

广元市元坝区植烟土壤养分状况综合评价

蔡 艳, 张 毅, 朱海涛, 吴德勇
(四川农业大学 资源环境学院, 四川 雅安 625000)

摘要: 采用主成分分析法和动态聚类法对广元市元坝区 58 个植烟土壤样品养分状况进行了综合评价, 结果表明: 元坝区各植烟乡镇土壤养分分布很不平衡; 土壤 pH 值偏高, 有效磷、有效钾、有效锰和氯含量大多不能满足烤烟生长需要, 在生产上应注意通过施肥调节。58 个土样养分综合得分可分为 4 级: I 级养分综合水平最高, 得分值为 2 2546~5 3471, 占 28.07%; II 级与 I 级各养分差异不大, 占 31.58%; III 级得分值为 -3 8801~-0 9169, 占 29.82%, 其速效磷、速效钾、有效铁、有效硫含量显著低于 I 级; IV 级得分值为 -8 1080~-5 0492, 占 10.53%, 其交换性镁、有效铁、速效钾、速效磷、全氮、有机质、有效硫含量显著低于 I 级。

关键词: 烟草; 土壤; 养分; 综合评价

中图分类号: S572 S158 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2009)05-0056-05

Comprehensive Evaluation on Nutrients of Soil Samples Planting Tobacco in Yuanba Area of Guangyuan City

CAI Yan, ZHANG Yi, ZHU Hai-tao, WU De-yong

(College of Resources and Environment, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625000, China)

Abstract: Comprehensive evaluation on nutrients of soil samples planted tobacco in Yuanba area, Guangyuan city by principal component analysis and dynamic clustering methods were. The results indicated that all townships planting tobacco in Yuanba area were very uneven distribution of soil nutrients; The pH values of soil samples were higher, and the contents of available P, available K, available Mn and Cl of soil samples were mostly could not meet tobacco needs, so that we should regulate nutrient content through fertilization. Nutrient comprehensive score of 58 soil samples could be divided into 4 levels. Rank I was the highest comprehensive level, which ranged from 2 2546 to 5 3471 and accounted for 28.07%; Rank II had not difference in the various targets and accounted for 31.58%; Rank III accounting for 29.82% scored for -3 8801~-0 9169, and contents of available P, available K, available Fe and available S were obviously lower than rank I; Rank IV accounting for 10.53% scored for -8 1080~-5 0492, and contents of exchangeable Mg, available Fe, available K, available P, total N, organic matter and available S were obviously lower than rank I.

Key words: Tobacco; Soil; Nutrient; Comprehensive evaluation

烟草是我国重要的经济作物之一, 具有重要经济价值, 在发展地方经济、增加国家财政积累、为国家出口创汇方面作用突出^[1]。烟草的适应性很强, 但在不同环境条件下所产的烟叶质量或风味却有很大差别^[1]。烟草的香吃味特性受遗传因素控制, 但在很大程度上也受其生长环境制约, 如土壤、温度、

光照、湿度等^[2]。土壤养分含量是评价土壤肥力的重要指标, 其丰缺状况和供应强度直接影响着烟草的生长发育、产量和品质表现^[3]。为此, 对广元市元坝区植烟土壤养分状况进行综合分析评价, 旨在为合理利用元坝区植烟土壤生产优质烟叶提供参考, 也为其他地区优质烟叶生产提供依据。

收稿日期: 2008-10-20

作者简介: 蔡 艳(1976-), 女, 四川达县人, 讲师, 硕士, 主要从事植物营养学和土壤生物肥力的教学和科研工作。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

元坝区为广元市烟草主产区,地处北纬 31°54′~32°23′,东经 105°32′~106°05′。元坝区属盆周丘陵向山区过渡地带,以低山为主,平均海拔 900 m。土壤主要以平坝灰棕色冲积壤土和低山黄红花紫泥土为主,土质疏松、富含有机质,pH 值 5.0~7.0。气候为亚热带湿润季风气候,年平均气温 16.1℃,年日均气温在 0℃以上为 350 d,无霜期 263 d,年均日照时数 1389 h,平均太阳辐射总能 387.7 kJ/m²,年降雨量 1080 mm,相对湿度 68%。

1.2 样品采集

在元坝区各植烟乡镇采集有代表性的土壤样品 58 个,每个样品用“S”形取样法取 8~10 个土样构成一个混合样。采样深度为 0~20 cm。

1.3 测定项目和方法

为了满足烟叶加工和烟株生长发育对土壤的需要,测定了土壤 pH、有机质、全氮、碱解氮、速效磷、速效钾、硝态氮、有效锌、有效锰、有效铁、有效铜、交换性钙、交换性镁、有效硫、氯离子等 15 个指标。均采用常规分析方法分析^[4]。

1.4 数据处理

利用 Excel 和 DPS 软件对 58 个土壤样品的 15 项养分指标进行主成分分析,求得各土壤样品养分状况的综合得分,然后对综合得分进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 元坝区植烟土壤养分含量

由表 1 可以看出,元坝区内各植烟乡镇有效铁与硝态氮的变异系数最大,分别达到 121.46% 和 113.84%,变幅分别为 1.45~187.42 mg/kg 和 0.15~131.77 mg/kg。速效磷的变异系数其次,为 77.25%,变幅为 2.74~59.48 mg/kg。有效锌、有效锰、有效铜、有效硫、氯离子的变异系数再其次,但均在 50% 以上。pH 的变化范围相对最小,变幅为 5.35~8.69,变异系数为 8.27%。总体来看,元坝区各乡镇植烟区土壤大多养分变化幅度较大,说明元坝区各植烟乡镇养分分布很不平衡。

2.1.1 pH 一般烤烟生长适宜 pH 范围较广,但最适宜生长的 pH 范围为 5.5~6.5^[5,9]。土壤 pH 值不仅影响烤烟对养分的吸收、土壤养分的有效性 & 微生物的分布,还直接影响着烤烟的生长及品质。元坝区植烟土壤 pH>6.5 的样品数占 91.38%,

表 1 元坝区植烟土壤养分含量

指 标	变幅	平均值	标准差	变异系数 (%)
pH	5.35~8.69	7.25	0.60	8.27
有机质(g/kg)	7.00~26.30	18.03	4.63	25.69
全氮(g/kg)	0.51~1.73	1.22	0.30	24.69
碱解氮(mg/kg)	23.00~126.00	73.09	24.92	34.10
速效磷(mg/kg)	2.74~59.48	15.33	11.84	77.25
速效钾(mg/kg)	16.00~208.00	111.28	43.21	38.83
硝态氮(mg/kg)	0.15~121.77	22.59	25.72	113.84
有效铁(mg/kg)	1.45~187.42	30.02	36.47	121.46
有效锰(mg/kg)	9.32~94.45	29.71	15.31	51.51
有效铜(mg/kg)	0.59~4.71	1.68	0.87	51.85
有效锌(mg/kg)	0.14~3.06	1.15	0.65	56.91
氯离子(mg/kg)	1.40~38.00	13.90	0.01	55.34
交换性钙(g/kg)	0.99~6.55	3.28	1.21	37.09
交换性镁(g/kg)	0.09~0.30	0.20	0.05	26.77
有效硫(mg/kg)	4.50~87.76	44.12	18.78	42.57

说明该区域植烟土壤绝大多数 pH 值偏高,不适宜烤烟生长,可适当施用酸性肥料或生理酸性肥料调节。

2.1.2 有机质 土壤有机质含量一方面与土壤氮素供应状况相关,另一方面也影响烟叶的香气^[1]。李仲林等^[3]指出,植烟土壤的有机质含量不宜太高,以便人为调控氮素的供应。一般认为,植烟土壤的有机质含量以 10.0~20.0 g/kg 为宜,我国南方烟区以 15.0~30.0 g/kg 为宜^[7]。元坝区植烟土壤有机质含量在 15.0~30.0 g/kg 的样品数占 65.52%,说明该区域植烟土壤有机质含量大多适宜烤烟生长。

2.1.3 氮 适量的氮素营养可促使烟株生长发育良好,叶片大小适中,获得理想的质量和产量^[11]。元坝区所有植烟土壤样品全氮含量均小于 2 g/kg,说明元坝区植烟土壤普遍供氮潜力不足。

有研究表明^[7],当土壤碱解氮含量高于 60 mg/kg 时对烟叶生长较为适宜,且烤烟品质不受土壤氮素含量影响。元坝区植烟土壤碱解氮含量超过 60 mg/kg 的样品数占 67.24%,说明该区域植烟土壤碱解氮含量大多适宜烤烟生长。

2.1.4 磷和钾 当土壤速效磷含量大于 20 mg/kg 时,一般作物可从土壤中得到充分的磷素供应而不必施用磷肥,这种土壤称为有效磷丰富的土壤;而有效磷含量低于 10 mg/kg 时,则为缺磷土壤^[8]。元坝区植烟土壤有效磷含量高于 20 mg/kg 的样品数仅占 25.86%,说明该区域植烟土壤大多需要施用磷肥;其中有效磷含量低于 10 mg/kg 样品数占 43.10%,应该重施磷肥。

烤烟是喜钾作物,土壤中钾供应丰缺与否,直接影响烤烟的品质。钾不仅与烟株的健壮和产量形成

有重要关系,而且与烟叶外观、内在质量关系更为密切^[9]。对烤烟来说,速效钾含量小于 120 mg/kg,则属于缺钾土壤^[10]。元坝区植烟土壤速效钾含量大于 120 mg/kg 的样品数仅占 39.66%,说明该区域植烟土壤大多需要施用钾肥。

2.1.5 微量元素 微量元素与烤烟品质,特别是香气量有很大关系,土壤中微量元素有效含量序列也与烤烟的品质序列是基本一致的^[9]。根据土壤微量元素的分级标准^[10],元坝区植烟土壤有效锌含量大于 0.50 mg/kg 的样品数占 86.21%,说明该区域植烟土壤有效锌含量大多能满足烤烟生长需要;所有样品有效锰含量均小于 100 mg/kg,说明该区域植烟土壤全部需要施用锰肥;有效铁含量变幅较大,但绝大多数样品有效铁含量大于 2.50 mg/kg,仅 1.72%的样品有效铁含量小于 2.50 mg/kg,说明绝大多数植烟土壤有效铁含量能满足烤烟生长需要;所有样品有效铜含量均大于 0.20 mg/kg,说明该区域植烟土壤有效铜含量能满足烤烟生长需要。袁家富等^[11]认为,烤烟生长适宜区的土壤水溶性氯含量为 25~30 mg/kg,元坝区植烟土壤氯离子含量为 1.4~38.0 mg/kg,小于 25 mg/kg 的样品数占

75.00%,说明该区域植烟土壤大多氯含量偏低,不适宜烤烟生长。

2.1.6 中量元素 马京民等^[12]认为,土壤中交换性钙、交换性镁和有效硫缺乏的临界值分别为 0.40 g/kg、0.05 g/kg 和 10 mg/kg。元坝区植烟土壤交换性钙含量为 0.99~6.55 g/kg,所有样品交换性钙含量均大于 0.40 g/kg,说明该区域植烟土壤交换性钙含量能满足烤烟生长需要;交换性镁含量为 0.09~0.30 g/kg,其中大于 0.50 g/kg 的样品数占 57.89%,说明该区域植烟土壤交换性镁含量大多能满足烤烟生长需要;有效硫含量为 4.50~87.76 mg/kg,其中大于 10 mg/kg 的样品数占 98.28%,说明该区域植烟土壤有效硫含量绝大多数能满足烤烟生长需要。

2.2 元坝区植烟土壤养分综合评价

2.2.1 各养分指标间的相关性 由表 2 可以看出,每一养分指标与其他指标间均存在不同程度的相关性。由于这些相关性的存在,直接利用各养分指标对土壤养分状况进行综合评价时,可能会出现信息的重叠,致使评价结果产生偏差。因此,利用主成分分析法对复杂的指标体系进行信息提取。

表 2 元坝区植烟土壤养分间的相关系数

指标	pH	有机质	全氮	碱解氮	速效磷	速效钾	硝态氮	有效锌	有效锰	有效铁	有效铜	交换性钙	交换性镁	有效硫	氯离子
pH	1														
有机质	-0.14	1													
全氮	-0.08	0.98**	1												
碱解氮	-0.14	-0.01	-0.03	1											
速效磷	0.04	0.10	0.06	0.19	1										
速效钾	0.15	0.13	0.13	0.22	0.34**	1									
硝态氮	-0.27*	-0.01	-0.03	-0.12	0.22	0.03	1								
有效锌	-0.05	0.02	-0.03	-0.07	0.28*	-0.09	0.12	1							
有效锰	-0.52**	-0.06	-0.09	0.25	-0.02	0.07	0.25	-0.20	1						
有效铁	-0.56**	0.08	0.04	0.38**	0.01	-0.01	0.02	-0.04	0.39**	1					
有效铜	-0.46**	-0.02	-0.04	0.33*	0.35**	0.14	0.26*	0.01	0.27*	0.60**	1				
交换钙	0.14	0.03	0.01	0.01	0.06	0.18	0.08	0.07	-0.10	-0.30*	-0.15	1			
交换镁	-0.09	0.02	0.05	-0.23	-0.04	0.09	0.02	-0.06	0.19	0.18	0.01	-0.09	1		
有效硫	0.15	-0.12	-0.10	-0.06	0.18	0.33*	0.09	0.04	0.24	-0.05	-0.07	0.18	0.01	1	
氯离子	0.04	-0.07	-0.11	-0.16	0.02	0.06	-0.11	0.14	-0.08	-0.02	0.03	0.09	0.01	0.01	1

注: *表示相关系数达到显著水平; **表示相关系数达到极显著水平

2.2.2 主成分分析 利用 DPS 软件对元坝区 58 个植烟土样的 15 个养分指标进行主成分分析。以 15 个指标为列和以 58 个样本为行构成的两两相关矩阵通过 DPS 软件(多元分析—多因素分析—主成分分析)计算出相关矩阵的特征值、各主成分所占百分率与累计百分率,结果见表 3。

由表 3 可以看出,前 9 个主成分的累计贡献率达到了 87.81%,表明这 9 个主成分从 15 项指标中提取的信息量,已经达到原始数据提供信息总量的绝大部分(≥85%)。表 4 为前 9 个特征值对应的特征向量。由表 3 和表 4 可以看出,第 1 主成分反映了全部信息的 18.60%,在第 1 主成分上各指标所

对应的特征向量绝对值较大的指标为 pH、有效锰、有效铁、有效铜,说明第 1 主成分为元坝区植烟土壤 pH、有效锰、有效铁、有效铜养分状况的综合反映。其他 8 个以此类推。

表 3 元坝区植烟土壤养分主成分提取结果

主成分	特征值	百分率(%)	累计百分率(%)	主成分	特征值	百分率(%)	累计百分率(%)
1	2.790	18.60	18.60	9	0.744	4.96	87.81
2	2.065	13.77	32.37	10	0.530	3.53	91.34
3	1.864	12.43	44.79	11	0.461	3.08	94.42
4	1.395	9.30	54.09	12	0.385	2.57	96.99
5	1.380	9.20	63.29	13	0.244	1.62	98.61
6	1.146	7.64	70.93	14	0.191	1.27	99.89
7	0.969	6.46	77.39	15	0.017	0.11	100.00
8	0.820	5.46	82.85				

表 4 前 9 个特征值对应的特征向量

指标	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pH	-0.4535	0.0078	0.1834	0.1382	-0.1986	0.1089	-0.2838	-0.0513	-0.0688
有机质	0.0820	0.6739	-0.0788	0.0019	0.0431	-0.0086	0.0958	0.0735	-0.0701
全氮	0.0585	0.6749	-0.0950	0.0515	0.0453	-0.0182	0.0408	0.0688	-0.0777
碱解氮	0.2806	-0.0228	0.1469	0.1097	-0.5977	-0.1039	0.1080	0.0531	0.2660
速效磷	0.1327	0.1264	0.5057	-0.2667	-0.0748	0.0550	-0.3501	-0.0533	-0.0414
速效钾	0.0672	0.1658	0.4894	0.3186	-0.0899	0.2454	-0.0777	-0.1883	-0.0303
硝态氮	0.1897	-0.0311	0.2055	-0.2016	0.4520	-0.4441	-0.0800	-0.3312	-0.2202
有效锌	-0.0382	0.0331	0.1887	-0.6143	0.1302	0.0492	-0.0209	0.4866	0.3898
有效锰	0.3915	-0.1519	0.0256	0.3304	0.2324	-0.1250	0.1987	0.2019	-0.0631
有效铁	0.4873	-0.0346	-0.1380	-0.0028	-0.1011	0.2262	0.0365	0.1499	0.1093
有效铜	0.4609	-0.0569	0.1293	-0.2075	-0.1197	0.1172	-0.0674	-0.2743	-0.1286
交换性钙	-0.1663	0.0701	0.3340	0.0500	0.0746	-0.1983	0.5940	-0.2990	0.4891
交换性镁	0.0953	0.0162	-0.0928	0.2374	0.4663	0.4368	-0.3120	-0.1845	0.5266
有效硫	-0.0199	-0.0784	0.4371	0.3319	0.2313	-0.0153	0.0367	0.5746	-0.1818
氯离子	-0.0749	-0.0741	0.0938	-0.2330	0.0973	0.6350	0.5144	-0.0872	-0.3584

2.2.3 聚类分析和养分综合等级 由 DPS 可得到提取的 9 个主成分与原 15 项土壤养分指标的标准化数据的线性组合,由此即可算出各样品 9 个主成分的得分值。表 5 是利用 DPS 对 58 个土壤样品主成分得分值进行聚类分析的结果。从表 5 可以看出,元坝区 58 个植烟土壤样品养分综合等级可分为 4 个等级(其中有 1 个得分值为异常值,没有列入表内分析),其等级水平和得分值分别为:Ⅰ级(高, $2.2546 \leq F \leq 5.3471$)、Ⅱ级(较高, $-0.5742 \leq F \leq 1.7134$)、Ⅲ级(中等, $-3.8801 \leq F \leq -0.9169$)、Ⅳ级(低, $-8.1080 \leq F \leq -5.0492$),其比例分别为 28.07%、31.58%、29.82%和 10.53%。总的来说,元坝区植烟土壤整体养分综合水平较高,土壤养分综合等级达到中等及其以上的土样占 89.47%,其中高与较高的土样占 59.65%。

2.2.4 各等级养分含量比较 从表 6 可以看出,元坝区植烟土壤 4 个养分综合等级间 pH 值不存在显著差异。4 个养分综合等级(Ⅰ—Ⅳ级)有机质平均含量分别为 20.31 g/kg、18.40 g/kg、17.72 g/kg 和

表 5 元坝区植烟土壤养分综合等级分布比例

烟区土壤 养分等级	得分值范围	土样数	各等级 比例(%)	累计比例 (%)
Ⅰ	2.2546~5.3471	16	28.07	28.07
Ⅱ	-0.5742~1.7134	18	31.58	59.65
Ⅲ	-3.8801~-0.9169	17	29.82	89.47
Ⅳ	-8.1080~-5.0492	6	10.53	100.00

11.90 g/kg,Ⅰ级有机质平均含量最高,且前 3 个等级有机质平均含量显著高于Ⅳ级。4 个养分综合等级间全氮平均含量分别为 1.37 g/kg、1.23 g/kg、1.21 g/kg 和 0.84 g/kg,Ⅰ级全氮平均含量最高,且前 3 个等级全氮平均含量显著高于Ⅳ级。Ⅰ—Ⅳ级碱解氮平均含量和硝态氮平均含量不存在显著差异。Ⅰ—Ⅳ级速效磷平均含量分别为 16.84 mg/kg、20.35 mg/kg、11.29 mg/kg 和 8.97 mg/kg,Ⅱ级速效磷平均含量最高,且显著高于Ⅳ级。Ⅰ—Ⅳ级速效钾平均含量分别为 139.69 mg/kg、125.28 mg/kg、87.35 mg/kg 和 65.00 mg/kg,Ⅰ级速效钾平均含量最高,且Ⅰ级和Ⅱ级速效钾平均含量显著高于Ⅲ级

和Ⅳ级。Ⅰ—Ⅳ级有效锌、有效锰、有效铜和氯离子平均含量均没有显著差异。Ⅰ—Ⅳ级有效铁平均含量分别为 46.86 mg/kg、31.35 mg/kg、15.89 mg/kg 和 12.34 mg/kg,Ⅰ级有效铁平均含量最高,且Ⅰ级有效铁含量显著高于Ⅱ级和Ⅳ级。Ⅰ—Ⅳ级交换性钙平均含量没有显著差异。Ⅰ—Ⅳ级交换性镁平均含量分别为 0.22 g/kg、0.19 g/kg、0.19 g/kg 和

0.15 g/kg,Ⅰ级交换性镁平均含量最高,且Ⅰ级交换性镁含量显著高于Ⅳ级。Ⅰ—Ⅳ级有效硫平均含量分别为 53.48 mg/kg、46.30 mg/kg、36.77 mg/kg、28.44 mg/kg,Ⅰ级有效硫平均含量最高,且Ⅰ级有效硫平均含量显著高于Ⅱ级与Ⅳ级,Ⅱ级有效硫平均含量显著高于Ⅳ级。

表 6 元坝区各等级植烟土壤各养分平均含量

等级	pH	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	硝态氮 (mg/kg)	有效锌 (mg/kg)	有效锰 (mg/kg)	有效铁 (mg/kg)	有效铜 (mg/kg)	交换性钙 (g/kg)	交换性镁 (g/kg)	有效硫 (mg/kg)	氯离子 (mg/kg)
Ⅰ	7.0a	20.31a	1.37a	83.00a	16.84ab	139.69a	22.10a	1.34a	31.96a	46.86a	1.73a	3.34a	0.22a	53.48a	13.2a
Ⅱ	7.2a	18.40a	1.23a	71.39a	20.35a	125.28a	27.11a	1.22a	32.21a	31.53ab	1.96a	3.11a	0.19ab	46.30ab	16.2a
Ⅲ	7.1a	17.72a	1.21a	64.29a	11.29ab	87.35b	15.30a	0.96a	23.18a	15.89b	1.41a	3.32a	0.19ab	36.77bc	12.5a
Ⅳ	7.3a	11.90b	0.84b	77.17a	8.97b	65.00b	28.51a	1.07a	23.95a	12.34b	1.48a	2.95a	0.15b	28.44c	11.2a

注: 同列不同字母表示植烟土样各养分平均含量在不同肥力等级间的差异达到显著水平

3 讨论

1) 研究结果表明, 广元市元坝区有 34.48% 的植烟土壤缺乏有机质, 为了维持地力, 应在施肥中适当增加有机肥的比重。同时在高肥力地块应适当控制氮肥用量, 避免在烟株生长后期因氮素过量而造成烟叶成熟期推迟, 烟碱含量过高, 刺激性和杂气过大, 香气变差等; 在肥力水平中等和稍低的地块, 应适当增施氮肥和磷、钾肥, 为优质烟叶生长提供良好的土壤保障。

2) 烟草虽为忌氯作物, 但氯含量过低可造成烟叶的弹性差, 膨胀率低, 易破碎, 切丝率和填充性低等^[13]。元坝区植烟土壤有缺氯现象, 在生产中应适当施用含氯肥料以满足烟叶产质对氯元素的需求。

3) 元坝区植烟土壤有效锰含量较低, 缺锰时烟株纤弱, 茎秆细长, 叶片狭窄^[7], 可叶面喷施一定数量的硫酸锰补充。

4) 当硫含量过多时, 可能对烟叶的燃烧性造成较大影响^[5]。元坝区植烟土壤有效硫含量丰富, 在生产中应合理控制含硫肥料的施用量, 防止土壤硫素过量带来的负面影响。

参考文献:

[1] 王东胜, 刘贯山, 李章海. 烟草栽培学[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2002.

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

[3] 李仲林, 周秀如, 凌云霄, 等. 论我国优质烤烟基地的土壤环境[J]. 中国烟草科学, 1987(4): 34.

[4] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000.

[5] 刘泓, 熊德中, 张清明, 等. 福建三明烟区土壤肥力状况的研究[J]. 土壤通报, 2004, 35(4): 426-429.

[6] 唐莉娜, 刘淑欣, 熊德中, 等. 调节土壤酸度对烤烟生长和品质的影响[J]. 福建农林大学学报, 1999, 28(1): 71-76.

[7] 宋承鉴, 宋月家. 广西植烟土壤特征分析[J]. 中国烟草, 1994(2): 5-9.

[8] 鲁如坤. 土壤—植物营养学原理和施肥[M]. 北京: 化学工业出版社, 1998: 103-104.

[9] 胡国松, 郑伟, 王震东, 等. 烤烟营养原理[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 14-252.

[10] 黄建国. 植物营养学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2004: 190-232.

[11] 袁家富, 章新军. 鄂西南烟区土壤的主要肥力特征分析[J]. 湖北农业科学, 2002(1): 38-40.

[12] 马京民, 马聪, 李彰, 等. 信阳市不同类型植烟土壤养分现状及平衡施肥[J]. 河南农业科学, 2003(10): 38-42.

[13] 曹志洪. 优质烤烟生产的土壤与施肥[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1991.