

DOI: 10.13758/j.cnki.tr.2022.02.008

潘金华, 王美艳, 史学正, 等. 玉溪烟区烟叶镁含量分布特征及影响因素. 土壤, 2022, 54(2): 270–276.

玉溪烟区烟叶镁含量分布特征及影响因素^①

潘金华^{1,2}, 王美艳^{1*}, 史学正¹, 孙维侠¹, 杨继周³, 谢新乔³

(1 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008; 2 中国科学院大学, 北京 100049; 3 红塔烟草(集团)有限责任公司, 云南玉溪 653100)

摘要: 为研究玉溪烟区烟叶镁含量的分布状况和影响因素, 采集玉溪烟区烟叶和土壤样品, 通过描述性统计、方差分析、相关性分析及回归分析的方法, 明确了烟叶镁含量的整体分布状况及在不同海拔高度和坡度区间的分布特征, 分析了其与土壤全氮、全磷、速效钾、有效镁、有效硼和氯离子之间的关系。结果表明: 玉溪烟区烟叶镁平均含量为 4.28 g/kg, 变幅为 0.94~9.17 g/kg, 41.2% 的烟叶镁含量处于适宜范围 (4.0~15 g/kg)。除 1 700~1 900 m 海拔区间的烟叶镁含量均值 (4.67 g/kg 和 5.57 g/kg) 处于适宜范围外, <1 700、1 900~2 000 m 和 >2 000 m 海拔区间的烟叶存在轻度缺镁 (2.0~4.0 g/kg) 状况。除 5°~10°坡度区间的烟叶存在缺镁状况外, <5° 和 >10°坡度区间的烟叶镁含量 (4.55 g/kg 和 4.34 g/kg) 处于适宜范围。烟叶镁含量与土壤全磷和有效镁含量呈极显著线性正相关 ($P<0.01$), 与速效钾、有效硼和氯离子含量呈显著线性正相关 ($P<0.05$)。在玉溪烟区需要适当增施磷、钾、镁和硼肥, 进一步调控氮肥和氯肥的施用。

关键词: 玉溪烟区; 烟叶镁; 土壤; 分布特征; 影响因素

中图分类号: S572 文献标志码: A

Distribution and Influencing Factors of Magnesium Content in Flue-cured Tobacco Leaves in Yuxi City, Yunnan

PAN Jinhua^{1,2}, WANG Meiyang^{1*}, SHI Xuezheng¹, SUN Weixia¹, YANG Jizhou³, XIE Xinqiao³

(1 State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3 Hongta Tobacco Group Company Limited, Yuxi, Yunnan 653100, China)

Abstract: In order to study the distribution of Mg content in flue-cured tobacco leaves in Yuxi City, Yunnan, we collected tobacco leaves and soil samples, and clarified the overall distribution of Mg content in flue-cured tobacco leaves, its distribution at different altitudes and slopes and its relationship with soil total N, total P, rapidly available K, available Mg, available B and Cl⁻ by means of descriptive statistics, ANOVA, correlation analysis and regression analysis. The results showed that the average Mg content of flue-cured tobacco leaves was 4.28 g/kg with a variation of 0.94–9.17 g/kg and 41.2% of leaves was in the suitable range (4.0–15 g/kg) of Mg. Except for the 1 700–1 900 m altitude zone where the mean Mg content of leaves (4.67 g/kg and 5.57 g/kg) was in the suitable range, mild Mg deficiency (2.0–4.0 g/kg) was found in the <1 700 m, 1 900–2 000 m and >2 000 m altitude zones. Mg content of leaves was in the appropriate range in the <5° and >10° slope zones (4.55 g/kg and 4.34 g/kg) while deficient in the 5°–10° slope zone. Mg content of leaves showed a significant linear correlation with the contents of total soil phosphorus and effective Mg ($P<0.01$), and a significant linear correlation with the contents of soil rapidly available K, available B and Cl⁻ ($P<0.05$). In Yuxi tobacco region, appropriate applications of P, K, Mg and B fertilizers are needed to further regulate the application of N and Cl fertilizers.

Key words: Yuxi tobacco area; Mg in flue-cured tobacco leaves; Soil; Distribution characteristics; Influencing factors

①基金项目: 红塔烟草(集团)有限责任公司科技项目(S-6019001)和中国科学院战略性先导科技专项(XDA13020601)资助。

* 通讯作者(mywang@issas.ac.cn)

作者简介: 潘金华(1989—), 男, 安徽枞阳人, 博士研究生, 研究方向为土壤环境化学。E-mail: jhpan@issas.ac.cn

烟叶镁含量是评估优质烟叶的重要指标之一,其与烟叶的外观、化学及评吸指标有着紧密联系^[1]。在烤烟生长过程中,植株通过吸收镁离子促进烟叶光合作用,带动养分和能量在植株中传递^[2]。烟叶镁含量过高或过低均会导致烟叶品质的下降。缺镁会导致烟叶由下部至上部叶片脉间失绿、身份变薄、光泽暗淡和香气质量下降;镁含量过高会导致过多的养分富集,叶绿素过剩,从而难以适时成熟落黄^[3]。

玉溪烟区是云南省重要的优质烤烟种植区^[4-5],近年来,烟区种植制度由以往的单一植烟或粮食作物与烤烟轮作的方式转变为蔬菜或花卉与烤烟轮作的方式^[6],但烟叶品质出现了下降的趋势。镁元素是继氮、磷、钾元素之后烟叶吸收量第四多的中量元素^[7],但烟叶对镁的吸收受到诸多因素的影响,同时,烟叶镁的吸收也会与其他元素的吸收产生拮抗作用^[8]。相关研究发现,南方烟区也存在土壤缺镁的问题^[9-11]。目前对烟叶指标的分析大部分基于空间分布和适宜性评价,忽视了对相关影响因素的综合分析,同时种植制度的变化导致土壤养分管理的滞后,迫切需要进行相应的烟区养分精准管理。

本文通过在玉溪烟区采集烟叶和土壤定位样品,描述烟叶镁含量的分布状况,探讨不同海拔高度、坡度及土壤养分区间对烟叶镁含量分布的影响及其相关性,为玉溪烟区烟叶镁含量的增加与协调提供理论依据和生产建议。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

玉溪烟区位于云南省的中部,烟区以亚热带高原

季风气候为主,年均气温约为 17.0 °C,降水量约为 903.7 mm,日照时数约为 2 145.8 h,地形以山地、高原、丘陵和坝子地为主。全区 9 个县中,澄江县、红塔区、江川县和通海县以高原和坝子地为主,区域面积约为 3 348 km²,占总面积的 21.9%;易门县、峨山县、华宁县、新平县和元江县则以山地和丘陵为主,该区域面积 11 937 km²,占总面积的 78.1%^[4]。烟区植烟面积达 4×10⁴ hm²^[12],烤烟年产量约为 7 533 kg^[13],主要植烟土壤类型为红壤、黄壤、紫色土和水稻土等^[14-15]。

1.2 样品采集

依据烟区空间分布、种植制度、烤烟常年长势等因素,2019 年在玉溪烟区玉溪市的 9 个植烟县 34 个主要植烟乡镇各确定 1 个代表性烟田(表 1),每个烟田内采用“梅花形”五点取样法采集土样。采样时,每个采样点通过田间 GPS 定位得到经纬度,并利用 DEM 高程影像进行坡度分析和计算得出样点坡度。采集耕层(0~20 cm)土样,充分混合后用四分法留取 1 kg,装入纱袋后带回实验室,剔除大块砾石和可见动植物残体,经自然风干和研磨过 2 mm 筛备用。同时,收集各代表性烟田的初烤后 C3F 烟叶 1.5 kg。

1.3 样品分析

土壤指标测定采用鲁如坤^[16]的方法。其中,全氮,凯氏法;全磷,酸溶-钼锑抗比色法;速效钾,NH₄OAc 浸提-火焰光度法;有效镁,原子吸收分光光度法;有效硼,姜黄素比色法;氯离子,硝酸银滴定法。

烟叶样品在 45°C 条件下烘干至恒重,粉碎、过 60 目筛,采用干灰化-原子吸收分光光度法测定镁含量^[17]。

表 1 土壤和烟叶样品采集信息
Table 1 Information of sampled typical fields and tobacco leaves

植烟县区	采样地点(成土母质和土壤类型)	样点数	海拔 (m)
红塔区	龙树(紫砂紫色土)、响水(砂页岩红壤)、黑泥(砂页岩红壤)、大石板(石灰岩红壤)、波衣(石灰岩红壤)	5	1 808 ~ 2 176
江川县	下营(碳酸盐岩红壤)、矣文(碳酸盐岩红壤)、光山(紫砂紫色土)、陈家湾(碳酸盐岩红壤)、上坝(冲击型水稻土)	5	1 727 ~ 2 015
澄江县	龙潭(石灰岩红壤)、松元(石灰岩红壤)	2	1 876 ~ 2 007
通海县	四寨(石灰岩红壤)、清水河(冲击型水稻土)、兴义(冲击型水稻土)、里山(石灰岩红壤)	4	1 758 ~ 1 955
华宁县	普茶寨(砂岩红壤)、大村(碳酸盐岩红壤)、落梅(碳酸盐岩红壤)	3	1 852 ~ 1 923
易门县	桃园(冲击型水稻土)、甲浦(砂页岩紫色土)、罗尹(紫色土型水稻土)	3	1 749 ~ 1 816
峨山县	雨来救(碳酸盐岩红壤)、棚租(泥质岩红壤)、文山(砂页岩紫色土)、塔甸(石灰岩红壤)、塔冲(板岩红壤)、绿溪(石灰岩红壤)	6	1 570 ~ 1 979
新平县	若克(泥质岩红壤)、大堵路(红壤型水稻土)、太桥(泥质岩红壤)、宁河(红壤型水稻土)、费贾(紫色土型水稻土)	5	1 518 ~ 1 878
元江县	因远(泥质岩红壤)	1	1 553

1.4 数据分析

数据整理与分析采用 Microsoft Excel 2016 和 IBM Statistics SPSS 21.0 软件, 图表制作采用 Origin 8.6 软件。采用 LSD 法进行数据间差异的多重比较, Duncan 法进行单因素显著性检验(显著性水平 $P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 烟叶镁含量的分布状况

玉溪烟区烟叶镁含量平均值为 4.28 g/kg, 变幅为 0.94~9.17 g/kg; 峰度系数为 -0.676, 表明烟叶镁含量分布较为适中; 偏度系数为 0.681, 表明分布呈右偏态分布(表 2)。根据全国烟叶镁含量标准^[18]将其分布状况划分为: <2.0 g/kg, 缺乏; 2.0~4.0 g/kg, 较缺; 4.0~15 g/kg, 适宜。玉溪烟区烟叶镁含量适宜水平土样 41.2%, 但仍有 14.7% 呈缺乏水平, 44.1% 呈较缺水平, 因此, 烟区烤烟生长过程中需要进一步补充镁肥。

不同海拔区间烟叶镁含量的分布特征见表 3。本文将海拔区间划分为 <1 700、1 700~1 800、1 800~1 900、1 900~2 000、>2 000 m, 从统计的平均值结果看, 1 800~1 900 m 海拔区间的烟叶镁含量最高, 达 5.57 g/kg, 其次是 1 700~1 800 m 海拔区间, 达 4.67 g/kg, 其他海拔区间的烟叶镁含量平均值均低于 4.0 g/kg, 分别为 3.83(1 900~2 000 m)、3.23(>2 000 m)

和 2.53 g/kg(<1 700 m)。从显著性分析结果看, 1 800~1 900 m 海拔区间的烟叶镁含量平均值显著大于 <1 700 m 海拔区间($P < 0.05$), 其他区间之间差异不显著。从烟叶镁含量水平看, <1 700 m 海拔区间表现出不同程度的缺镁现象; 1 700~1 800 m 和 >2 000 m 海拔区间有 50% 烟叶表现出缺镁和轻度缺镁; 1 900~2 000 m 海拔区间有 12.5% 烟叶缺镁和 62.5% 烟叶轻度缺镁; 1 800~1 900 m 海拔区间也有 36.4% 烟叶表现出轻度缺镁现象。烟叶镁含量随海拔上升表现出先增后减的趋势, 较低和较高海拔区间的烟叶缺镁现象较为严重, 因此, 烤烟生长过程中镁肥的施加需要针对不同海拔区间的状况。

不同坡度烟叶镁含量的分布特征见表 3。本文将坡度区间划分为 <5°、5°~10°、>10°, 从统计的平均值结果看, <5° 坡度区间的烟叶镁含量最高, 达 4.55 g/kg, 其次是 >10° 坡度区间, 达 4.34 g/kg, 5°~10° 坡度区间的烟叶镁含量低于 4.0 g/kg, 为 3.64 g/kg, 表现出轻度缺镁的现象。各坡度区间烟叶镁含量差异不显著。从烟叶镁含量水平看, <5° 坡度区间烟叶表现不同程度的缺镁现象, 其中 11.1% 缺乏, 38.9% 轻度缺乏; 5°~10° 坡度区间烟叶镁有 28.6% 缺乏和 42.9% 轻度缺乏; >10° 坡度区间则有 11.1% 缺乏和 55.6% 轻度缺乏。因此, 在烤烟镁肥施用时需要考虑到不同坡度情况下的差异。

表 2 烟叶镁含量的统计特征

Table 2 Statistics of Mg content in flue-cured tobacco leaves

样本数	平均值 ± 标准误(g/kg)	变幅(g/kg)	变异系数(%)	峰度	偏度	烟叶镁含量分布 (%)		
						< 2.0 g/kg	2.0~4.0 g/kg	4.0~15 g/kg
34	4.28 ± 0.39	0.94~9.17	53.5	-0.676	0.681	14.7	44.1	41.2

表 3 不同海拔和坡度区间烟叶镁含量的分布特征

Table 3 Mg contents in flue-cured tobacco leaves at different altitudes and slopes

样品分组	样本数	烟叶镁含量 (g/kg)		烟叶镁含量分布 (%)			
		平均值 ± 标准误	变幅	<2.0 g/kg	2.0~4.0 g/kg	4.0~15 g/kg	
海拔 (m)	<1 700	5	2.53 ± 0.37 b	1.81~3.80	40	60	-
	1 700~1 800	6	4.67 ± 1.09 ab	1.80~8.24	16.7	33.3	50.0
	1 800~1 900	11	5.57 ± 0.72 a	2.21~9.17	-	36.4	63.6
	1 900~2 000	8	3.83 ± 0.69 ab	1.55~6.87	12.5	62.5	25.0
	>2 000	4	3.23 ± 0.89 ab	0.94~4.88	25.0	25.0	50.0
坡度 (°)	<5	17	4.55 ± 0.61 a	0.94~9.17	11.1	38.9	50.0
	5~10	8	3.64 ± 0.74 a	1.80~8.10	28.6	42.9	28.5
	>10	9	4.34 ± 0.71 a	1.55~7.55	11.1	55.6	33.3

注: 同列不同小写字母表示不同分组间差异在 $P < 0.05$ 水平上显著, 下同。

2.2 烟叶镁含量与土壤化学属性的关系

根据植烟土壤全氮含量标准^[19], 本文将玉溪烟区土壤全氮划分为 4 个区间(表 4): <1.0 g/kg 为缺氮, 1.0 ~ 1.5 g/kg 为中等, 1.5 ~ 2.0 g/kg 为较丰, >2.0 g/kg 为富氮。从统计的平均值结果看, 全氮含量中等区间的烟叶镁含量平均值最高, 达 5.52 g/kg, 占比达 29.4%; 较丰区间的次之, 平均含量达 4.11 g/kg, 占比达 26.5%; 富氮区间的平均含量为 3.91 g/kg, 缺氮区间的平均含量仅为 3.02 g/kg, 富氮和缺氮区间的烟叶均表现出轻度缺镁现象, 该部分占比可达 44.1%。从显著性分析结果看, 全氮含量中等区间的烟叶镁含量显著高于缺氮区间($P < 0.05$), 其他区间之间无显著差异。从各区间的变化趋势看, 烟叶镁含量随土壤全氮含量的增加表现出先增后减的趋势。因此, 田间施

肥时需考虑土壤全氮是否过高和过低的情况。

同样地, 根据植烟土壤全磷含量标准^[19], 本文将玉溪烟区土壤全磷划分为 4 个区间(表 4): <0.8 g/kg 为缺磷, 0.8 ~ 1.2 g/kg 为中等, 1.2 ~ 1.6 g/kg 为较丰, >1.6 g/kg 为富磷。从统计的平均值结果看, 富磷区间的烟叶镁平均含量最高, 达 6.25 g/kg, 其次是较丰区间, 达 5.24 g/kg; 中等区间和缺磷区间分别为 3.50 g/kg 和 3.26 g/kg; 中等和缺磷区间的烟叶均表现出轻度缺镁现象, 两区间占比达 61.8%。从显著性分析结果看, 富磷区间的烟叶镁含量显著高于缺磷和中等区间($P < 0.05$), 其他区间之间差异不显著。从各区间的变化趋势看, 烟叶镁含量随土壤全磷含量的增加表现出递增的趋势。因此, 田间肥料施加需关注土壤全磷含量的高低。

表 4 土壤养分不同分级的烟叶镁含量
Table 4 Mg contents in flue-cured tobacco leaves at different grades of soil nutrients

土壤养分	含量区间	烟叶镁含量 (g/kg)	样品占比 (%)	土壤养分	含量区间	烟叶镁含量 (g/kg)	样品占比 (%)
全氮(g/kg)	<1.0	3.02 ± 0.70 b	17.6	全磷(g/kg)	<0.8	3.26 ± 0.60 b	26.5
	1.0 ~ 1.5	5.52 ± 0.74 a	29.4		0.8 ~ 1.2	3.50 ± 0.55 b	35.3
	1.5 ~ 2.0	4.11 ± 0.73 ab	26.5		1.2 ~ 1.6	5.24 ± 1.04 ab	20.6
	>2.0	3.91 ± 0.78 ab	26.5		>1.6	6.25 ± 0.71 a	17.6
速效钾(mg/kg)	<150	3.06 ± 0.47 b	17.6	有效镁(mg/kg)	<100	2.44 ± 0.29 c	23.5
	150 ~ 350	3.78 ± 0.52 ab	47.1		100 ~ 400	4.57 ± 0.48 b	61.8
	>350	5.55 ± 0.73 a	35.3		>400	6.87 ± 0.92 a	14.7
有效硼(mg/kg)	<0.5	3.15 ± 0.47 a	23.5	氯离子(mg/kg)	<30	3.89 ± 0.47 a	64.7
	0.5 ~ 1.0	4.43 ± 0.63 a	50.0		30 ~ 45	4.18 ± 0.92 a	20.6
	>1.0	5.08 ± 0.78 a	23.5		>45	6.14 ± 0.84 a	14.7

本文将玉溪烟区土壤速效钾含量划分为 3 个区间(表 4), 分别为缺钾(<150 mg/kg)、中等(150 ~ 350 mg/kg)、富钾(>350 mg/kg)^[20]。从统计的平均值结果看, 富钾区间的烟叶镁平均含量最高, 达 5.55 g/kg; 中等区间的次之, 达 3.78 g/kg; 缺钾区间的最低, 仅 3.06 g/kg; 缺钾和中等区间的烟叶均表现出轻度缺镁现象, 两区间占比为 64.7%。从显著性分析结果看, 富钾区间的烟叶镁含量显著高于缺钾区间($P < 0.05$), 其余各区间之间无显著性差异。从各区间的变化趋势看, 烟叶镁平均含量随土壤速效钾含量增加而呈递增趋势。因此, 田间施肥时需考虑烤烟对钾肥的用量和利用率。

本文将玉溪烟区土壤有效镁含量划分为 3 个区间(表 4), 分别为缺镁(<100 mg/kg)、中等(100 ~

400 mg/kg)、富镁(>400 mg/kg)^[20]。从统计的平均值结果看, 富镁区间的烟叶镁平均含量最高, 可达 6.87 g/kg; 中等区间的次之, 达 4.57 g/kg; 缺镁区间的最低, 仅为 2.44 g/kg, 表现出轻度缺镁现象, 占比为 23.5%。从显著性分析结果看, 各区间之间均表现出显著差异, 富镁区间的烟叶镁含量显著高于中等和缺镁区间($P < 0.05$), 中等区间烟叶镁含量显著高于缺镁区间($P < 0.05$)。从各区间的变化趋势看, 烟叶镁平均含量随土壤有效镁含量的增加而呈递增趋势。因此, 提高烟叶镁含量需考虑增加镁肥的施加及利用率。

根据植烟土壤微量元素标准^[20], 本文将玉溪烟区土壤有效硼划分为缺硼(<0.5 mg/kg)、中等(0.5 ~ 1.0 mg/kg)、富硼(>1.0 mg/kg)3 个区间(表 4)。从统计

的平均值结果看,富硼区间的烟叶镁平均含量最高,达 5.08 g/kg;中等区间的次之,可达 4.43 g/kg;缺硼区间的最低,仅为 3.15 g/kg,表现出轻度缺镁的现象,占比可达 23.5%。从显著性分析结果看,各区间差异不显著。从各区间的变化趋势看,随土壤有效硼含量的增加,烟叶镁含量呈递增趋势。因此,在田间施肥时需关注土壤是否缺硼的状况。

根据植烟土壤微量元素标准^[21],本文将玉溪烟区土壤氯离子划分为缺氯(<30 mg/kg)、中等(30 ~ 45 mg/kg)、富氯(>45 mg/kg)3个区间(表 4)。从统计的平均值结果看,富氯区间的烟叶镁平均含量最高,可达 6.14 g/kg;中等区间的次之,为 4.18 g/kg;缺氯区间的最低,为 3.89 g/kg,表现出轻度缺镁现象,占比高达 64.7%。从显著性分析结果看,各区间之间无显著性差异。从各区间的变化趋势看,随土壤氯离子含量的增加,烟叶镁含量呈递增趋势。因此,烟叶镁含量的提升应考虑土壤是否缺氯的状况。

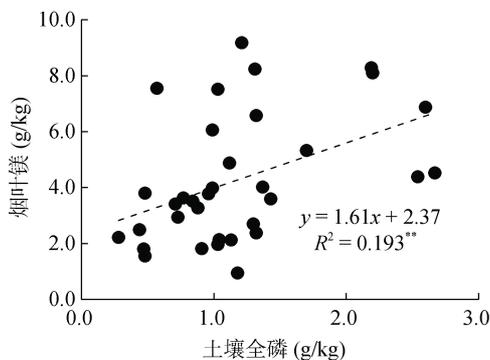
2.3 烟叶镁含量的影响因子

Pearson 相关分析发现(表 5),烟叶镁含量与土壤全磷($r=0.440$, $P=0.009$)、有效镁含量($r=0.701$, $P=0.000$)呈极显著正相关,与土壤速效钾($r=0.352$, $P=0.041$)、有效硼($r=0.350$, $P=0.042$)、氯离子含量($r=0.400$, $P=0.019$)呈显著正相关,而与土壤全氮含量相关性不显著。

表 5 烟叶镁含量与土壤养分之间的相关系数
Table 5 Correlation coefficients between Mg content of tobacco leaves and soil nutrients

特征值	全氮	全磷	速效钾	有效镁	有效硼	氯离子
r	0.023	0.440	0.352	0.701	0.350	0.400
P	0.899	0.009	0.041	0.000	0.042	0.019

进一步的回归分析发现(图 1),烟叶镁含量与土壤全磷含量符合直线线性关系($R^2=0.193$),回归方程



达极显著水平($P=0.000$),即随土壤全磷含量增加,烟叶镁含量呈逐渐增加的趋势。烟叶镁含量与土壤有效镁含量符合直线线性关系($R^2=0.491$),回归方程达极显著水平($P=0.000$),即烟叶镁含量随土壤有效镁含量的增加而增加。

3 讨论

本次调查显示,玉溪烟区的烟叶镁含量虽然总体上平均分布在适宜范围,但有 58.8% 的烟叶处于轻度和重度缺镁状态。这与艾华林等^[22]研究结果类似:玉溪烟区烟叶镁含量大部分低于适宜范围,且在不同区域缺镁状况有所差异。对比云南省其他烟区和南方烤烟种植区的研究结果发现,各个烟区均存在烟叶镁含量不足的问题。李强等^[23]在云南曲靖烟区调查发现,烟叶镁平均含量处于适宜范围,但仍有 55.8% 的烟叶处于轻度和重度缺镁范围,其中重度缺镁的比例占 10.6%。李晓婷等^[24]在云南保山调查发现,烟叶镁含量处于低和很低范围的比例达 52.6%。张国等^[25]调查湖南省烤烟发现,该烟区有 66.3% 的烟叶存在缺镁问题。王世济等^[26]调查安徽烟区发现,烟区有 76% 的烟叶镁含量存在轻度至重度缺乏。本研究表明,在不同海拔区间上,较高海拔和较低海拔区间烟叶缺镁状态明显,而在不同坡度区间上,则表现出较大坡度和较小坡度区间烟叶缺镁。田斌^[27]调查昆明烟区烟叶发现,烟叶镁含量随着海拔升高呈递增的趋势。郭燕^[28]通过分析恩施烟区不同海拔烟叶发现,高海拔区烟叶镁含量高于中海拔和低海拔烟叶镁含量。这与本研究的结果有所差异,可能与区域气候或田间管理措施的差异有关,同时,坡度上的变化也会改变土壤性状^[29-30],导致烟叶对养分元素吸收的差异,改变烟叶内部化学成分。有研究发现,镁含量也受到成土母质的影响,如紫砂岩和石灰岩发育的土壤

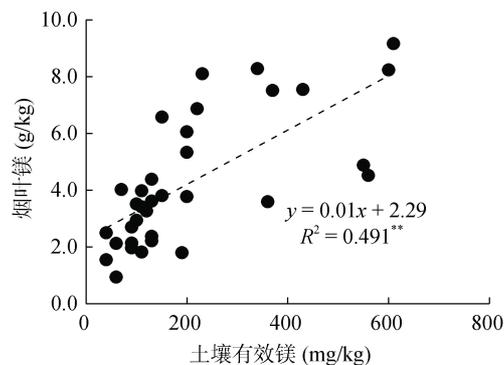


图 1 烟叶镁含量与土壤全磷和有效镁之间的回归分析

Fig. 1 Regression analysis of Mg content of flue-cured tobacco leaves and soil total P and available Mg

能为植株提供更多的交换性镁,以砂页岩、玄武岩及第四纪红土发育的土壤次之,而以花岗岩等酸性岩发育的土壤供镁能力则较低^[31]。在南方多雨的红壤分布区,有机质含量高的水稻土供镁能力(有效镁 100 mg/kg)远高于有机质含量低的泥质红壤(有效镁 17.1 mg/kg)和硅质红壤(有效镁 20.0 mg/kg)^[32]。

土壤因子是影响烟叶镁吸收的重要因素。本研究中,随土壤全氮含量的增加,烟叶镁含量呈先增后减的趋势,表明适宜的土壤全氮适合烟叶对镁的吸收。随土壤全磷的增加,烟叶镁含量呈递增的趋势,表明磷素的增加能促进烟叶对镁的吸收。土壤氮、磷与土壤有效镁之间的相关性存在差异,可能是由于烟株对氮、磷和镁的吸收存在一定的差异,同时受到海拔或土壤质地环境等因素的影响^[33-34]。土壤速效钾、有效镁对烟叶镁含量的影响具有相似性,通过分析发现,烟叶镁含量随土壤速效钾的增加而增加,但在增加程度上存在差异,这与相关研究不尽相同。张森等^[3]的研究发现,在土壤速效钾 ≤ 200 mg/kg 时,烟叶镁含量随速效钾的增加而逐渐增加,在土壤速效钾 > 200 mg/kg 时,烟叶镁含量则随速效钾的增加而减少。虽然有研究证明钾与镁之间存在拮抗作用^[35],但由于全国各植烟区的地理环境与土壤状况存在巨大差异^[36],从而导致烟叶镁含量的变化规律较为复杂。烟叶镁含量随土壤有效镁含量的增加而增加,这与相关研究相一致^[37]。如,于建军等^[38]研究发现,烟叶镁含量与土壤有效镁含量之间的相关性是极显著正相关,相关性系数达 0.947,通过增加土壤有效镁对提升烟叶镁含量有着促进作用。但南方烤烟种植区的土壤缺镁状况仍较严重^[39]。有研究发现,南方土壤酸化程度和土壤镁离子等碱金属的流失是导致土壤镁离子利用率低的重要原因^[40-41]。本研究中,烟叶镁含量随土壤有效硼含量的增加而增加,这可能是由于硼离子的增加能促进镁离子的吸收。有研究发现,植烟土壤有效硼与有效镁呈显著正相关^[42];同时,由于南方烟区土壤多呈酸性,受降雨量较多的影响,容易导致酸性土壤有效硼的淋失^[43],从而进一步影响烟叶对镁离子的吸收。通过对土壤氯离子的分析发现,烟叶镁含量随土壤氯离子的增加而增加,由于氯离子和镁离子是属于异性电荷,在烤烟生长过程中两种离子之间会产生协同效应,从而提升烟叶镁含量^[44]。可见,通过对土壤养分的调节和元素间的调控,同时兼顾不同海拔和坡度等区域环境的差异,可改善烟株对镁离子的吸收和利用,但对烟区烟叶镁含量的分布和影响因子仍需进一步定量和全面的研究。

4 结论

1)玉溪烟区烟叶镁平均含量处于适宜范围,但 58.8% 的烟叶缺镁,海拔 $< 1\ 700$ m 和 $> 1\ 900$ m 区间烟叶轻度缺镁;坡度 $5^\circ \sim 10^\circ$ 区间烟叶处于轻度缺镁。

2)玉溪烟区烟叶镁含量随土壤全氮含量的增加非显著地先增后减,而随土壤全磷、速效钾、有效镁、有效硼和氯离子含量的增加呈显著的线性递增趋势。

3)在玉溪烟区烟叶生产中需要适当关注磷、钾、镁和硼肥的施加,进一步调控氮肥和氯肥的施用,以提升烤烟产质量。

参考文献:

- [1] 高华军,林北森,杨小梅,等. 镁肥施用方法和时期对烤烟镁含量及产量、品质的影响[J]. 河南农业科学, 2013, 42(10): 36-40.
- [2] Cakmak I, Yazici A M. Magnesium: A forgotten element in crop production[J]. Better Crops with Plant Food, 2010, 94(2): 23-25.
- [3] 张森,卢秀萍,许自成,等. 曲靖中海拔红壤烟区烤烟镁含量分布及影响因素[J]. 土壤通报, 2017, 48(4): 875-881.
- [4] 金亚波,李桂湘,韦建玉,等. 云南玉溪植烟区气候——土壤因子聚类分析[J]. 土壤通报, 2010, 41(2): 275-281.
- [5] 周冀衡,朱小平,王彦亭,等. 烟草生理与生物化学[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社, 1996.
- [6] 玉溪市人民政府烟草产业办公室,玉溪市土壤肥料工作站,玉溪市烟草专卖局. 玉溪烤烟土壤管理与施肥[M]. 昆明:云南科技出版社, 2008.
- [7] 王宝林,贾国涛,白银帅,等. 我国烤烟镁含量分布特点及与化学成分和有机酸的关系[J]. 中国烟草科学, 2021, 42(1): 68-72, 78.
- [8] 张森,王林,许自成,等. 曲靖红壤烟区有效镁、速效钾交互作用对烤烟钾、镁、钙吸收及品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2018(1): 87-93.
- [9] 宋珍霞,高明,关博谦,等. 重庆市植烟区土壤肥力特征研究[J]. 土壤通报, 2005, 36(5): 664-668.
- [10] 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[J]. 中国烟草学报, 2004, 10(1): 17-21.
- [11] 孙兴权,顾毓敏,夏贤仁,等. 镁硼配施对红壤烤烟镁、硼含量及经济性状的影响[J]. 江西农业学报, 2019, 31(5): 65-69.
- [12] 王秀珍,景元书,谢新乔,等. 玉溪烤烟低温冷害风险评价与区划[J]. 河南农业大学学报, 2020, 54(4): 704-710.
- [13] 玉溪市统计局,国家统计局玉溪调查队. 玉溪市 2017 年国民经济和社会发展统计公报[N]. 玉溪日报, 2018-03-15 (003).
- [14] 田育天,李湘伟,谢新乔,等. 云南典型植烟土壤通气孔隙及其主控因素研究[J]. 土壤学报, 2020, 57(6): 1430-1438.
- [15] 田育天,李湘伟,谢新乔,等. 秸秆还田对云南典型烟区土壤物理性状的影响[J]. 土壤, 2019, 51(5): 964-969.
- [16] 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, 2000.

- [17] 韩富根. 烟草化学[M]. 2 版. 北京: 中国农业出版社, 2010.
- [18] 中国农业科学院烟草研究所. 中国烟草栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987.
- [19] 刘江. 云南植烟土壤主要养分状况与施肥对策研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2008.
- [20] 陈江华, 李志宏, 刘建利, 等. 全国主要烟区土壤养分丰缺状况评价[J]. 中国烟草学报, 2004, 10(3): 14–18.
- [21] 陈江华, 刘建利, 李志宏, 等. 中国植烟土壤及烟草养分综合管理[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [22] 艾华林, 李明, 台希, 等. 玉溪烤烟生产中镁元素的状况分析[J]. 玉溪师范学院学报, 2009, 25(4): 30–32.
- [23] 李强, 周冀衡, 刘晓颖, 等. 曲靖烤烟镁含量特征及其影响因素[J]. 土壤, 2017, 49(3): 565–571.
- [24] 李晓婷, 张静, 林跃平, 等. 云南保山烟区土壤与烟叶钙镁含量分布特征及相关性[J]. 土壤通报, 2019, 50(1): 131–136.
- [25] 张国, 赵松义, 相智华, 等. 湖南烤烟烟叶中镁与土壤交换性镁含量的特征及关系分析[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(4): 52–55.
- [26] 王世济, 崔权仁, 刘小平, 等. 安徽省烟区土壤和烟叶镁含量状况与镁肥应用研究[J]. 安徽农学通报(上半月刊), 2011, 17(1): 82–83, 98.
- [27] 田斌. 昆明烟区生态因子与烤烟质量特征分析[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2012.
- [28] 郭燕. 恩施烟区土壤—烤烟营养元素的分布特点及其关系分析[D]. 郑州: 河南农业大学, 2009.
- [29] 张伯浩, 宋娅丽, 王克勤, 等. 不同坡度坡位下滇中烤烟地土壤呼吸的变化特征[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2018, 47(3): 281–290.
- [30] 邓江. 砾石和坡度对植烟土壤物理性质及烤烟生长的影响[D]. 雅安: 四川农业大学, 2015.
- [31] Xie J C, Du C L, Li F S. Soil magnesium status and prospects for magnesium requirements in south China. Proceedings of the international symposium on the role of sulphur, magnesium and micronutrients in balanced plant nutrition[J]. The sulphur Institute, Washington, USA: 1992, 262–272.
- [32] 黄鸿翔, 陈福兴, 徐明岗, 等. 红壤地区土壤镁素状况及镁肥施用技术的研究[J]. 土壤肥料, 2000(5): 19–23.
- [33] 李卫, 解燕, 周冀衡, 等. 不同海拔高度植烟土壤有效钙镁的分布状况——以云南曲靖烟区为例[J]. 土壤, 2010, 42(6): 946–951.
- [34] 肖庆礼, 黄帅, 刘国顺, 等. 施磷对低磷土壤烤烟化学成分和香气物质含量的影响[J]. 河南农业大学学报, 2009, 43(5): 491–496.
- [35] 许自成, 黎妍妍, 肖汉乾, 等. 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.
- [36] 谢新乔, 李湘伟, 朱云聪, 等. 我国不同尺度烤烟种植区划与思考[J]. 土壤, 2020, 52(6): 1105–1112.
- [37] 王雅妮, 徐旭光, 王树声, 等. 正宁县植烟土壤与烟叶中镁含量特征分析[J]. 浙江农业科学, 2015, 56(6): 806–809.
- [38] 于建军, 叶贤文, 董高峰, 等. 土壤与烤烟中微量元素含量的相关性[J]. 生态学杂志, 2010, 29(6): 1127–1134.
- [39] 朱英华, 屠乃美, 肖汉乾, 等. 镁对烤烟生长发育及养分吸收的影响[J]. 华北农学报, 2011, 26(3): 164–167.
- [40] 赵其国, 黄国勤, 马艳芹. 中国南方红壤生态系统面临的问题及对策[J]. 生态学报, 2013, 33(24): 7615–7622.
- [41] 陆欣. 土壤肥料学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002.
- [42] 王政, 林跃平, 杨海燕, 等. 保山植烟土壤有效硼质量分数分布及其影响因素[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2020, 42(8): 26–32.
- [43] 曹凑贵, 张光远, 王运华, 等. 鄂南丘陵区棕红壤硼的分布和迁移特点及其调控[J]. 土壤学报, 2001, 38(1): 96–103.
- [44] Johnson G D, Sims J L, Grove J H. Distribution of potassium and chloride in two soils as influenced by rate and time of KCl application and soil pH[J]. Tobacco Science, 1989, 33:35–39.