

湘西植烟土壤交换性镁含量 及空间分布研究

黎娟¹, 邓小华^{1,2*}, 周米良³, 刘逊¹, 田茂成³, 田峰³, 冯晓华⁴, 吴秋明⁴

(1. 湖南农业大学 农学院 湖南 长沙 410128; 2. 湖南农业大学 烟草研究院 湖南 长沙 410128; 3. 湘西自治州烟草专卖局 湖南 吉首 416000; 4. 湘西自治州农业局 湖南 吉首 416000)

摘要: 为了解湘西州植烟土壤交换性镁含量分布状况, 测试湘西州主要烟区 488 个土壤样本的交换性镁含量, 采用传统统计学和地统计学方法分析了湘西州植烟土壤交换性镁含量适宜样本分布、县域差异、土壤类型差异、海拔差异及空间分布。结果表明: (1) 湘西州植烟土壤交换性镁含量总体上适宜, 平均值为 177.76 mg/kg, 变异系数为 54.24%, 处于适宜范围内的样本占 32.38%。(2) 不同县之间的植烟土壤交换性镁含量差异达极显著水平, 保靖县、龙山县和凤凰县植烟土壤交换性镁含量属丰富水平, 古丈县植烟土壤交换性镁含量属缺乏水平。(3) 不同植烟土壤类型的交换性镁含量差异达显著水平, 灰黄棕土的交换性镁含量显著高于水稻土。(4) 不同海拔高度的植烟土壤交换性镁含量差异达极显著水平, 湘西州植烟土壤交换性镁含量有随海拔升高而升高的趋势。(5) 植烟土壤交换性镁含量 Kriging 插值图显示, 湘西州植烟土壤交换性镁含量呈有规律地分布, 在龙山县的北部、永顺县的东部、保靖县的东部、花垣县的西部各有一个高值区, 在永顺县的北部、古丈县的东部、芦溪县西部和凤凰县的东部各有一个低值区。

关键词: 湘西州烟区; 植烟土壤; 交换性镁; 空间分布

中图分类号: S572 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)02-0232-05

Spatial Distribution and Exchangeable Magnesium Contents of Tobacco-growing Soil in Xiangxi Autonomous Prefecture

LI Juan¹, DENG Xiao-hua^{1,2}, ZHOU Mi-liang³, LIU Xun¹,
TIAN Mao-cheng³, TIAN Feng³, FENG Xiao-hua⁴, WU Qiu-ming⁴

(1. College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2. Academy of Tobacco Science, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 3. Tobacco Monopoly Bureau of Xiangxi Autonomous Prefecture, Jishou 416000, China; 4. Agricultural Bureau of Xiangxi Autonomous Prefecture, Jishou 416000, China)

Abstract: In order to understand the distribution of exchangeable magnesium content in the tobacco growing soil in Xiangxi, the distribution frequencies of exchangeable magnesium contents, differences in different counties, differences in different soil types, differences in different altitudes and the spatial distribution of exchangeable magnesium contents were analyzed based on 488 soil samples. The results were as follows: (1) The exchangeable magnesium contents in the tobacco soil were generally suitable for tobacco cultivation, with a mean of 177.76 mg/kg and variation coefficient of 54.24%. About 32.38% of the soil samples had

收稿日期: 2011-10-18 修回日期: 2011-12-26

基金项目: 国家烟草专卖局特色优质烟叶开发重大专项和湖南省烟草公司资助项目(11-14Aa02)

作者简介: 黎娟(1981—)女, 讲师, 硕士, 主要从事烟草种植技术研究, E-mail: adalee619@163.com; * 通讯作者: 邓小华, 教授, 博士, E-mail: yzdxh@163.com。

exchangeable magnesium contents for suitable tobacco cultivation. (2) There existed extremely significant differences among different counties in the contents of exchangeable magnesium. The average content of exchangeable magnesium was at an abundant level in Baojing, Longshan and Fenghuang counties. The average content of exchangeable magnesium was at a level of shortage in Guzhang County. (3) There existed extremely significant differences among different soil types in the contents of exchangeable magnesium. The average content of exchangeable calcium in yellow-brown ash soils was significantly higher than that in paddy field. (4) There existed extremely significant differences among different altitude soils in the contents of exchangeable magnesium. The exchangeable magnesium contents increased with the rise of altitude in the tobacco growing soils in Xiangxi. (5) Kriging interpolation map indicated that the spatial distribution of exchangeable magnesium was of regular distribution. The area of high value exchangeable magnesium was in the northern Longshan County, the eastern Yongshun and Baojing, western Huayuan Counties, respectively. The area of low value exchangeable magnesium was in the northern Yongshun, the eastern Guzhang, the western Luxi, the eastern Fenghuang Counties, respectively.

Key words: tobacco growing areas in Xiangxi; tobacco-growing soil; exchangeable magnesium; spatial distribution

湘西土家族苗族自治州(简称湘西州)位于湖南省西北部的武陵山区,地处东经 $109^{\circ}10' \sim 110^{\circ}23'$,北纬 $27^{\circ}44' \sim 29^{\circ}38'$,属亚热带季风性湿润气候区,常年产烟 2.25×10^4 t左右,是湖南省第三大烟叶产区^[1]。镁是烟草必需的营养元素,适量的Mg可促进烟草的生长发育,有利于烟叶内在品质的提高^[2]。镁营养不足时,烟叶叶片失绿,光合强度下降,碳水化合物、脂肪、蛋白质的合成受阻,影响烟草产量和品质^[2-10]。缺镁烟叶调制后光泽差、油分差、无弹性,燃烧性差,燃烧后烟灰呈暗灰色、烟灰凝结性差。随着烟区作物复种指数的提高,以及不科学的耕种制度和施肥措施(特别是钾肥用量),导致越来越多的植烟土壤表现出镁营养供应不足的现象,使镁成为限制烟草产量和质量的重要因素之一。目前,有关植烟土壤对烤烟生长、产量、化学成分的影响^[2-9]及烟区镁含量状况研究^[11-25]已有相关报道,但系统分析湘西烟区植烟土壤交换性镁含量分布特点,特别是植烟土壤交换性镁含量空间分布状况的研究还未见报道。本研究在分析湘西州植烟土壤交换性镁含量分布特点的基础上,侧重分析了土壤类型、海拔对植烟土壤交换性镁含量的影响及湘西州植烟土壤交换性镁含量空间分布特点,以为湘西烟区的植烟土壤改良和平衡施肥以及特色优质烟叶开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 采样时间、地点

植烟土壤样品的采集于2011年在湘西州进行,室内样品检测在湖南农业大学资环学院进行。

1.2 样品采集

在湘西州主要烟区的7个植烟县(永顺县、龙山县、凤凰县、保靖县、泸溪县、花垣县、古丈县)采集具有代表性的耕作层土样488个。种植面积在 20 hm^2 左右采集一个土样。土壤样品的采集时间均统一选在烤烟移栽前的第2个月内完成,同时避开雨季。采用土钻钻取,采多点混合土样,取耕层土样深度为20 cm。每个地块一般取10~15个小样点(即钻土样)土壤,制成1个0.5 kg左右的混合土样。田间采样登记编号,经过风干、磨细、过筛、混匀等预处理后,装瓶备测定分析用。样品采集的同时用GPS确定采用点地理坐标和海拔高度。

1.3 土壤交换性镁测定方法

参照文献[26]植烟土壤交换性镁采用醋酸铵浸提-原子吸收分光光度法测定。

1.4 统计分析方法

1.4.1 植烟土壤镁含量分级 在综合分析湖南烟区烟草生产实际和多年烟草施肥试验后,以烟叶优质适产为目标,以植烟土壤养分的生物有效性为核心,参照罗建新等^[17]建立的湖南省植烟土壤养分丰缺状况分级体系,将植烟土壤镁含量分为极缺乏($< 50 \text{ mg/kg}$)、缺乏($50.1 \sim 100 \text{ mg/kg}$)、适宜($100.1 \sim$

200 mg/kg)、丰富(200.1~400 mg/kg)、极丰富(>500 mg/kg)等5级。

1.4.2 植烟土壤镁含量空间分布图绘制 原始数据处理及分析采用 SPSS17.0 软件进行,探索分析法(Explore)剔除异常离群数据,K-S法检测数据正态性,用 ArcGIS 9 软件中的地统计学模块的 Kriging 插值方法绘制植烟土壤镁含量的空间分布图。

2 结果与分析

2.1 湘西州植烟土壤交换性镁含量分布状况

由表1可知,湘西州植烟土壤交换性镁含量总体适宜,平均值为177.76 mg/kg,变幅为30.03~348.83 mg/kg,变异系数为54.24%,属中等强度变异。湘西州植烟土壤交换性镁处于适宜范围内的样本占32.38%;“缺乏”和“极缺乏”的植烟土壤样本之和为28.69%,生长在这些土壤的烟株有可能出现缺镁症状;镁含量“极丰富”的植烟土壤样本为0.00%而“丰富”的植烟土壤样本为38.93%,在这些土壤上可能会出现镁对烤烟吸收其它阳离子,特别对钾吸收的拮抗作用。

表1 湘西州植烟土壤交换性镁含量分布

Tab.1 Distribution of exchangeable magnesium contents in Xiangxi tobacco-growing soil

区域 Areas	样本数 Samples	均值±标准差/ (mg·kg ⁻¹) Mean±SD	变幅/ (mg·kg ⁻¹) Range	变异系数/ % CV	土壤交换性镁含量分布频率/% The distribution of exchangeable magnesium				
					<50	[50,100]	[100,200]	[200,400]	>400
保靖 Baojing	38	215.73±91.74A	39.05~333.23	42.52	2.63	13.16	26.32	57.89	0.00
凤凰 Fenghuang	50	211.14±80.02A	71.80~348.83	37.90	0.00	8.00	44.00	48.00	0.00
古丈 Guzhang	62	98.89±52.61C	35.98~278.33	53.20	12.90	46.77	37.10	3.23	0.00
花垣 Huayuan	42	152.39±95.10BC	30.03~318.36	62.41	11.90	30.95	26.19	30.95	0.00
龙山 Longshan	132	204.17±93.75A	39.68~332.10	45.91	2.27	16.67	31.06	50.00	0.00
芦溪 Luxi	18	105.57±33.11C	50.03~180.10	31.36	0.00	0.00	38.89	61.11	0.00
永顺 Yongshun	146	182.25±101.06AB	33.11~340.98	55.45	4.79	24.66	27.40	43.15	0.00
湘西州 Xiangxi	488	177.76±96.42	30.03~348.83	54.24	4.92	23.77	32.38	38.93	0.00

表中大写英文字母表示在0.01水平下差异显著。

Different capital letters in the same column meant significant difference at 0.01 level.

2.2 植烟土壤交换性镁含量县际间差异

由表1可知,7个主产烟县植烟土壤交换性镁含量平均在98.89~215.73 mg/kg,按从高到低依次为:保靖县、凤凰县、龙山县、永顺县、花垣县、芦溪县、古丈县,其中保靖县、凤凰县和龙山县植烟土壤交换性镁含量属丰富水平,古丈县植烟土壤交换性镁含量属缺乏水平。方差分析结果表明,不同县之间的植烟土壤交换性镁含量差异达极显著水平($F=14.959$; $sig.=0.000$),经Duncan多重比较(Duncan's multiple rang test法),保靖县、龙山县、凤凰县、永顺县植烟土壤交换性镁含量较高,与芦溪县、古丈县植烟土壤交换性镁含量达极显著差异。7个县植烟土壤交换性镁含量的变异系数从大到小排序为:花垣县、永顺县、古丈县、龙山县、保靖县、凤凰县、芦溪县,各县植烟土壤交换性镁含量的变异系数为中等强度变异。7个主产烟县植烟土壤交换性镁含量适宜样本比例在26.19%~44.00%,县际之间差异较大,按从低到高依次为:凤凰县、芦溪县、古丈县、龙山县、永顺县、保靖县、花垣县。

2.3 不同植烟土壤类型交换性镁含量差异

分别统计主要植烟土壤类型的交换性镁含量的平均值和适宜样本比例(表2)。8个主要植烟土壤类型的交换性镁含量平均在148.29~222.47 mg/kg,按从高到低依次为:灰黄棕土、灰黄泥、灰黄土、浅灰黄泥、红壤、石灰土、黄壤、水稻土;其中,灰黄棕土和灰黄泥植烟土壤交换性镁含量属丰富水平,其他为适宜水平。方差分析结果表明,不同植烟土壤类型的交换性镁含量差异达显著水平($F=3.952$; $sig.=0.001$),经Duncan多重比较,灰黄棕土的交换性镁含量显著高于水稻土,其他土壤类型之间交换性镁含量差异不显著。

8个主要植烟土壤类型的交换性镁含量适宜样本比例在30.57%~50.37%,按从低到高依次为:黄壤、浅灰黄泥、红壤、灰黄土、灰黄棕土、石灰土、水稻土、灰黄泥;其中黄壤的交换性镁含量适宜比例在50%以上,其他土壤类型交换性镁含量适宜比例在30%~40%。灰黄泥和灰黄棕土的交换性镁含量较丰富,达到丰富程度的样本在50%以上。

表 2 湘西州不同植烟土壤类型交换性镁含量分布

Tab.2 Distribution of exchangeable magnesium contents in different tobacco – growing soil types in Xiangxi

土壤类型 Soil types	样本数 Samples	均值 ± 标准差/ (mg · kg ⁻¹) Mean ± SD	变幅/ (mg · kg ⁻¹) Range	变异系数/ % CV	土壤交换性镁含量分布频率/% The distribution of exchangeable magnesium				
					<50	[50 ,100]	[100 ,200]	[200 ,400]	>400
红壤 Red soils	22	184.26 ± 94.11 AB	55.00 ~ 331.98	51.08	0.00	22.73	36.36	40.91	0.00
黄壤 Yellow soils	19	171.07 ± 91.07 AB	65.73 ~ 332.05	53.24	0.00	26.32	50.37	23.32	0.00
灰黄泥 Yellow ash mud	42	200.02 ± 91.53 AB	30.03 ~ 348.83	45.76	2.38	19.05	30.57	48.00	0.00
灰黄土 Yellow ash soils	52	189.39 ± 100.17 AB	40.00 ~ 332.10	52.89	1.92	25.00	34.62	38.46	0.00
灰黄棕土 Yellow-brown ash soils	46	222.47 ± 85.03 A	52.50 ~ 329.80	38.22	0.00	6.52	32.61	60.87	0.00
浅灰黄泥 Light yellow ash mud	35	184.74 ± 90.81 AB	41.23 ~ 337.38	49.16	5.71	14.29	37.14	42.86	0.00
石灰土 Rendzina soils	48	175.68 ± 99.26 AB	49.28 ~ 340.98	56.50	4.17	27.08	31.25	37.50	0.00
水稻土 Paddy field	139	148.29 ± 94.17 B	33.11 ~ 339.30	63.50	8.63	32.37	30.94	28.06	0.00

表中大写英文字母表示在 0.01 水平下差异显著。

Different capital letters in the same column meant significant difference at 0.01 level.

2.4 不同海拔植烟土壤交换性镁含量差异

将土壤样本采集地点的海拔按 (- ∞ ,400 m)、(400 m ,600 m)、(600 m ,800 m)、(800 m ,1 000 m)、(1 000 m ,+ ∞) 分为 5 个海拔高度组 ,分别统计不同海拔高度的植烟土壤交换性镁含量的平均值和适宜样本比例 结果见表 3。5 个海拔高度的植烟土壤交换性镁含量平均在 123.26 ~ 223.59 mg/kg ,

表 3 湘西州不同海拔植烟土壤交换性镁含量分布

Tab.3 Distribution of exchangeable magnesium contents in different altitude in Xiangxi tobacco-growing soil

海拔 /m Soil types	样本数 Samples	均值 ± 标准差/ (mg · kg ⁻¹) Mean ± SD	变幅/ (mg · kg ⁻¹) Range	变异系数/ % CV	土壤交换性镁含量分布频率/% The distribution of exchangeable magnesium				
					<50	[50 ,100]	[100 ,200]	[200 ,400]	>400
<400	67	123.26 ± 73.49 C	39.33 ~ 324.58	59.62	7.46	38.81	40.30	13.43	0.00
400 ~ 600	178	171.27 ± 99.29 BC	33.11 ~ 340.98	57.97	5.59	27.93	27.37	39.11	0.00
600 ~ 800	131	193.50 ± 88.92 AB	39.68 ~ 348.83	45.95	4.58	14.50	38.17	42.75	0.00
800 ~ 1 000	69	189.74 ± 106.49 AB	30.03 ~ 339.99	56.13	4.35	27.54	26.09	42.03	0.00
>1 000	43	223.59 ± 82.71 A	87.73 ~ 329.80	36.99	0.00	4.76	33.33	61.90	0.00

表中大写英文字母表示在 0.01 水平下差异显著。

Different capital letters in the same column meant significant difference at 0.01 level.

以海拔高度在大于 1 000 m 的土壤组交换性镁含量最高 ,依次为 600 ~ 800 m、800 ~ 1 000 m、400 ~ 600 m、小于 400 m。方差分析结果表明 ,不同海拔高度的植烟土壤交换性镁含量差异达极显著水平 ($F = 9.715$; $sig. = 0.000$) ,大于 1 000 m 海拔高度组植烟土壤交换性镁含量极显著高于 400 ~ 600 m、小于 400 m 等 2 个海拔高度组。海拔高度与交换性镁的简单相关分析 (相关系数为 $r = 0.254$, $sig. = 0.000$) 表明达极显著的正相关。5 个海拔高度组植烟土壤交换性镁含量的变异系数在 36.99% ~ 59.62% ,为中等强度变异 ,以海拔高度在小于 400 m 的土壤组交换性镁含量变异系数最大 ,依次为 400 ~ 600 m、800 ~ 1 000 m、600 ~ 800 m、大于 1 000 m。5 个海拔高度组的植烟土壤交换性镁含量适宜样本比例在 26.09% ~ 40.30% ,不同海拔高度组之间差异较大 ,以海拔高度小于 400 m 的土壤组交换性镁含量适宜样本比例最高 ,依次为 600 ~ 800 m、大于 1 000 m、400 ~ 600 m、800 ~ 1 000 m。

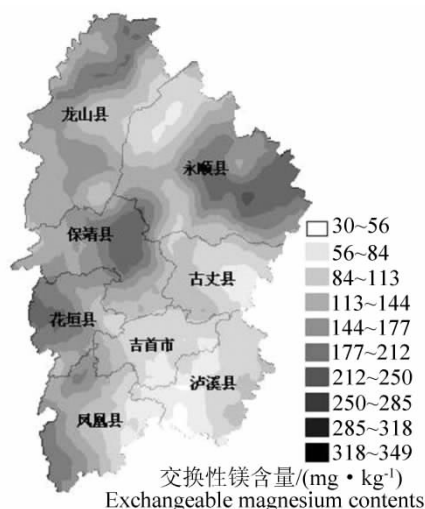


图 1 湘西州植烟土壤交换性镁含量空间分布
Fig.1 Spatial distribution of exchangeable magnesium contents in Xiangxi tobacco – growing soil

2.5 植烟土壤交换性镁含量空间分布

为进一步了解湘西州植烟土壤交换性镁含量的生态地理分布差异,采用 ArcGIS9 软件绘制了湘西州植烟土壤交换性镁含量空间分布图,见图1。湘西州植烟土壤交换性镁含量呈有规律地分布,总体上是西北部高于东南部。在龙山县的北部、永顺县的东部、保靖县的东部、花垣县的西部各有一个高值区,在永顺县的北部、古丈县的东部、泸溪县西部和凤凰县的东部各有一个低值区。

3 讨论

湘西州植烟土壤交换性镁含量总体上适宜,但不同县之间的植烟土壤交换性镁含量差异达极显著水平,有24.38%的土壤样本可能出现缺镁症状。单从湘西州及各县植烟土壤交换性镁含量平均值看并不缺乏,但由于阳离子的拮抗作用,或多或少存在土壤交换性镁不足及潜在性缺乏的植烟土壤。因此,在钾肥施用时应配施适当镁肥,避免因钾和镁的拮抗作用引起烟草缺镁。对于个别有缺镁症状发生烟田,镁补充最好采用叶面喷施硫酸镁水溶液,施用时间在烤烟移栽成活到旺长前期这段时间内为好。

在湘西州,植烟水稻土的交换性镁含量较低。湘西州植烟土壤交换性镁含量有随海拔升高而升高的趋势。低海拔烟区大多是水稻土,由于复种指数高,作物从土壤中携走的镁数量不断增加,又因大量的施用N、P、K肥而土壤镁素得不到有效补充。因此,低海拔烟区,特别是低海拔烟区的水稻土更应重视补施镁肥。

采用 Kriging 插值绘制的等值线图直观地描述了湘西州主产烟区植烟土壤交换性镁含量的分布格局,这对烟田的分区管理和因地施肥具有重要的指导意义。从整体上看,湘西州植烟土壤交换性镁含量呈有规律地分布,在龙山县的北部、永顺县的东部、保靖县的东部、花垣县的西部各有一个高值区,在永顺县的北部、古丈县的东部、泸溪县西部和凤凰县的东部各有一个低值区。造成这种差异的主要原因同当地复杂的地形地貌特点、气候的立体差异性以及人类活动有直接的联系。

参考文献:

- [1]张黎明,周米良,向德明,等.湘西山区建设现代烟草农业的思考[J].作物研究,2010,24(1):76-79.
- [2]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,1991:38-43.
- [3]吕永华,詹碰寿,马武军,等.石灰、钙镁磷肥对烤烟生产及土壤酸度调节的影响[J].生态环境,2004,13(3):379-381.
- [4]李永忠,蒋志宏,杨志新,等.供Mg水平对烤烟主要经济性状的影响[J].西南农业大学学报,2002,24(3):200-203.
- [5]李永忠,丁善荣,罗鹏涛.不同镁肥品种对烤烟产量、质量、产量的影响[J].云南农业大学学报,2004,19(1):45-47.
- [6]许自成,黎妍妍,肖汉乾.湖南烟区土壤交换性钙、镁含量及对烤烟品质的影响[J].生态学报,2007,27(11):4425-4433.
- [7]邓小华,谢鹏飞,彭新辉,等.土壤和气候及其互作对湖南烤烟部分中性挥发性香气物质含量的影响[J].应用生态学报,2010,21(8):2063-2071.
- [8]李强,周冀衡,杨荣生,等.土壤及气候对烤烟非挥发性有机酸含量影响的效应分析[J].江西农业大学学报,2011,33(6):1043-1049.
- [9]易建华,邓小华,彭新辉,等.土壤和气候及其互作对湖南烤烟还原糖、烟碱和总氮含量的影响[J].生态学报,2010,30(16):4467-4475.
- [10]彭新辉,邓小华,易建华,等.气候和土壤及其互作对烟叶物理性状的影响[J].烟草科技,2010,271(2):48-58.
- [11]白由路,金继运,杨俐萍.我国土壤有效镁含量及分布状况与含镁肥料的应用前景研究[J].土壤肥料,2004(2):3-5.
- [12]徐畅,高明,谢德体.重庆市植烟区土壤镁素含量状况及施镁效应研究[J].植物营养与肥料学报,2010,16(2):449-456.
- [13]陈星峰,张仁椒,李春英,等.福建烟区土壤镁素营养与镁肥合理施用[J].中国农学通报,22(5):261-263.
- [14]秦松,闫献芳,冯勇刚,等.贵州植烟土壤交换性钙镁特征研究[J].土壤通报,2005,36(1):143-144.
- [15]谢鹏飞,邓小华,何命军.宁乡县植烟土壤养分丰缺状况分析[J].中国农学通报,2011,27(5):154-162.
- [16]唐莉娜,陈顺辉,林祖斌,等.福建烟区土壤主要养分特征及施肥对策[J].烟草科技,2008(1):56-60.
- [17]邹加明,单沛祥,李文璧,等.大理州植烟土壤肥力质量现状与演变趋势[J].中国烟草学报,2002,8(4):14-20.
- [18]罗建新,石丽红,龙世平.湖南主产烟区土壤养分状况与评价[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2005,31(4):376-380.
- [19]徐雪芹,陈志燕,周俊,等.湖南邵阳主烟区土壤养分特征分析及施肥对策[J].安徽农业科学,2009,37(5):2071-2074,2128.
- [20]龚智亮,唐莉娜.福建南平植烟土壤主要养分特征及生产对策[J].中国农学通报,2009,25(16):153-155.
- [21]黄韡,查宏波,钱文有,等.昭通植烟土壤养分丰缺状况及施肥对策[J].中国农学通报,2010,26(7):128-136.
- [22]何轶,何伟,周冀衡,等.云南施甸烟区植烟土壤养分状况综合评价[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2009,35(5):537-541.
- [23]郑明,周冀衡,李强,等.曲靖烟区植烟土壤主要养分现状分析及施肥对策[J].湖北农业科学,2010,49(4):825-830.
- [24]李丹丹,毕庆文,许自成,等.湖北兴山烟区土壤养分和烟叶质量特点分析[J].江西农业大学学报,2008,30(3):455-460.
- [25]李娟,谢光球,章明清,等.不同镁肥种类在烤烟上的施用效应研究[J].江西农业大学学报,2005,27(3):394-398.
- [26]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,1999:166-187.