

# 喀斯特山区金刺梨种植基地土壤有效养分含量状况研究

杨 皓<sup>1,2</sup>,胡继伟<sup>1,2\*</sup>,黄先飞<sup>1</sup>,范明毅<sup>1</sup>,李婕羚<sup>1,2</sup>

(1. 贵州师范大学 贵州省山地环境信息系统与生态保护重点实验室,贵州 贵阳 550001;  
2. 贵州师范大学 中国南方喀斯特研究院,贵州 贵阳 550001)

**摘要:**为明确贵州喀斯特山区金刺梨种植基地土壤有效养分含量的丰缺现状,对乌当区和平坝县金刺梨种植基地土壤的有效锌、有效铁、有效铜、有效锰、有效硼、碱解氮、有效磷和有效钾含量进行测定,并分析有效养分含量之间以及其与土壤有机质含量和 pH 值的相关性。结果显示,乌当区金刺梨种植基地土壤有效锌、有效铁、有效铜、有效锰、有效硼、碱解氮、有效磷、有效钾含量分别处于高量、过量、过量、过量、缺乏、高量、缺乏、极缺水平,平坝县金刺梨种植基地土壤上述有效养分含量分别达到高量、高量、过量、高量、适量、过量、高量、缺乏水平,土壤 pH 值对两地土壤有效养分含量影响较大,土壤有机质含量与有效铜含量呈显著正相关,建议选择合适时机在乌当区补施硼肥、磷肥和钾肥,在平坝县补施钾肥。

**关键词:**喀斯特;金刺梨;种植基地;土壤有效养分

**中图分类号:** S158.2      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1004 - 3268(2015)07 - 0053 - 05

## Study on Contents of Soil Available Nutrients in Soil of *Rosa sterilis* Planting Bases Located in Karst Mountains

YANG Hao<sup>1,2</sup>, HU Jiwei<sup>1,2\*</sup>, HUANG Xianfei<sup>1</sup>, FAN Mingyi<sup>1</sup>, LI Jieling<sup>1,2</sup>

(1. Guizhou Provincial Key Laboratory of Information System of Mountainous Areas and Protection of Ecological Environment, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China;  
2. Institute of South China Karst, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

**Abstract:** In order to explore the soil available nutrients level in the *Rosa sterilis* planting bases located in Karst mountains of Guizhou province, the contents of available Zn, Fe, Cu, Mn, B, N, P and K in soil in *Rosa sterilis* planting bases in Wudang district and Pingba county were analyzed. The results showed that the contents of available Zn, Fe, Cu, Mn, B, N, P and K in soil were belong to rich, extremely rich, extremely rich, extremely rich, lack, rich, lack, extremely lack level respectively in Wudang district, and rich, rich, extremely rich, rich, medium, extremely rich, rich, lack level respectively in Pingba county. Moreover, the influence of soil pH value on the contents of soil available nutrients was great, and organic matter content was significantly positively related with soil available Cu content. Based on the experimental results and data analysis, it was suggested that more B fertilizer, P fertilizer and K fertilizer should be applied in Wudang district, and more K fertilizer in Pingba county in the appropriate time.

**Key words:** Karst; *Rosa sterilis*; planting base; soil available nutrients

收稿日期:2014 - 12 - 10  
基金项目:贵州师范大学博士启动资金项目(301 - 040505020);贵州师范大学研究生创新基金项目(研创 2014(25))  
作者简介:杨 皓(1989 - ),男,四川广安人,在读硕士研究生,研究方向:喀斯特地区生态修复与区域经济。  
E-mail: yanghaosc1989@foxmail.com  
\* 通讯作者:胡继伟(1963 - ),男,安徽安庆人,教授,博士,主要从事环境分析方面的研究。E-mail: jiwei.hu@yahoo.com

金刺梨亦称无籽刺梨,是贵州省林业科技专家经过多年驯育出的一种新变种刺梨,主要分布在贵州省内的安顺、兴仁、贵阳和毕节等地区<sup>[1]</sup>。金刺梨果树生长旺盛,根系发达,可作为水土保持、退耕还林等工程的优选树种之一<sup>[2]</sup>。另外,与刺梨相比,金刺梨鲜果口感更佳,营养更加丰富,具有更高的药食开发利用前景。贵州省是一个典型的喀斯特地貌省,全省土地总面积中约有 73% 的碳酸盐岩分布区,全省 80% 以上的农业人口也生活在喀斯特地区,同时,贵州省又是全国唯一没有大平原支撑的农业省份,再加上经济落后和交通不便,农业生产条件限制较多。所以,改善喀斯特山区的农业生态环境,发展高效经济作物,促进农民增收,成为喀斯特山区农业可持续发展的必然要求<sup>[3]</sup>。20 世纪 80 年代开始,贵州大学农学院开始对金刺梨进行栽培繁育方面的研究<sup>[4]</sup>。自 2006 年开始,金刺梨已在贵州安顺地区大规模推广种植,由于金刺梨为近年来新发现的种质,其基础研究还比较薄弱。目前,对金刺梨的研究存在一定的局限性,多数学者将研究重点放在金刺梨的形态学特征、扦插育苗与组培快繁、香气成分分析、抗白粉病及药理特性等方面,而对金刺梨种植基地土壤养分特别是有效养分含量的研究甚少<sup>[5]</sup>。土壤有效养分是可以直接被植物吸收和利用的养分,可反映土壤的肥沃程度,对作物产量和品质的提升具有直接影响。微量元素的丰缺可能会成为果树增产的限制因子,而微量元素则主要依靠土壤和施肥供给,因此土壤中有效微量元素含量的高低是制定科学、合理施肥方案的依据<sup>[6]</sup>。鉴于此,探讨贵州喀斯特山区金刺梨种植基地土壤有效养分含量及其丰缺程度,为金刺梨种植基地土壤合理施肥提供必要的技术支持与决策依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 采样地概况

根据贵州喀斯特山区金刺梨种植基地的区域位

置、面积、土壤类型、树体年龄与长势等特点,选择贵阳市乌当区和安顺市平坝县的金刺梨种植基地土壤为研究对象。乌当区采样地位于 26°45′N、106°58′E,海拔约为 1 090 m,年均气温约为 14 ℃,以石灰岩地貌为主,土壤为黄壤。平坝县采样地位于 26°28′N、106°17′E,以岩溶地貌中的石灰岩与白云岩的过渡层为主,地带性土壤为黄壤,海拔约为 1 300 m,年均气温约为 15 ℃。两地气候均属亚热带高原季风湿润气候,无霜期较长,较适宜金刺梨果树的生长。

### 1.2 样品采集

于 2014 年 7 月在乌当区和平坝县金刺梨种植基地,按照随机、等量、多点混合的原则进行蛇形布点采集根系土壤,采样深度为 0~40 cm,混合均匀后按四分法取 1 kg,两采样地分别随机采取 5~10 个土样,带回实验室自然风干,在室内剔除石块、植物残渣等杂质,用玛瑙研钵研磨,并过孔径 0.149 mm 的土壤筛<sup>[7]</sup>。

### 1.3 测定项目及方法

土壤有效锌、有效铁、有效铜、有效锰含量采用二乙三胺五乙酸(DTPA)浸提—电感耦合等离子体发射光谱法测定,有效硼含量采用沸水浸提—甲亚胺比色法测定,碱解氮含量采用碱性扩散法测定,有效磷含量采用 HCl-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 双酸浸提法测定,有效钾含量采用乙酸铵浸提—原子吸收分光光度计法测定,有机质含量采用重铬酸钾容量法—外加热法测定,pH 值采用水位浸提电位法(水土比 5:1)测定。

### 1.4 土壤有效养分分级标准

根据全国第二次土壤普查养分分级标准<sup>[8]</sup>和全国土壤有效微量元素分级标准<sup>[9]</sup>(表 1),对贵州喀斯特山区金刺梨种植基地土壤有效养分进行综合评价和施肥策略研究。

表 1 土壤有效养分分级标准

mg/kg

项目	V (极缺)	IV (缺乏)	Ⅲ (适量)	Ⅱ (高量)	I (过量)
有效锌	<0.30	0.30~0.50	0.50~1.00	1.00~3.00	>3.00
有效铁	<2.50	2.50~4.50	4.50~10.00	10.00~20.00	>20.00
有效铜	<0.10	0.10~0.20	0.20~1.00	1.00~1.80	>1.80
有效锰	<1.00	1.00~5.00	5.00~15.00	15.10~30.00	>30.00
有效硼	<0.20	0.20~0.50	0.50~1.00	1.00~2.00	>2.00
碱解氮	<30.00	30.00~60.00	60.00~120.00	120.00~150.00	>150.00
有效磷	<3.00	3.00~5.00	5.00~20.00	20.00~40.00	>40.00
有效钾	<30.00	30.00~50.00	50.00~150.00	150.00~200.00	>200.00

1.5 数据处理

采用 Excel 2003 和 SPSS 19.0 对数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 乌当区金刺梨种植基地土壤有效养分基本情况

由表 2 可知,乌当区金刺梨种植基地土壤有效锌、有效铁、有效铜、有效锰、有效硼、碱解氮、有效磷、有效钾的平均含量分别为 2.47、28.23、2.15、67.02、0.30、149.23、3.80、29.60 mg/kg,与贵州省耕地土壤有效养分平均含量(有效锌 1.50 mg/kg、有效铁 70.8 mg/kg、有效铜 2.50 mg/kg、有效锰 27.40 mg/kg、有效硼 0.44 mg/kg、碱解氮 148.94 mg/kg、有效磷 8.80 mg/kg、有效钾 123.90 mg/kg)<sup>[10]</sup>相比,乌当区金刺梨种植基地土壤上述有效养分含量分别大于、小于、小于、大于、小于、大于、小于、小于贵州省平均值,分别达到了高量、过量、过量、过量、缺乏、高量、缺乏、极缺水平。根据变异系数,除了有效锌和有效锰含量为弱变异(≤10%)外,其余有效养分含量均为低等变异(≤40%)。由表 3 可知,所有样本的有效锌、有效铁、有效铜、有效锰、碱解氮含量均处于高量及以上水平,有效硼含量分别有 20% 和 80% 的样本处于极缺和缺乏水平,有效磷含量分别有 80% 和 20% 的样本处于缺乏和适量水平,有效钾含量分别有 60% 和 40% 的样本处于极缺和缺乏水平。

表 2 乌当区金刺梨种植基地土壤有效养分的基本情况

项目	变幅/(mg/kg)	均值/(mg/kg)	CV/%
有效锌	2.24 ~ 2.63	2.47	7.55
有效铁	16.46 ~ 35.03	28.23	25.00
有效铜	1.34 ~ 2.66	2.15	24.55
有效锰	60.65 ~ 73.03	67.02	7.00
有效硼	0.17 ~ 0.48	0.30	38.78
碱解氮	120.45 ~ 192.19	149.23	20.51
有效磷	3.26 ~ 5.22	3.80	21.67
有效钾	25.3 ~ 35.34	29.60	17.95

表 3 乌当区金刺梨种植基地土壤有效养分各等级分布情况 %

项目	极缺	缺乏	适量	高量	过量
有效锌	0	0	0	100	0
有效铁	0	0	0	20	80
有效铜	0	0	0	20	80
有效锰	0	0	0	0	100
有效硼	20	80	0	0	0
碱解氮	0	0	0	60	40
有效磷	0	80	20	0	0
有效钾	60	40	0	0	0

2.2 平坝县金刺梨种植基地土壤有效养分基本情况

由表 4 可知,平坝县金刺梨种植基地土壤有效锌、有效铁、有效铜、有效锰、有效硼、碱解氮、有效磷、有效钾的平均含量分别为 1.93、18.49、2.65、25.19、0.51、171.46、24.09、49.75 mg/kg,与贵州省耕地土壤有效养分平均含量<sup>[10]</sup>相比,平坝县土壤上述有效养分含量分别大于、小于、大于、小于、大于、大于、大于、小于贵州省平均水平,分别处于高量、高量、过量、高量、适量、过量、高量、缺乏水平。根据变异系数,除碱解氮含量的变异系数较小之外,其余有效养分含量均处于低等变异水平。由表 5 可知,平坝县无有效养分处于极缺水平的样本,有效硼和有效钾含量分别有 43% 和 86% 的样本处于缺乏水平,有效锰和有效磷含量大部分样本处于高量及以上水平,其余有效养分含量所有样本均处于高量及以上水平。

表 4 平坝县金刺梨种植基地土壤有效养分的基本情况

项目	变幅/(mg/kg)	均值/(mg/kg)	CV/%
有效锌	1.37 ~ 2.32	1.93	17.83
有效铁	13 ~ 24.65	18.49	22.74
有效铜	1.82 ~ 3.41	2.65	22.68
有效锰	13.52 ~ 38.21	25.19	38.39
有效硼	0.39 ~ 0.63	0.51	18.35
碱解氮	149.17 ~ 183.93	171.46	6.83
有效磷	10.61 ~ 36.52	24.09	34.74
有效钾	38.54 ~ 78.3	49.75	26.45

表 5 平坝县金刺梨种植基地土壤有效养分各等级分布情况 %

项目	极缺	缺乏	适量	高量	过量
有效锌	0	0	0	100	0
有效铁	0	0	0	57	43
有效铜	0	0	0	0	100
有效锰	0	0	14	57	29
有效硼	0	43	57	0	0
碱解氮	0	0	0	14	86
有效磷	0	0	29	71	0
有效钾	0	86	14	0	0

2.3 喀斯特山区金刺梨种植基地土壤有效养分含量、有机质含量、pH 值之间的相关性分析

由表 6 可知,喀斯特山区金刺梨种植基地土壤有效铁含量与有效锌、有效锰含量呈极显著正相关,这与陈博等<sup>[11]</sup>的研究结果吻合;有效铁含量与有效铜、有效硼含量呈极显著负相关;有效锰含量与有效硼、有效磷、有效钾含量呈显著负相关;有效磷含量与有效硼、碱解氮、有效钾含量呈显著或极显著正相关,这与王男麒等<sup>[12]</sup>的研究结果相似。

土壤有机质能改善土壤的团粒结构,使土质疏松,缓和施肥不当造成的不良反应,提高作物的肥效<sup>[13]</sup>。由表 6 可知,有机质含量与有效铜含量呈极显著正相关,说明土壤有效铜含量随着有机质含量增加而增加,原因可能为土壤有机质在分解过程中产生的酸性物质降低了土壤的酸碱度,其产生的有

机酸和腐殖酸可与铜离子形成络合反应,同时有机质还可能与铜结合产生沉淀,并将铜固定在土壤表层,增加了铜的有效性。此外,土壤有机质含量与有效硼、碱解氮含量的相关系数也较高,说明提高种植基地的土壤有机质含量可以增加土壤养分的有效性<sup>[14-15]</sup>。

表 6 喀斯特山区金刺梨种植基地土壤有效养分含量、有机质含量、pH 值之间的相关系数

	有效锌	有效铁	有效铜	有效锰	有效硼	碱解氮	有效磷	有效钾	有机质	pH
有效锌	1.00									
有效铁	0.74 **	1.00								
有效铜	-0.33	-0.75 **	1.00							
有效锰	0.82 **	0.73 **	-0.40	1.00						
有效硼	-0.52	-0.76 **	0.54	-0.63 *	1.00					
碱解氮	-0.16	-0.55	0.33	-0.48	0.50	1.00				
有效磷	-0.32	-0.44	0.26	-0.69 *	0.64 *	0.61 *	1.00			
有效钾	-0.32	-0.31	0.13	-0.68 *	0.33	0.58	0.84 **	1.00		
有机质	0.08	-0.52	0.73 **	0.02	0.55	0.40	0.20	0.05	1.00	
pH	-0.81 **	-0.73 **	0.47	-0.98 **	0.60 *	0.45	0.57	0.60 *	0.01	1.00

注: \*、\*\* 分别表示相关性显著( $P<0.05$ )、极显著( $P<0.01$ )。

土壤 pH 值是影响土壤有效养分含量的重要因素之一。从表 6 可知,土壤 pH 值与土壤有效养分含量关系密切,土壤 pH 值与有效锌、有效铁、有效锰含量呈极显著负相关,这与前人<sup>[16-18]</sup>研究结论吻合,表明酸性土壤有利于增加有效锌、有效铁、有效锰的有效性。因为 pH 值较高的土壤会产生较多的 OH<sup>-</sup>,与土壤中的某些有效态元素形成难溶的氢氧化物,降低了其有效性;而 pH 值降低,土壤中的碳酸钙含量也降低,对有效态养分离子的吸附力也下降,有效养分的溶解度变高。pH 值与有效硼、有效钾含量呈显著正相关,这与前人<sup>[19]</sup>所得结论类似,这是因为土壤 pH 值越低,有效硼越容易被淋失<sup>[20]</sup>,当土壤 pH 值在 4.0~6.7 时,有效硼含量随 pH 值升高而增加,虽然酸性环境可以增加有效硼的溶解性,但易被淋失,而且酸性土壤富含铁铝(主要为三价铝),其对硼的吸附固定也使土壤有效硼含量相应降低<sup>[21]</sup>;土壤酸度越高,土壤胶体中的钾易被氢所替代,土壤溶液中的钾也易被雨水淋失<sup>[22]</sup>。

3 结论与讨论

本研究结果表明,贵州省平坝县金刺梨种植基地的土壤有效养分含量总体好于乌当区金刺梨种植基地,平坝县金刺梨种植基地土壤有效锌、有效铁、有效铜、有效锰、有效硼、碱解氮、有效磷、有效钾含量分别达到高量、高量、过量、高量、适量、过量、高量、缺乏水平,应注意补施钾肥,控制微肥,以提高土壤耕地环境质量,促进喀斯特山区金刺梨种植基地的健康发展;乌当区金刺梨种植基地土壤有效锌、有

效铁、有效铜、有效锰、有效硼、碱解氮、有效磷、有效钾含量分别处于高量、过量、过量、过量、缺乏、高量、缺乏、极缺水平,需及时补施有效硼、有效磷和有效钾,控制有效铁、有效铜、有效锰用量,稳定氮肥用量,防止土壤养分的比例失调。综合分析,贵州省乌当区金刺梨种植基地土壤缺乏有效硼、有效磷和有效钾,平坝县土壤缺乏有效钾,有效硼含量也不高,通过田间调查发现,两地普遍施用氮肥,但很少施用有机肥料,使土壤的硼素、磷素和钾素得不到及时补充,并影响作物的吸收利用;而过多施用氮肥,会促进植物的生长<sup>[23]</sup>,增加作物对硼素、磷素和钾素的需求量,加之贵州喀斯特地区特殊的地质条件,岩体具有较高的裂隙与渗透性,土壤养分易受降雨淋溶而造成营养下渗和流失,而贵州土壤本身硼素、磷素与钾素的贮存量较低<sup>[24-25]</sup>,易导致土壤有效养分的供求失衡。土壤 pH 值与有效硼、有效磷、有效钾含量呈正相关关系,其中与有效硼和有效钾含量之间的相关性达到显著水平。因此,可以通过调节两地土壤的酸碱度来提高土壤的有效硼、有效磷和有效钾含量,改善两地金刺梨种植基地土壤有效养分含量状况,以利于金刺梨的根系生长与土壤营养的吸收<sup>[26]</sup>。

参考文献:

[1] 彭华昌. 毕节地区刺梨资源调查简报[J]. 资源开发与保护,1991(1):27.  
[2] 韦景枫,钟漫,程友忠,等. 无籽刺梨试管苗移栽及其影响因素的探讨[J]. 中国林副特产,2010(1):30-31.

## 参考文献:

- [1] 郑惠玲. 测墒补灌与氮肥运筹方式配合对不同小麦品种水肥利用的影响[D]. 郑州:河南农业大学, 2014.
  - [2] 张凤翔, 周明耀, 徐华平, 等. 水肥耦合对冬小麦生长和产量的影响[J]. 水利与建筑工程学报, 2005, 3(2): 22-24.
  - [3] 李开峰, 张富仓, 祁有玲, 等. 根区水肥空间耦合对冬小麦生长及产量的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(12): 3154-3160.
  - [4] 赵淑章, 季书勤. 水氮运筹与强筋小麦产量和品质关系研究[J]. 土壤肥料, 2005(6): 23-26.
  - [5] 孔东, 晏云, 段艳, 等. 不同水氮处理对冬小麦生长及产量影响的田间试验[J]. 农业工程学报, 2008, 24(12): 36-40.
  - [6] 顾国俊, 季仁达, 吴传万. 水肥耦合对小麦产量的影响研究[J]. 园艺与种苗, 2012(1): 11-13.
  - [7] 王小燕, 王东, 于振文. 水氮互作对小麦旗叶光合特性、籽粒产量及氮素和水分利用率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(6): 17-22.
  - [8] 姚战军, 张永刚. 水氮运筹对小麦光合作用及产量的影响[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(7): 58-59.
  - [9] 李绍飞, 王仰仁, 孙书洪, 等. 不同节水灌溉方案对冬小麦用水效率及效益的影响[J]. 节水灌溉, 2011(3): 1-5, 8.
  - [10] 翟军海, 凌莉, 高亚军, 等. 补充灌溉、氮素营养与秸秆覆盖对冬小麦生长及产量的影响研究[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(1): 130-132.
  - [11] 王德权, 马忠明, 杨蕊菊, 等. 水肥耦合条件下间作小麦光合特性的响应[J]. 中国农学通报, 2009, 25(15): 215-218.
  - [12] 武继承, 杨永辉, 郑惠玲, 等. 不同水分条件对小麦—玉米两熟制作物生长和水分利用的影响[J]. 华北农学报, 2010, 25(1): 126-130.
  - [13] 刘作新, 郑昭佩, 王建. 辽西半干旱区小麦、玉米水肥耦合效应研究[J]. 应用生态学报, 2000, 11(4): 540-544.
  - [14] 王林权, 孙春梅, 邢维芹, 等. 冬小麦拔节期追肥与土壤湿度的生物效应[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(1): 38-42.
- 
- (上接第56页)
- [3] 伍应德. 基于生态环境的贵州喀斯特山区现代农业发展模式探讨[J]. 贵州农业科学, 2013, 41(8): 246-249.
  - [4] 邓朝义, 方仕能, 黄勇. 贵州特有种种子植物无籽刺梨形态特征研究及分类学订正[J]. 种子, 2009, 28(9): 62, 68.
  - [5] 郑元, 辛培尧, 高健, 等. 无籽刺梨的研究与应用现状及展望[J]. 贵州林业科技, 2013, 41(2): 62-64.
  - [6] 杨剑虹, 王成林, 代亨林. 土壤农化分析与环境监测[M]. 北京: 中国大地出版社, 2008: 42-48.
  - [7] Yang H, Hu J W, Huang X F, *et al.* Risk assessment of heavy metals pollution for *Rosa sterilis* and soil from planting bases located in Karst areas of Guizhou province[J]. Applied Mechanics and Materials, 2015, 700: 475-481.
  - [8] 全国土壤普查办公室. 全国第二次土壤普查暂行技术规程[M]. 北京: 农业出版社, 1979.
  - [9] 沈善敏. 中国土壤肥力[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
  - [10] 贵州省土壤普查办公室. 贵州省土壤[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1994.
  - [11] 陈博, 任艳芳, 段建军, 等. 贵州铜仁主要烟区植烟土壤有效态微量元素含量及评价[J]. 西北农业学报, 2012, 21(7): 107-111.
  - [12] 王男麒, 彭良志, 淳长品, 等. 赣南柑桔园背景土壤营养状况分析[J]. 中国南方果树, 2012, 41(5): 1-4.
  - [13] 唐将, 李勇, 邓富银, 等. 三峡库区土壤营养元素分布特征研究[J]. 土壤学报, 2005, 42(3): 473-478.
  - [14] 罗昭标, 王木荣, 陈瑾, 等. 资溪县植烟土壤养分状况及相互关系研究[J]. 广东农业科学, 2013, 40(2): 42-45.
  - [15] 张强, 魏钦平, 刘惠平, 等. 苹果园土壤养分与果实品质关系的多元分析与优化方案[J]. 中国农业科学, 2011, 44(8): 1654-1661.
  - [16] Cole C V. Hydrogen and calcium relationships of calcaireous soil[J]. Soil Science, 1957, 83(2): 141-150.
  - [17] Thomas S J. Soil pH effects on the distribution and plant availability of manganese, copper and zinc[J]. Soil Science Society of America Journal, 1986, 50(2): 367-373.
  - [18] Page E R. Studies in soil and plant manganese[J]. Plant and Soil, 1962, 17(1): 99-108.
  - [19] 陈朝阳. 南平市植烟土壤 pH 状况及其与土壤有效养分的关系[J]. 中国农学通报, 2011, 27(5): 149-153.
  - [20] 黄建凤. 影响土壤有效硼含量的因素研究[J]. 现代农业科技, 2008(9): 108, 111.
  - [21] 郑长训, 朱喜梅, 孙笑梅, 等. 河南省土壤有效硼的含量与硼肥的合理施用[J]. 河南农业科学, 1998(3): 25-27.
  - [22] 王静. 矿质营养对桔梗生长及有效成分的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.
  - [23] 关博谦. 重庆市烤烟关键性元素调控研究[D]. 重庆: 西南农业大学, 2005.
  - [24] 安德艳, 艾复清. 铜仁地区植烟土壤类型及肥力分析[J]. 贵州农业科学, 2010, 38(6): 126-129, 133.
  - [25] 周国兰, 赵华富, 王校常, 等. 贵州茶园土壤养分调查分析[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(8): 116-120.
  - [26] 吴中营, 王东升, 张四普, 等. 河南省3个梨主产区果园土壤养分分析[J]. 河南农业科学, 2013, 42(11): 60-63.