹)	偏度	峰度	变异系数/%
隆阳	0.52 bAB	0.38	0.05	2.43	2.38	7.65	72.94
腾冲	0.55 abAB	0.44	0.06	2.55	1.89	3.93	79.52
昌宁	0.53 bAB	0.39	0.08	2.68	2.30	7.57	73.46
施甸	0.64 aA	0.44	0.07	2.15	1.33	1.74	68.74
龙陵	0.41 cB	0.40	0.03	1.90	2.19	4.52	96.02
保山	0.54	0.41	0.03	2.68	1.90	4.32	76.75

注: 表中大写字母不同表示 $p<0.01$, 小写字母不同表示 $p<0.05$, 差异有统计学意义。

2.2 有效硼质量分数分布

2.2.1 分布特征

由表 2 可知, 整体上, 保山植烟土壤有效硼质量分数处于适宜范围内的样本占 26.44%, 低和很低的分别占 48.60%和 12.41%, 高和很高的分别占 8.27%和 4.28%, 表明保山 61.01%的植烟土壤有效硼质量分数缺乏, 不能满足烟叶正常生长发育的需求, 需增加肥硼应用。同时, 隆阳、腾冲、昌宁、施甸和龙陵 5 个地区的植烟土壤有效硼质量分数处于适宜范围内的样本分别占 29.55%, 21.66%, 31.10%, 32.85%和

11.63%，从大到小依次为施甸、昌宁、隆阳、腾冲、龙陵；在低和很低范围内的样本分别占 62.88%，63.69%，57.93%，48.18%和 79.07%，从大到小依次为龙陵、腾冲、隆阳、昌宁、施甸。

表 2 保山植烟土壤有效硼分布频率 %

分布频率	隆阳	腾冲	昌宁	施甸	龙陵	保山
很低	10.61	10.19	11.59	9.49	25.58	12.41
低	52.27	53.50	46.34	38.69	53.49	48.60
适宜	29.55	21.66	31.10	32.85	11.63	26.44
高	3.79	9.55	8.54	13.14	4.65	8.27
很高	3.79	5.10	2.44	5.84	4.65	4.28

2.2.2 空间分布

由图 2 可知，总体上，保山大部分分布区域的植烟土壤有效硼质量分数以 0.2~0.5 mg/kg 和 0.5~1.0 mg/kg 为主；其中，西南部和东南部以 0.2~0.5 mg/kg 为主，北部和中部以 0.5~1.0 mg/kg 为主。同时，腾冲县和龙陵县的交接处存在一个低值区域，施甸县的北部存在一个高值区域。

2.3 影响因素分析

2.3.1 海拔高度

由图 3 可知，保山 5 个海拔高度组(<1 400 m, 1 400~1 600 m, 1 600~1 800 m, 1 800~2 000 m 和 ≥2 000 m)的植烟土壤有效硼平均质量分数为 0.50~0.67 mg/kg，其中 1 800~2 000 m 组和 1 400~1 600 m 组较高，<1 400 m 组最低；且差异无统计学意义($F=0.377$ ； $sig.=0.825$)；并表现为随海拔升高而升高趋势(回归方程为 $y=0.020\ 2\ x+0.556\ 7$ ， $R^2=0.219$)。同时，5 个海拔高度组的植烟土壤有效硼质量分数在适宜范围内的样本占到 29.28%~53.84%，其中 ≥2 000 m 组最高，1 600~1 800 m 组最低。

2.3.2 土壤类型

保山植烟土壤类型主要为红壤、水稻土和紫色土。由图 4 可知，3 种土壤类型的有效硼平均质量分数为 0.51~0.57 mg/kg，由高到低依次为水稻土、红壤、紫色土，且质量分数未达到统计学意义($F=0.292$ ； $sig.=0.747$)。同时，3 种土壤类型对应的有效硼质量分数在适宜范围内的样本占到 21.87%~22.67%，由高到低依次为红壤、水稻土、紫色土。

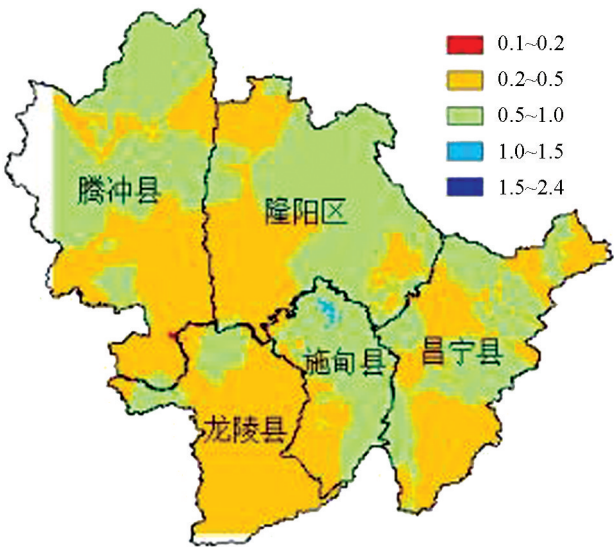


图 2 保山市植烟土壤有效硼质量分数空间分布图

0.50~0.67 mg/kg，其中 1 800~2 000 m 组和 1 400~1 600 m 组较高，<1 400 m 组最低；且差异无统计学意义($F=0.377$ ； $sig.=0.825$)；并表现为随海拔升高而升高趋势(回归方程为 $y=0.020\ 2\ x+0.556\ 7$ ， $R^2=0.219$)。同时，5 个海拔高度组的植烟土壤有效硼质量分数在适宜范围内的样本占到 29.28%~53.84%，其中 ≥2 000 m 组最高，1 600~1 800 m 组最低。

2.3.2 土壤类型

保山植烟土壤类型主要为红壤、水稻土和紫色土。由图 4 可知，3 种土壤类型的有效硼平均质量分数为 0.51~0.57 mg/kg，由高到低依次为水稻土、红壤、紫色土，且质量分数未达到统计学意义($F=0.292$ ； $sig.=0.747$)。同时，3 种土壤类型对应的有效硼质量分数在适宜范围内的样本占到 21.87%~22.67%，由高到低依次为红壤、水稻土、紫色土。

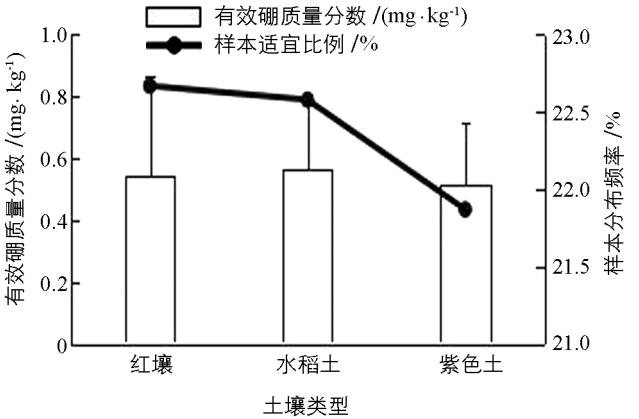
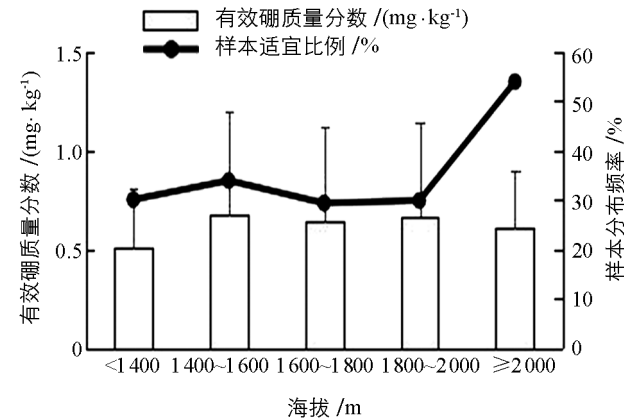


图 3 保山不同海拔高度的植烟土壤有效硼质量分数

图 4 保山不同植烟土壤类型的有效硼质量分数

2.3.3 土壤质地

根据卡庆斯基制土壤质地分类, 将保山植烟土壤物理性黏粒质量分数($<0.01\text{ mm}$)分为 $<30\%$, $30\% \sim 45\%$, $45\% \sim 60\%$ 和 $\geq 60\%$ 等 4 个粒级段. 由图 5 可知, 4 个粒级段的植烟土壤有效硼的平均质量分数为 $0.57 \sim 1.17\text{ mg/kg}$, 且差异有统计学意义($F=8.797$, $\text{sig.}=0.000$), 主要为 $<30\%$ 组极显著高于 $45\% \sim 60\%$ 组和 $\geq 60\%$ 组; 并表现为随物理性黏粒质量分数升高而降低趋势(回归方程为 $y=-0.1904x+1.3577$, $R^2=0.970$). 同时, 4 个粒级段的植烟土壤有效硼质量分数在适宜范围内的样本占到 $27.78\% \sim 43.21\%$, 以 $45\% \sim 60\%$ 组最高, $<30\%$ 组最低.

2.3.4 土壤 pH

由图 6 可知, 保山 6 个 pH 组的植烟土壤有效硼的平均质量分数为 $0.38 \sim 0.66\text{ mg/kg}$, 从高到低依次为 $7.0 \sim 7.5$ 组, ≥ 7.5 组, $5.5 \sim 6.5$ 组, $4.5 \sim 5.5$ 组, $6.5 \sim 7.0$ 组, <4.5 组, 且差异有统计学意义($F=2.297$, $\text{sig.}=0.044$). $7.0 \sim 7.5$ 组, ≥ 7.5 组的有效硼质量分数显著高于 <4.5 组; 并表现为随 pH 升高而升高趋势(回归方程为 $y=0.0392x+0.3947$, $R^2=0.665$). 同时, 6 个土壤 pH 组的有效硼质量分数在适宜范围内的样本占到 $15.38\% \sim 34.62\%$, 以土壤 pH 值为 $7.0 \sim 7.5$ 组最高, <4.5 组最低.

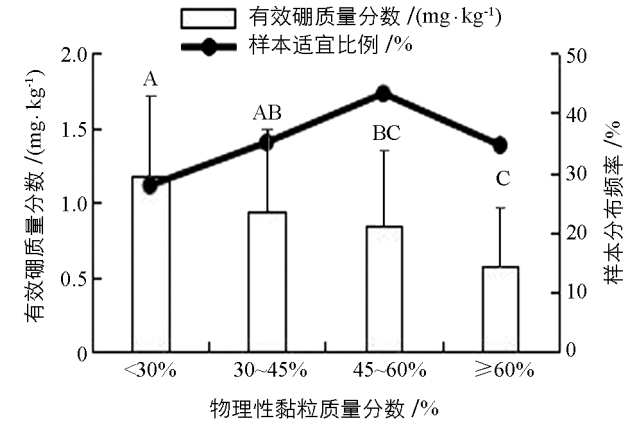


图 5 保山不同植烟土壤质地的有效硼质量分数

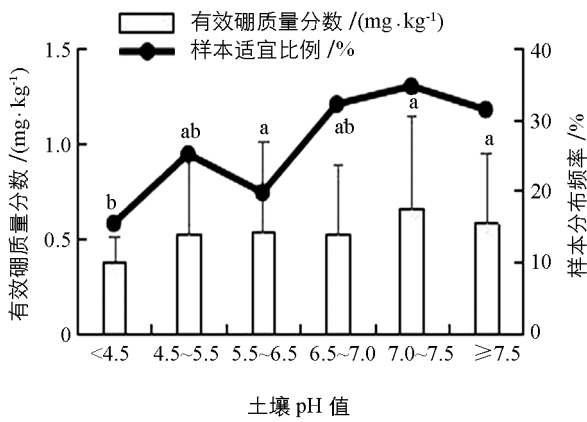


图 6 保山不同植烟土壤 pH 值的有效硼质量分数

2.3.5 土壤有机质

由图 7 可知, 保山 6 个植烟土壤有机质组对应的有效硼平均质量分数为 $0.26 \sim 0.66\text{ mg/kg}$, 从高到低依次为 $30 \sim 40$ 组, ≥ 50 组, $40 \sim 50$ 组, $20 \sim 30$ 组, $10 \sim 20$ 组, <10 组, 且差异有统计学意义($F=10.511$, $\text{sig.}=0.000$), 有机质质量分数 $30 \sim 40$ 组, $40 \sim 50$ 组和 ≥ 50 组极显著高于 <10 组和 $10 \sim 20$ 组; 并表现为随有机质质量分数升高而升高的趋势(回归方程为 $y=0.0813x+0.2366$, $R^2=0.854$). 同时 6 个植烟土壤有机质组的有效硼质量分数在适宜范围内的样本占到 $4.54\% \sim 37.84\%$, 以土壤有机质质量分数 ≥ 50 组最高, <10 组的最低.

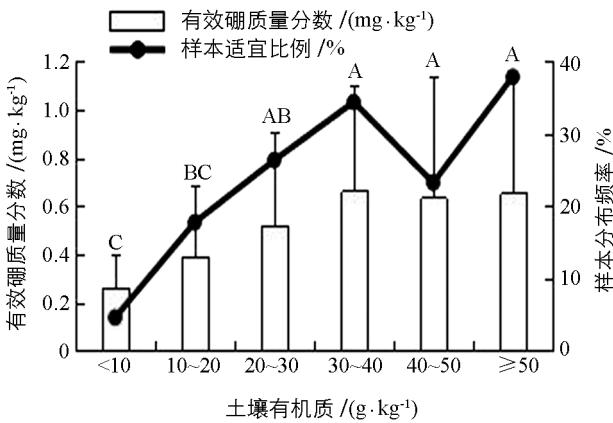


图 7 保山不同植烟土壤有机质的有效硼质量分数

2.3.6 土壤其他养分与有效硼相关性分析

由表 3 可知, 保山植烟土壤有效硼质量分数与土壤 pH 值、有机质、碱解氮、速效磷、交换性镁和有效锌质量分数呈显著正相关.

表 3 保山植烟土壤养分的相关性分析

指标	pH	有机质	碱解氮	速效磷	速效钾	氯离子	交换性钙	交换性镁	有效锌
有效硼	0.088 [*]	0.215 ^{**}	0.336 ^{**}	0.376 ^{**}	0.073	0.019	-0.138	0.090 [*]	0.189 ^{**}

注：* * 表示 $p<0.01$ ，* 表示 $p<0.05$ ，差异有统计学意义。

3 讨 论

保山市植烟土壤有效硼质量分数整体上属于适宜水平，且 4 县 1 区间差异有统计学意义，由大到小依次为施甸、腾冲、昌宁、隆阳、龙陵，施甸最高，龙陵最低，且龙陵有效硼质量分数均值偏低。这与谭智勇等^[10]，龚玖零^[16]的研究结果一致，但与程昌新等^[9]，胡志明^[11]的研究结论有出入。这可能与采样时间、采样地点不同有关。胡志明研究发现保山植烟土壤有效硼质量分数年度间不均衡，达到极显著水平^[11]。同时，保山植烟土壤有效硼质量分数分布频率和空间分布表明，保山西南部和东南部的植烟土壤有效硼质量分数偏低，北部和中部适宜；偏低的样本占 61.01%，说明保山超过一半的植烟土壤缺硼，而大多数研究表明，土壤有效硼质量分数与烟叶硼质量分数呈正相关^[17-18]。缺硼可能引起烤烟生长停滞，影响烟株的生理生化反应，进一步影响烟叶的产量与品质。研究发现，在缺硼土壤上增施硼肥，有利于增强烟株的光合作用，促进农艺性状、协调烟叶化学成分、提高烟叶的工业可用性^[19-20]。因此，保山市针对缺硼区域，注重硼肥的施用，对烟田的分区管理和因地施肥具有重要的指导意义。

影响植烟土壤有效硼质量分数的因素很多，研究报道如海拔、成土母质、土壤类型、土地利用程度、有机质、pH 等对有效硼质量分数均有影响^[8, 12-13]。本文从保山市植烟土壤海拔、土壤类型、土壤质地、土壤 pH、有机质和其他养分入手，发现土壤质地、pH 值、有机质、碱解氮、速效磷、交换性镁和有效锌质量分数对植烟土壤有效硼质量分数有显著影响。其中，土壤质地影响硼在土壤中的移动，一般质地黏的土壤，硼不易淋失，能保持较多的有效硼；而质地较轻土壤硼易遭淋失^[21]。保山市植烟土壤有效硼质量分数以物理性黏粒质量分数<30%的较高，随物理性黏粒质量分数升高而降低，这可能与样品采集点的海拔高度、成土母质、土壤类型、有机肥施用量等不同有关。土壤 pH 是影响土壤有效硼的另一个重要因素，一般的酸性土壤能增加微量元素的溶解性，有效硼质量分数较高^[22]。保山市植烟土壤有效硼质量分数随 pH 值升高而有升高的趋势，这与黎娟等^[8]对湘西烟区、龚智亮等^[23]对福建烟区、金立新等^[24]对成都烟区的植烟土壤有效硼质量分数研究结果相似，这可能是由于气候条件降雨量的原因，酸性土壤的有效硼容易被淋洗，降低了有效硼质量分数^[25]。因此，酸性植烟土壤在降雨量较高的情况下，应根据烤烟的生长状况，注意叶面及时补充硼肥，以免影响烟叶产量和质量。土壤有机质与有效硼质量分数呈极显著正相关，随着有机质质量分数的升高而升高，这与前人研究结果^[8, 12, 26]基本一致。有机质能与硼产生吸附或螯合等而固定硼免受淋洗，又可矿化释放硼有利于提高土壤中有效硼质量分数。同时，土壤中大量元素、微量元素与硼之间不是孤立的，而是相互制约、相互促进的，本研究中保山市植烟土壤碱解氮、速效磷、交换性镁和有效锌质量分数均与有效硼质量分数呈显著正相关。

因此，保山市可根据植烟土壤有效硼的空间分布特征和影响因素，针对不同区域采取硼肥差异化管理方案。对于有效硼质量分数偏低的植烟土壤，通过调节土壤 pH、增加有机肥料、改进施肥技术如增加有利于提高有效硼的营养元素应用以及适当补充硼肥等措施，改善植烟土壤的物理特性、化学性质或微生物活力，提高植烟土壤有效硼的质量分数，有利于烟叶生长发育，提升烟叶产量和品质，从而促进保山市烟草产业的可持续发展。

4 结 论

保山市植烟土壤有效硼质量分数平均值 0.54 mg/kg，变幅在 0.03~2.68 mg/kg 之间，变异系数为

76.75%;处于适宜范围内的样本占26.44%,偏低的样本占61.01%;空间分布上西南部和东南部的植烟土壤有效硼质量分数偏低,北部和中部适宜。同时,4县1区的植烟土壤有效硼质量分数总体上龙陵偏低,其他适宜,平均值为0.41~0.64 mg/kg,从高到低依次为施甸、腾冲、昌宁、隆阳、龙陵,施甸极显著高于龙陵;处于适宜范围内的样本占11.63%~32.85%,偏低的样本占48.18%~79.07%。保山市植烟土壤有效硼质量分数海拔间和土壤类型间差异无统计学意义,而土壤pH值、物理性黏粒质量分数、有机质间差异有统计学意义,且随物理性黏粒质量分数升高表现出降低的趋势,随pH值和有机质质量分数升高表现出升高的趋势,并与土壤碱解氮、速效磷、交换性镁和有效锌质量分数呈显著正相关。

参考文献:

- [1] 刘 铮,朱其清. 土壤中硼的含量和分布的规律性 [J]. 土壤学报,1989,26(4): 353-361.
- [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.
- [3] 崔国明,黄必志. 硼对烤烟生理生化及产质量的影响 [J]. 中国烟草科学,2000,21(3): 14-18.
- [4] 何远兰. 硼营养对烤烟碳氮代谢和品质的影响及机理的研究 [D]. 南宁: 广西大学,2007.
- [5] 程昌新,杨应明,王 超,等. 烤烟总糖、蛋白质及施木克值与土壤养分的关系分析 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2012,37(4): 81-86.
- [6] 张 颖. 福建植烟土壤硼素营养的吸附、淋失规律及丰缺指标的初探 [D]. 福州: 福建农林大学,2010.
- [7] 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,2004,10(3): 14-18.
- [8] 黎 娟,邓小华,王建波,等. 喀斯特地区植烟土壤有效硼含量分布及其影响因素——以湘西州烟区为例 [J]. 土壤,2013,45(6): 1055-1061.
- [9] 程昌新,闫 辉,尹兴盛,等. 保山烟区植烟土壤有效硼和有效锌含量丰缺评价 [J]. 云南农业大学学报(自然科学版),2015(5): 804-809.
- [10] 谭智勇,周冀衡,王 超,等. 云南保山市植烟土壤养分含量及肥力适应性评价 [J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2013,39(4): 429-434, 444.
- [11] 胡志明. 保山烟区主要生态因素及其对烤烟品质影响的研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学,2012.
- [12] 李 珊,李启权,张 浩,等. 泸州植烟土壤有效态微量元素含量空间变异及其影响因素 [J]. 土壤,2016,48(6): 1215-1222.
- [13] 郭 婷,李宏光,李 文,等. 湖南稻作烟区土壤有效硼的时空变异及影响因素分析 [J]. 烟草科技,2019,52: 1-13.
- [14] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社,2000.
- [15] 王瑞新. 烟草化学 [M]. 北京: 中国农业出版社,2003.
- [16] 龚玖零. 基于植烟土壤养分及烟叶质量的云南保山市植烟分区 [D]. 昆明: 云南农业大学,2015.
- [17] 许自成,王 林,肖汉乾,等. 湖南烟区烤烟(*Nicotiana tabacum* L.)硼含量与土壤有效硼含量的关系 [J]. 生态学报,2007,27(6): 2309-2317.
- [18] 张 春,周冀衡,杨荣生,等. 云南曲靖不同海拔烟区土壤和烟叶硼含量的分布状况及相关性 [J]. 中国烟草学报,2010,16(6): 48-53.
- [19] 张 薇,高 明,宋珍霞,等. 重庆市植烟区土壤硼素状况及施硼效应的研究 [J]. 中国土壤与肥料,2006(5): 49-52.
- [20] 陈丽鹃,沈 晗,刘晓颖,等. 腾冲火山灰植烟土壤增施镁、锌、硼肥对烤烟产量和质量的影响 [J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2013,39(6): 591-596.
- [21] 潘文杰. 不同生态的烤烟硼素营养和烟叶品质的研究 [D]. 重庆: 西南农业大学,2002.
- [22] 王影影,梁洪波,徐宜民,等. 山东典型植烟土壤微量元素有效态含量研究 [J]. 土壤,2014,46(1): 172-177.
- [23] 龚智亮,唐莉娜. 福建南平植烟土壤主要养分特征及生产对策 [J]. 中国农学通报,2009,25(16): 153-155.
- [24] 金立新,唐金荣,刘爱华,等. 成都地区土壤硼元素含量及其养分管理建议 [J]. 第四纪研究,2005,25(3): 363-369.
- [25] 曹凑贵,张光远,王运华,等. 鄂南丘陵区棕红壤硼的分布和迁移特点及其调控 [J]. 土壤学报,2001,38(1): 96-103.
- [26] 李 强,周冀衡,张永安,等. 曲靖植烟土壤有效微量元素的空间变异和影响因子 [J]. 烟草科技,2013(10): 63-68.

Distribution of Available Boron Content in Tobacco-Growing Soil in Baoshan and Its Influencing Factors

WANG Zheng¹, LIN Yue-ping², YANG Hai-yan², ZHOU Fang-fang³,
ZHENG SHi-fang³, YANG Xiao-bin³, CAO Na², LI Xiao-ting³

- 1. China Tobacco Guangxi Industrial Co. , LTD. , Nanning 530000 , China ;
- 2. Baoshan Branch of Yunnan Province Tobacco Company , Baoshan Yunnan 678000 , China ;
- 3. Yunnan Wooja Biotechnology Co. , LTD. , Kunming 650106 , China

Abstract: In order to provide a scientific basis for the differentiated management of boron nutrition in Baoshan of Yunnan province, 677 soil samples were collected in Baoshan tobacco-growing areas, and the distribution of soil available boron and its influencing factors were analyzed, using geostatistics and GIS technology. The results showed that the available boron content in tobacco-growing soil of Baoshan averaged 0.54 mg/kg and ranged from 0.03 to 2.68 mg/kg, and 26.44% of the soil samples had an adequate available boron content and 61.01% were boron insufficient. The spatial distribution map of soil available boron showed that boron-insufficient areas were distributed in the southwestern and southeastern parts of Baoshan and boron-adequate areas were in its northern and middle parts. Of the five counties in Baoshan, Shidian had the highest available boron in its tobacco-growing soil, followed in order by Tengchong, Changning, Longyang and Longlin. The difference between Shidian and Longling was statistically significant. The soil available boron in tobacco-growing soil was significantly correlated with soil pH, physical clay, organic matter, available nitrogen, available phosphorus, exchangeable magnesium and available zinc, and decreased with the rise of physical clay and increased with the rise of other related indexes. Therefore, adjustment of soil pH and application of organic manure and nitrogen, phosphorus, magnesium and zinc fertilizers should be the main measures for controlling available boron in tobacco-growing soil in Baoshan.

Key words: Baoshan; tobacco-growing soil; available boron; spatial distribution; influencing factor

责任编辑 周仁惠