

湘西植烟土壤有效硼时空变异及影响因素研究

田 鹏¹, 闫晨兵¹, 田明慧^{1, 2}, 向德明², 田 峰², 张黎明^{1, 2}, 周米良², 李 强^{1*}

(1. 湖南农业大学农学院, 湖南 长沙 410128; 2. 湖南省烟草公司湘西州公司, 湖南 吉首 416000)

摘 要:为探明湘西植烟土壤有效硼时空变异特征, 为湘西烟区硼素营养管理提供科学依据, 分别于 2000 年和 2015 年在湘西烟区采集土壤样品并测定了有效硼含量, 利用经典统计学、地统计学等方法, 对该地土壤有效硼及其影响因素进行了研究。结果表明: 有效硼含量均值由 2000 年的 0.21 mg/kg 增加到 2015 年 0.64 mg/kg, 增幅达 204.76%; 2015 年土壤有效硼含量“适宜”和“高”等级的面积大幅增加, 分别增加了 73.27% 和 18.39%, 而“低”等级则大幅下降, 比 2000 年下降了 91.19%。海拔高度、有机质、土地利用方式、轮作方式、地形和土壤母质均对土壤有效硼含量有显著影响, 其中海拔高度的解释能力最大, 可以解释 10.2% 的土壤有效硼变异, 土壤母质独立解释能力最小, 仅解释 2.4% 的土壤有效硼变异, 6 项指标累计可解释 26.5% 的土壤有效硼变异。

关键词:湘西; 植烟土壤; 有效硼; 时空变异; 影响因素

在烤烟生长发育和品质形成的过程中, 硼是必需的微量元素之一, 具有重要的生理作用^[1-2], 不但影响干物质形成和产量, 而且对烤后烟叶可用性具有重要的影响^[3]。硼参与细胞伸长、细胞分裂、核酸代谢、蛋白质代谢和碳水化合物代谢, 影响生长素代谢和细胞分裂素合成和生物碱合成, 影响木质素和细胞壁的形成, 维持细胞膜的正常功能; 缺硼会导致烟草叶片卷曲、增厚发脆, 茎干输导组织发育不良, 节间缩短, 顶芽坏死^[4]。在我国南方烟区, 土壤缺硼比较普遍, 主要是由于南方烟区降水量较大, 在酸性条件下, 硼以中性分子态 H_3BO_3 存在, 很容易从土壤中随水分淋失^[4]。如许自成等^[5]研究发现湖南烟区有 93.40% 的植烟土壤缺乏有效硼, 李强等^[6]对曲靖烟区, 穆童等^[7]对罗平烟区, 张薇等^[8]对重庆烟区的研究表明, 我国南方烟区土壤普遍存在不同程度的有效硼缺乏问题。以上研究也为烟区施用硼肥提供了科学依据, 多个烟区开展了硼肥施用试验, 并在基肥中掺配了硼肥^[8-11]。

湘西州是湖南省重要烤烟产区, 烟叶质量一直得到省内外卷烟工业企业青睐, 湘西州自 2001 年起便开始在基肥配方中掺混硼肥, 有关湘西植烟土壤有效硼含量的丰缺评价已有报道^[12], 但有关烟

区植烟土壤连续施用硼肥后, 有效硼含量的时间和空间变异的研究未见报道。开展烟区植烟土壤有效硼的时空变异研究, 对于细化烤烟硼素管理有重要的指导意义。鉴于此, 笔者利用湘西 2000 年和 2015 年两个年份的植烟土壤有效硼数据开展研究, 揭示 15 年间湘西植烟土壤有效硼的时空变异特征, 以为湘西烟区硼元素管理决策提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 区域自然概况

湘西是湖南主产烟区之一, 位于东经 109°10' ~ 110°22.5', 北纬 27°44.5' ~ 29°38' 之间, 全州东西宽约 170 km, 南北长约 240 km, 总面积 15 462 km²。地势西北高, 东南低, 平均海拔为 672 m。湘西多石灰岩分布, 岩石层较为疏松; 西北石英砂岩密布, 因地壳作用形成小片峰。东西部因为地处河流冲积地区, 地势较为平缓, 且土壤肥沃, 适于耕种。总体地形多山脉和平原, 海拔整体偏高, 日照较为充足。湘西受季风影响明显, 夏季受夏季风控制, 温度较高, 降水充沛, 适宜烟草生长, 冬季受北方季风控制, 低温干燥。年平均气温为 16.5 ~ 17.5℃, 平均降水 1 290 ~ 1 600 mm, 日照时数平均在 1 406 ~ 1 219 h。海拔起伏较大, 土壤类型丰富。

1.2 样品采集和分析

使用 GPS 定位技术, 在湘西烟区分别于 2000 年和 2015 年进行了土壤取样, 采取五点取样法或

收稿日期: 2018-07-13; 录用日期: 2018-10-11

基金项目: 湖南省烟草公司项目 (XX16-18Aa02)。

作者简介: 田鹏 (1995-), 男, 江苏南京人, 本科, 主要从事烟草栽培与调制方面的研究。E-mail: 240305973@qq.com。

通讯作者: 李强, E-mail: zqiangli@126.com。

“W”形取样法,取耕层土壤0~20 cm的土样,2000年采集了446个耕层土样,2015年采集了1 242个耕层土样,取样点主要根据湘西烤烟种植布局确定,同时兼顾海拔、成土母质、地形地貌等因素。每个田块5~10个点取样,混匀后采用四分法取大概500 g土样带回实验室经风干、研磨后过筛制成待测样品,进行土壤有效硼含量和有机质测定,具体测定方法参照鲁如坤^[13]的方法。

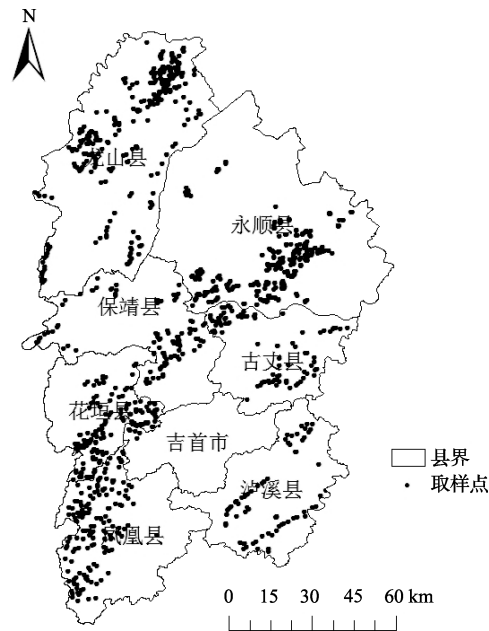


图1 土壤取样点分布图

表1 不同时期湘西植烟土壤有效硼含量状况

年份	均值 (mg/kg)	标准差 (mg/kg)	变异系数 (%)	最小值 (mg/kg)	最大值 (mg/kg)	极差 (mg/kg)	正态检验		
							K-S P ₁	K-S P ₂	分布类型
2000年	0.21	0.07	33.33	0.05	0.48	0.43	0.45	0.33	正态
2015年	0.64	0.40	62.50	0.10	3.30	3.20	0.00	0.87	对数正态
2015年较 2000年增量	0.43	0.33	19.20	0.05	2.82	2.77	—	—	—

进一步对湘西植烟土壤有效硼的等级分布情况进行了分析(表2),与2000年相比,2015年土壤有效硼“极低”和“低”等级的样品比例分别下降了16.39和64.16个百分点。相应的,土壤有效硼“适宜”、“高”和“极高”等级的样品比例分别增加了38.43、30.43和11.67个百分点,表明烟区土壤有效硼偏高的土壤样品比例增加明显。

2.2 植烟土壤有效硼时空变异特征

分别采用高斯模型、指数模型、环状模型和球状模型对2个年份植烟土壤有效硼含量进行拟合,发现2000年和2015年植烟土壤有效硼最佳函数模

1.3 土壤有效硼评价标准

参照黎娟等^[12]的研究结果,制定了湘西烟区有效硼含量的丰缺评价标准,具体分为以下5个等级:极低(<0.15 mg/kg)、低(0.15~0.30 mg/kg)、适宜(0.30~0.60 mg/kg)、高(0.60~1.00 mg/kg)、极高(>1.00 mg/kg)

1.4 数据分析

采用SPSS 17.0进行描述性统计和K-S检验(Kolmogorov-Smirnov test)^[14]。轮作方式、土地利用方式、土壤母质和地形为多分类变量,进行回归分析时采用哑变量为其赋值^[14]。实验半方差函数模型的计算和理论模型拟合采用GS+9.0软件完成^[15],克里格插值(Kriging)、绘图及面积统计均在ArcGIS 10.2.2软件实现^[16-17]。

2 结果与分析

2.1 植烟土壤有效硼基本统计特征年代变化

15年来,湘西植烟土壤微量元素变化较大,2015年土壤有效硼均值较2000年上升了0.43 mg/kg,增幅达204.76%,从“低”水平变为“高”水平,最小值、最大值、变异系数、极差均变大。K-S检验结果表明,2个年份的土壤有效硼服从正态分布或对数正态分布。土壤有效硼含量在大幅增加的同时,其变异也在变大。

表2 不同时期湘西州土壤样品有效硼等级分布变化

等级	有效硼分级 (mg/kg)	样品比例(%)		2015年较2000年 增量(%)
		2000年	2015年	
极低	<0.15	17.19	0.81	-16.39
低	0.15~0.30	72.85	8.70	-64.16
适宜	0.30~0.60	9.95	48.39	38.43
高	0.60~1.00	0	30.43	30.43
很高	>1.00	0	11.67	11.67

型为球状模型和指数模型（表 3），具有较高的拟合精度（RMSSE 接近 1，MSE 接近 0），能够很好地反映土壤有效硼的空间结构特征。2000 年土壤有效硼的块金效应数值 <25%，2015 年的土壤有效硼的块金效应在 25% ~ 75% 之间，说明 2000 年

土壤有效硼的空间变异主要由结构因素决定，2015 年的土壤有效硼的空间变异由随机因素和结构因素共同决定。土壤有效硼块金效应数值的增大，反映出随机性因素对土壤有效硼的作用变大，表明植烟土壤有效硼的空间结构性减弱，随机变异性增强。

表 3 土壤有效硼半方差函数模型及相关参数比较

年份	模型	块金值 C_0	基台值 C_0+C	块金效应（%） $C_0 / (C_0+C)$	变程	插值精度	
						RMSSE	MSE
2000	球状	0.01	0.11	11.80	0.035 8	0.880 8	-0.003 1
2015	指数	0.13	0.19	70.97	0.000 4	0.969 4	-0.033 1

2.3 土壤有效硼时空分布变化

采用普通克里格插值法获取 2000 年和 2015 年湘西植烟土壤有效硼含量空间分布图（图 2），并利用 ArcGIS 软件统计不同等级的面积。两个时期土壤有效硼含量空间分布规律均不明显，2015 年湘西植烟土壤有效硼分级面积与 2000 年相比发生较大变化（图 2 和表 4）。

2000 年土壤有效硼含量总体较低，“极低”和“低”等级的植烟土壤面积分别为 1.64% 和 93.27%，“适宜”等级的面积比例仅为 5.09%。2015 年植烟土壤有效硼含量较 2000 年有大幅增加的趋势，新增了 2000 年未出现的“高”和“极高”等级，所占比例分别为 18.39% 和 1.17%，“适宜”等级面积比例增至 78.36%，“低”等级面积所占比例大幅下降至 2.08%。

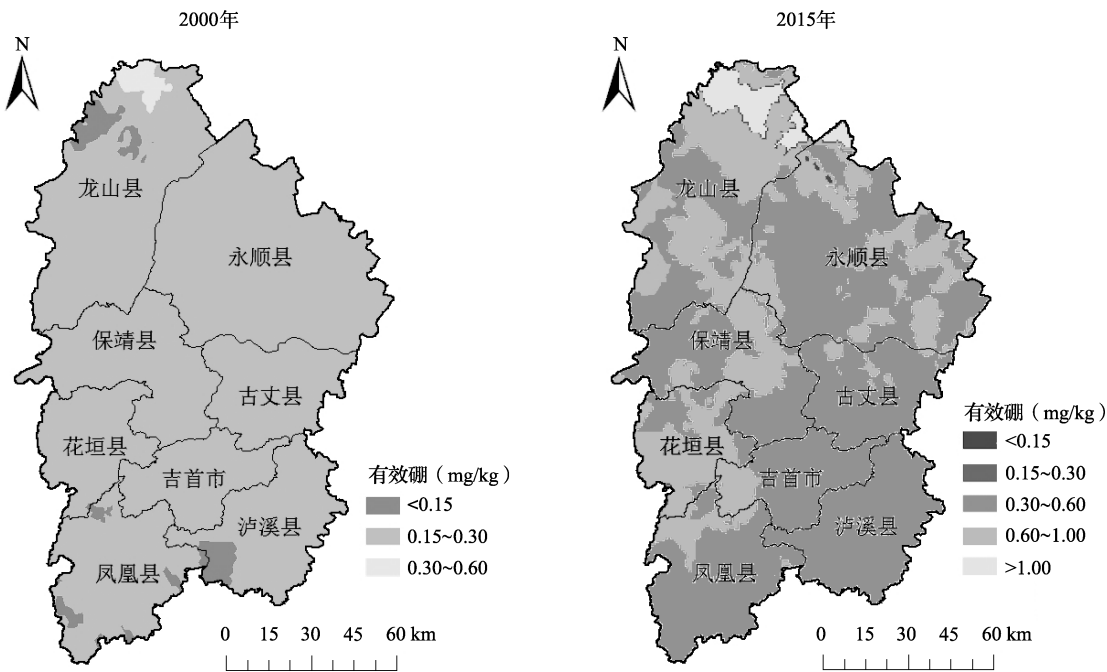


图 2 湘西植烟土壤有效硼含量时空分布

表 4 不同时期土壤有效硼各等级面积统计及变化

有效硼等级	有效硼分级 (mg/kg)	面积比例（%）		2015 年较 2000 年 年增量（%）
		2000 年	2015 年	
极低	<0.15	1.64	—	-1.64
低	0.15 ~ 0.30	93.27	2.08	-91.19
适宜	0.30 ~ 0.60	5.09	78.36	+73.27
高	0.60 ~ 1.00	—	18.39	+18.39
极高	>1.00	—	1.17	+1.17

2.4 土壤有效硼的影响因素

2.4.1 海拔

相关分析结果表明，土壤有效硼的含量随着海拔的升高而显著提升（ $n=1\ 242$ ， $r=0.320$ ， $P=0.000$ ）。采用决策树模型的分析结果表明（图 3），海拔高度对土壤有效硼含量影响的拐点为 520.2、791.0 和 839.7 m，3 个拐点将海拔高度划成

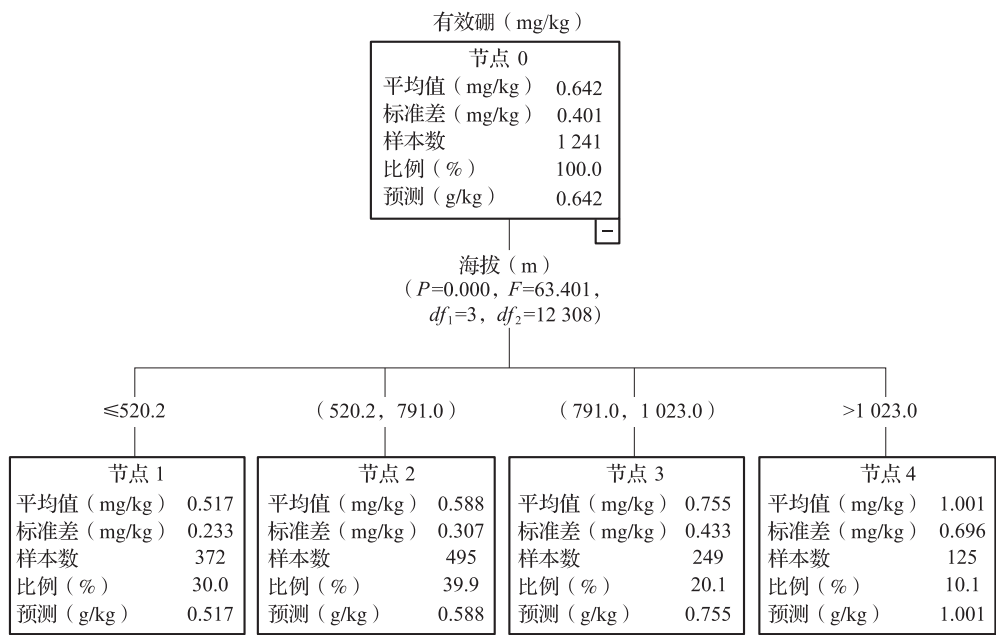


图3 海拔高度对土壤有效磷含量影响的决策树分析

4个分组： ≤ 520.2 m、 $520.2 \sim 791.0$ m、 $791.0 \sim 839.7$ m和 >839.7 m，4个海拔分组下土壤有效磷含量分别为0.517、0.588、0.755和1.001 mg/kg，土壤有效磷含量在不同海拔分组间差异极显著。

2.4.2 地形地貌和成土母质

湘西烟区的地形地貌主要有山地、低山和丘陵，土壤有效磷含量在3种地形间存在极显著差异（表5），其中山地为“高”等级，丘陵和低山为“适宜”等级。从变异程度来看，3种地形植烟土壤的有效磷均为中等程度变异。湘西植烟土壤主要成土母质为坡积物、残积物、冲积物和洪积物，有效磷含量在4种成土母质间存在极显著差异（表6），由高到低依次为坡积物、洪积物、残积物和冲积物，其中坡积物为“高”等级，其他土壤母质为“适宜”等级。从变异程度来看，4种土壤母质均表现为中等程度变异。

表5 湘西不同地形土壤有效磷含量						
地形	样本数	平均值 (mg/kg)	标准差 (mg/kg)	变异系数 (%)	最小值 (mg/kg)	最大值 (mg/kg)
山地	1 023	0.67Aa	0.42	63.00	0.10	3.30
丘陵	149	0.51Bb	0.22	43.90	0.10	1.55
低山	70	0.44Bc	0.14	31.44	0.13	0.90

注：大小写字母分别表示 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ （LSD 测验），下同。

表6 湘西不同成土母质土壤有效磷含量

成土母质	样本数	平均值 (mg/kg)	标准差 (mg/kg)	变异系数 (%)	最小值 (mg/kg)	最大值 (mg/kg)
坡积物	1 014	0.67Aa	0.42	62.18	0.10	3.30
洪积物	46	0.53Bb	0.22	41.33	0.16	1.23
残积物	130	0.52Bb	0.35	66.03	0.10	2.35
冲积物	52	0.47Bb	0.16	33.70	0.13	0.90

2.4.3 土地利用类型和轮作制度

湘西植烟土壤的利用类型主要是旱地和水田，旱地和水田植烟土壤有效磷含量分别为3.64和2.64 mg/kg，2种土地利用类型土壤有效磷含量差异极显著（表7）。湘西烟草轮作模式主要有烟-空闲-烟、烟-玉米-烟、烟-绿肥-烟、烟-油菜-烟和烟-稻-烟，不同轮作模式土壤有效磷含量差异显著或极显著。其中以烟-空闲-烟种植模式下的土壤有效磷含量最高，属于“高”等级，显著或极显著高于其他轮作模式，烟-绿肥-烟、烟-油菜-烟和烟-稻-烟3种模式为“适宜”等级（表8）。

表7 湘西不同土地利用类型土壤有效磷含量						
土地利用类型	样本数	平均值 (mg/kg)	标准差 (mg/kg)	变异系数 数 (%)	最小值 (mg/kg)	最大值 (mg/kg)
旱地	958	0.68A	0.42	62.20	0.10	3.30
水田	284	0.51B	0.27	53.83	0.10	2.88

表 8 湘西不同轮作模式土壤有效硼含量

轮作制度	样本数	平均值 (mg/kg)	标准差 (mg/kg)	变异系数 (%)	最小值 (mg/kg)	最大值 (mg/kg)
烟-空闲	432	0.72Aa	0.39	53.88	0.19	3.21
烟-烟						
烟-玉米	483	0.64Aab	0.42	65.38	0.10	3.30
烟-烟						
烟-绿肥	39	0.59Bb	0.60	101.18	0.12	2.61
烟-烟						
烟-油菜	14	0.53Bb	0.26	48.11	0.21	1.12
烟-烟						
烟-稻-烟	274	0.53Bb	0.33	61.51	0.10	2.88

2.4.4 有机质

湘西植烟土壤有效硼含量与有机质含量呈极显著正相关关系 ($n=1\,242$, $r=0.201$, $P=0.000$)。决策树模型分析的结果表明 (图 4), 土壤有机质含量对有效硼影响的拐点为 16.50、19.94 和 27.00 g/kg, 该拐点将有机质划成 4 个分组: ≤ 16.5 g/kg、 $16.5 \sim 19.94$ g/kg、 $19.94 \sim 27.00$ g/kg 和 >27.00 g/kg, 4 组土壤有效硼含量分别为 0.389、0.537、0.623 和 0.724 mg/kg, 土壤有效硼含量在这 4 个分组间差异极显著, 随有机质增加土壤有效硼含量呈现大幅升高的趋势。

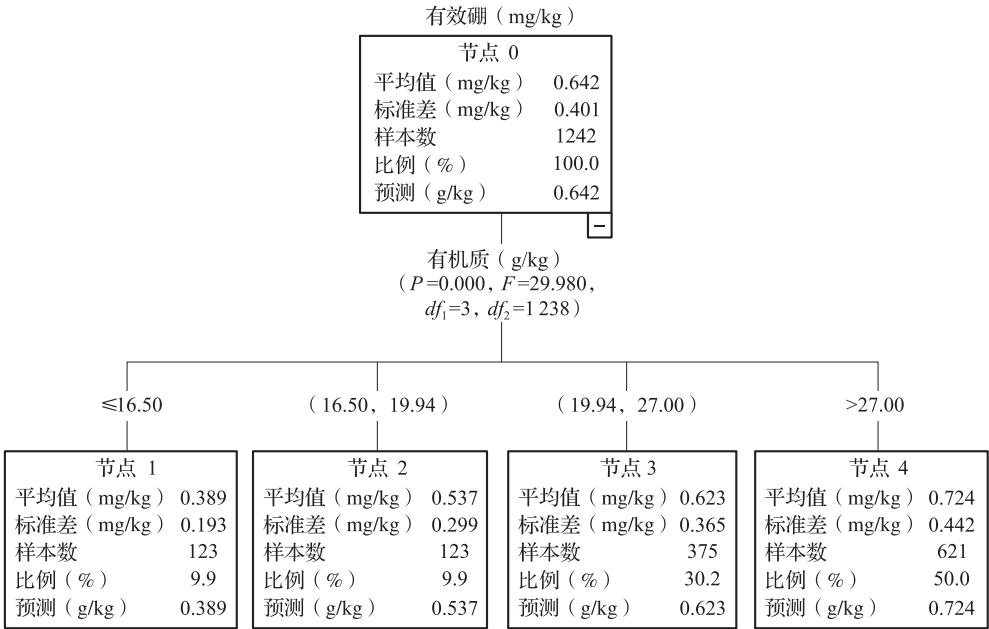


图 4 有机质对土壤有效硼含量影响的决策树分析

2.4.5 各因素对土壤有效硼影响的大小

以上分析可以定性分析各因素对土壤有效硼影响的差异性, 但不能定量比较各因素对有效硼影响的大小。采用回归分析的方法, 比较各因素与有效硼回归方程的校正决定系数, 从而确定各因素对土壤有效硼含量变异影响的大小 (表 9)。各因素中, 以海拔高度对土壤有效硼含量变异的独立解释能力最大, 能解释其变异的 10.2%, 其次是土壤有机质, 能解释其变异的 4.0%, 其他对土壤有效硼含量独立解释能力在 2.0% 以上的还有土地利用方式、轮作方式、地形和土壤母质因素, 分别能解释有效硼含量变异的 3.4%、3.3%、3.3% 和 2.4%, 其他因素对土壤有效硼含量独立解释能力较小 (数据未列

出), 均在 2.0% 以下, 和前文的分析结果基本一致。所入选的 6 项因素对土壤有效硼含量变异的解释能力总和为 26.5%。

表 9 土壤有效硼含量与部分影响因素的回归分析

影响因素	F	决定系数	校正决定系数	P
轮作方式	10.527	0.033	0.033	0.000
土地利用方式	43.193	0.034	0.033	0.000
土壤母质	7.639	0.024	0.021	0.000
地形	20.859	0.033	0.031	0.000
海拔	141.316	0.102	0.102	0.000
有机质	52.013	0.040	0.039	0.000

3 讨论

湘西植烟土壤有效硼平均含量由 2000 年的 0.21 mg/kg 增加到 2015 年的 0.64 mg/kg, 平均增加了 0.43 mg/kg, 增幅达 204.76%, 整体水平从“低”水平变为“高”水平; 从不同等级的面积变化来看, 土壤有效硼“极低”和“低”等级的样品比例分别下降了 16.39 和 64.16 个百分点, 而“适宜”、“高”和“极高”等级的样品比例分别增加了 38.43、30.43 和 11.67 个百分点, 表明烟区土壤有效硼偏高的土壤样品比例增加明显。2000 年的丰缺状况, 与许自成等^[5]和黎娟等^[12]早年研究的结果基本一致, 但值得关注是截止 2015 年, 湘西龙山县及永顺县部分地区土壤已经出现有效硼“极高”等级, 如果不采取措施, 按照目前有效硼的增速, 未来湘西土壤将可能面临有效硼含量过多, 甚至导致烟株产生硼毒害等现象, 需要引起重视。

海拔、地形地貌、成土母质、土地利用类型、轮作制度及土壤有机质等均对土壤有效硼含量有显著影响。本研究中海拔高度对植烟土壤有效硼影响显著, 有 3 个重要拐点, 当海拔上升至 520.2、791.0 和 839.7 m 时, 植烟土壤有效硼含量变化较大, 有效硼含量随着海拔的上升而显著提高。不同地形地貌的土壤中有有效硼含量之间差异较大, 可能是由于不同地形土壤有效硼的涵养和流失能力不同。不同的成土母质的土壤有效硼的差异极显著, 可能与不同母质的硼素背景值以及成土过程有关。旱地植烟土壤的有效硼含量极显著高于水旱轮作植烟土壤, 主要原因可能与水田硼素易随水流失有关。土壤有效硼含量呈现随有机质增加大幅升高的趋势, 可能与有机质对有效硼的吸持, 以及有机质通过微生物提高土壤中硼的有效性有关^[18]。以上 6 项指标对土壤有效硼含量变异的累计解释能力仅为 26.5%, 尚有 73.5% 的土壤有效硼含量变异未能得到解释, 说明了土壤有效硼的影响因素的复杂性, 还需要结合气候、土壤类型、农艺措施等因素进一步加强研究。

综上, 针对 2000 年植烟土壤有效硼极度缺乏的状况, 湘西烟区大力推广硼肥施用, 经过 15 年来硼肥的持续施用, 湘西烟植土壤有效硼大幅增加, 目前比较适合烟草生长, 但部分地区有效硼等级达到“极高”标准。因此应针对不同区域采取硼肥差异化管理方案, 针对有效硼缺乏的区域, 应继

续保持当前硼素投入量, 而针对有效硼“高”和“极高”的区域应适当减少硼肥用量, 以节约成本和防止发生硼素毒害的现象。

4 结论

15 年来, 湘西植烟土壤有效硼平均增加了 0.43 mg/kg, 增幅达 204.76%, 从“低”水平变为“高”水平, 2015 年土壤有效硼“极低”和“低”等级的样品比例分别下降了 16.39 和 64.16 个百分点, 而“适宜”、“高”和“极高”等级的样品比例分别增加了 38.43、30.43 和 11.67 个百分点。有效硼增加的同时, 其变异也在变大, 2000 年土壤有效硼的空间变异主要由结构因素决定, 2015 年的土壤有效硼的空间变异由随机因素和结构因素共同决定。海拔、地形地貌、成土母质、土地利用类型、轮作制度及土壤有机质等均对土壤有效硼含量有显著影响。

参考文献:

- [1] 韩锦峰. 烟草栽培生理 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [2] Tso T C. Production, physiology and biochemistry of tobacco plant [M]. Beltsville, Md.: IDEALS, 1990.
- [3] 吕大树. 烟田施用硼锌钼微肥效果研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2013.
- [4] 胡国松, 郑伟, 王震东, 等. 烤烟营养原理 [M]. 北京: 科学技术出版社, 2000.
- [5] 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.
- [6] 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, 46 (10): 63-67, 79.
- [7] 穆童, 卢秀萍, 许自成, 等. 罗平烟区土壤有效硼、钼含量与烟叶硼、钼含量的关系分析 [J]. 中国土壤与肥料, 2017, (6): 44-50.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 冷璐, 陆引罡. 磷、硼肥用量对烤烟石油醚提取物含量的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2015, (3): 40-43.
- [11] 张延春, 陈治锋, 龙怀玉, 等. 叶面喷施硼肥对烤烟农艺性状和经济性状的影响 [J]. 土壤肥料, 2005, (4): 19-21, 32.
- [12] 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.
- [13] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [14] 郝黎仁, 攀元, 郝哲欧. SPSS 实用统计分析 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2002. 110-135.
- [15] 王政权. 地统计学及在生态学中的应用 [M]. 北京: 科学出版社, 1999. 65-132.
- [16] 李强, 周冀衡, 杨荣生, 等. 曲靖植烟土壤养分空间变异及土壤肥力适宜性评价 [J]. 应用生态学报, 2011, 22 (4): 950-956.
- [17] 李强, 戴美玲, 向德明, 等. 湘西喀斯特区植烟土壤有效磷时空变异及风险评估 [J]. 土壤, 2018, 50 (1): 181-189.
- [18] 马俊英, 青长乐, 张学良, 等. 重庆土壤有效态微量元素的含量与分布 [J]. 西南农业大学学报, 1989, 11 (3): 221-228.

Temporal and spatial variation characteristics of available boron in tobacco planting soil in Xiangxi

TIAN Peng¹, YAN Chen-bing¹, TIAN Ming-hui^{1, 2}, XIANG De-ming², TIAN Feng², ZHANG Li-ming^{1, 2}, ZHOU Mi-liang², LI Qiang^{1*} (1. Hunan Agricultural University, Changsha Hunan 410128; 2. Xiangxi Branch of Hunan Provincial Tobacco Company, Jishou Hunan 416000)

Abstract: To explore the temporal and spatial characteristics of available boron, and to provide scientific basis for the management of boron nutrition in Xiangxi tobacco region, the soil samples were collected and the content of available boron was measured in 2000 and 2015, respectively. The temporal and spatial variation of available boron in the area and its influence factors were analyzed by the methods of classical statistics and geostatistics. The results showed that the average amount of available boron increased from 0.21 mg/kg in 2000 to 0.64 mg/kg in 2015, the increase rate was 204.76%. The area of “suitable” and “high” grade of soil available boron in 2015 increased significantly by 73.27% and 18.39%, respectively, while the “low” level dropped sharply by 91.19%. Altitude, organic matter, land use, rotation, topography and soil parent material all had significant effects on soil available boron content. Altitude had the greatest explanatory power, which could explain 10.2% of soil available boron variation, and the independent explanatory power of soil parent material was the smallest, explaining only 2.4% of soil available boron variation, and the accumulation of 6 indicators can explain 26.5% of the variation of soil available boron.

Key words: Xiangxi; tobacco planting soil; available boron; spatio-temporal variability; influence factor