

张敏敏,徐祥玉,张映杰,等.攀枝花烟区土壤有效硼含量及其硼肥适宜用量研究[J].江苏农业科学,2019,47(16):293-296.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.16.063

攀枝花烟区土壤有效硼含量及其硼肥适宜用量研究

张敏敏¹,徐祥玉¹,张映杰²,张宗锦²,闫芳芳²,袁家富¹,曾庆宾³,杨军伟³

(1.湖北省农业科学院植保土肥研究所,湖北武汉 430064; 2.四川省烟草公司攀枝花市公司,四川攀枝花 617026;
3.四川省烟草公司盐边县公司,四川盐边 617100)

摘要:硼是烟草必需的营养元素,参与烟草的生长发育和生理生化反应,并最终影响烟叶的质量。为明确攀枝花烟区土壤有效硼含量状况、探明硼肥施用标准,通过多年多点调查和田间试验,研究攀枝花烟区适宜的硼肥施用量及其对烟叶产量、质量的影响。结果表明,(1)攀枝花烟区土壤有效硼变幅为 0.02 ~ 1.54 mg/kg,平均为 (0.49 ± 0.35) mg/kg,59.21% 土壤有效硼含量低或极低 (<0.5 mg/kg);(2)仁和区、米易县和盐边县烟区分别有 68.27%、43.98% 和 73.8% 的土样有效硼含量低或极低 (<0.5 mg/kg);(3)施用硼肥可以提高烟叶产量、产值、均价,提高上等烟和中上等烟比例;(4)烟叶产量最高平均硼肥施用量为 (2.15 ± 1.07) kg/hm²,产值最高平均硼肥施用量为 (2.40 ± 0.62) kg/hm²。

关键词:攀枝花;硼肥;适宜用量;微量元素;生理生化;烟草

中图分类号: S143.7⁺1;S572.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)16-0293-04

硼(B)是高等植物正常生长发育必需微量元素之一^[1],在烟株生理生化过程中发挥着重要的作用。土壤缺硼可导致烟株顶芽枯死、生长停滞、呈丛生状,不利于烟叶产质量的提高^[2],可见合理施用硼肥对于烟叶生产至关重要。目前关于烟草硼营养已有大量研究,主要集中在土壤有效硼丰缺指标^[3]、硼肥施用量^[4]、硼与烟草生长发育^[5-7]、硼与烟叶的化学品质^[8-11]、硼与烟株的抗逆性^[12-13]等方面。一般认为,土壤有效硼含量缺乏的临界值为 0.5 mg/kg,低于此值被认为土壤缺硼,而当土壤有效硼含量超过 1.0 mg/kg^[14]则出现毒害,杨波等研究表明,当土壤有效硼含量达到 3.32 mg/kg 时,烟株表现出中毒症状;当土壤有效硼含量达到 7.56 mg/kg 时,可造成严重毒害,使烟株生长停滞甚至组织坏死^[15]。同时,硼的有效性土壤条件、土壤质地、气候条件及品种特性有关,且贯穿烟草的整个生活史。

攀枝花烟区属于四川省优质烤烟“金攀西”的一部分,笔者所在团队前期对攀枝花采集 170 份土壤样品进行分析发现,攀枝花烟区土壤有效硼含量变幅为 0.02 ~ 1.32 mg/kg,平均为 0.39 ± 0.31 mg/kg,变异系数为 78.2%,且米易烟区土壤有效硼含量最高,盐边烟区最低。为更详细地了解该烟区土壤有效硼含量,笔者所在团队又连续 2 年进行取样分析,同时,通过 3 年在 3 个县(区、市)的试验,结合土壤调查和硼肥试验结果,明确不同县区硼肥合理施用量,为指导硼肥施用提供数据支撑。

收稿日期:2018-04-13

基金项目:四川省烟草公司攀枝花市公司科技项目(编号:2016009)。

作者简介:张敏敏(1979—),女,陕西杨凌人,硕士,助理研究员,主要从事土壤农化分析和养分管理研究。E-mail:470230748@qq.com。

通信作者:徐祥玉,博士,副研究员,主要从事土壤改良、施肥环境过程等研究。E-mail:xuxiangyu2004@sina.com。

1 材料与方法

1.1 调查取样及试验点概况

本研究中,土壤取样从 2015—2017 年连续 3 年,每年取样时间为 3 月中旬至 4 月中旬,总计取得 532 个耕层土壤样本,其中 2015、2016、2017 年分别取样 170、184、178 个,检测土壤有效硼含量。

连续 3 年进行大田试验,2015 年试验布置于仁和区平地镇平地村(2015 年 5 月 2 日移栽,9 月 15 日采烤完毕)、盐边县永兴镇复兴村(2015 年 5 月 5 日移栽,9 月 20 日采烤完毕);2016 年试验布置于仁和区平地镇平地村(2016 年 5 月 5 日移栽,10 月 5 日采烤完毕);2017 年试验布置于米易县新山乡新山村(2017 年 5 月 6 日移栽,9 月 27 日采烤完毕)。每年的处理设置完全一致,共设置 5 个处理,分别施用硼 0、0.75、1.50、2.25、3.00 kg/hm²,肥料来源为持力硼(B 含量 ≥ 15%)。采用大区试验,小区面积为 100 m²,不设重复。其他施肥按照当年烟叶产区施肥技术方案进行施肥,2015、2016、2017 等 3 年 N : P₂O₅ : K₂O 施用量分别为 1.00 : 1.22 : 3.38、1.00 : 0.97 : 3.36、1.00 : 1.02 : 3.60,年养分总投入量为 600 kg/hm²,分为基肥、提苗肥和揭膜上廋肥等 3 次施入。各个试验点土壤肥力状况见表 1。

1.2 试验材料

供试品种为云烟 87,该品种适应性广、抗逆性强,属于当地的主栽品种。

1.3 计产计值、取样分析及数据统计

分小区标记烘烤,详细记录各小区烟叶产量,结合烟草收购价格,计算各小区烟叶产值、上等烟、中等烟比例。待烟叶全部烘烤结束后,选中部烟叶测定总钾、全氮、总糖、还原糖、烟碱、氯含量等化学指标,具体测定方法参照国家标准或农业农村部标准。在数据统计中采用拉依达法(3 倍方差法)检测离群值并剔除,因此不同项目的样品量并不一致。

表 1 试验点土壤肥力状况

年度	试验点	pH 值	有机质 含量 (g/kg)	碱解氮 含量 (mg/kg)	速效磷 含量 (mg/kg)	速效钾 含量 (mg/kg)	交换性 钙含量 (cmol/kg)	交换性 镁含量 (cmol/kg)	水溶性氯 含量 (mg/kg)	有效锌 含量 (mg/kg)	有效硼 含量 (mg/kg)
2015	仁和区	7.34	13.96	83.9	9.6	73.1	25.48	3.22	6.33	0.30	0.254
2015	盐边县	6.71	35.94	145.9	84.9	185.7	12.67	4.78	18.88	1.82	0.577
2016	仁和区	5.85	21.08	136.4	14.9	181.9	12.78	3.23	15.30	1.73	0.557
2017	米易县	5.78	31.31	140.4	51.3	349	6.10	2.04	18.95	1.95	0.552

2 结果与分析

2.1 攀枝花烟区土壤有效硼含量分布状况

攀枝花全市烟区土壤有效硼含量变幅为 0.02 ~ 1.54 mg/kg,平均为(0.49 ± 0.35) mg/kg,变异系数为 72.47%;从 3 个产区看,米易县烟区土壤有效硼含量最高,盐边县烟区最低(表 2)。从有效硼含量分布看,攀枝花烟区 59.21% 土壤有效硼含量低或极低(<0.5 mg/kg)。从不同烟区看,仁和区烟区、米易县烟区和盐边县烟区分别有 68.27%、43.98%、73.80% 的土样有效硼含量低或极低(<0.5 mg/kg)(表 3)。

由图 1 可知,总体来看,攀枝花烟区土壤有效硼含量呈东北高而西南低的局面,且含量高和含量低的部分呈分散不均匀状态,高低互相交错。对照现有的土壤肥力评价标准,攀枝花烟区整体上土壤有效硼属于缺乏范畴,至少 1/3 极其缺乏,因此在施肥上仍然坚持施用硼肥。

2.2 硼肥不同用量对烟叶经济性状的影响

2015—2017 年连续 3 年在 4 个地方的试验结果表明(表 4),合理的硼肥施用量可以明显提高烟叶产量和产值。不同

表 2 攀枝花烟区土壤有效硼含量描述性统计

烟区	指标	数值
仁和区	变幅(mg/kg)	0.05 ~ 1.32
	均值 ± 标准差(mg/kg)	0.42 ± 0.33
	变异系数(%)	78.65
	样本数(个)	104
米易县	变幅(mg/kg)	0.02 ~ 1.91
	均值 ± 标准差(mg/kg)	0.64 ± 0.43
	变异系数(%)	67.95
	样本数(个)	235
盐边县	变幅(mg/kg)	0.02 ~ 0.97
	均值 ± 标准差(mg/kg)	0.35 ± 0.22
	变异系数(%)	62.80
	样本数(个)	179
全市	变幅(mg/kg)	0.02 ~ 1.54
	均值 ± 标准差(mg/kg)	0.49 ± 0.35
	变异系数(%)	72.47
	样本数(个)	516

表 3 攀枝花烟区土壤有效硼含量丰缺状况

烟区	所占比例(%)				
	<0.3 mg/kg(极低)	0.3 ~ 0.5 mg/kg(低)	0.5 ~ 1.0 mg/kg(适宜)	1.0 ~ 3.0 mg/kg(丰富)	>3.0 mg/kg(很丰)
仁和区	50.96	17.31	22.12	9.62	0.00
米易县	26.97	17.01	34.85	20.75	0.41
盐边县	44.39	29.41	21.93	4.28	0.00
全市	37.78	21.43	27.82	12.78	0.19

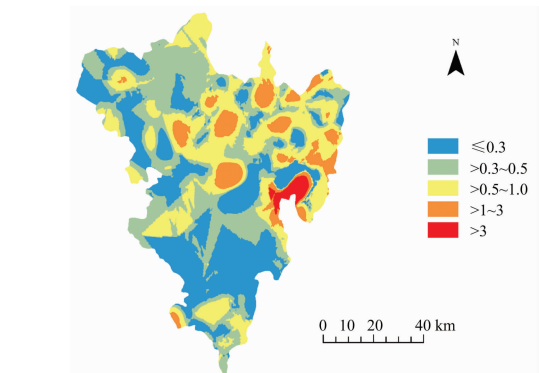


图1 攀枝花烟区土壤有效硼分布状况

年份、同一年份不同地方之间表现有所差异,如 2015 年在仁和区硼肥施用达到 2.25 kg/hm² 时,烟叶产量产值最高、上等烟比例最高,而同年在盐边县的结果表明硼肥施用达到 1.50 kg/hm² 时产量产值、均价最高,但上等烟比例并不是最高。

通过对硼肥施用量和产量的效益曲线拟合发现,4 个试

验点的产量和施肥量之间的拟合曲线分别为 $y = -37.714x^2 + 231.914x + 1\ 805.900$ (2015 年仁和区)、 $y = -52.381x^2 + 135.240x + 1\ 731.800$ (2015 年盐边县)、 $y = -69.029x^2 + 423.250x + 2\ 149.800$ (2016 年仁和区)和 $y = -51.911x^2 + 119.410x + 1\ 394.800$ (2017 年米易县),其最高产量对应的硼肥施用量分别是 3.08、1.29、3.07、1.15 kg/hm² (图 2),平均施硼量为 2.15 ± 1.07 kg/hm²。硼肥施用量和产值的效益曲线分别为 $y = -1\ 102.5x^2 + 4\ 187.6x + 23\ 939.0$ (2015 年仁和区)、 $y = -818.16x^2 + 3\ 778.90x + 29\ 808.00$ (2015 年盐边县)、 $y = -510.81x^2 + 3\ 373.40x + 31\ 031.00$ (2016 年仁和区)和 $y = -601.93x^2 + 2\ 519.40x + 24\ 251.00$ (2017 年米易县),其最高产值对应的施肥量分别是 1.90、2.31、3.30 和 2.09 kg/hm² (图 3),平均施硼量为 (2.40 ± 0.62) kg B/hm²。

2.3 硼肥不同用量对烟叶化学成分的影响

由表 5 可知,在连续 3 年 4 个试验点上表现出施用硼肥对中部烟叶总氮、总钾、总植物碱、还原糖、总糖、氯含量等指标的影响并无明显规律,如总钾含量并不随着硼肥施用量增加而提高,而是在 0.75 ~ 1.50 kg/hm² 时最高。从化学指标

表 4 硼肥对烟叶经济性状的影响

年度	试验点	肥料用量 (kg/hm ²)	产量 (kg/hm ²)	产值 (元/hm ²)	均价 (元/kg)	上等烟比例 (%)	中等烟比例 (%)	中上等烟比例 (%)
2015	仁和区	0	1 807.5	24 401.3	13.50	9.00	36.97	45.97
		0.75	2 038.5	25 685.1	12.60	9.50	33.00	42.50
		1.50	1 819.5	27 292.5	15.00	10.10	47.56	57.66
		2.25	2 389.5	29 151.9	12.20	11.30	33.90	45.20
		3.00	2 077.5	25 968.8	12.50	10.60	38.50	49.10
	盐边县	0	1 744.5	23 550.8	13.50	9.80	40.90	50.70
		0.75	1 777.5	20 832.0	11.72	10.20	38.50	48.70
		1.50	1 819.5	29 276.6	16.09	10.80	39.60	50.40
		2.25	1 794.0	26 013.0	14.50	12.00	41.00	53.00
		3.00	1 654.5	25 926.8	15.67	9.50	38.60	48.10
2016	仁和区	0	2 131.2	31 504.8	14.78	12.34	35.59	47.93
		0.75	2 509.2	32 753.7	13.05	10.25	31.97	42.22
		1.50	2 498.4	33 660.9	13.47	12.55	33.23	45.78
		2.25	2 846.4	38 263.7	13.44	13.55	41.56	55.11
		3.00	2 773.2	35 653.5	12.86	11.34	33.94	45.28
2017	米易县	0	1 390.2	24 310.7	17.49	4.67	93.56	98.23
		0.75	1 430.1	25 281.8	17.68	11.43	68.08	79.51
		1.50	1 559.9	27 875.9	17.87	28.92	61.76	90.68
		2.25	1 288.7	25 791.6	20.01	24.08	70.09	94.17
		3.00	1 324.7	26 731.8	20.18	21.85	78.15	100.00

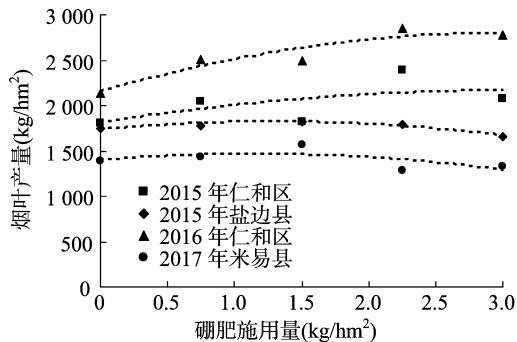


图2 硼肥施用量与产量拟合曲线

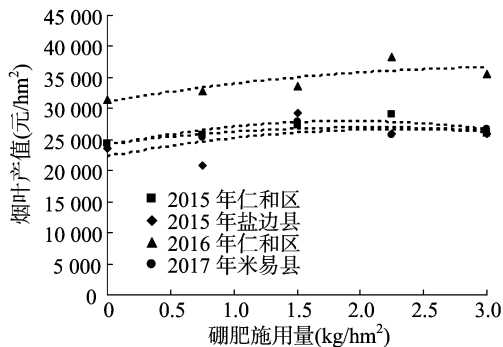


图3 硼肥施用量与产值拟合曲线

的适宜范围来看,连续 3 年烟叶均表现出总氮、总钾、烟碱含量偏低,且不同硼肥处理对其影响不大;总糖、还原糖、氯含量等 3 项指标在不同试验点之间差异较大,如 2015 年盐边县试验点烟叶氯含量最高达到 0.87%,而同年度的仁和区试验点相同处理下烟叶氯含量最高为 0.12%,由此直接导致钾/氯比值分别为 1.75、16.50,这直接影响着烟叶品质。环境水分状况和基础土壤氯含量直接影响烟叶对氯的吸收,以 6 月总降水量来看,2015 年仁和区、2015 年盐边县、2016 年仁和区、2017 年米易县降水量分别为 133、77、148、302 mm,而以上试验点基础土壤氯含量分别为 6.33、18.88、15.30、18.95 mg/kg,而

中部叶氯含量均值为 0.12、0.78、0.33、0.61 mg/kg。

3 结论与讨论

烟草是中等需硼作物,硼素通过影响植物生长素、激素细胞分裂素等的合成和糖类物质的运输,进而影响烟草植株的正常生长发育^[16]。硼营养缺乏或过量,均会影响烟叶正常生长,导致烟叶产量和质量降低^[7]。烤烟施硼能够明显增加烟叶的产量、产值、单叶质量、均价、中上等烟比例。韦建玉等的试验结果表明,施用硼肥可以明显增加烟叶的均价^[17]。崔国明等研究表明,施用硼肥能够有效提高点烟叶产量 7.52%,同时产值较对照增加 14.12%,上、中等烟叶比例相对于对照增加 10.80%,同时收购均价增加 0.14 元/kg^[7]。王文亮等研究表明,与不施硼肥对照相比,施用 15 kg/hm² 硼砂可显著提高均价和产值,当施用量达到 30 kg/hm² 时则对烟叶生长发育产生不利影响^[4]。杜卫民等研究表明,施用含硼复合肥能明显提升烟叶产量和产值^[18]。本研究表明,适量施用硼肥可以提高烟叶产量产值,最高烟叶产量硼肥适宜用量介于 1.15~3.08 kg/hm² 之间,最高烟叶产值硼肥适宜用量介于 1.90~3.30 kg/hm² 之间,总体来看仁和区硼肥适宜施用量较高而米易县较低,这与土壤背景值含量有关(表 1)。虽然前期的调查结果表明,盐边县烟区平均有效硼含量最低(表 2),但从有效硼丰缺指标看,仁和地区超过 50% 土壤有效硼含量属于极其缺乏范畴(<0.3 mg/kg)其比例高于米易县和盐边县,试验点的土壤背景值也是如此。

硼可通过一系列代谢影响烟碱的合成,可与钾、钙、镁等元素相互作用进而影响烟叶的品质。研究表明,施用硼肥能够改善烟叶内在化学成分平衡性,提高烟叶还原糖含量和钾含量^[10,17,19-20],同时降低氯离子含量,烟叶品质总体提升。本研究发现,烟叶化学指标与硼肥施用量之间并无明显相关关系,这与上述研究均有所不同,可能主要受到土壤性质和气候等生态因子的影响,如海拔高度和移栽时间明显影响烟碱、总糖和钾含量^[21],相对平均湿度和日照时数对烤后烟叶化学

表 5 硼肥对烟叶化学成分的影响

年度	试验点	肥料用量 (kg/hm ²)	化学成分含量(%)						化学成分比值			
			总氮	总钾	总植物碱	总糖	还原糖	氯	钾/氯	氮/碱	还原糖/总碱	还原糖/总氮
2015	仁和区	0	1.94	1.72	1.73	26.77	24.00	0.17	10.12	1.12	13.90	12.40
		0.75	2.25	1.94	2.29	19.03	16.00	0.12	16.17	0.98	7.00	7.10
		1.50	1.93	1.98	1.86	22.63	19.33	0.12	16.50	1.04	10.40	10.00
		2.25	2.06	1.65	2.16	22.79	19.81	0.10	16.50	0.95	9.20	9.60
		3.00	2.19	1.93	1.98	21.44	17.79	0.11	17.55	1.10	9.00	8.10
	盐边县	0	1.83	1.52	1.82	24.81	18.90	0.86	1.77	1.01	10.40	10.30
		0.75	1.54	1.58	1.47	32.77	25.66	0.73	2.16	1.05	17.50	16.70
		1.50	1.50	1.52	1.50	33.94	26.35	0.87	1.75	1.00	17.60	17.60
		2.25	1.69	1.20	1.86	28.71	23.44	0.68	1.76	0.91	12.60	13.90
2016	仁和区	3.00	1.69	1.45	1.49	29.71	22.77	0.75	1.93	1.13	15.30	13.50
		0	1.19	2.37	1.10	40.73	27.60	0.45	5.27	1.08	25.10	23.20
		0.75	1.24	2.61	1.01	33.83	28.02	0.25	10.20	1.22	27.70	22.60
		1.50	1.28	2.55	1.20	34.49	30.16	0.17	14.74	1.07	25.10	23.60
		2.25	1.29	2.43	0.89	37.16	28.59	0.19	12.72	1.45	32.10	22.20
		3.00	1.43	2.57	1.19	31.57	27.32	0.61	4.19	1.20	23.00	19.10
	米易县	0	1.38	1.62	1.54	26.93	23.96	0.65	2.49	0.90	15.60	17.40
		0.75	1.56	1.41	1.36	27.53	23.44	0.34	4.15	1.14	17.20	15.00
		1.50	1.60	1.70	1.48	29.27	21.84	0.17	10.00	1.08	14.80	13.70
		2.25	1.69	1.69	1.81	29.74	26.68	0.73	2.32	0.93	14.70	15.80
		3.00	1.96	1.35	1.91	18.96	17.54	1.16	1.16	1.02	9.20	8.90

成分影响明显^[22]。统计发现,攀枝花烟区烟叶总糖与还原糖含量在年度间呈现逐年增加的趋势且年度间差异明显,总植物碱与总氮含量基本适宜但呈现逐年下降趋势,钾含量在年度间基本保持稳定,烟叶的糖碱比逐年增加且年度间差异明显^[23]。由此可见,不同生态条件对烟叶的化学性质影响较大,因此明确适应不同烟区的肥料用量对烟叶化学成分的协调性尤为重要。

攀枝花烟区烟叶定位于清甜香型烤烟,研究表明清甜香型烤烟还原糖/烟碱为 12~16、还原糖/总氮为 14~18、还原糖含量为 24%~28%、总碱含量为 1.7%~2.0%、总氮/烟碱为 0.9~1.0^[24]。以这个标准来看,虽然不同年份之间气候条件差异较大,但攀枝花烟区烟叶仍然较好地保持了清甜香型烟叶的风格特色。

参考文献:

[1] Shorrocks V M. The occurrence and correction of boron deficiency [J]. Plant and Soil,1997,193(1):121-148.

[2] 李章海,丁伟. 烟草生产理论与技术[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,2002:99-112.

[3] 彭孟祥. 烤烟硼营养的丰缺指标和营养诊断的研究[D]. 武汉:华中农业大学,2013.

[4] 王文亮,刘清华,牛德江,等. 硼肥不同施用量对烟草生长发育的影响[J]. 河南农业大学学报,1998(增刊1):84-87.

[5] 韦建玉,王军,何远兰,等. 硼对烤烟碳氮代谢及产、质量的影响研究[C]//中国烟草学会理事会会议暨学术年会,2007.

[6] 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.

[7] 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[J]. 中国烟草科学,2000,21(3):14-18.

[8] 于建军,董高峰,杨寒文,等. 四川会理烟区烤烟矿物质元素含量与评吸结果的关系分析[J]. 中国烟草学报,2009,15(6):36-40.

[9] 卢莉莉,刘有才,徐建平,等. 施硼方法对上部初烤烟叶钾含量及烟气特性和评吸结果的影响[J]. 烟草科技,2011(6):67-

69,80.

[10] 刘有才,徐建平,徐志刚,等. 不同施硼措施对植烟土壤钾素变化及烟叶钾含量的影响[J]. 华中农业大学学报,2009,28(5):569-572.

[11] 李仕良,刘有才,徐建平,等. 不同施硼方式对初烤烟叶主要化学成分的影响[J]. 湖北农业科学,2011,50(12):2407-2408,2415.

[12] 张淑贞,卢朝军,靳志丽,等. 硼对烤烟生长及烟叶、烟种产质量影响的研究[J]. 作物研究,2007,21(4):442-444,447.

[13] 孙立娟,崔昌范,吴国贺,等. 不同元素及配比对烟叶产量及品质的影响[J]. 浙江农业科学,2011(2):310-312.

[14] Lal K N,Tyagi R S. Deficiency,favorable,and toxic effects of boron on tobacco[J]. American Journal of Botany,1949,36(9):676-680.

[15] 杨波,祖朝龙,李斌,等. 锌、硼对烟草生长发育及其他矿物质元素积累的影响[J]. 中国农学通报,2014,30(10):218-222.

[16] Ruiz J M,Rivero R M,Romero L,et al. Response of phenolic metabolism to the application of carbendazim plus boron in tobacco [J]. Physiologia Plantarum,1999,106(2):151-157.

[17] 韦建玉,王军,邹凯,等. 硼对烤烟硼、钾积累及碳氮代谢的影响[J]. 广西农业生物科学,2007,26(4):317-321.

[18] 杜卫民,潘兴兵,陈寿明,等. 新型含硼复合肥对烤烟产质量的影响[J]. 中国农学通报,2016,32(30):87-90.

[19] 侯庆山,张玉东. 镁锌硼肥在烤烟生产中应用效果的研究[J]. 土壤,1997(3):149-151.

[20] 刘正日,胡日生,郭清泉. 烟草钾营养研究进展[J]. 作物研究,2004,18(2):109-114,118.

[21] 陈光宇. 山间不同海拔高度对烟地微环境和烤烟生长发育的影响[D]. 重庆:西南大学,2016.

[22] 常乃杰,刘青丽,李志宏,等. 典型清香型烟区生态因子与烤烟品质灰色关联度[J]. 西南农业学报,2017,30(8):1754-1759.

[23] 信俊峰,胡建新,同芳芳. 攀枝花烟区烤烟年份间化学品质稳定性分析[J]. 安徽农业科学,2010,38(27):15081-15083.

[24] 刘好宝. 清甜香烤烟质量特色成因及其关键栽培技术研究[D]. 北京:中国农业科学院,2012.