

湖南烟区土壤交换性钙、镁含量 及对烤烟品质的影响

许自成¹, 黎妍妍^{1, 2}, 肖汉乾³, 李挥文¹, 刘春奎¹

(¹ 河南农业大学农学院, 郑州 450002 ² 湖北省烟草研究所, 武汉 430030 ³ 湖南省烟草公司, 长沙 410007)

摘要 分析了湖南烟区主要土壤类型交换性钙、镁元素含量状况及其对烟叶品质的影响, 结果表明: (1) 土壤交换性钙、镁含量在不同土壤类型间存在显著性差异, 交换性钙含量平均为 8.87 cmol/kg, 以红壤含量最高, 交换性镁含量平均为 1.16 cmol/kg, 以黄棕壤含量最高, 交换性钙镁比值大小依次为: 红壤 (1.74) > 水稻土 (0.25) > 黄壤 (6.84) > 黄棕壤 (6.14), 在烟叶实际生产中, 应重视镁肥在红壤和水稻土中的施用; (2) 烟叶钙含量偏高 ($1.93 \text{ g/kg} \pm 4.37 \text{ g/kg}$), 烟叶镁含量偏低 ($1.52 \text{ g/kg} \pm 1.26 \text{ g/kg}$), 两者均存在广泛的变异性; (3) 整体来看, 烟叶钙含量随土壤中交换性钙含量的升高和镁含量的降低而显著升高, 烟叶镁含量随土壤交换性镁含量的升高而升高, 与土壤交换性钙含量的相关性不显著; (4) 典型相关分析表明, 土壤中交换性镁含量的降低可能引起烟叶钾含量的提高, 从而使得烟叶钾素和镁素含量达到较好的平衡; (5) 土壤交换性钙、镁含量与烟叶其它化学成分指标的相关分析表明, 土壤交换性钙有利于烟株对硼和氯素的吸收, 对氮、锌和锰素的吸收则有显著的抑制作用, 而土壤交换性镁有利于烟叶总糖、硼素和锰素的积累, 对氮、磷、铁和锌素的吸收具有显著的抑制作用。

关键词 湖南烟区 交换性钙 交换性镁 烤烟 化学成分

文章编号: 1000-0933 (2007) 11-4425-09 中图分类号: Q938, Q948 文献标识码: A

The contents of exchangeable calcium and magnesium in Hunan tobacco-growing soils and their effects on tobacco quality

XU Zi-Cheng¹, LI Yan-Yan^{1, 2}, XIAO Han-Qian³, LI Hui-Wen¹, LIU Chun-Kui¹

¹ College of Agronomy, He'nan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China

² Tobacco Research Institute of Hubei Province, Wuhan 430030, China

³ Tobacco Corporation of Hunan Province, Changsha 410007, China

Acta Ecologica Sinica, 2007, 27 (11): 4425 ~ 4433.

Abstract : Calcium and magnesium are elements that have important influence on yield and quality of flue-cured tobacco. In this study, the contents of exchangeable calcium and magnesium in different soil types and their effects on flue-cured tobacco quality in Hunan tobacco-planting areas were analyzed. The objectives of this study were to supply a scientific basis for the production of high-quality flue-cured tobacco and balanced fertilization in Hunan tobacco-growing areas. The results indicated that: (1) There existed significant differences among different soil types for the contents of exchangeable calcium and magnesium. The average content of exchangeable calcium was 8.87 cmol/kg, and was the highest in red soil type. The average content of exchangeable magnesium was 1.16 cmol/kg, and was the highest in yellow brown soil type. The ratio of

基金项目 国家烟草专卖局科技攻关资助项目 (10200401017) 河南省杰出人才创新基金资助项目 (0421001900)

收稿日期 2007-03-04 ; **修订日期** 2007-09-17

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. 110200401017) ; The Innovation Fund for Outstanding Scholar of Henan Province (No. 0421001900)

Received date 2007-03-04 ; **Accepted date** 2007-09-17

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

exchangeable calcium to magnesium showed the trend of red soils (1.74) > paddy field (0.25) > yellow soils (6.84) > yellow brown soils (6.14). It is suggested to use magnesium fertilizer for red soils and paddy field. ②) The average content of calcium in tobacco leaves was (1.93 ± 4.37) g/kg, and the average content of magnesium in tobacco leaves was (1.52 ± 1.26) g/kg. Both had extensive variation. ③) By using the method of ANOVA, the change was analyzed for the contents of calcium and magnesium in tobacco leaves along with the contents of exchangeable calcium and magnesium in soils. In total, the content of calcium in tobacco leaves increased significantly with the content of exchangeable calcium increasing and the content of exchangeable magnesium decreasing in soils; the content of magnesium in tobacco leaves increased significantly with the content of exchangeable magnesium increasing, and there was no significant correlation with the content of exchangeable calcium in soils. ④) The canonical correlation analysis showed that the decrease of exchangeable magnesium in soils increased the content of potassium in tobacco leaves, and consequently made good balance between potassium and magnesium in tobacco leaves. ⑤) The correlation analysis between the contents of exchangeable calcium and magnesium in soils and other chemical components in tobacco leaves showed that exchangeable calcium in soils was good for the absorption of B and Cl, but made against absorbing N, Zn and Mn significantly. Meanwhile, exchangeable magnesium in soils was good for the accumulation of total sugar, B and Mn, but made against absorbing N, P, Fe and Zn significantly.

Key Words : Hunan tobacco-growing areas ; exchangeable calcium ; exchangeable magnesium ; flue-cured tobacco ; chemical components

钙、镁是影响烤烟 (*Nicotiana tabacum* L.) 产量和品质的重要中量元素。钙是烤烟吸收数量仅次于钾的矿物质元素,也是构成灰分的主要成分之一^[1],含钙量高的烟叶表现过厚、粗糙、僵硬,使用价值低。镁是叶绿素的重要成分,在蛋白质代谢中起重要作用,缺镁会导致分解加速,降低植物的同化能力^[2,3],适量的镁可促进烤烟的生长发育,有利于烟叶内在品质的提高^[4,5]。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。曾有人研究过湖南烟区土壤有机质含量与烟叶化学成分的关系^[6]。本研究通过对湖南烟区土壤中交换性钙、镁含量进行测试分析,研究土壤交换性钙、镁含量与烟叶钾素及其它化学成分的关系,旨在为湖南烟区烤烟的平衡施肥技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集

1.1.1 土壤样品采集

2003 年在湖南主要植烟县 (市) 开展土壤养分普查工作,兼顾不同生态条件及不同肥力水平的地块,采用 GPS 定位技术,取耕层土壤 20cm 深度的土样,共采集土壤样品 946 个,采集的土壤类型有 水稻土 (494,括号内为样本数,下同)、红壤 (46)、黄壤 (65) 和黄棕壤 (41)。各地土壤取样时间均统一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。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,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。

1.1.2 烟叶样品采集

在上述土壤样品采集区域内,选取当地烤烟主栽品种,采用定等级、定叶位取样法,共采集烟叶样品 111 个。样品等级由专业分级人员按照“GB 2635-92 烤烟标准”进行分级,等级合格率达到 85% 以上。每个样品取 1.5kg,烟样烘干、粉碎、过 60 目筛备用。

1.2 测定方法

1.2.1 土样测定

土壤化学成分测定指标包括 有机质、pH 值、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷、速效钾、交换性钙和交换

性镁等 10 项,各指标测定方法见文献^[1]。

1.2.2 烟样测定

烟叶化学成分测定指标包括:烟碱、总氮、石油醚提取物、总糖、还原糖、钾等,各指标具体测定方法见文献^[8]。

磷、钙、镁、铁、硼、锌、铜、锰和氯等矿质元素含量采取干灰化法测定,使用 5% 的盐酸(优级纯)溶解,加入 1ml 15% 氯化锶后定容。实验用水为蒸馏-去离子水。仪器条件:ICP-MPX 光谱仪。VISTA-MPX 型电感耦合等离子体发射仪(美国 Varian 公司);等离子气流量:15L/min;辅助气流量:1.50L/min;雾化气压力:200kPa;一次读数时间:6s。

2 结果与分析

2.1 湖南烟区土壤交换性钙、镁含量状况

湖南烟区土壤交换性钙、镁含量及变异情况见表 1。土壤交换性钙含量平均为 8.87cmol/kg,高于贵州烟区(6.13cmol/kg)^[1]。参照罗建新等^[10]研究结果,结合湖南烟草生产实际,将植烟土壤中钙含量划分为 5 个等级。结果表明有 37.11% 的土壤样本在不同程度上缺钙,其中极缺等级占 6.77%;另有 33.93% 的土壤交换性钙含量偏高,仅有 28.96% 的土壤处于适宜的钙含量范围。不同土壤含钙量存在较大差异,以红壤平均含钙量最高,且与其它土壤类型间的差异达到显著水平,有 61.65% 的土壤钙含量较适宜范围高,另有 19.17% 的土壤处于缺钙水平,变异性较大,仅次于水稻土;黄棕壤含钙量最低为 6.92cmol/kg,与水稻土和红壤间存在显著性差异,有 48.78% 的土壤存在不同程度的缺钙现象;水稻土和黄壤中平均交换性钙含量较为适宜,但前者变异性较大,分布于适宜范围内的比例较低。

湖南烟区土壤交换性镁含量平均为 1.16cmol/kg,亦高于贵州烟区(0.03cmol/kg)^[1],其含量等级划分见表 1。有 81.29% 的土壤样本存在不同程度的偏低或偏高现象,其中极缺和极高等级分别占 14.69% 和 5.07%,仅有 18.71% 的土壤处于适宜植烟的镁含量范围。不同土壤交换性镁含量存在较大差异,以黄壤(1.52cmol/kg)和黄棕壤(1.55cmol/kg)平均含量较高,且与其它土壤类型存在显著差异,变异性较大;水稻土镁含量最低(0.89cmol/kg),在适宜范围内的比例亦为最低(3.36%);红壤镁含量较适宜(1.28cmol/kg),但较高的变异性使得 50.69% 的地块处于缺乏和极缺水平,另有 34.93% 的地块镁含量超标。

土壤交换性钙镁比值平均为 9.35,变异性较大,变幅 0.20~69.61,有 51.16% 的土壤交换性钙镁比值处于 5~10 之间。不同土壤类型相比较,以水稻土(0.25)和红壤(1.74)显著高于黄壤和黄棕壤,各类土壤交换性钙镁比值在 5~10 之间的比例高低依次为:水稻土(6.88%)>黄壤(47.20%)>红壤(45.21%)>黄棕壤(19.27%)。

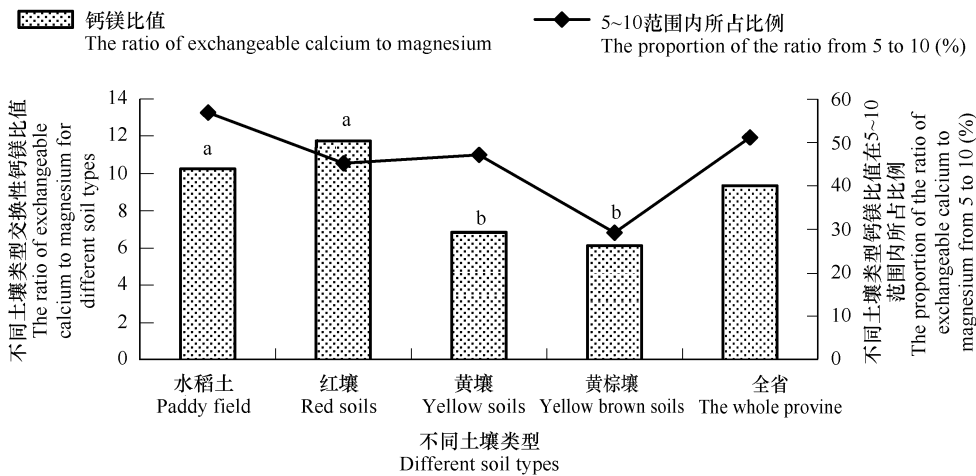


图 1 不同土壤类型交换性钙镁比值及 5~10 范围内所占比例

Fig. 1 The ratio of exchangeable calcium to magnesium and the proportion of the ratio from 5 to 10 for different soil types

接表 1

2.2 湖南烟区土壤交换性钙、镁含量与其它土壤养分的关系分析

不同土壤类型交换性钙、镁含量与土壤 pH 值、有机质以及大量元素的相关性不尽一致 (表 2、表 3)。水稻土中交换性钙含量与 7 项土壤养分指标具有极显著的相关性 (速效钾除外),而交换性镁含量与 8 项土壤养分指标的相关性均达到极显著水平,但两者均与全钾含量具有负相关。红壤中交换性钙、镁元素含量与土壤养分指标的相关性较为一致,即均与除全钾外的 7 项土壤养分指标具有极显著的正相关;黄壤中交换性钙含量与有机质、pH 值、全氮和全钾等 4 项指标具有显著或极显著的正相关,而交换性镁含量仅与 pH 值和全钾具有极显著的相关性;黄棕壤交换性钙、镁含量均与土壤 pH 值具有极显著的正相关,而与其它土壤养分的相关性没有达到显著水平。产生这一结果的原因可能是不同土壤类型的成土母质不同,由此形成不同的土壤理化特性,影响了土壤交换性钙、镁含量。

表 2 不同土壤类型交换性钙与其它土壤养分的相关分析

Table 2 The correlation analysis between exchangeable calcium and other soil nutrients in different soil types									
土壤类型 Soil types	样本数 Samples	有机质 O. M.	pH 值 pH value	全氮 TN	全磷 TP	全钾 TK	碱解氮 HN	有效磷 AP	速效钾 AK
水稻土 Paddy field	494	0.482 **	0.853 **	0.438 **	0.353 **	-0.229 **	0.411 **	0.124 **	-0.061
红壤 Red soils	146	0.547 **	0.850 **	0.540 **	0.534 **	-0.114	0.423 **	0.417 **	0.224 **
黄壤 Yellow soils	265	0.126 *	0.694 **	0.265 *	0.033	0.128 *	-0.019	0.053	0.064
黄棕壤 Yellow brown soils	41	0.007	0.613 **	0.221	0.039	-0.061	0.062	0.042	-0.042

表 3 不同土壤类型镁含量与土壤养分含量的相关分析

Table 3 The correlation analysis between exchangeable magnesium and other soil nutrients in different soil types									
土壤类型 Soil types	样本数 Samples	有机质 O. M.	pH 值 pH value	全氮 TN	全磷 TP	全钾 TK	碱解氮 HN	有效磷 AP	速效钾 AK
水稻土 Paddy field	494	0.538 **	0.526 **	0.434 **	0.399 **	-0.144 **	0.378 **	0.184 **	0.174 **
红壤 Red soils	146	0.470 **	0.467 **	0.373 **	0.464 **	-0.047	0.268 **	0.319 **	0.346 **
黄壤 Yellow soils	265	0.011	0.615 **	-0.048	-0.070	-0.173 **	-0.090	-0.048	0.073
黄棕壤 Yellow brown soils	41	-0.147	0.757 **	-0.190	-0.025	-0.147	-0.178	-0.244	0.083

2.3 湖南烟区烤烟钙、镁含量现状及与土壤交换性钙、镁含量的关系分析

湖南烟区烤烟钙含量平均为 21.93g/kg±4.37 g/kg,变幅为 14.73~35.20g/kg,集中分布在 15~25 g/kg 的含量范围 (图 2),低于全国烟叶钙的平均含量 (4.5g/kg)^[1],比巴西烟叶的钙含量 (4.9g/kg)^[2]高 52.35%。所形成的分布较正态曲线尖峭,且为正偏峰 (峰值 0.62,偏斜度 0.82)。

湖南烟区烤烟镁含量平均为 2.52g/kg±1.26g/kg,变幅为 0.97~6.90g/kg,集中分布于 1.0~4.0g/kg 的含量范围 (图 3),低于全国烟叶镁含量的平均水平 (1.0g/kg)^[1],比巴西烟叶的镁含量 (0.45%)^[2]低 44%,

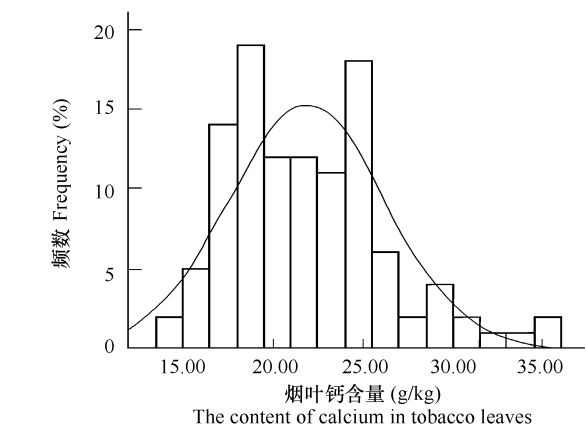


图 2 烟叶钙含量 (g/kg) 的频数分布

Fig. 2 The distribution frequency of calcium in tobacco

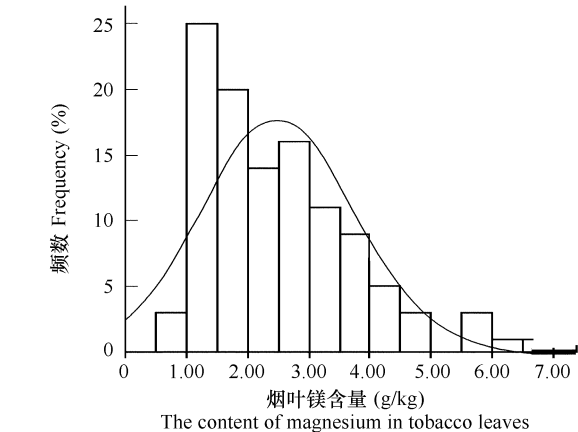


图 3 烟叶镁含量 (g/kg) 的频数分布

Fig. 3 The distribution frequency of magnesium in tobacco

与国际型优质烟叶指标要求（上下限分别为 0.30% 和 0.50%）^[2] 的符合程度为 25.23%。所形成的分布曲线较钙含量更为尖峭,也表现为明显的正偏峰（峰值 1.21,偏斜度 1.14）。

对土壤交换性钙、镁含量进行分组,应用方差分析方法比较了烟叶钙、镁含量在组间的差异（表 4）。当土壤交换性钙含量分组后,烟叶钙含量在分组间的差异达到显著水平,并具有随土壤交换性钙含量的升高而逐渐增大的趋势,烟叶镁含量没有表现出明显的差异性,但以土壤交换性钙含量在 6~10cmol/kg 时烟叶镁含量最高;进行回归分析,得到烟叶钙（ y_1 ）与烟叶镁（ y_2 ）含量随土壤交换性钙含量（ x_1 ）变化的回归方程分别为：

$$\hat{y}_1 = 19.398 + 0.225x_1 \quad (t = 0.295^{**}), \hat{y}_2 = 2.778 - 0.023x_1 \quad (t = -0.106)。$$

对分组后的土壤交换性镁含量进行分析,烟叶钙含量在土壤交换性镁含量为 0.5~1.0cmol/kg 范围时具有最高值（3.85g/kg）,烟叶镁含量则随分组等级的升高具有明显的升高趋势。土壤交换性镁含量（ x_2 ）对烟叶钙（ y_1 ）与烟叶镁（ y_2 ）含量的线性回归方程分别为：

$$\hat{y}_1 = 24.461 - 1.780x_2 \quad (t = -0.324^{**}), \hat{y}_2 = 1.328 + 0.836x_2 \quad (t = 0.529^{**})。$$

表 4 烟叶钙、镁含量随土壤交换性钙、镁含量变化的状况

Table 4 The status of calcium and magnesium in tobacco with exchangeable calcium and magnesium changing in soils

土壤交换性钙含量 The content of exchangeable calcium in soil (mol/kg)	烟叶 Tobacco leaves		土壤交换性镁含量 The content of exchangeable magnesium in soil (mol/kg)	烟叶 Tobacco leaves	
	钙 Calcium (g/kg)	镁 Magnesium (g/kg)		钙 Calcium (g/kg)	镁 Magnesium (g/kg)
<3	—	—	<0.5	20.86 ab	1.43 c
3~6	20.30 b	2.40 a	0.5~1.0	23.85 a	2.06 bc
6~10	20.76 b	2.86 a	1.0~1.5	19.42 b	2.23 bc
10~18	23.09 ab	2.32 a	1.5~2.8	21.23 ab	2.92 ab
>18	24.75 a	2.54 a	>2.8	18.87 b	3.90 a

2.4 湖南烟区土壤交换性钙、镁含量对烤烟钾含量的影响

为了研究烤烟钾与烤烟钙、镁含量的平衡关系以及和土壤交换性钙、镁含量的相关关系,把烤烟钾（ y_3 ）、钾/钙（ y_4 ）、钾/镁（ y_5 ）和钾/（钙+镁）（ y_6 ）看作一组变量,把土壤交换性钙含量（ x_1 ）和交换性镁含量（ x_2 ）看作另一组变量,进行典型相关分析,结果见表 5。在 2 个典型相关系数中,第一个达到极显著水平（ $\lambda_1 = 0.606^{**}$ ）,所包含的相关信息占两组变量间总相关信息的 70.29%,第二个较小,没有达到显著水平（ $\lambda_2 = 0.256$ ）,所包含的相关信息占两组变量间总相关信息的 29.71%。因此,对第一对典型变量的系数进行分析基本上反映了这两组变量间相关的主要信息。

第 I 典型变量的构成为：

$$u_1 = -0.432x_1 + 0.902x_2$$
$$v_1 = -0.374y_1 + 0.713y_2 - 0.577y_3 - 0.139y_4$$

由于原始变量的测量单位不同,不宜进行直接比较,这里采用标准化的典型系数给出典型相关模型 m_i ,计算原始变量与典型变量之间的相关系数 r_{ui} ,在达到极显著水平的第一对典型变量（ u_1, v_i ）中,由 u_1 与原始数据 x_i 的相关系数可见,它与土壤交换性钙（ x_1 ）和交换性镁（ x_2 ）存在极显著的相关性,相关系数分别为 -0.393^{**} 和 0.897^{**},故 u_1 可理解为主要描述了土壤交换性钙、镁含量平衡的综合性状。同样地, v_1 与烟叶

表 5 典型变量和与典型变量有关性状的相关系数

Table 5 Canonical variables and their correlation coefficients with related traits

性状 Traits	典型变量 I Canonical variable I		典型变量 II Canonical variable II	
	$\lambda_1 = 0.606^{**}$		$\lambda_2 = 0.256^{**}$	
	m_i	r_{ui}	m_i	r_{ui}
x_1	-0.432	-0.393 ^{**}	0.916	0.919 ^{**}
x_2	0.902	0.897 ^{**}	0.401	0.441 ^{**}
	m_i	r_{ui}	m_i	r_{ui}
y_3	-0.374	-0.459 ^{**}	0.324	0.261 ^{**}
y_4	0.713	0.014	-0.703	-0.283 ^{**}
y_5	-0.577	-0.779 ^{**}	-0.290	-0.461 ^{**}
y_6	-0.139	-0.133	0.562	-0.326 ^{**}

钾 (K_3) 和钾/镁 (K_5) 的原始数据存在明显的正相关, 相关系数依次为 -0.459^{**} 和 -0.779^{**} , 因此可以理解为描述了烟叶钾含量和钾镁平衡的综合性状。这一线性组合说明土壤交换性钙、镁含量与烟叶钾含量及钾/镁比值的关系较为密切。

2.5 湖南烟区土壤交换性钙、镁含量与烟叶其它化学成分的相关性

土壤交换性钙、镁含量与烟叶化学成分及营养元素含量的相关分析结果见表 6。土壤交换性钙含量与烟叶总氮含量具有显著的负相关, 与石油醚提取物具有极显著的正相关, 与烟碱和糖含量的相关性没有达到显著水平 在矿质元素方面, 土壤交换性钙含量与烤烟叶片的硼和氯含量具有极显著的正相关, 而与锌和锰则呈显著或极显著的负相关。

表 6 土壤交换性钙、镁与烟叶其它化学成分指标的相关分析

Table 6 The correlation analysis between exchangeable calcium and magnesium in soils and other chemical components in tobacco leaves						
指标 Item	烟碱 Nicotine	总氮 T N	石油醚提取物 Petroleum ether extract	总糖 Total sugar	还原糖 Reducing sugar	磷 P
土壤交换性钙 Exchangeable calcium	-0.010	-0.201 *	0.302 **	0.053	0.075	0.064
土壤交换性镁 Exchangeable magnesium	0.023	-0.203 *	-0.016	0.226 **	-0.010	-0.570 **
指标 Item	铁 Fe	硼 B	锌 Zn	铜 Cu	锰 Mn	氯 Cl
土壤交换性钙 Exchangeable calcium	0.076	0.309 **	-0.194 *	-0.063	-0.410 **	0.595 **
土壤交换性镁 Exchangeable magnesium	-0.207 *	0.207 *	-0.328 **	0.178	0.419 **	0.047

土壤交换性镁含量与烟叶总氮含量具有显著的负相关, 与糖含量呈现极显著的正相关, 而与其它品质指标的相关性没有达到显著水平 同时在对矿质元素吸收的影响方面, 土壤交换性镁含量与烟叶硼和锰含量具有显著或极显著的正相关, 而与磷、铁和锌具有显著或极显著的负相关。

3 小结与讨论

() 湖南烟区植烟土壤交换性钙含量平均为 8.87cmol/kg, 变幅 0.15 ~ 32.44cmol/kg, 有 33.93% 的土壤钙含量偏高, 过高的钙含量既影响烟叶质量, 又易对其它阳离子的吸收产生拮抗作用。不同土壤类型交换性钙含量大小依次为 红壤 > 水稻土 > 黄壤 > 黄棕壤, 这可能与红壤 pH 值较低、施用石灰提高 pH 值以改善烟叶生长环境的措施有关 其中黄壤交换性钙含量在适宜范围内的比例最高, 水稻土最低。交换性镁含量平均为 1.16cmol/kg, 变幅 0.25 ~ 5.76cmol/kg, 有 58.14% 的土壤缺镁。不同土壤类型交换性镁含量大小依次为: 黄棕壤 > 黄壤 > 红壤 > 水稻土 其中以黄壤交换性镁含量在适宜范围内的比例最高, 水稻土最低。土壤交换性钙镁比值的大小反映了土壤生态过程的变化及钙和镁的生物有效性 [3]。湖南烟区土壤钙镁比值平均为 9.35, 变幅 0.20 ~ 69.61, 有 51.16% 的土壤钙镁比值在 5 ~ 10 之间。不同土壤类型钙镁比值大小依次为 红壤 > 水稻土 > 黄壤 > 黄棕壤。综合来看, 以黄壤和黄棕壤的交换性钙、镁含量较适宜植烟, 红壤和水稻土由于钙镁比值较高, 仍有可能出现镁的营养失调现象。因此, 在烟叶生产中通过施用石灰提高土壤 pH 值的同时, 应重视含镁肥料的施用 [4]。

ℓ) 湖南烤烟钙含量稍高, 平均 21.93g/kg, 变幅 14.73 ~ 35.20g/kg, 比巴西烤烟高 52.35% 镁含量稍低, 平均 2.52g/kg, 变幅 0.97 ~ 6.90g/kg, 变异性较大, 比巴西烤烟低 44%。湖南烤烟较低的镁含量可能与钙、镁比值偏高影响了烤烟对镁素的吸收有关。

ℓ) 研究表明, 作物体内钾与钙、镁间有一种相对的平衡关系, 这种平衡一旦被打破, 就会影响到作物的产量和品质 [5, 16], 而且高含量的钾、合理的 $K/ (Ca + Mg)$ 比值是优质烟叶所必需的 [7]。应用典型相关分析研究烟叶钾及其与钙、镁的比值和土壤交换性钙、镁含量的关系, 结果表明在所采烟样范围内, 烟叶钾含量与

土壤交换性镁含量的关系较土壤交换性钙含量更为密切,土壤中镁含量的降低可能引起烟叶钾含量的积累,从而使烟叶钾和镁达到较好的平衡,这与鲁如坤等^[8]观点较为一致。而土壤交换性钙并没有表现出阻碍烟株吸收钾的作用,这可能与钙具有维持细胞质量的完整性、防止细胞内 K^+ 外渗的特性有关。因此,在施用镁肥平衡土壤钙、镁关系的同时,应适当施用钾肥以抵消镁肥的负面效应。此外,土壤中交换性镁含量对烟株吸收钙也表现出明显的抑制作用,而土壤中钙含量对烟株吸收镁的抑制作用没有达到显著水平。对土壤交换性钙、镁含量与烟叶其它品质指标进行分析,发现土壤交换性钙含量有利于烟株吸收硼和氯素,对氮、锌和锰的吸收则有显著的抑制作用,而土壤镁含量有利于烟叶糖、硼和锰素的积累,对氮、磷、铁和锌素的吸收则具有显著的抑制作用。

4) 交换性 Ca 和 Mg 是土壤中主要的盐基离子,尽管其在土壤中的含量主要受成土母质及土壤形成过程中 Ca 和 Mg 优先吸持作用 (preferential retention) 的影响^[9~21],但施肥和灌溉等农田管理措施对 Ca、Mg 的组成也会产生较大影响^[3, 22, 23]。针对湖南烟区土壤交换性镁含量偏低,钙、镁比值失调的情况,应加强研究土壤镁素的控制因素。本文分析表明,湖南烟区不同土壤类型中交换性钙、镁含量与土壤有机质、pH 值和大量营养元素具有一定的相关性,相对来说,这些元素在烟田的施用较钙、镁更易控制。因此,可通过调节其它元素含量来使土壤中钙、镁达到适宜的协调状态,从而更有利于优质烟叶的品质形成。

References :

[1] Zuo T J. Production, physiology and biochemistry of tobacco. Shanghai : Shanghai Yuan Dong Press, 1993. 209 — 213.

[2] Shao Y. The effect of magnesium in tobacco. Journal of Yunnan Agricultural University, 1992, 7 (1) : 105 — 108.

[3] Wang H, Chu T D. The progress of study on magnesium nutrition in plants. Chinese Bulletin of Botany, 1999, 16 (5) : 245 — 250.

[4] Li Y Z, Jiang Z H, Yang Z X, *et al.* Effects of magnesium supply on main economic characters in flue-cured tobacco. Journal of Southwest Agricultural University, 2002, 24 (1) : 200 — 203.

[5] Li R C, Li X, Wei Y M. The primary studies on effect of applying Mg, Mn, B, Zn on analytical structure of tobacco leaf. Journal of Yunnan Agricultural University, 1997, 12 (1) : 178 — 182.

[6] Xu Z C, Wang L, Wang J P, *et al.* Relationship between chemical components in flue-cured tobacco leaf and soil organic matter contents in Hunan. Chinese Journal of Ecology, 2006, 25 (10) : 1186 — 1190.

[7] Bao S D. Soil and agricultural chemistry analysis. Beijing : Chinese Agricultural Press, 2000. 152 — 177.

[8] Wang R X. Tobacco chemistry. Beijing : Chinese Agricultural Press, 2003. 250 — 275.

[9] Qin S, Yan X F, Feng Y G, *et al.* Contents of exchangeable calcium and magnesium in tobacco-planting soils of Guizhou. Chinese Journal of Soil Science, 2005, 36 (1) : 143 — 144.

[10] Luo J X, Shi L H, Long S P. The status and evaluation of soil nutrients in major tobacco-growing areas from Hunan. Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences), 2005, 31 (4) : 376 — 380.

[11] Huang Y J, Fu Y, Dong Z J, *et al.* Correlation between smoking quality and chemical elements, reducing sugar and nicotine contents in tobacco. Chinese Tobacco Science, 1999, (1) : 3 — 7.

[12] Chen J H, Liu J L, Long H Y. The distribution characteristics of nutrition elements and main chemical composition in China's tobacco leaves. Acta Tabacaria Sinica, 2004, 10 (1) : 20 — 27.

[13] Jiang Y, Zhang Y G, Liang W J. Soil exchangeable Ca and Mg contents and Ca/Mg ratio in greenhouse vegetable fields in Shenyang suburbs. Rural Eco-Environment, 2004, 20 (1) : 24 — 27.

[14] Li W Q, Chen S H, Xie C F, *et al.* Investigation into the movement of mineral fertilizer in tobacco field II. The movement of magnesium, boron, zinc, copper and chlorine. Acta Tabacaria Sinica, 2004, 10 (1) : 17 — 21.

[15] Zhao P, Tan J F, Jie X L, *et al.* The relationship between potassium and calcium/magnesium in tobacco when potash is applied. Acta Tabacaria Sinica, 2000, 6 (1) : 23 — 26.

[16] 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 (1) : 1748 — 1753.

[17] Hu G S, Zhao Y K, Cao Z H, *et al.* The evaluation of the chemical elements and some organic components in flue-cured leaf tobacco from the main tobacco production provinces of China. Acta Tabacaria Sinica, 1997, 3 (1) : 36 — 44.

[18] Lu R K. Nutrition principles and fertilization for plant soil. Beijing : Chemistry Industry Press, 1998. 228 — 230.

[9] Saif H T, Smeck N E, Bigham J M. Pedogenic influence on basesaturation and calcium/magnesium ratios in soils of Southeastern Ohio. *Soil Sci Soc Am J*, 1997, 61 (4) :509—515.

[10] Curtin D, Selles F, Steppuhn H. Estimating calcium-magnesium selectivity in smectitic soils from organic matter and texture. *Soil Sci Soc Am J*, 1998, 62 (6) :1280—1285.

[11] Jiang Y, Zhang Y G, Liang W J, *et al.* Ratios of exchangeable calcium and magnesium in cultivated soils. *Chinese Journal of Soil Science*, 2003, 34 (6) :414—417.

[12] Lin B, Zhou W, Li S T, *et al.* Long-term effects of fertilization on the balance of soil S, Ca and Mg in fluvio-aguic soil. *Chinese Journal of Soil Science*, 2001, 32 (1) :126—128.

[13] Quideau S A, Graham R C, Chadwick O A, *et al.* Biogeochemical cycling of calcium and magnesium by ceanothus and chamise. *Soil Sci Soc Am J*, 1999, 63 (6) :1880—1888.

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. 209~213.

[2] 邵岩. 镁在烟草生产中的作用. *云南农业大学学报*, 1992, 7 (1) :105~108.

[3] 汪洪, 褚天铎. 植物镁素的研究进展. *植物学通报*, 1999, 16 (3) :245~250.

[4] 李永忠, 蒋志宏, 杨志新, 等. 供 Mg 水平对烤烟主要经济性性状的影响. *西南农业大学学报*, 2002, 24 (6) :200~203.

[5] 李荣春, 李信, 魏永宓. 中微肥对烟叶组织结构影响初报. *云南农业大学学报*, 1997, 12 (3) :178~182.

[6] 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分析. *生态学杂志*, 2006, 25 (10) :1186~1190.

[7] 鲍士旦. 土壤农化分析. 北京：中国农业出版社, 2000. 152~177.

[8] 王瑞新. 烟草化学. 北京：中国农业出版社, 2003. 250~275.

[9] 秦松, 闫献芳, 冯永刚, 等. 贵州植烟土壤交换性钙镁特征研究. *土壤通报*, 2005, 36 (1) :143~144.

[10] 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.

[11] 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.

[12] 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 (1) :20~27.

[3] 姜勇, 张玉革, 梁文举. 沈阳市郊区蔬菜保护地土壤交换性钙镁含量及钙镁比值的变化. *农村生态环境*, 2004, 20 (1) :24~27.

[4] 李文卿, 陈顺辉, 谢昌发, 等. 烟田土壤养分迁移规律研究 II. 中微量元素的迁移规律. *中国烟草学报*, 2004, 10 (1) :17~21.

[5] 赵鹏, 谭金芳, 介晓磊, 等. 施钾条件下烟草钾与钙镁相互关系的研究. *中国烟草学报*, 2000, 6 (1) :23~26.

[6] 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 (1) :1748~1753.

[7] 胡国松, 赵元宽, 曹志洪, 等. 我国主要产烟省烤烟元素组成和化学品质评价. *中国烟草学报*, 1997, 3 (3) :36~44.

[8] 鲁如坤. 土壤植物营养学原理与施肥. 北京：化学工业出版社, 1998. 228~230.

[11] 姜勇, 张玉革, 梁文举, 等. 耕地土壤交换性钙镁比值的研究. *土壤通报*, 2003, 34 (6) :414~417.

[12] 林葆, 周卫, 李书田, 等. 长期施肥对潮土硫、钙和镁组分与平衡的影响. *土壤通报*, 2001, 32 (1) :126~128.

表1 不同土壤类型交换性钙、镁含量状况

Table 1 Status of exchangeable calcium and magnesium in different soil types

指标 Item	土壤类型 Soil types	平均 Mean (mol/kg)	变幅 Range (mol/kg)	变异系数 CV (%)	土壤交换性钙含量分布频率 The distribution frequency of the contents of exchangeable calcium (%)				
					极低 Utmost low <3	低 Low [3, 6)	中等 Medium [6, 10]	高 High [10, 18]	极高 Utmost high >18
交换性钙	水稻土 Paddy field	8.52 b	0.15 ~ 31.78	69.26	11.13	37.25	18.42	26.11	7.09
Exchangeable calcium	红壤 Red soils	12.03 a	2.74 ~ 32.44	51.19	0.68	18.49	19.18	49.32	12.33
	黄壤 Yellow soils	8.07 bc	1.65 ~ 19.11	38.20	1.89	22.26	53.21	21.51	1.13
	黄棕壤 Yellow brown soils	6.92 c	1.2 ~ 16.22	49.81	7.32	41.46	34.15	17.07	0.00
	全省 The whole province	8.87	0.15 ~ 32.44	60.84	6.77	30.34	28.96	28.01	5.92

指标 Item	土壤类型 Soil types	平均 Mean (mol/kg)	变幅 Range (mol/kg)	变异系数 CV (%)	土壤交换性镁含量分布频率 The distribution frequency of the contents of exchangeable magnesium (%)				
					极低 Utmost lower <0.5	低 Lower [0.5, 1.0)	中等 Medium [1.0, 1.5]	高 High [1.5, 2.8]	极高 Utmost high >2.8
交换性镁	水稻土 Paddy field	0.89 c	0.25 ~ 3.64	62.90	21.86	51.62	13.36	11.74	1.42
Exchangeable magnesium	红壤 Red soils	1.28 b	0.29 ~ 4.94	63.67	13.70	36.99	14.38	30.82	4.11
	黄壤 Yellow soils	1.52 a	0.33 ~ 5.76	63.57	2.64	34.34	30.57	20.75	11.70
	黄棕壤 Yellow brown soils	1.55 a	0.25 ~ 4.05	64.53	9.76	26.83	21.95	31.71	9.76
	全省 The whole province	1.16	0.25 ~ 5.76	69.85	14.69	43.45	18.71	18.08	5.07

表中同一列不同字母表示差异达到 0.05 的显著水平,下同 The different letters indicate the significant difference at the 0.05 level in same line, the same below