

改良剂对土壤酸碱度和烤烟生长及烟叶中重金属含量的影响^①

姜超强¹, 董建江^{2*}, 徐经年¹, 沈嘉¹, 薛宝燕², 祖朝龙^{1*}

(1 安徽省农业科学院烟草研究所, 合肥 230031; 2 安徽省烟草公司, 合肥 230022)

摘要:为筛选出高效安全的酸性植烟土壤改良剂, 采用盆栽试验研究了不同改良剂(生石灰、白云石粉和熟石灰, 用量为 0.66 g/kg 风干土)对酸性土壤 pH、烟株生长和烟叶重金属吸收的影响。结果表明, 施用石灰和白云石粉均能提高土壤 pH, 其中生石灰提高的幅度达到 0.52 单位; 改良剂能够促进根系的生长, 增加烟株干物质的积累, 生石灰、白云石粉、熟石灰处理旺长期烟株总干重分别增加了 13%、9% 和 17%; 白云石粉处理增加了烟叶总糖、还原糖含量和糖碱比, 石灰处理则降低了总糖和还原糖含量; 白云石粉处理显著增加了烟叶的 Cd 含量, 而石灰处理则降低了烟叶的 Cd 含量, 但各处理烟叶中重金属含量均较低。综合考虑改良剂的效果和烟叶的安全性, 石灰是烟区酸性土壤改良、提高烟叶产量和安全性的有效技术措施。

关键词: 烤烟; 酸性土壤; 重金属; 石灰; 白云石粉

中图分类号: S156.2; S572

由于部分烟区随着土地复种指数的提高、无机肥料的不合理使用以及连作, 导致烟田土壤养分失衡、pH 变化、微生物种群结构趋劣等^[1-4]。因此, 对这些地区的植烟土壤进行合理改良以提高烤烟的产量和品质是烤烟栽培的重点研究内容之一。

烟草生长对土壤酸碱度的适应性较广, pH 5.5 ~ 7.8 均可生长, 但生产优质烤烟的土壤 pH 为 5.5 ~ 6.5 最为适宜^[5-6]。在酸性土壤环境下, 多数养分的有效性低, 协调性也差, 酸性土壤中铁、铝活性较高, 影响了根系的生长发育和对养分的吸收^[7-8]。利用石灰改良酸性植烟土壤是研究较多的领域之一。有研究表明, 植烟土壤施用石灰可缓解土壤酸化, 改善土壤理化性质, 提高烟叶的产质量^[9-10]。近年来, 有研究表明, 施用白云石粉也能降低土壤酸度, 提高酸性土壤的保肥性能及养分的有效性, 改善烤烟化学成分的协调性^[11]。

尽管关于石灰和白云石粉对酸性土壤环境和作物生长的影响也有较多的研究, 但其对酸性土壤烟叶重金属积累的影响研究还甚少。重金属不仅影响着烟草的正常生长发育, 积累过多会抑制烟株的生长发育, 降低烟叶的产量和质量, 烟草的重金属安全性已经成为烟草质量评价的重要标准之一^[12-13]。植物从土

壤中吸收重金属, 主要取决于其在土壤中的含量, 同时也受土壤的性质、水分条件、施肥的种类和数量以及耕作制度影响。诸多的研究表明, 通过调节土壤 pH, 可能会改变土壤重金属活性及其生物有效性, 影响其从土壤向烟草的转移^[14-15]。

近年来皖南地区一直是安徽省烤烟主产区, 烤烟收购约占全省的 80%, 该区域烤烟种植方式主要为烟稻轮作模式。有研究表明, 皖南的水田存在较为明显的土壤酸化现象, 从 20 世纪 80 年代至今 pH 由 5.23 降低到 4.99, 下降了 0.24 单位^[16]。另有研究表明, 皖南烟区个别烟田重金属含量已接近轻微污染、健康低风险和生态低风险^[17]。一些土壤酸性改良剂自身可能伴有重金属, 其用于改良土壤酸性时, 一方面可能通过提高土壤 pH 而降低土壤中重金属的生物有效性, 降低作物对重金属的吸收; 但另一方面也可能会通过增加土壤中重金属的含量而提高烟叶的重金属含量。为此, 本研究采用石灰、白云石粉等作为土壤改良剂, 研究其改良皖南地区酸性烟田土壤的效果及其对烤烟生长和烟叶重金属积累的影响, 旨在探讨改良酸性烟田土壤的优良措施, 为烟田土壤改良和优质安全烟叶的生产提供理论指导和实践依据。

基金项目: 安徽省烟草公司科技项目 (20110551012 ;20120551002)和中国烟草总公司特色优质烟叶开发重大专项 (110201101006(ts-06)) 资助。

* 通讯作者(lcz2468@sina.com; dongjj1570@163.com)

作者简介: 姜超强(1980—), 男, 广西贵港人, 博士, 助理研究员, 主要从事作物营养与土壤养分管理研究。E-mail: chaoqiang@163.com

1 材料与方 法

1.1 试验地点

研究试验在池州市烟草公司育苗基地试验大棚内进行,其位于安徽省池州市东至县张溪镇(117°04'E, 30°16'N),该地区是安徽省重要的烤烟主产烟区之一。

1.2 供试材料

供试烤烟品种为云烟 87,由池州市烟草公司提供。

供试改良剂:生石灰(CaO)(分析纯)、熟石灰(Ca(OH)₂)(分析纯)、白云石粉(pH 8.50,阳离子交换量 0.01 cmol/kg, Ca 220.00 g/kg, Mg 124.30 g/kg, As、Cd、Pb 和 Hg 分别为 3.1、0.19、2.9 和 0.05 mg/kg)。

供试土壤:烟稻轮作的水稻土(普通筒育水耕人为土),pH 5.60,有机质 17.6 g/kg,碱解氮 157.67 mg/kg,有效磷 16.58 mg/kg,速效钾 184.69 mg/kg,土壤重金属含量详见表 1,均低于对应的土壤环境质量标准的上限^[18]。

表 1 供试土壤重金属含量 (mg/kg)
Table 1 Heavy metal contents of tested soil

重金属	As	Cd	Cr	Pb	Hg	Cu	Zn
供试土壤	8.6	0.22	71.3	27.3	0.12	23.1	68.4
土壤环境质量标准上限	30	0.30	250	250	0.30	50	200

1.3 试验设计

盆栽试验共设 4 个处理:对照、生石灰(CaO)(1 500 kg/hm²)、白云石粉(1 500 kg/hm²)、熟石灰[Ca(OH)₂](1 500 kg/hm²),每个处理 3 次重复,按随机区组排列。将风干、去杂、压碎、过筛后的土壤装盆,每盆按 20 kg 称重装土。根据改良剂每亩施用量,换算成每盆的用量,则各处理每盆加入的改良剂为:生石灰 13.33 g(0.66 g/kg 风干土)、白云石粉 13.33 g(0.66 g/kg 风干土)、Ca(OH)₂ 13.33 g(0.66 g/kg 风干土)。装盆前将改良剂与称量好的肥料和土壤充分混匀。根据池州市优质烤烟生产技术方案进行施肥,肥料配比按 N:P₂O₅:K₂O=1:1.5:3,即每盆施用烟草专用肥(N:P₂O₅:K₂O=9:13.5:22.5)45.45 g、硝酸钾 13.64 g、硫酸钾 4.55 g,将肥料和土壤充分混匀后装盆。在适宜移栽时间选择长势一致的烟苗,分别移栽到花盆的中心,栽培深度一致。烟株按要求进行施肥、病虫害防治、抹杈打顶等管理,并适时进行烟叶采收、烘烤等。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 土壤理化性状分析 烟叶采烤结束时,取根系密集区土壤,混匀、风干研磨过筛,按常规方法测定土壤 pH^[19]。

1.4.2 植株长势分析 根据烟草生长期,在移栽后 45 天(旺长期)采样,分根、茎、叶等部位取样,用去离子水洗净,测定鲜重后 65℃烘干至恒重,记录干重,粉碎保存待用。

1.4.3 烟叶常规化学分析 取正常采收烘烤后的中部烟叶在 65℃烘干,粉碎过筛,供化学成分分析。烟叶烟碱、总糖、还原糖含量采用冷水浸提,烟碱、总糖、还原糖含量采用流动分析仪测定^[20]。

1.4.4 烟叶重金属含量的测定 取正常采收烘烤后的中部烟叶在 65℃烘干至恒重,粉碎。烟叶重金属含量参照“国家标准 GB/T5009 系列 2003”的方法,采用等离子体质谱仪进行测定^[21]。

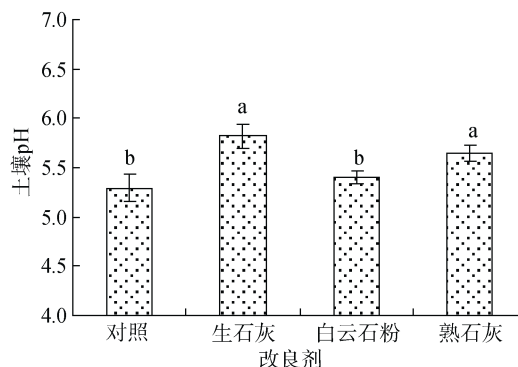
1.5 数据分析

试验数据采用 Microsoft Excel 2010 和 SPSS19.0 等软件进行分析,并用 Duncan 新复极差法对不同处理进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 改良剂对土壤 pH 的影响

图 1 表明,不同改良剂施用均提高了植烟土壤 pH。与对照相比,生石灰和熟石灰处理在烟叶采烤结束时土壤 pH 分别提高了 0.52 和 0.36 单位,且达到显著水平;而白云石粉对提高土壤 pH 的作用相对较弱,仅提高了 0.11 单位,未达到显著水平。



(不同小写字母表示不同处理间差异达到 $P < 0.05$ 显著水平,下同)

图 1 不同土壤改良剂对根区土壤 pH 的影响

Fig. 1 Effects of different soil amendments on soil pH values of rhizosphere

2.2 改良剂对烤烟生物量的影响

表 2 表明,改良剂对烤烟植株生长有不同程度的影响,与对照相比,移栽 45 天(旺长期)后,生石灰、白云石粉和熟石灰处理烤烟根系干重比对照分别增加 21%、20% 和 33%;整株干重分别增加 13%、9% 和 17%;根系干重/整株干重比则分别增加 7%、10% 和 13%。可见,改良剂的施用促进了烟株的生长,

表 2 不同土壤改良剂对旺长期烤烟植株干重的影响
Table 2 Effects of different soil amendments on dry weights of flue-cured tobacco at vigorous growing stage

改良剂	根系(g/株)	叶片(g/株)	整株(g/株)	根系/整株
对照	22.1 b	72.0 b	117.4 b	0.188 c
生石灰	26.7 a	78.6 a	132.9 a	0.201 b
白云石粉	26.6 a	76.2 ab	128.1 ab	0.207 ab
熟石灰	29.3 a	79.6 a	136.9 a	0.213 a

注:同列不同小写字母表示处理间差异达到 $P < 0.05$ 显著水平,下同。

表 3 不同土壤改良剂对烟叶化学成分的影响

Table 3 Effects of different soil amendments on chemical compositions of tobacco leaves

改良剂	烟碱(g/kg)	总糖(g/kg)	还原糖(g/kg)	糖碱比	氮碱比
对照	31.2 a	293.5 ab	257.3 ab	8.25 ab	0.60 ab
生石灰	29.9 a	283.0 ab	236.2 ab	7.59 ab	0.59 ab
白云石粉	25.6 a	340.2 a	274.6 a	10.82 a	0.67 a
熟石灰	33.9 a	268.5 b	228.9 b	6.94 b	0.55 b

2.4 改良剂对初烤烟叶重金属元素含量的影响

如图 2 所示,与对照相比,施用改良剂的处理烤后烟叶 As 的含量都略有增加,但增幅较小,未达到显著水平;各处理烤后烟叶 Cd 含量差异较大,其中白云石粉处理的含量最高,显著高于石灰处理(生石灰和熟石灰),与对照相比,生石灰和熟石灰则降低了烟叶中 Cd 的含量;各处理烤后烟叶 Pb 含量差异较大,其中白云石粉处理增加幅度较大,但与对照相比未达到显著水平;与对照相比,施用改良剂各处理烤后烟叶 Hg 含量均有所增加,但未达到显著水平。总体而言,与对照相比,虽然石灰和白云石粉改良酸性土壤增加了烟叶 As、Pb 和 Hg 的含量,但是均未达到显著水平。白云石粉处理显著增加了烟叶的 Cd 含量,而石灰处理(生石灰和熟石灰)则降低了烟叶的 Cd 含量。

3 讨论

在酸性土壤条件下,施用石灰和白云石粉可以提高土壤的 pH^[9-11],且 pH 大小随着石灰施用量的增加而增加^[10]。本研究表明,酸性植烟土壤施用石灰显著地提高了土壤 pH,施用生石灰烟叶采烤结束时土

尤其是促进根系的生长发育,增加了根系的干重和根系干重与植株总干重的比例,以熟石灰处理对烤烟生长发育的促进作用最佳。

2.3 改良剂对烟叶化学成分协调性的影响

如表 3 所示,各处理烤后烟叶烟碱含量为 25.6 ~ 33.9 g/kg,其中,白云石粉处理的含量最低,但是处理间差异不显著;烤后烟叶的氮碱比为 0.55 ~ 0.67,其中,熟石灰处理的值最低,显著低于对照。与对照相比,白云石粉处理增加了烟叶总糖和还原糖含量,生石灰、熟石灰处理则降低了总糖和还原糖含量,其中熟石灰处理的降低达到显著水平。各处理的糖碱比存在较大差异,与对照相比,白云石粉处理糖碱比增加了 31%,而生石灰和熟石灰处理分别比对照降低了 8% 和 16%,但差异均不显著。可见,白云石粉处理增加了烟叶总糖、还原糖含量和糖碱比,降低了烟碱含量;石灰处理降低了总糖和还原糖含量、糖碱比。

壤 pH 从 5.29 提高到了 5.82,但白云石粉对提高土壤 pH 的幅度相对较小。李昱等^[11]研究则认为,每千克风干土壤中施用 1 g 白云石粉,土壤 pH 从 4.98 提高到 6.08,说明白云石粉对提高土壤 pH 的效果明显优于本研究,这可能是由于白云石粉的性质和用量以及需改良的土壤的自身性质所致。

施用石灰和白云石粉能够增加烟株干物质的积累。本研究表明,施用改良剂因提高了根区土壤 pH,改善酸性土壤对烟苗生长的抑制作用,促进根系的生长,如移栽 45 天时生石灰、白云石粉和熟石灰处理根系干重比对照分别增加了 21%、20% 和 33%,改良剂的施用促进了烟株的生长,尤其是促进根系的生长发育。段兴国等^[10]研究发现,适量施用石灰能够增加株高和有效叶片数,扩大叶面积,显著增加烤烟产量和产值。邢世和等^[21]认为石灰、白云石粉均富含可促进光合色素合成的钙等矿质元素,能够促进烟叶光合色素合成,从而提高烟株净光合速率,而石灰的效果优于白云石粉。本研究也认为石灰处理对烤烟生长发育的促进作用比白云石粉更明显。

在酸性土壤条件下,通常采用增加氮用量来提高烟叶产质量,这不仅增加了肥料成本,还会对烟叶的

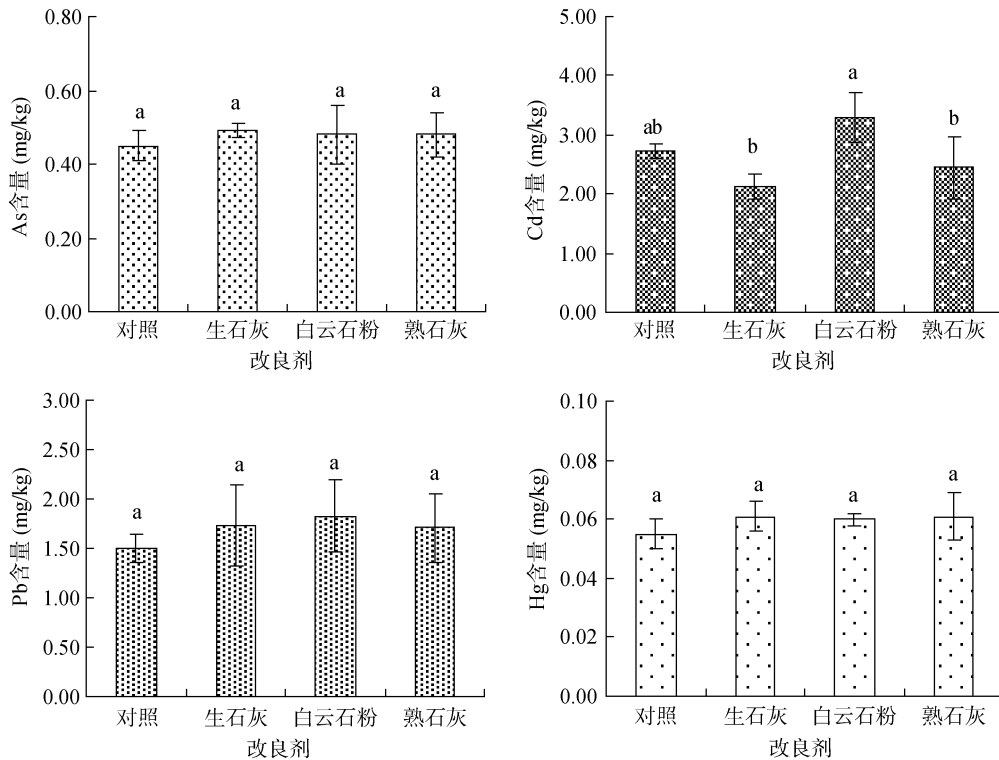


图 2 不同土壤改良剂对烟叶重金属含量的影响

Fig. 2 Heavy metal contents in flue-cured tobacco leaves under different soil amendments

品质带来负面影响,如烟碱偏高等。研究表明,施用白云石粉增加了烟叶总糖、还原糖含量和糖碱比,降低了烟碱含量;施用石灰则降低了总糖和还原糖含量、糖碱比。因此,根据烟区烟叶总糖和还原糖的特征,适当选择改良剂,能够协调烟叶的化学成分,提高烟叶质量。

研究表明,施用石灰和白云石粉提高了土壤 pH, 同时也在一定程度上改变了烟叶重金属的含量。白云石粉处理显著增加了烤后烟叶 Cd 的含量,而石灰处理(生石灰和熟石灰)则降低了烟叶中 Cd 的含量。这可能主要是由于采用的白云石粉中含有一定量的 Cd,从而导致植株对 Cd 的吸收量增加。与石灰处理相比,白云石粉显著增加了烟叶 Cd 的含量,本研究所用的白云石粉重金属 As、Cd、Pb 和 Hg 分别为 3.1、0.19、2.9 和 0.05 mg/kg。虽然添加白云石粉带入土壤中的 As 和 Pb 均远高于 Cd 的量,但是烟叶中二者增加并不显著,而 Cd 却显著增加,说明了烟草对重金属吸收积累能力较强,尤其对 Cd 的吸收性很强^[23-24]。改良剂的施用,增加土壤 pH 的同时,增加了烟叶 Pb 的含量,但差异不显著。烟叶重金属含量较低的原因可能是因为池州市烟区耕层土壤重金属背景值较低,基本处于“无污染”和“无污染风险”状态^[17]。高旭等^[25]研究认为烟叶 Cd 与土壤 pH 存在明显的回归关系和相关性。而且随着土壤 pH 的增大,烟叶中 Pb

和 Cd 在烟叶中的含量则有所升高。但是,Zaprjanova 等^[26]研究则认为,土壤 pH 与烟叶中 Pb 含量并无显著相关性。尽管如此,施用石灰和白云石粉等改良酸性土壤,要选择适宜的量,尤其是白云石粉,白云石粉通常会含有一定量的重金属,这可能会增加烟叶对重金属的积累。此外,农业生产中土壤改良施用的生石灰或熟石灰均有可能含有一定量的重金属,因此,在实际生产中要加强改良剂的重金属的检测和选择。

4 结论

1) 施用石灰和白云石粉能够提高酸性植烟土壤的 pH, 同等施用量下生石灰对 pH 的提高幅度大于白云石粉。

2) 石灰和白云石粉均能促进烟株根系生长, 增加干物质含量, 但两者对烟叶化学成分的影响差异较大, 白云石粉增加了烟叶总糖、还原糖含量, 石灰则相反。

3) 石灰和白云石粉改良酸性土壤对烟叶 As、Pb 和 Hg 含量无显著影响, 虽然白云石粉含有一定量的 Cd 可能会导致烟叶重金属有所增加, 但是总体而言烟叶重金属含量均较低。

4) 在酸性土壤条件下, 通过石灰来调节土壤的酸度是一项高效的生产技术措施, 能够提高烟叶产质

量，并能保证了烟叶在重金属方面的安全性。

参考文献：

- [1] 杨宇虹, 陈冬梅, 晋艳, 王海斌, 段玉琪, 郭徐魁, 何海斌, 林文雄. 不同肥料种类对连作烟草根际土壤微生物功能多样性的影响[J]. 作物学报, 2011, 37(1): 105-111
- [2] 李鑫, 张秀丽, 孙冰玉, 岳冰冰, 张会慧, 许楠, 朱文旭, 孙广玉. 烤烟连作对耕层土壤酶活性及微生物区系的影响[J]. 土壤, 2012, 44(3): 456-460
- [3] 张继光, 申国明, 张久权, 张忠锋, 石屹, 李世博, 刘海伟, 时鹏. 烟草连作障碍研究进展[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(3): 95-99
- [4] 张东, 扈强, 杜咏梅, 付宪奎, 侯小东, 窦玉青, 刘新民. 植烟土壤酸化及改良技术研究进展[J]. 中国烟草科学, 2013, 34(5): 113-118
- [5] 李念胜, 王树声. 土壤 pH 值与烤烟质量[J]. 中国烟草, 1986, (2): 12-14
- [6] 邵伏文, 姜超强, 祖朝龙, 薛宝燕, 徐经年, 沈嘉. 硫磺和酒糟对烤烟生长和烟叶品质以及碱性土壤 pH 的影响[J]. 西北植物学报, 2012, 32(12): 2 479-2 485
- [7] Marschner H. Mechanisms of adaptation of plants to acid soils[J]. Plant and Soil, 1991, 134(1): 1-20
- [8] Zheng SJ. Crop production on acidic soils: overcoming aluminium toxicity and phosphorus deficiency[J]. Annals of Botany, 2010, 106(1): 183-184
- [9] 徐茜, 周泽启, 巫常标. 酸性土壤施用石灰对降低氮素及提高烤烟产质的研究[J]. 中国烟草科学, 2000(4): 42-45
- [10] 段兴国, 王国平, 屠乃美, 向鹏华. 施用石灰对酸性植烟土壤的改良效果[J]. 作物研究, 2010(1): 36-38
- [11] 李昱, 何春梅, 林新坚. 施用沸石、白云石对植烟土壤及烟叶品质的影响[J]. 烟草科技, 2006, 25(4): 50-54
- [12] 赵爽, 许自成, 孙曙光, 闫铁军. 重金属对烟草生长发育及品质影响的研究进展[J]. 甘肃农业大学学报, 2012, 47(2): 62-67
- [13] Orisakwe OE, Igweze ZN, Okolo KO, Ajaezi GC. Heavy metal hazards of Nigerian smokeless tobacco[J]. Tobacco Control, 2014, 23(6): 513-517
- [14] Adamu CA, Mulchi CL, Bell PF. Relationships between soil pH, clay, organic matter and CEC and heavy metal concentration in soils and tobacco[J]. Tobacco Science, 1989, 33: 96-100
- [15] Zhang Y, Yang X, Zhang S, Tian Y, Guo W, Wang J. The influence of humic acids on the accumulation of lead (Pb) and cadmium (Cd) in tobacco leaves grown in different soils[J]. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2013, 13(1), 43-53
- [16] 李贤胜, 杨平, 卢祖瑶, 汤祖明, 戴晓晶. 皖南山区土壤酸化趋势研究——宣城市广德县为例[J]. 土壤, 2008, 40(4): 676-679
- [17] 李田, 李德成, 曹瑗, 张婧, 张新, 祖朝龙, 唐经祥, 徐经年, 吴新德, 凌冰. 安徽省池州市植烟土壤的重金属污染程度及污染风险评价[J]. 土壤, 2011, 43(4): 674-676
- [18] 中华人民共和国国家标准. 土壤环境质量标准 GB15618-1995. 北京: 中国标准出版社, 1995
- [19] 张甘霖, 龚子同. 土壤调查实验室分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 2012: 55-113
- [20] 赵立红, 方敦煌. 连续流动分析法测定烟草中水溶性糖、烟碱、氯离子的比较研究[J]. 光谱实验室, 2007, 24(2): 224-230
- [21] 姜超强, 沈嘉, 郭卢, 祖朝龙. 硫磺对碱性植烟土壤烤烟生长及烟叶重金属含量的影响[J]. 中国烟草科学, 2013, 34(5): 47-51
- [22] 邢世和, 刘春英, 熊德中, 周碧青. 不同改土物料对烤烟养分吸收及碳、氮代谢的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(5): 694-700
- [23] Lugon-Moulin N, Martin F, Krauss MR, Ramey PB, Rossi L. Cadmium concentration in tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) from different countries and its relationship with other elements[J]. Chemosphere, 2006, 63(7): 1 074-1 086
- [24] 王淼, 赵铭钦, 腊贵晓. 烟草中重金属镉污染及调控措施研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2011, 13(2): 93-98
- [25] 高旭, 孙曙光, 许自成, 解燕, 刘腾飞, 潘超虎, 刘加红. 曲靖烟区土壤 pH 与烟叶重金属含量的分布特点及关系分析[J]. 江西农业学报, 2011, 23(12): 116-120
- [26] Zaprianova P, Dospatliev L, Angelova V, Ivanov K. Correlation between soil characteristics and lead and cadmium content in the aboveground biomass of Virginia tobacco[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2010, 163(1/2/3/4): 253-261

Effects of Soil Amendment on Soil pH, Plant Growth and Heavy Metal Accumulation of Flue-Cured Tobacco in Acid Soil

JIANG Chao-qiang¹, DONG Jian-jiang^{2*}, XU Jing-nian¹, SHEN Jia¹, XUE Bao-yan², ZU Chao-long^{1*}

(1 *Tobacco Research Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, China;*

2 *Anhui Provincial Tobacco Company, Hefei 230022, China*)

Abstract: A pot experiment was carried out to study the effects of lime and dolomite powders on soil pH, the growth and heavy metal accumulation of flue-cured tobacco in acid tobacco-planting soil. Three amendments (CaO, dolomite powder, and Ca(OH)₂ 0.66 g/kg dry soil, respectively) were used in the present experiment. The results showed that soil pH of rhizosphere was increased by the application of lime and dolomite powders compared with the control. The increase of pH was higher than 0.52 units by the application of lime. The soil amendment promoted the growth of tobacco root and enhanced the accumulation of the dry mass of flue-cured tobacco. Compared with the control, in vigorous growing stage, the total dry weight of flue-cured tobacco were increased by 13%, 9% and 17% at the application of CaO, dolomite powder and Ca(OH)₂, respectively. Total sugar, reducing sugar contents and the sugar / nicotine ratio of tobacco leaves was increased by the application of dolomite powder. However, the total sugar and reducing sugar contents were decreased in lime treatment. Cadmium (Cd) content of leaves was increased significantly by the treatment of dolomite powder, while reduced by the treatment of lime. The results suggest that application of lime and dolomite powder is an effective way to ameliorate soil acidity and increase the yield of flue-cured tobacco in acid soil. The heavy metal contents in flue-cured tobacco leaves are low. Taking the amendment effect and security of tobacco leaves into account, lime is an effective and safe amendment in acid soil.

Key words: Flue-cured tobacco; Acid soil; Heavy metal; Lime; Dolomite powder