

湖南烟区烤烟 (*Nicotiana tabacum* L.) 硼含量 与土壤有效硼含量的关系

许自成¹, 王 林¹, 肖汉乾², 黎妍妍¹

(1. 河南农业大学农学院, 郑州 450002 2. 湖南省烟草公司, 长沙 410007)

摘要 分析湖南烟区烤烟硼含量与土壤有效硼含量的关系。结果表明: (1) 湖南烟叶硼含量偏低, 平均为 (21.72 ± 12.98) mg/kg, 变幅为 9.22 ~ 89.04 mg/kg, 有 88.89% 的烟叶样本硼含量落在 10.00 ~ 40.00 mg/kg 范围内; (2) 湖南植烟土壤有效硼含量较低, 平均为 (0.25 ± 0.23) mg/kg, 变幅较大 (0.07 ~ 1.28 mg/kg); 有 93.40% 的土壤样本在不同程度上缺硼 (≤ 0.40 mg/kg), 另有 4.51% 的土样有效硼含量充足 (> 1.0 mg/kg), 满足优质烟叶生长发育正常的土样仅占 2.09%; (3) 烟叶硼含量与土壤有效硼含量呈极显著正相关 (相关系数为 0.745), 288 个样品的烟叶硼含量 (\hat{y}) 与土壤有效硼含量 (x) 建立的回归方程为 $\hat{y} = 11.47 + 41.71x$; (4) 在土壤有效硼含量分组后, 采用方差分析方法研究了烟叶化学成分的组间差异, 表明烟碱、氮/碱、糖/碱的组间差异均达到 1% 的极显著水平, 而总氮、总糖含量的组间差异不显著。

关键词 湖南烟区, 烤烟, 硼素, 土壤养分

文章编号: 1000-0933 (2007) 06-2309-09 中图分类号: Q142, Q948, S572 文献标识码: A

Relationships between the boron content in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) leaves and the soil available boron contents in Hunan tobacco-growing area

XU Zi-Cheng¹, WANG Lin¹, XIAO Han-Qian², LI Yan-Yan¹

¹ College of Agronomy, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China

² Tobacco Company of Hunan Province, Changsha 410007, China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (6) 2309 ~ 2317.

Abstract: Relationships between the boron content in flue-cured tobacco leaves and the soil available boron contents in Hunan tobacco-growing area were analyzed. The results indicated that: (1) The boron contents in flue-cured tobacco leaves in Hunan Province were low, ranging from 9.22 to 89.04 mg/kg with the mean of (21.72 ± 12.98) mg/kg. The boron contents in 88.89% tobacco samples were at the range of 10.00 – 40.00 mg/kg. (2) The soil available boron contents in Hunan tobacco-growing area were low, ranging mostly from 0.07 to 1.28 mg/kg with the mean of (0.25 ± 0.23) mg/kg. The available boron contents were insufficient for 93.40% soil samples (≤ 0.40 mg/kg), and were rich for 4.51% soil samples (> 1.00 mg/kg), and only 2.09% soil samples were adequate for tobacco growth and development. (3) The boron contents in flue-cured tobacco leaves were highly correlated ($r = 0.745$) with the soil available boron contents at the 0.01 level. Based on the correlation analysis, the regression equation, $\hat{y} = 11.47 + 41.71x$, was established between soil

基金项目 国家烟草专卖局科技攻关资助项目 (110200001009); 河南省杰出人才创新基金资助项目 (0421001900)

收稿日期 2006-05-11; 修订日期 2007-01-19

作者简介 许自成 (1964 ~), 男, 河南汝南人, 博士, 教授, 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

Foundation item: The project was financially supported by Science and Technology Foundation of National Tobacco Monopoly Administration (No. 110200001009); The Innovation Fund for Outstanding Scholar of Henan Province (No. 0421001900)

Received date 2006-05-11; **Accepted date** 2007-01-09

Biography: XU Zi-Cheng, Ph. D., Professor, mainly engaged in ecology of tobacco quality, tobacco cultivation and tobacco leaf quality evaluation. E-mail: zcxu@sohu.com

available boron and the boron contents in flue-cured tobacco leaves for 288 samples. (4) After grouping soil available boron contents and by using ANOVA method, significant difference at the 0.01 level among groups was found for the nicotine content, proportion of nitrogen to nicotine, and proportion of total sugar to nicotine. However, difference among groups for contents of total N and total sugar was not significant.

Key Words: Hunan tobacco-growing area; flue-cured tobacco; boron; soil nutrients

硼是影响烤烟 (*Nicotiana tabacum* L.) 正常生长发育并最终影响产量、品质的必需微量元素之一^[1,2]。当土壤有效硼 $\leq 0.10\text{mg/kg}$ 时,烟叶叶绿素合成、光合作用效率和叶片的蒸腾速率等严重受阻,烟碱含量显著增加^[3-5],烟叶产量、上等烟比例、均价等经济性状明显下降^[7,8];当土壤有效硼 $> 0.40\text{mg/kg}$ 时,烟株长势健壮,分层落黄好,烟叶易烘烤,香气量高,吃味醇和,产量、上等烟比例、均价等经济性状明显提高^[6-14];当土壤有效硼含量介于 $0.10 \sim 0.40\text{mg/kg}$ 时,烤烟均出现不同程度的缺硼现象^[5,15];当土壤有效硼含量 $\geq 1.00\text{mg/kg}$ 时,烤烟则出现毒害现象^[16]。已有的结果表明,土壤有效硼含量与烟叶硼含量呈正相关^[5,15,17],并影响烟叶的糖碱比、氮碱比等其他烟叶化学成分的协调性。目前,我国河南、四川、云南、广西、福建等烟区都存在不同程度的缺硼现象,个别烟区缺硼严重^[17-21]。湖南位于我国东南腹地,长江中游,植烟土壤肥力水平高,光照充足,热量丰富,雨水充沛,无霜期长,是我国优质产烟区之一。长期以来,关于硼的形态和植物对硼的吸收利用研究始终受到关注。黄益宗等^[22]提出了尾叶桉叶片对硼等多种营养元素的诊断指标;翁伯琦等^[23]以我国红壤区土壤为例,综述了钼、硼、硒元素特征及其对牧草生长影响的研究进展。但是,关于湖南烟区烤烟和土壤的硼含量状况的研究则鲜见报道。本研究通过对湖南烟区烤烟和土壤硼含量的测试分析,研究了烤烟硼含量与土壤有效硼含量的关系,旨在为湖南烟区烤烟硼素的营养与施肥技术提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集

烟叶样品采集工作于2002年在湖南省主产烟区相继开展,共调查了桂阳、嘉禾、永兴、新田、蓝山、龙山、凤凰、江华、衡南、浏阳等10个县(市),选取当地烤烟主栽品种(K326、云烟85),采用定等级、定叶位取样法,共取3个等级(C₃F、B₂F和X₂F)计288个烟叶样品。每个烟叶样品取3.0kg,经烘干、粉碎、过60目筛用于化学成分测定。

与烟叶相对应的土样采集时间选在烟草尚未施用底肥和移栽以前,以反映采样地块的真实养分状况和供肥能力,同时注意避开雨季。采集工作使用GPS定位技术,取耕层土壤20.0cm深度的土样,在同一采样单元内每8~10个点的土样构成一个0.5kg左右的混合土样。从田间采来的土样经登记编号后进行预处理,经过风干、磨细、过筛、混匀、装瓶后备测定分析之用。

1.2 指标测定方法

烟叶硼含量采用干灰化法测定,土壤有效硼含量的测定采用沸水浸提,姜黄素比色法,烟叶化学成分测定指标包括烟碱、总氮、总糖,并计算氮/碱、糖/碱等,各指标测定方法参考文献^[24,25]进行。

1.3 统计分析方法

烟叶硼和土壤有效硼含量的描述统计分析、差异显著性检验、回归分析、相关分析及方差分析均采用SPSS12.0软件完成。

2 结果与分析

2.1 湖南烟区土壤有效硼含量的状况分析

2.1.1 土壤有效硼含量的总体状况描述

湖南植烟土壤有效硼含量偏低,平均为 0.25mg/kg ,低于河南(0.39mg/kg),与四川(0.25mg/kg)相当,略高于福建(0.22mg/kg)^[18-20]。有97.91%的土壤样本在不同程度上存在缺硼或含量偏高现象。同时,湖南烟

区土壤有效硼含量还存在变异范围较大的特点,变幅从 0.07 ~ 1.28mg/kg。根据前人研究结果^[16-21,24-30],可将湖南烟区土壤有效硼划分为 5 类(通常认为,土壤有效硼 ≤ 0.40 mg/kg 时烟叶出现缺硼症状):第 1 类属极严重缺硼土壤, ≤ 0.10 mg/kg 的土壤样本数占 6.60%;第 2 类属严重缺硼土壤,0.10 ~ 0.20mg/kg 的土壤样本数占 50.69%;第 3 类为缺硼土壤,0.20 ~ 0.30mg/kg 的土壤样本数占 30.90%;第 4 类为轻微缺硼土壤,0.30 ~ 0.40mg/kg 的土壤样本数占 5.21%;第 5 类为含量丰富的土壤, > 0.40 mg/kg 土壤样本数占 6.60%。其中,第 1 ~ 3 类都在不同程度上影响了烟草的正常生长,第 4 类能够基本上满足烟草的正常生长发育,第 5 类能够满足优质烟叶生产需求,其中有 4.51% 的土壤样品不适宜烟草的生长发育(当 ≥ 1.0 mg/kg 时,易对烟草产生毒害^[61])。

2.1.2 不同烟区土壤有效硼含量的分布特点

湖南烟区主要包括桂阳、嘉禾、永兴、凤凰、衡南、浏阳等 10 个县(市),其中浏阳市样品数量最大,占样本总数的 14.9%,其次是凤凰县占 12.5%,龙山、桂阳、嘉禾、永兴、江华、新田、蓝山和衡南,分别占 11.5%、10.4%、10.4%、9.4%、9.0%、8.3%、7.3% 和 6.3%。不同烟区土壤有效硼含量差异较大(表 1),以浏阳平均含量最高为 0.59mg/kg,变幅也最大,为 0.22 ~ 1.28mg/kg。衡南最低为 0.14mg/kg,变幅最小,为 0.12 ~ 0.16mg/kg,其原因可能是土壤硼的有效性石灰施用有关,酸性土壤施石灰或石灰施用不均匀,铁铝氧化物含量过高,可增强土壤对硼的吸附作用,从而导致土壤硼的有效性降低。因此,在施用石灰调节土壤酸碱度的同时应该注意结合施用硼肥。

2.1.3 不同土壤类型有效硼含量的分布特点

湖南省作为我国优质产烟区之一,光照充足,热量丰富,雨水充沛,无霜期长,而且植烟土壤养分肥力高,土壤类型多样,其中鸭屎泥、黄泥田、红黄泥、沙泥田、黄灰土和黄壤土等 6 类土壤样品 268 个(表 2),占调查样品总数的 93.06%。不同土壤类型的有效硼含量的变化规律是:鸭屎泥 > 黄灰土 > 黄壤土 > 黄泥田 > 红黄泥 > 沙泥田,变异程度最大的是鸭屎泥,变异系数高达 112.33%,黄灰土次之(68.03%),红黄泥最小,变异系数为 30.70%。

2.2 湖南烟区烤烟硼含量的状况分析

湖南烟区烟叶硼含量偏低,平均为 21.72mg/kg,变幅为 9.22 ~ 89.04mg/kg,低于北方烟区(25.06mg/kg)、云南(26.00mg/kg)和全国烟区(25.68mg/kg)的平均水平^[15,20],比国际型优质烟叶开发烟叶样品的硼含量(29.89mg/kg)^[21]低 8.17mg/kg。从表 3 可以看出,在硼含量为 10.00 ~ 20.00mg/kg 区间内的样本数最多,占总数的 58.33%;其次是硼含量为 20.00 ~ 30.00mg/kg 区间的样本数,占总数的 20.14%;硼含量 < 10.00mg/kg 的区间样本数最少,占总数的是 4.17%。随烟叶硼含量增加,各区域样品硼含量的标准差和变异系数逐步增大。根据生产实践经验,一般我国烟叶硼含量范围是 10.00 ~ 40.00mg/kg,有 88.89% 的烟叶样本在此区间内,另有 11.11% 的烟叶样本在此区间外(表 3)。若按照从巴西进口的优质烟叶硼含量(14.00 ~ 31.06mg/kg)的标准进行衡量,湖南烟区烟叶样品的观察频率为 59.38%。

2.3 土壤有效硼与烟叶硼含量的关系分析

2.3.1 土壤有效硼与烟叶硼含量的变化趋势

将土壤有效硼按照 ≤ 0.10 、0.10 ~ 0.20、0.20 ~ 0.30、0.30 ~ 0.40 和 > 0.40 mg/kg 划分成 5 个组,计算每组内土壤有效硼和烟叶硼含量后,分析土壤有效硼和烟叶硼含量之间的关系,见图 1(图中误差线为 1 个 SD)。从图 1 可看出,在土壤有效硼含量较低时,烟叶硼含量随土壤有效硼含量的缓慢增加而增加;当土壤有效硼含量较高时,烟叶硼含量随土壤有效硼含量的快速增加而增加。

应用方差分析方法(one-way ANOVA)比较了不同土壤有效硼含量分组后的烟叶硼含量在组间的差异,经 *F* 测验达到极显著水平,在此基础上进行多重比较,结果见表 4。结果表明,烟叶硼含量在分组之间的差异达到极显著水平($P < 0.01$)。土壤有效硼含量在 0.10 ~ 0.20mg/kg(平均为 0.16mg/kg)以下的组间,烟叶硼含量无显著差异;土壤有效硼含量在 0.10 ~ 0.20mg/kg 以上的组间,烟叶硼含量则存在极显著差异。对于土壤

接卧表 1 2

有效硼含量在 0.10 ~ 0.20 mg/kg 以上的组间, 增加土壤有效硼含量, 烟叶硼含量也随之增加。

表 3 湖南烟区烤烟硼含量分布

Table 3 Distribution of boron content in flue-cured tobacco leaf of Hunan Province

范围 Range (mg/kg)	样品数 Samples	平均 Mean (mg/kg)	标准偏差 Std	变异系数 CV (%)
≤10.00	12	9.70	0.25	0.78
10.00 ~ 20.00	168	15.03	2.45	9.70
20.00 ~ 30.00	58	24.15	2.79	9.84
30.00 ~ 40.00	30	34.68	3.25	9.55
> 40.00	20	58.69	15.66	48.12

表 4 土壤有效硼对烟叶硼含量的影响

Table 4 Effect of soil available boron in soil to boron content in flue-cured tobacco leaf

土壤有效硼含量 Soil available boron content (mg/kg)	样本数 Samples	烟叶硼含量均值 Average of the boron content in flue-cured tobacco leaf (mg/kg)
≤0.10	19	16.84 C
0.10 ~ 0.20	146	17.96 C
0.20 ~ 0.30	89	21.76 BC
0.30 ~ 0.40	15	26.86 B
> 0.40	19	51.31 A

表中字母不同表示差异达到 0.01 的显著水平, 下同 Different letters in the table indicated the significant differences at the 0.01 level; the same follow

2.3.2 土壤有效硼对烟叶硼含量的回归分析

利用全部 288 个样品的烟叶硼含量 (\hat{y}) 与土壤有效硼含量 (x) 进行回归分析, 建立的回归方程为: $\hat{y} = 11.47 + 41.71x$, 具有决定系数 $r^2 = 0.555$ 经 F 测验, 回归方程达到 1% 的极显著水平。

将土壤有效硼含量分组后, 建立了各个范围内的烟叶硼含量 (\hat{y}) 与土壤有效硼含量 (x) 回归方程, 见表 5。土壤有效硼含量在 0.10 ~ 0.20 mg/kg 以上的组间, 烟叶硼含量与土壤有效硼含量之间的回归方程经 F 测验均达到了 5% 的显著水平; 土壤有效硼含量在 0.10 ~ 0.20 mg/kg 以下的组间, 烟叶硼含量与土壤有效硼含量之间的回归方程经 F 测验均未达到 5% 的显著水平。选取土壤有效硼含量小于 1.00 mg/kg 的土壤样品, 分析土壤有效硼与烟叶硼含量的关系, 如图 2。

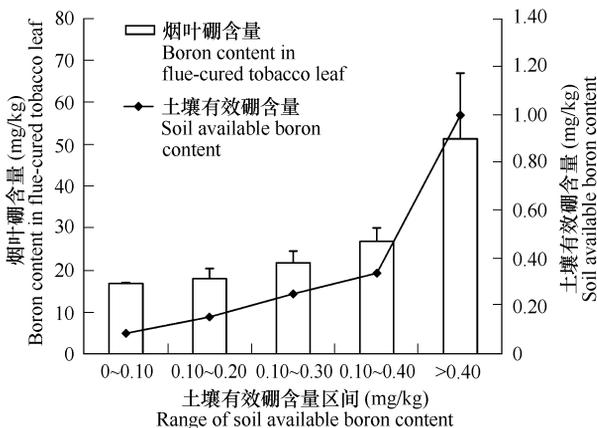


图 1 土壤有效硼和烟叶硼含量变化趋势图

Fig. 1 Change of available boron content in soil and boron content in flue-cured tobacco leaf

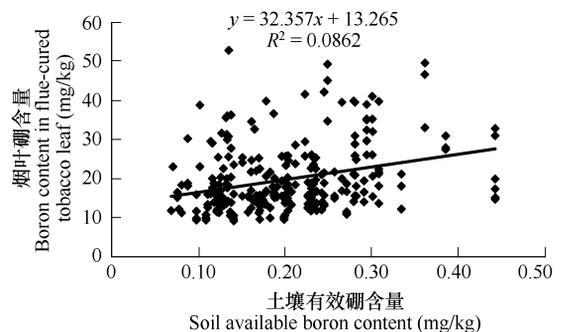


图 2 土壤有效硼与烟叶硼含量的关系

Fig. 2 Relationship of soil available boron and boron content in flue-cured tobacco leaf

对 10 个不同烟区的烟叶硼和土壤有效硼含量进行相关分析, 相关系数为 0.881 **, 达到 1% 的极显著水

平,二者含量变化如图 3,这与前面分析的全部供试烟叶样品的硼含量与土壤有效硼含量呈极显著相关关系是一致的。此外还建立了各主产烟区烟叶硼含量 (\hat{y})与土壤有效硼含量 (x)的回归方程 $\hat{y} = 10.07 + 48.05x$,具有决定系数 $r^2 = 0.776$ 经 F 测验,回归方程达到 1% 的极显著水平。

表 5 土壤有效硼对烟叶硼含量回归分析

Table 5 Regression analysis of available boron content in soil to boron content in flue-cured tobacco leaf

土壤有效硼含量 Soil available boron content (mg/kg)	样本数 Samples	回归方程 Regression equations	F value	r
≤0.10	19	$\hat{y} = 11.46 + 62.1x$	0.143	0.091
0.10 ~ 0.20	146	$\hat{y} = 19.89 - 12.44x$	0.388	0.052
0.20 ~ 0.30	89	$\hat{y} = -4.46 + 103.81x$	9.388 **	0.312 **
0.30 ~ 0.40	15	$\hat{y} = -46.23 + 214.76x$	8.180 *	0.621 *
> 0.40	19	$\hat{y} = -1.01 + 52.52x$	34.884 **	0.820 **

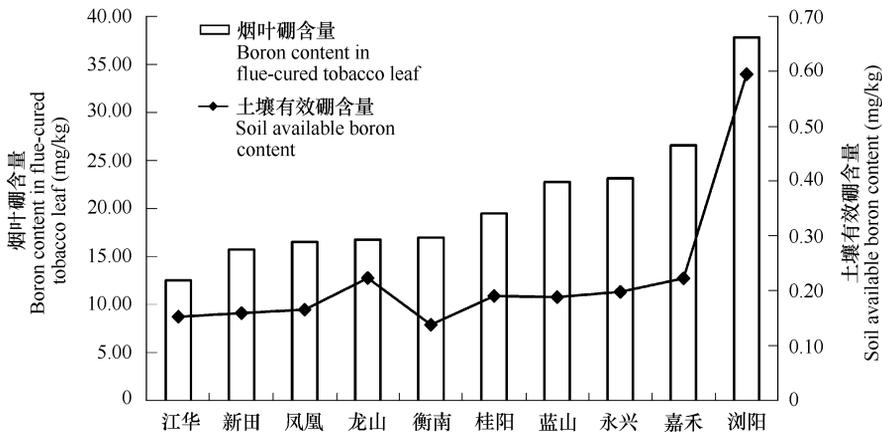


图 3 湖南不同烟区烟叶硼和土壤有效硼含量变化

Fig. 3 Change of the boron content in flue-cured tobacco leaf soil available boron content in different tobacco growing areas, Hunan Province

2.4 土壤有效硼对烟叶其他化学成分的影响

土壤有效硼不仅对烟叶硼含量具有重要的影响,而且还影响到其他化学成分的协调和平衡。将土壤有效硼按照 ≤0.10、0.10~0.20、0.20~0.30、0.30~0.40 和 > 0.40mg/kg 划分成 5 个组,计算每组内相应烤烟几种化学成分的含量,并进行方差分析和多重比较(共 246 个烟叶样品参与分析),结果见表 6 和表 7。当土壤有效硼含量分组后,烤烟烟碱含量、氮/碱、糖/碱在组间的差异均达到极显著水平,而总氮、总糖含量的组间差异未达到显著水平,表明土壤有效硼含量的高低对烟碱及其衍生的化学成分(糖碱比、氮碱比)影响较大,最终影响了烟叶化学成分的协调性及其可用性。

表 6 土壤有效硼对烤烟几种化学成分影响的方差分析

Table 6 ANOVA of effects of soil available boron content on chemical components in flue-cured tobacco leaves

指标 Index	组间 Among groups		机误 Error		F value	P value
	df	MS	df	MS		
烟碱 Nicotine	4	3.785	241	0.939	4.029 **	0.004
总氮 Total N	4	0.041	241	0.032	1.273	0.281
总糖 Total sugar	4	4.376	241	12.080	0.362	0.835
氮/碱 Proportion of nitrogen to nicotine	4	1.130	241	0.088	12.861 **	0.000
糖/碱 Proportion of total sugar to nicotine	4	199.373	241	22.297	8.942 **	0.000

表 7 土壤有效硼对烤烟几种化学成分影响的多重比较

Table 7 Multiple comparison of effects of soil available boron content on chemical components

范围 Range (mg/kg)	烟碱 Nicotine (%)	总氮 Total N (%)	总糖 Total sugar (%)	氮/碱 Proportion of nitrogen to nicotine	糖/碱 Proportion of total sugar to nicotine
≤10.00	2.78 AB	1.82 A	23.25 A	0.72 BC	9.47 BC
10.00 ~ 20.00	2.95 A	1.88 A	23.55 A	0.69 BC	8.98 BC
20.00 ~ 30.00	3.14 A	1.84 A	23.09 A	0.65 C	8.40 C
30.00 ~ 40.00	2.30 B	1.81 A	23.87 A	0.84 B	11.51 B
> 40.00	2.33 B	1.89 A	23.94 A	1.18 A	15.31 A

3 小结与讨论

(1) 以湖南烟区为基础, 作者曾采用多元统计分析方法研究了湖南烤烟叶片硝酸盐、亚硝酸盐含量与土壤养分之间的关系^[1], 以及湖南烤烟化学成分与土壤有机质含量的关系^[2], 本文侧重分析了湖南烤烟硼含量与土壤有效硼及其他土壤养分的关系。结果表明, 湖南烟区烟叶硼含量偏低, 平均为 21.72mg/kg, 变异系数为 59.77%。根据多年生产实践经验, 湖南烟区烟叶硼含量符合我国烟叶一般硼含量适宜范围 (10.00 ~ 40.00mg/kg) 的样本占 88.89%, 符合巴西标准 (14.00 ~ 31.06 mg/kg) 的烟叶样本有 59.38%。湖南烟区植烟土壤有效硼含量偏低, 平均为 0.25mg/kg, 变异系数为 94.31%。有 97.91% 的土壤样本在不同程度上缺硼或含量过高。湖南各县市中, 以浏阳市样品数最多, 占样本总数的 14.9%, 土壤有效硼含量也最高, 平均为 0.59mg/kg。但是, 烟样硼含量偏低的程度并没有和土壤缺硼的程度完全相对应, 产生这种现象的可能原因是烟叶硼含量不仅取决于土壤有效硼含量, 还与硼肥施用以及土壤质地、温度、土壤化学行为、物理结构、生物活动状况等因素有关^[5]。

(2) 应用方差分析方法比较了不同土壤有效硼含量分组间烟叶硼含量的差异, 在一定范围内, 随着土壤有效硼含量的增加, 烟叶硼含量也随之增加。因此, 在缺硼的条件下, 增施硼肥能够提高烟叶硼含量, 且烤烟长势健壮, 分层落黄好, 烟叶易烘烤, 香气量较足, 吃味醇和, 产量、上等烟比例和均价等经济指标都有明显的提高^[6-15]。同时, 在土壤有效硼含量分组后, 对烟叶化学成分进行方差分析, 结果表明总氮、总糖含量在组间差异不显著, 但烟碱、氮/碱、糖/碱在组间的差异均达到极显著水平, 说明土壤有效硼含量的高低可能影响到烟叶化学成分的协调性及其可用性。

(3) 针对湖南烟区有效硼含量普遍偏低的情况, 应注重增施硼肥, 提高土壤有效硼含量的利用效率。在土壤改良方面, 需注意改善土壤的化学行为、物理结构和微生物活动状况, 使土壤硼的吸附-解附-解吸的动态平衡向着有利于土壤有效硼浓度提高的方向移动^[27]。针对烤烟需硼规律, 进行大田烟株营养诊断, 实施生态平衡施肥技术^[33-34], 并采用不同的施肥方式 (如集中施用、分层施用、叶面喷施等) 以提高硼素的利用效率。

References :

- [1] Zuo T J. Production, physiological biology chemistry of tobacco. Shanghai : Shanghai Yuandong Press, 1993. 224 - 226.
- [2] Jin W B. Tobacco chemistry. Beijing : Tsinghua University Press, 1994.
- [3] Tian J L, Wei Q F, Wei C C, et al. Effects of acid water and trace element fertilizer on flue-cured Tobacco. Acta Univ. Agric. Boreali-occidentalis, 1997, 25 (5) : 103 - 106.
- [4] Cui G M, Huang B Z, Chai J R, et al. Effect of B³⁺ on physiological and biochemical characteristics, yield and quality of flue-cured tobacco. Chin Tobacco Sci, 2000, 21 (3) : 14 - 18.
- [5] Hu G S, Zheng W, Wang Z D, et al. Principles of flue-cured tobacco nutrition. Beijing : Science Press, 2000. 57 - 61.
- [6] Zhang R J, Ni J Y, Lin Y M, et al. Analysis on effect of boron fertilizer on flue-cured tobacco yield and economic properties in Mingxi county. China Tobacco, 1994, (1) : 42 - 44.
- [7] Lin K H, Deng J N, Peng G F. Effects of Mg, Zn and B fertilizers on some physiological biochemical indices, yield and quality of flue-cured tobacco. Journal of Yunnan Agricultural University, 1990, 5 (3) : 136 - 143.
- [8] Luo P T, Shao Y. Effect of boron on living of plant and application on flue-cured tobacco yield. Journal of Yunnan Agricultural University, 1990,

5 (4) :237 -241.

- [9] Huang J R, Chen X N, Wang Z F, *et al.* Analysis on effect of B, Zn, Ca fertilizer on yield and quality of aromatic tobacco in the mountains of Zhejiang Province. *China Tobacco areas*, 1994, (2) :41 -43.
- [10] Chen J Z. Study on the Middle-micro element fertilizer of the flue-cured tobacco in the Yellow Mountain Soil. *Tobacco Science & Technology*, 2000, (9) :39 -41.
- [11] Yu D L. Effect of boron fertilizer on agronomic characters, yield and quality of flue-cured tobacco. *Tobacco Science & Technology*, 1994, (2) :37 -38.
- [12] Xu S F, Ning H, Li C D, *et al.* Effect of micronutrients on yield of flue-cured tobacco. *Heilongjiang Agricultural Science*, 1995, (5) :20 -22.
- [13] Liu Z J, Wu G Y, Cheng Y, *et al.* Effect of Mg, B and humic acid on yield and quality of flue-cured tobacco. *Phosphate & Compound Fertilizer*, 1994, 9 (3) :81 -82, 80.
- [14] Hou Q S, Zhang Y D. Research on effects of Mg, Zn, B fertilizer on flue-cured tobacco yield and economic properties. *Soil*, 1997, 29 (3) :149 -151.
- [15] Jiang Y C, Zhou Z R, Huang Q K, *et al.* Status of boron nutrition in tobacco under different ecological conditions. *Chinese Tobacco Science*, 2004, (3) :20 -24.
- [16] Lal K N, R S Tyagi, Deficiency, favorable and toxic effect of boron on tobacco. *Am. J. Bot*, 1949, 36 :676 -680.
- [17] Jin L X, Tang J R, Liu A H, *et al.* Study of boron contents in soil and nutrient management suggestions from the Chengdu area, China. *Quaternary Sciences*, 2005, 25 (3) :363 -370.
- [18] Yue P F, Ding M Z. Effects of B fertilizer on tobacco yield and economic properties in the main tobacco planting soils in Sichuan. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2001, 14 (add) :38 -40.
- [19] Wu Z J, Liu S X, Xiong D Z. The soil characteristic and its relationship with tobacco leaf quality in Fujian tobacco growing area. *China Journal of Tobacco*, 1996, 63 (1) :49 -54.
- [20] Huang Y J, Fu Y, Dong Z J, *et al.* Correlation between smoking quality and chemical elements, reducing sugar and nicotine contents in tobacco. *China Journal of Tobacco*, 1999, (1) :3 -7.
- [21] Chen J H, Liu J L, Long H Y. The distribution characteristics of nutrition elements and main chemical composition in China's tobacco leaves. *China Journal of Tobacco*, 2004, 10 (5) :20 -27.
- [22] Huang Y Z, Feng Z W, Li Z X, *et al.* Diagnosis of foliar nutrients (N, P, K, Ca, Mg, B) of young Eucalyptus urophylla Trees, *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22 (8) :1254 -1259.
- [23] Weng B Q, Huang D F. Research advance in characteristics of molybdenum, boron and selenium in red soils of South China and effects of their reasonable application on forage grass growth. *Chin J Appl Ecol*, 2004, 15 (6) :1088 -1094.
- [24] Wang R X, Han F G, Yang S Q. Method on quality of flue-cured tobacco chemistry. Zhengzhou: Henan Scientific & Technological Press, 1990.
- [25] Li Y K. Normal Analysis Methods of Soil and Agro-chemistry. Beijing: Science Press, 1983.
- [26] Luo J X, Shi L H, Long S P. Appraising on the nutrient state of tobacco-growing soil in main areas of Hunan. *Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences)*, 2005, 31 (4) :376 -380.
- [27] Pan W J, Jiang C Y. Research advance in boron nutrition of tobacco. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2003, 31 (1) :56 -57.
- [28] Mellrath, W. J. and J. Skok. Distribution of boron in tobacco plant. *Planter*, 1964, 17 :839 -845.
- [29] Du W C, Wang Y H, Xu F S, *et al.* Study on boron forms and their relationship in rape cultivars with different boron efficiency. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2002, 8 (1) :105 -109.
- [30] Drak M D H, Seiling, Scarseth G D. Calcium-boron ratio as an important factor in controlling the boron starvation of Plants. *J. Am Soc Agron*, 1941, 33 :54 -62.
- [31] Xu Z C, Chen W, Xiao H Q, *et al.* The analysis of relationships between the contents of nitrate and nitrite in flue-cured tobacco leaves and the soil nutrient conditions. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26 (6) :1889 -1895.
- [32] 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. *Chinese Journal of Ecology*, 2006, 25 (10) :1186 -1190.
- [33] Xu Z C, Liu G S, Liu J H, *et al.* Analysis of ecological factors and quality of flue-cured tobacco leaves in Tongshan tobacco-growing areas. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25 (7) :1748 -1753.
- [34] Hou Y L. Theory and technological system of ecological balanced fertilization. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20 (4) :653 -658.

参考文献:

- [1] 左天觉. 烟草的生产、生理和生物化学. 上海:上海远东出版社, 1993. 224 ~226.

- [2] 金闻博. 烟草化学. 北京: 清华大学出版社, 1994.
- [3] 田吉林, 尉庆丰, 韦成才, 等. 酸化水和微肥在烤烟上的效果研究. 西北农业大学学报, 1997, 25 (5): 103 ~ 106.
- [4] 崔国明, 黄必志, 柴家荣, 等. 硼对烤烟生理生化及产质量的影响. 中国烟草科学, 2000, 21 (3): 14 ~ 18.
- [5] 胡国松, 郑伟, 王震东, 等. 烤烟营养原理. 北京: 科学出版社, 2000. 186 ~ 197.
- [6] 张仁椒, 倪金应, 林永镁, 等. 明溪县烤烟施硼效应的初步研究. 中国烟草, 1994, (1): 42 ~ 44.
- [7] 林克惠, 邓敬宁, 彭桂芬. 镁、锌、硼肥对烤烟几个生理生化指标、产量和品质的影响. 云南农业大学学报, 1990, 5 (3): 136 ~ 143.
- [8] 罗鹏涛, 邵岩. 硼在植物生活中的作用及在烟草生产上的应用. 云南农业大学学报, 1990, 5 (4): 237 ~ 241.
- [9] 黄建如, 陈修年, 王中富, 等. 施用 B、Zn、Ca 肥对浙江山区香料烟产质量影响的分析. 中国烟草, 1994, (2): 41 ~ 43.
- [10] 陈建忠. 山地黄壤烤烟中微肥施用试验研究. 烟草科技, 2000, (9): 39 ~ 41.
- [11] 俞丁力. 施硼对烤烟农艺性状产质量的影响. 烟草科技, 1994, (2): 37 ~ 38.
- [12] 徐淑芬, 宁辉, 李昌德, 等. 微量元素对烤烟产量影响的研究. 黑龙江农业科学, 1995, (5): 20 ~ 22.
- [13] 刘子江, 武冠云, 程遥, 等. 施用镁、硼及硝基腐植酸对烤烟产量和品质的影响. 磷肥与复肥, 1994, 9 (3): 81 ~ 82, 80.
- [14] 侯庆山, 张玉东. 镁锌硼肥在烤烟生产中应用效果的研究. 土壤, 1997, 29 (3): 149 ~ 151.
- [15] 姜超英, 周忠仁, 黄全康, 等. 不同生态条件下的烤烟硼营养研究. 中国烟草科学, 2004, (3): 20 ~ 24.
- [17] 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. 第四纪研究, 2005, 25 (3): 364 ~ 370.
- [18] 邱鹏飞, 丁明忠. 四川植烟土壤硼肥施用效应. 西南农业学报, 2001, 14 (增刊): 38 ~ 40.
- [19] 吴正举, 刘淑欣, 熊德中. 福建烟区土壤特性及其与烟叶品质的关系. 中国烟草学报, 1996, 63 (1): 49 ~ 54.
- [20] 黄元炯, 傅瑜, 董志坚, 等. 河南烟叶营养元素和还原糖、烟碱含量及其与评吸质量的相关性. 中国烟草科学, 1999, (1): 3 ~ 7.
- [21] 陈江华, 刘建利, 龙怀玉. 中国烟叶矿质营养及主要化学成分含量特征研究. 中国烟草学报, 2004, 10 (5): 20 ~ 27.
- [22] 黄益宗, 冯宗炜, 李志先, 等. 尾叶桉叶片氮磷钾钙镁硼元素营养诊断指标. 生态学报, 2002, 22 (8): 1254 ~ 1259.
- [23] 翁伯琦, 黄东风. 我国红壤区土壤钼、硼、硒元素特征及其对牧草生长影响研究进展. 应用生态学报, 2004, 15 (6): 1088 ~ 1094.
- [24] 王瑞新, 韩富根, 杨素勤. 烟草化学品质分析方法. 郑州: 河南科学技术出版社, 1990.
- [25] 李酉开. 土壤农业化学常规分析方法. 北京: 科学出版社, 1983.
- [26] 罗建新, 石丽红, 龙世平. 湖南主产烟区土壤养分状况与评价. 湖南农业大学学报 (自然科学版), 2005, 31 (4): 376 ~ 380.
- [27] 潘文杰, 姜超英. 烟草硼素营养研究进展. 贵州农业科学, 2003, 31 (1): 56 ~ 57.
- [28] 杜昌文, 王运华, 徐芳森, 等. 不同硼效率甘蓝型油菜品种中硼的形态及其相互关系. 植物营养与肥料学报, 2002, 8 (1): 105 ~ 109.
- [31] 许自成, 陈伟, 肖汉乾, 等. 烤烟硝酸盐含量与土壤养分的关系. 生态学报, 2006, 26 (6): 1889 ~ 1895.
- [32] 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. 生态学杂志, 2006, 25 (10): 1186 ~ 1190.
- [33] 许自成, 刘国顺, 刘金海, 等. 铜山烟区生态因素和烟叶质量特点. 生态学报, 2005, 25 (7): 1748 ~ 1753.
- [34] 侯彦林. “生态平衡施肥”的理论基础和技术体系. 生态学报, 2000, 20 (4): 653 ~ 658.

表1 湖南不同地区土壤有效硼含量的分布

Table 1 Distribution of soil available boron content in Hunan tobacco-growing areas

地点 Sites	样本数 Samples	土壤有效硼含量 Soil available boron content (mg/kg)		土壤有效硼含量分布频率 Frequency of distribution of soil available boron content (%)				
		均值 ± 标准差 Mean ± St. d	范围 Range	≤0.10	0.10 ~0.20	0.20 ~0.30	0.30 ~0.40	> 0.40
		嘉禾 Jiahe	30	0.22 ± 0.08	0.12 ~ 0.36	0	40.00	40.00
桂阳 Guiyang	30	0.19 ± 0.06	0.09 ~ 0.28	10.00	50.00	40.00	0	0
永兴 Yongxing	27	0.20 ± 0.07	0.11 ~ 0.30	0	44.44	55.56	0	0
新田 Xintian	24	0.16 ± 0.05	0.07 ~ 0.24	12.50	66.67	20.83	0	0
蓝山 Lanshan	21	0.19 ± 0.05	0.13 ~ 0.28	0	71.43	28.57	0	0
江华 Jianghua	26	0.15 ± 0.05	0.10 ~ 0.27	23.08	69.23	7.69	0	0
衡南 Hengnan	18	0.14 ± 0.02	0.12 ~ 0.16	0	100.00	0	0	0
凤凰 Fenghuang	36	0.17 ± 0.05	0.08 ~ 0.24	13.89	58.33	27.78	0	0
龙山 Longshan	33	0.22 ± 0.07	0.08 ~ 0.33	9.09	36.36	36.36	18.18	0
浏阳 Liuyang	43	0.59 ± 0.44	0.22 ~ 1.28	0	0	48.84	6.98	44.18

表2 不同土壤类型有效硼含量的分布

Table 2 Distribution of available boron content in soil for different soil types

土壤 Soils	样本数 Samples	土壤有效硼含量 Soil available boron content (mg/kg)		土壤有效硼含量分布频率 Frequency of distribution of soil available boron content (%)				
		平均 ± 标准差 Mean ± St. d	变幅 Range	≤0.10	0.10 ~0.20	0.20 ~0.30	0.30 ~0.40	>0.40
		鸭屎泥 Duck feces mud	82	0.33 ± 0.37	0.08 ~ 1.28	10.97	54.88	10.98
黄壤土 Yellow soil	23	0.21 ± 0.09	0.12 ~ 0.36	0	52.17	21.74	26.09	0
黄灰土 Yellow ash soil	41	0.26 ± 0.07	0.09 ~ 0.35	2.44	14.63	65.86	17.07	0
黄泥田 Yellow mud field	35	0.18 (0) ± 0.07	0.07 ~ 0.33	8.57	62.86	22.86	5.71	0
红黄泥 Red mud field	50	0.17 (9) ± 0.06	0.07 ~ 0.29	8.00	66.00	26.00	0	0
沙泥田 Sand mud field	37	0.17 (8) ± 0.06	0.09 ~ 0.30	5.41	70.27	24.32	0	0