

皖南烟区白云石粉对酸性植烟土壤的改良研究^①

张 国¹, 朱启法¹, 郭熙盛², 相智华¹, 王世济³, 沈思灯¹, 季学军¹

(1 安徽皖南烟叶有限责任公司, 安徽宣城 242000; 2 安徽省土壤肥料研究所, 合肥 230031; 3 安徽省烟草研究所, 合肥 230031)

摘 要: 采用盆栽与室内分析的方法, 研究了不同粒径与用量的白云石粉对植烟土壤的酸性改良效应。结果表明: 白云石粉越细、用量越高, 改良越快, 效果越明显, 持续时间越短; 白云石粉应在烟苗移栽前 30 天左右使用; 若土壤 pH 的调整目标值为 1 个单位或施用量为 1 500 kg/hm² 时, 粒径为 250 μm 的白云石粉较为经济; 土壤交换性铝含量较土壤 pH 更能反映烟草植株生长情况, 其临界指标为 0.30~0.45 cmol/kg, 高于此临界值, 应施用白云石粉进行调酸。

关键词: 皖南烟区; 白云石粉; 烤烟; 土壤; 调酸效应

中图分类号: S519

烤烟对土壤 pH 适应范围较广, 但土壤 pH 对烤烟的产量和品质也有十分明显的影响, 酸性过强对烤烟的生长有明显的抵制作用^[1]。近年来, 国内外的一些学者开展了利用石灰、白云石粉等碱性物质改良酸性植烟土壤及调控土壤肥力的研究^[2-8], 认为改良剂不仅能够显著改善酸性土壤的化学性质, 降低土壤酸度和活性铁、铝的含量, 减轻铁、铝毒害, 提高养分的有效性, 同时还能提高土壤盐基饱和度以及土壤对养分的保持能力, 改善作物的营养条件, 促进烟株发育和产质量形成。皖南烟区土壤类型主要为红黄壤和红壤, 土壤 pH 多在 5.0~6.0 之间, 适宜烤烟生长, 但也有些植烟土壤分布在低丘地区, 淋洗作用强, 酸性较强, pH 在 5.0 以下, 有的甚至在 4.5 以下, 酸性较强, 肥力较差, 严重影响烤烟的生长发育, 亟待改良。生产中常用白云石粉对酸性土壤进行改良, 虽然取得了较好的改良效果, 但对白云石粉的最佳用量、粒径、施用时间等缺乏系统研究与理论依据, 故本研究采用盆栽与室内分析的方法, 研究了不同粒径与用量的白云石粉对植烟土壤的酸性改良效应, 以为白云石粉的科学施用提供技术指导。

1 材料和方法

1.1 白云石培养试验

试验采用盆栽方式进行, 土壤采自皖南宣城市广德县慈善岗典型植烟旱地烟田, 土壤类型为黄红壤(铁质湿润淋溶土), 母质为第四纪红黏土。土壤风干后, 粉碎研磨过 1 mm 筛备用。白云石粉粒径设置

830、380、250 和 150 μm 级别, 用量设置 0、1 500、3 000 和 4 500 kg/hm² 4 个水平。每盆装土 150 g, 每个处理 5 次重复, 随机区组设计。按照田间持水量的 70%~80% 定期称重加水。用特制取土器原位采土, 50 天内每隔 10 天、50 天后间隔 30~40 天左右采取土壤样品。pH 测定采用水土比 2.5:1 的酸度计方法。具体培养、测定方法参见文献^[9]进行。

1.2 不同用量白云石对烟草生物重和土壤酸度的调节效应研究

采用盆栽试验连续两年(2011—2012 年)进行, 花盆直径为 30 cm、高度为 40 cm, 每盆装土 7.5 kg, 选择 3 种酸度的旱地黄红壤作为供试土壤, pH 为 4.34、4.94 和 5.24, 分别用 H、M、L 表示。2011 年设置 5 个白云石粉用量: 0、3.75、7.50、11.25、15.00 g/盆, 分别用 D0、D75、D150、D225 和 D300 表示, 2012 年不再施用白云石粉, 供试品种为云烟 97, 各处理肥料施用量相同。

2 结果与讨论

2.1 白云石粉不同粒径、不同用量对土壤酸度的影响

从表 1 可知, 白云石粉粒径、用量对土壤酸度调控作用明显。一般来讲, 粒径越小, 与土壤接触越充分, 调酸作用越明显; 施用量增大, 调酸效应增强、持续时间延长, 且粒径与用量之间存在一定的互作作用, 与孟赐福和傅庆林^[10]、杨全中等^[11]的研究结果基本一致。

基金项目: 国家烟草专卖局特色烟重大专项项目(110200902030)资助。

作者简介: 张国(1981—), 男, 湖南常德人, 硕士, 农艺师, 主要从事烟草生产技术研发与推广工作。E-mail: zhangguo205@126.com

表 1 白云石粉不同粒径、不同用量对土壤 pH 的影响
Table 1 The effects of different particle sizes and dosages of dolomite powder on soil pH

粒径 (μm)	用量 (kg/hm^2)	第一期采样					第二期采样				
		10d	20d	30d	40d	平均	50d	80d	120d	150d	平均
—	0	5.04	4.64	4.62	4.43	4.68	4.72	4.83	5.19	5.15	4.97
	1 500	0.20	0.42	0.42	0.32	0.34	0.07	0.47	0.17	0.29	0.25
	830	0.54	0.75	0.74	0.93	0.74	0.66	0.58	0.43	0.52	0.55
830	4 500	1.06	1.34	1.29	1.34	1.26	1.04	1.30	0.99	1.25	1.15
	1 500	0.32	0.58	0.88	0.71	0.62	0.45	0.59	0.58	0.65	0.57
	380	0.61	1.04	1.02	0.94	0.90	0.75	0.69	0.62	0.81	0.72
380	4 500	1.24	1.6	1.29	1.34	1.37	1.19	1.35	1.09	1.25	1.22
	1 500	0.74	1.06	0.90	1.26	0.99	1.00	0.92	0.78	0.95	0.91
	250	1.06	1.41	1.33	1.55	1.34	1.32	1.23	1.03	1.12	1.18
250	4 500	1.61	1.84	1.87	1.95	1.82	1.77	1.77	1.15	1.25	1.49
	1 500	0.75	1.04	1.03	1.22	1.01	1.04	1.03	0.83	0.94	0.96
	150	1.58	1.85	1.89	1.73	1.76	1.46	1.47	1.20	1.35	1.37
150	4 500	1.87	2.21	2.18	2.27	2.13	2.00	1.96	1.45	1.50	1.73

从粒径水平来看,随白云石粉粒径变小,调酸效应增强;不同粒径水平下,随白云石粉施用量的增加,调酸效应增强,但增加的程度不同,在 830 μm 粒径水平下,随用量的增加,调酸效应呈现叠加趋势,在其他粒径水平下,随用量的增加,调酸叠加效应不明显。

从施用量水平来看,随白云石粉用量增加,调酸效应增强,不同施用量水平与粒径水平组合对植烟土壤调酸效应变化趋势不同。在 1 500 kg/hm^2 施用量水平下 250 μm 与 150 μm 的处理组合,在 3 000 kg/hm^2 施用量水平下 830 μm 与 380 μm 的处理组合、250 μm 与 150 μm 的处理组合及 4 500 kg/hm^2 施用量水平下 250 μm 与 150 μm 的处理组合共 4 个处理组合中,在同一施用量水平下,随粒径变小,调酸效应增加不明显,即具有等效性;4 个处理组合之外的其他处理组合中,在同一施用量水平下,随粒径变小,调酸效应

出现明显增加。

从白云石粉调酸效应持续时间来看,主要分为前期的快速反应和后期的平稳阶段,最大效应时间为 40 天,且不同粒径、不同用量之间表现出的最大效应时间差异不大。40 天前调节效应呈直线上升类型,40 天后调酸效应呈缓慢下降的趋势,与熊德中等^[12]在福建烟区研究的结果相似。

表 2 为白云石粉不同粒径、不同用量下 pH 增量与培养时间的函数关系,其中 y 值为对土壤 pH 调节的效应,一次项系数表明对土壤酸度调节的速度,二次项系数表明调酸效应持续时间,从表 2 可以看出:白云石粉用量越高、目数越大,调酸效果越明显;白云石粉调节土壤酸度的速度随白云石粉用量和目数的提高而增加;二次项系数为负值,表明土壤调酸效应持续时间随白云石粉目数和用量加大而减少。

表 2 白云石粉不同粒径、不同用量下 pH 增量与培养时间的关系
Table 2 The relationship between increase of soil pH under different particle sizes, dosages and incubation time of dolomite powder

粒径(μm)	用量(kg/hm^2)	方程	r
830	1 500	$y = -0.000 2x^3 + 0.001 6x^2 + 0.065 3x + 0.112 2$	0.836 9
	3 000	$y = 0.002 1x^3 - 0.053 8x^2 + 0.355 9x + 0.127 5$	0.833 5
	4 500	$y = 0.002 2x^3 - 0.060 8x^2 + 0.494 1x + 0.308 3$	0.773 4
380	1 500	$y = 0.000 2x^3 - 0.008 7x^2 + 0.119 4x + 0.019 3$	0.797 9
	3 000	$y = 0.002 7x^3 - 0.064 8x^2 + 0.417 1x + 0.184 1$	0.746 7
	4 500	$y = 0.002 3x^3 - 0.060 2x^2 + 0.457 2x + 0.302 0$	0.716 4
250	1 500	$y = 0.002 7x^3 - 0.067 7x^2 + 0.470 3x + 0.174 5$	0.826 1
	3 000	$y = 0.003 3x^3 - 0.085 6x^2 + 0.599 0x + 0.280 1$	0.815 0
	4 500	$y = 0.004 3x^3 - 0.113 4x^2 + 0.791 2x + 0.427 5$	0.793 0
150	1 500	$y = 0.002 5x^3 - 0.065 9x^2 + 0.474 8x + 0.175 2$	0.873 9
	3 000	$y = 0.004 2x^3 - 0.106 1x^2 + 0.701 7x + 0.496 7$	0.660 6
	4 500	$y = 0.004 9x^3 - 0.129 3x^2 + 0.896 9x + 0.531 9$	0.758 5

2.2 白云石粉不同粒径、不同用量对土壤酸度调控效应作用等效比较

调控白云石粉施用量、粒径水平或采取不同的施用量水平与粒径水平组合,均能达到同样的调酸效果,但其生产投入成本差异较大。一般来讲粒径越小,白云石粉价格越高;白云石粉用量越低,撒施白云石粉的用工成本就越低。830、380、250、150 μm 的价格分别为 120、140、160、200 元/t,撒施白云石粉用工成本为 40 元/t,用工成本降低的幅度大于价格上升的幅度,总的生产投入成本降低。由表 3 可知,根据土壤 pH 调整目标值及后效持续时间长短,选择不同粒径和用量组合,可以在降低生产投入水平下定

向改良土壤的目的。在提高土壤 pH 0.6~0.7 个单位范围内,施用 1 500 kg/hm^2 的 380 μm 白云石粉和 3 000 kg/hm^2 的 830 μm 白云石粉是等效的;在提高土壤 pH 0.9~1.0 个单位范围内,施用 3 000 kg/hm^2 的 380 μm 白云石粉和 1 500 kg/hm^2 的 250 μm 和 150 μm 白云石粉等效;在提高土壤 pH 1.3~1.4 个单位范围内,施用 4 500 kg/hm^2 的 380 μm 白云石粉和 3 000 kg/hm^2 的 250 μm 白云石粉是等效的;在提高土壤 pH 1.8 个单位时,施用 3 000 kg/hm^2 的 150 μm 白云石粉和 4 500 kg/hm^2 的 250 μm 白云石粉是等效的;提高土壤 pH 2.0 个单位以上,则需要施用 4 500 kg/hm^2 的 150 μm 的白云石粉。

表 3 白云石粉不同用量与粒径对土壤酸度调控作用等效表
Table 3 The equivalent effects of different particle sizes and dosages of dolomite powder on soil acidity

施用量 (kg/hm^2)	10~40 d				40~140 d			
	830 μm	380 μm	250 μm	150 μm	830 μm	380 μm	250 μm	150 μm
1 500	0.34	0.62	0.99	1.01	0.25	0.57	0.91	0.96
3 000	0.74	0.90	1.34	1.76	0.55	0.72	1.18	1.37
4 500	1.26	1.37	1.82	2.13	1.15	1.22	1.49	1.73

2.3 白云石粉不同用量对烟草生物重和土壤酸度的调节效应

2.3.1 不同用量白云石粉对烟草生物重的影响

表 4 显示,施用白云石粉可以显著提高烟草的生物重,主要是由于白云石粉改良植烟土壤后,土壤结构和肥料有效性,尤其是 N、P、K 等速效养分有效性得到改善,促进了烤烟的生长发育和代谢作用^[13-14]。2011 年的试验结果表明,高酸度、中酸度土壤上均是以处理 D300 获得最高生物重,在低酸度土壤上以处理 D225 生物重最高;2012 年的试验结果表明,高酸度土壤上以处理 D300 获得最高生物重,中酸度土壤上以处理 D225 生物重最高,而低酸度土壤上则是以处理 D150 生物重最高,但施用白云石粉处理间差异不显

著。2011 年 3 种酸度土壤上烟草生物重与白云石粉用量的相关系数分别为 0.974、0.916、0.885;2012 年 3 种酸度土壤上烟草生物重与白云石粉用量的相关系数分别为 0.973、0.866、0.615。两年的试验结果说明,随着时间的推移,在高酸度土壤上,白云石粉表现出明显的后效,而在低酸度土壤上,施用白云石粉的增产效应越来越不明显。

2.3.2 不同用量白云石粉对土壤 pH 的影响

表 5 显示,施用白云石粉后土壤 pH 明显提高,并且增幅随着白云石粉用量的增加而提高。年度间比较,未施白云石粉的处理土壤 pH 有降低的趋势,而施用白云石粉的处理 pH 在过了 1 年以后仍表现出提高的趋势,说明施用白云石粉对调酸效应具有一定的后效。

表 4 不同用量白云石粉对烟草生物重的影响($\text{g}/\text{盆}$)
Table 4 The effects of different dosages of dolomite powder on tobacco biomass

处理	2011 年			2012 年		
	H	M	L	H	M	L
D0	0.28 e	1.40 c	4.79 c	12.41 d	14.34 c	19.66 b
D75	0.42 d	4.37 b	5.99 bc	15.86 c	18.29 b	23.61 a
D150	0.55 c	5.93 b	6.71 ab	18.72 b	21.72 a	25.35 a
D225	0.77 b	6.09 b	7.98 a	19.73 ab	23.87 a	24.91 a
D300	1.13 a	6.77 a	7.19 ab	21.26 a	21.81 a	23.37 a

注:表中同列数据小写字母不同表示处理间差异达到 $P < 0.05$ 显著水平,下同;H 代表强酸性土壤, M 代表中等酸性土壤、L 代表弱酸性土壤。

表 5 不同用量白云石粉对土壤 pH 的影响
Table 5 The effects of different dosages of dolomite powder on soil pH value

处理	2011 年			2012 年		
	H	M	L	H	M	L
D0	4.16 e	4.51 c	4.91 d	4.19 d	4.39 d	4.50 c
D75	4.59 d	4.63 c	4.97 d	4.82 c	4.77 c	5.45 b
D150	4.79 c	4.85 bc	5.38 c	4.88 c	4.89 c	5.43 b
D225	5.14 b	5.25 ab	5.59 b	5.20 b	5.40 b	6.15 a
D300	5.28 a	5.44 a	5.93 a	5.60 a	5.82 a	6.36 a

2.3.3 不同用量白云石粉对土壤交换性铝含量的影响 表 6 显示,施用白云石粉可以显著降低土壤交换性铝含量,两年的试验结果表现一致,均以白云石粉施用量最高处理 D300 交换性铝含量最低。土壤交换性铝含量变化趋势与土壤 pH 变化趋势相反,2012

年与 2011 年相比,未施用白云石粉的处理土壤交换性铝含量有提高的趋势,而施用白云石粉的处理土壤交换性铝含量则表现出持续降低的趋势,这说明施用白云石粉后,土壤酸性减弱,交换性铝的活性降低^[15]。

表 6 不同用量白云石粉对土壤交换性铝含量的影响(cmol/kg)
Table 6 The effects of different dosages of dolomite powder on content of soil exchangeable Al content

处理	2011 年			2012 年		
	H	M	L	H	M	L
D0	5.38 a	5.01 a	0.88 a	5.14 a	5.10 a	1.13 a
D75	3.89 b	3.27 b	0.81 a	2.86 b	2.45 b	0.78 b
D150	2.49 c	1.95 c	0.54 b	2.02 c	1.75 c	0.45 c
D225	1.69 d	1.38 d	0.30 c	1.35 d	1.28 c	0.27 d
D300	0.52 e	0.38 e	0.16 d	0.47 e	0.33 d	0.16 e

2.3.4 烟草生物量与土壤 pH 及交换性铝含量的关系 表 7 显示,在高酸度土壤上,土壤 pH 与烟草生物量相关性达到了显著水平;在中、低酸度的土壤上,土壤 pH 与烟草生物量相关性均不显著。而交换性铝含量与烟草生物量的相关性分析结果表明,除了 2012 年低酸度土壤上不显著以外,其余交换性铝含量与烟草生物量均呈显著或极显著负相关,且后者的相关系数均大于前者,说明施用白云石粉提高烟草生物量的一个主要途径是通过降低铝毒来实现的^[15-16]。

表 7 烟草生物量与土壤 pH 及交换性铝含量的关系
Table 7 The relationship between tobacco biomass and soil pH value and exchangeable Al content

年份	土壤	pH	交换性铝含量
2011	H	0.936*	-0.953*
	M	0.840	-0.974**
	L	0.822	-0.911*
2012	H	0.960**	-0.991**
	M	0.780	-0.908*
	L	0.695	-0.766

注:表中 * 表示相关性达到 $P < 0.05$ 显著水平,** 表示相关性达到 $P < 0.01$ 显著水平。

3 结论

(1) 白云石粉施用量、粒径对土壤酸度调节效应及持续时间有明显影响,白云石粉用量越高、目数越大,调酸效果越明显,调节土壤酸度的速度加快;而土壤调酸效应持续时间则随白云石粉目数和用量加大而减少,对土壤酸度调节的最大效应期在施用后 40 天左右。

(2) 对酸性土壤进行改良,采用 830 μm 或 380 μm 的白云石粉来维持土壤 pH 在一个适宜的范围是可行的;若土壤 pH 的调整目标值为 1 个单位或每亩施用量为 100 kg 的话,选择粒径为 250 μm 的白云石粉较为经济、可行。

(3) 土壤交换性铝的临界指标为 0.30~0.45 cmol/kg,高于此临界值,应施用白云石粉进行调酸。

参考文献:

- [1] 陈瑞泰. 中国烟草栽培学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987
- [2] 刘卫群, 陈江华. 有机肥使用技术与烟叶品质关系[J]. 中国烟草学报, 2003(增刊): 9-18

- [3] 邹加明, 单沛祥, 李文璧. 大理烟区土壤肥力现状与演变趋势[J]. 中国烟草科学, 2002(4): 35–39
- [4] CCME. Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environment and Human Health: Summary Tables[S]. 2004 <http://st-ts.ccme.ca/>
- [5] Godschalk RWL, Schooten VFJ, Bartscler H. A critical evaluation of DNA adducts as biological markers for human exposure to polycyclic aromatic compounds[J]. *Journal of Biochemistry and Molecular Biology*, 2003, 36(1): 1–11
- [6] 王世济. 安徽省主要烟区土壤养分状况及平衡施肥[J]. 烟草科技, 2001(11): 40–43
- [7] 陈厚才. 施用石灰改良酸性土壤提高烤烟产质[J]. 烟草科技, 1996(6): 36–37
- [8] 熊德中, 刘淑欣, 曾文龙. 烟区土壤主要障碍因子及其调节的研究[J]. 中国烟草学报, 1994, 2(1): 38–43
- [9] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1983
- [10] 孟赐福, 傅庆林. 施石灰后红黄壤化学性质的变化[J]. 土壤学报, 1995, 32(3): 300–307
- [11] 杨全中, 李跃舞, 刘建阳. 施用石灰改良土壤的试验研究[J]. 烟草科技, 1999(2): 43–44
- [12] 熊德中, 李春英, 黄光伟, 曾文龙. 施用石灰对福建低 pH 植烟土壤的效应[J]. 中国烟草学报, 1994, 5(1): 25–29
- [13] 杨宇虹, 冯柱安, 晋艳, 杨硕媛. 酸性烟株生长及烟叶产质量调控研究[J]. 云南农业大学学报, 2004, 19(1): 41–44
- [14] 王树会, 张卫民, 张兴荣. 红壤上不同改良材料对烤烟植物学性状及产量、质量的影响[J]. 云南农业大学学报, 1999(2): 153–157
- [15] 邱学礼, 高福宏, 方波, 李忠环, 段宗颜, 付斌, 余小芬. 不同土壤改良措施对植烟土壤理化性状的影响[J]. 西南农业学报, 2011, 24(6): 2 270–2 273
- [16] 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

Amelioration of Dolomite on Acidity of Flue-cured Tobacco Soil in South Anhui

ZHANG Guo¹, ZHU Qi-fa¹, GUO Xi-sheng², XIANG Zhi-hua¹, WANG Shi-ji³,
SHEN Si-deng¹, JI Xue-jun¹

(1 Wannan Tobacco Co. Ltd, Xuancheng, Anhui 242000, China; 2 Soil and Fertilizer Institute of Anhui Province, Hefei 230031, China; 3 Tobacco Institute of Anhui Province, Hefei 230031, China)

Abstract: Pot-experiments were conducted to study the amelioration of dolomite on soil acidity of flue-cured tobacco. The result showed that with the increase of dosage and decrease of particle size of dolomite, the amelioration effect became more obvious. Dolomite should be used 30 days before tobacco transplanting. If the soil pH value adjustment target is 1 unit or the application of dolomite is 1 500 kg/hm², the particle size of 250 μm dolomite powder was more economic. As the pH value of soil, the exchangeable Al content can more reflect the growth of tobacco plant, its critical indicators is 0.30–0.45 cmol/kg, if the content is higher than the critical value, dolomite should be used to adjust acidity.

Key words: Wannan area, Dolomite, Flue-cured tobacco, Soil, Acidity effect