

不同剂量石灰对酸化稻田土壤养分含量及水稻产量的影响

杨静¹, 谭永锋², 肖志强², 刘建华², 龙卫平², 匡大春², 韦赵海², 刘益仁^{3*} (1. 江西省吉安市土壤肥料站, 江西吉安 343000; 2. 江西省泰和县农技推广中心, 江西泰和 343700; 3. 江西省农业科学院土壤肥料与资源环境研究所, 江西南昌 330200)

摘要 [目的] 为农业上产酸性土壤改良提供理论依据。[方法] 采用田间试验方法, 考察施用石灰对酸化水稻土壤和作物生长的影响, 筛选出适宜该区域土壤条件和耕作制度下酸性水稻土壤上农用石灰的使用剂量。[结果] 在酸化稻田施用 600~750 kg/hm² 农用石灰能明显提高土壤 pH, 且随着石灰用量的增加, pH 增加越多。施用石灰能明显提高土壤碱解氮含量。施用 600~750 kg/hm² 石灰能明显促进水稻分蘖, 提高水稻有效穗数, 增加每穗实粒数和结实率, 最终达到促进水稻产量提高的目的。在酸性水稻土上, 以施用 600~750 kg/hm² 石灰时效益最高。[结论] 在 pH 5.0 左右的酸性稻田上, 以施用 600~750 kg/hm² 石灰时的效果最佳。

关键词 农用石灰; 酸化土壤; 水稻; 土壤养分

中图分类号 S156.6 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)36-175-02

Effects of Different Application Doses of Lime on Acidification Paddy Soil and Rice Yield

YANG Jing¹, TAN Yong-feng², XIAO Zhi-qiang², LIU Yi-ren^{3*} (1. Soil and Fertilizer Station of Ji'an City in Jiangxi Province, Ji'an, Jiangxi 343000; 2. Taihe County Agricultural Technology Promotion Center, Taihe, Jiangxi 343700; 3. Institute of Soil Fertilizer and Resource Environment, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang, Jiangxi 330200)

Abstract [Objective] The research aimed to provide theoretical basis for acidic soil improvement in agricultural production. [Method] We carried out field experiments to study the effects of lime application on acidification paddy soil and rice growth, and selected the lime application dose for acid paddy soil under local soil conditions and farming systems. [Result] The application of 600-750 kg/hm² agricultural lime could significantly improve soil pH, and soil pH increased with the increase of the lime amount. Application of agricultural lime could significantly increase soil alkaline hydrolytic nitrogen content. The application of 600-750 kg/hm² agricultural lime could significantly promote rice tillering, and increase rice panicles, filled grains per panicle and seed setting rate. Therefore, rice yield was increased. The application of 600-750 kg/hm² agricultural lime could significantly increase economic benefits. [Conclusion] The application of 600-750 kg/hm² agricultural lime has the best effects on soil improvement and crop growth in pH 5.0 acidification paddy soil.

Key words Agricultural lime; Acidification soil; Rice; Soil nutrient

由于现代农业生产片面追求高产, 长期大量施用化肥, 缺乏有机肥的施用, 土壤的理化性质不断恶化^[1-3], 主要表现为土壤板结、酸化、保水保肥供肥能力变差、重金属含量超标等^[4-6], 严重影响作物产量的提高和品质的提升^[7-8]。其中, pH < 5.0 的酸性土壤常导致较低的土壤阳离子交换量 (CEC) 和盐基饱和度 (BS), 降低土壤养分有效性, 且 Al 和其他重金属的含量通常都很高, 对植物体形成毒害。土壤酸化已成为限制作物生长的主要因素之一。

目前酸性土壤占全世界耕地土壤的 40%。我国酸性土壤的分布遍及 14 个省区, 总面积达 2.03 × 10⁸ hm², 约占全国耕地面积的 21%^[9]。在我国南方酸性稻田上施石灰的效果是公认的, 但是目前对石灰对不同作物生长和土壤影响的研究还不够透彻。一些研究认为, 施用石灰可以降低土壤酸度^[10-15], 有效缓解铝毒和其他重金属毒害^[16-20], 提高土壤的生物活性和养分循环能力^[21-25], 提高土壤养分有效性^[26], 从而改善根系生长环境, 促进根系生长和吸收, 改善植株营养和生长状况, 提高作物产量和品质^[27-28]。

为进一步评价农用石灰对土壤理化性状和水稻生长的影响, 笔者在江西省泰和县冠朝镇、澄江镇与禾市镇选取 pH 为 5.0 左右的酸性水稻土开展施石灰效应试验, 以筛选出适

宜该县土壤条件和耕作制度下农用石灰的合理使用剂量, 为当地土壤质量的提升提供技术支持, 为保障粮食质量和促进农业可持续发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验在泰和县冠朝镇社下村、澄江镇上田村和禾市镇丰垄村三地同时进行。试验点地势平坦, 土壤肥力中上。

1.2 试验材料 供试水稻品种为早稻杂交组合潭两优 83。石灰产品由江西省农资集团南昌兴农有限公司提供, 商品名为“农用石灰”。经检测, 该产品 pH 为 9.5, 重金属含量符合 GB/T23349-2009《肥料中砷、镉、铅、铬、汞生态标准》的标准要求。

1.3 试验设计 设 4 个处理: 处理①为对照区 (CK, 不施农用石灰); 处理②施农用石灰 600 kg/hm²; 处理③施农用石灰 750 kg/hm²; 处理④施农用石灰 900 kg/hm²。小区面积 60 m²。

1.4 试验方法 各处理施 45% 配方肥 (20-10-15) 450 kg/hm²、尿素 75 kg/hm² 作基肥, 施 45% 配方肥 75 kg/hm²、尿素 225 kg/hm² 作分蘖肥, 施 45% 配方肥 75 kg/hm² 作穗肥。农用石灰在稻田整地时一次性施入。

试验田按小区作田埂分隔开, 小区四周设保护行 (空白区)。每个小区设单独进水沟。为保证肥料不流失, 水只进不排, 田埂包裹塑料薄膜以防止渗漏。各处理的其他田间管理措施完全一致。

土壤测试方法参考《土壤农化分析》^[29]。收获前, 在每个小区采取 5 株植株样品, 带回晒干后进行室内考种。收获时, 各小区单打、单晒、单独计产。

1.5 数据处理 采用 Excel 2003 软件对试验数据进行处理

基金项目 国家科技支撑计划项目 (2012BAD05B05); 公益性行业 (农业) 科研专项 (201203030); 国家自然科学基金项目 (31460544); 江西农科院博士基金项目 (2012CBS011)。

作者简介 杨静 (1978-), 女, 江西吉安人, 助理农艺师, 从事农业技术推广工作。* 通讯作者, 研究员, 博士, 从事土壤肥料与植物营养方面的研究。

收稿日期 2015-12-04

与分析,采用 SPSS 13.0 软件进行单因素方差分析 (one-way ANOVA),采用 LSD 法进行多重比较 ($\alpha = 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 水稻经济性状及产量 从表 1 可以看出,有效穗数以处理②最高,与 CK 间差异在 0.05 水平显著,其次为处理③和处理④。各个处理每穗总粒数和千粒重间差异不明显。每穗实粒数以处理③最高,且在 0.05 水平显著高于 CK,处理②、处理④次之,CK 最少。结实率以处理②最高,且在 0.05 水平显著高于 CK,其次为处理③,分别比 CK 提高 2.13% 和

1.54%。各施石灰处理的理论产量和实际产量均高于 CK,其中处理②、处理③与 CK 间差异在 0.05 水平显著,理论产量分别比 CK 增加 3.94% 和 2.97%,实际产量分别比 CK 增加 4.62% 和 4.41%。由此可知,3 个施用农用石灰处理有效穗、每穗实粒数、结实率和产量都有所提高,其中以处理②和处理③提高明显。可见,在酸化水稻土上施用石灰能促进水稻分蘖,提高水稻有效穗数、每穗实粒数和结实率,从而达到提高产量的目的。

表 1 各处理经济性状及产量

处理	有效穗数//万/hm ²	每穗总粒数//粒	每穗实粒数//粒	结实率//%	千粒重//g	理论产量//kg/hm ²	实际产量//kg/hm ²
①(CK)	327b	125.2a	105.8b	84.5b	26.3a	9 591b	6 660b
②	350a	124.1a	107.1ab	86.3a	26.5a	9 969a	6 968a
③	344a	126.7a	108.5a	85.8ab	26.4a	9 876a	6 954a
④	346a	125.7a	106.6ab	84.8b	26.3a	9 747ab	6 878ab

注:同列不同小写字母表示差异在 0.05 水平显著。

2.2 水稻经济效益 各个小区人工、农药等费用是一致的,因此单位面积投入仅用化肥与农用石灰的成本来计算。从表 2 可以看出,处理②、处理③、处理④因增施不同剂量的农用石灰,单位面积投入递增。单位面积收益最高的是处理②,比 CK 增收 3.08%,其次是处理③,比 CK 增收 2.32%。可见,在酸化水稻土上施用石灰具有一定的经济效益。

表 2 各处理产值与效益比较

处理	产量 kg/hm ²	产值 元/hm ²	投入 元/hm ²	收益 元/hm ²
①(CK)	6 660	17 316	2 100	15 216
②	6 968	18 116	2 430	15 686
③	6 954	18 081	2 512	15 569
④	6 878	17 882	2 595	15 287

注:45% 配方肥 2.5 元/kg,尿素 2.0 元/kg,农用石灰 0.55 元/kg,稻谷 2.6 元/kg。

2.3 土壤养分变化 从表 3 可以看出,各处理 pH 间差异明显。施用石灰能明显提高土壤 pH,石灰施用量越大,土壤 pH 升高越明显,其中以处理④pH 最高,其次为处理③和处理②,均在 0.05 水平显著高于 CK 和试验前土壤。施石灰处理土壤碱解氮含量均高于 CK 和试验前土壤,以处理③最高,在 0.05 水平显著高于 CK,提高幅度达 7.50%,其次为处理④和处理②,分别比 CK 提高 5.25% 和 4.97%,在 3 个石灰用量条件下土壤碱解氮含量间差异不明显。各处理土壤有机质、有效磷、速效钾含量间差异不明显。可见,在酸化水稻土壤上施用石灰能明显提高土壤 pH 和碱解氮含量。

表 3 各处理土壤养分检测结果

处理	pH	有机质 g/kg	碱解氮 mg/kg	有效磷 mg/kg	速效钾 mg/kg
试验前	5.00	29.20	107.3	19.5	115.0
①(CK)	4.96c	29.63a	106.7b	19.6a	115.7a
②	5.22b	29.60a	112.0ab	19.7a	116.7a
③	5.37ab	29.70a	114.7a	19.8a	116.6a
④	5.50a	29.80a	112.3ab	19.6a	115.3a

3 结论与讨论

在泰和县 pH 为 5.0 左右的酸性水稻土上开展的施石灰效应试验表明,在酸性水稻土上施用一定量的农用石灰,可以显著提高土壤 pH,随着石灰用量的增加,pH 升高越多,即石灰用量越大,调酸效果越好;施用石灰能显著提高土壤碱解氮含量,增加土壤速效养分含量;施用 600 ~ 750 kg/hm² 石灰能明显促进水稻分蘖,提高水稻有效穗数,增加每穗实粒数和结实率,最终达到促进水稻产量提高的目的;在酸性水稻土上,施用 600 ~ 750 kg/hm² 石灰时效益最高。可见,在 pH 为 5.0 左右的酸性水稻土壤上施用农用石灰用于改良土壤时,以施用 600 ~ 750 kg/hm² 石灰的效果最好,能有效减轻土壤酸度,显著增加土壤养分供应,促进水稻生长,增加稻谷产量,提高经济效益。这主要是由于施用石灰一方面提高土壤 pH,改善根系生长环境,根系生长更加健康,有利于作物吸收养分,另一方面施用石灰提高土壤速效氮的释放,增加土壤养分的供应,促进作物对养分的吸收,从而促进作物生长。

参考文献

- [1] 文帮勇,杨志芳,侯青叶,等. 江西鄱阳湖地区土壤酸化与人为源氮的关系[J]. 现代地质,2011,25(3):562-568.
- [2] CYTRYN E,LEVKOVITCH I,NEGREANU Y, et al. Impact of short-term acidification on nitrification and nitrifying bacterial community dynamics in soilless cultivation media[J]. Apply environment microbiology, 2012, 78: 6576-6582.
- [3] GUO J H,LIU X J,ZHANG Y, et al. Significant acidification in major Chinese croplands[J]. Science,2010,327:1008-1010.
- [4] TAYLOR M D,THENG B K G. Sorption of cadmium by complexes of kaolinite with humic acid[J]. Communications in soil science and plant analysis, 1995,26:765-776.
- [5] 陈怀满. 土壤-植物系统中的重金属污染[M]. 北京:科学出版社,1996.
- [6] 郭朝晖,黄昌勇,廖柏寒. 模拟酸雨对污染土壤中 Cd、Cu 和 Zn 释放及其形态转化的影响[J]. 应用生态学报,2003,14(9):1547-1550.
- [7] 宗良纲,丁园. 土壤重金属(Cu、Zn、Cd)复合污染的研究现状[J]. 农业环境保护,2001,20(2):126-128.
- [8] 时玮玮,张波,李红玉. 土壤铝存在形式对马铃薯抵抗侵染软腐病菌的影响[J]. 安徽农业科学,2008,36(19):8153-8155.
- [9] 任立民,刘鹏,谢志雷,等. 植物对铝毒害的抗性研究进展[J]. 土壤通报,2008,39(1):177-181.

(下转第 179 页)

进烟株前期生长发育,但掺沙比例过大,烟叶成熟落黄较快,易诱发烟草青枯病的发生。随着掺沙比例的增加,牛肝土田掺沙客土改良烟叶产量、上等烟比例、产值呈先上升后下降的趋势。这与柯油松等^[9]研究结果不同,掺沙 30%、掺沙 40% 处理烟叶产质量下降可能与烟叶成熟落黄过快,烟株大田生育期缩短有关。牛肝土田掺沙客土改良提高了烟叶总糖、还原糖含量,降低了烟叶烟碱含量,增加了烟叶糖碱比。

这与史宏志等^[2-4]研究结果相同。牛肝土田掺沙客土改良提高了烟叶香气量,烟叶浓香型风格特征较突出,烟叶浓香型风格显示度有所增强。这与前人的研究结果^[5-6]基本一致。因此,提高土壤砂粒含量有利于彰显烟叶浓香型风格特色。综上所述,南雄烟区牛肝土田采用客土改良措施以掺河沙 10%~20% 为宜。

表 6 烟叶原烟感官质量评吸结果

等级	处理	香型	劲头	浓度	香气质	香气量	杂气	刺激性	余味	总分
C ₃ F	CK	浓香	5.6	5.6	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	32.5
	掺沙 10%	浓香	5.8	5.8	6.5	7.0	6.5	6.5	6.5	33.0
	掺沙 20%	浓香	5.7	5.7	6.5	7.1	6.5	6.5	6.5	33.1
	掺沙 30%	浓香	5.6	5.6	6.5	6.8	6.5	6.5	6.5	32.8
	掺沙 40%	浓香	5.5	5.6	6.5	6.6	6.5	6.5	6.5	32.6
B ₂ F	CK	浓香	6.5	6.4	6.5	6.6	6.4	6.4	6.5	32.4
	掺沙 10%	浓香	6.4	6.4	6.5	6.8	6.5	6.5	6.5	32.8
	掺沙 20%	浓香	6.4	6.5	6.5	7.1	6.5	6.5	6.5	33.1
	掺沙 30%	浓香	6.4	6.5	6.5	6.9	6.5	6.5	6.5	32.9
	掺沙 40%	浓香	6.3	6.4	6.5	7.0	6.5	6.5	6.5	33.0

参考文献

- [1] 侯光炯. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 71-73.
- [2] 史宏志, 李志, 刘国顺, 等. 皖南不同质地土壤烤后烟叶中性香气成分含量及焦甜香风格的差异[J]. 土壤, 2009, 41(6): 980-985.
- [3] 李志, 史宏志, 刘国顺, 等. 土壤质地对皖南烤后烟叶中性香气成分含量及焦甜香风格的影响[J]. 中国烟草学报, 2010, 16(2): 6-10.
- [4] 陈杰, 何崇文, 李建伟, 等. 土壤质地对贵州烤烟品质的影响[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(1): 35-38.
- [5] 钱华, 杨军杰, 史宏志, 等. 豫中不同土壤质地对烟叶中性致香物质含量及评吸结果的影响[J]. 中国烟草学报, 2012, 18(6): 17-22.
- [6] 宋莹丽, 陈翠玲, 焦哲恒, 等. 土壤质地分布与烟叶品质和风格特色的关系[J]. 烟草科技, 2014(7): 75-78.
- [7] 付顺. 掺客土改沙在烟田土壤改良中的应用效果研究[J]. 安徽农学通报, 2010, 16(9): 124-125.
- [8] 邱学礼, 高福宏, 方波, 等. 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): 2270-2273.
- [9] 柯油松, 李淑玲, 吴文斌, 等. 掺沙对南雄牛肝土田的改良效果初报[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(5): 39-41.
- [10] 谷世昌, 李向阳, 邓建华, 等. 土壤质地、施氮量和施肥方式对烤烟生长的影响[J]. 西南农业学报, 2011, 24(6): 2274-2278.
- [11] 叶茂, 周初跃, 郭东, 等. 客土改良对土壤质地及烟株生长发育的影响[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(8): 3359-3361.
- [12] HOULE D, DUCHESNE L, MOORE J D, et al. Soil and tree-ring chemistry response to liming in a sugar maple stand [J]. Journal of environmental quality, 2002, 31: 1993-2000.
- [13] 张影, 胡承孝, 谭启玲, 等. 施用石灰对温州蜜柑树体营养和果实品质及酸性柑橘园土壤养分有效性的影响[J]. 华中农业大学学报, 2014, 33(4): 72-76.
- [14] 陈燕霞, 唐晓东, 游媛, 等. 石灰和沸石对酸化菜园土壤改良效应研究[J]. 广西农业科学, 2009, 40(6): 700-704.
- [15] 敖俊华, 黄振瑞, 江永, 等. 石灰施用对酸性土壤养分状况和甘蔗生长的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(15): 266-269.
- [16] MOORE J D, DUCHESNE L, OUMET R. Soil properties and maple-beech regeneration a decade after liming in a northern hardwood stand [J]. Forest ecology and management, 2008, 255(8/9): 3460-3468.
- [17] CAIRES E F, GARBUIO F J, CHURKA S, et al. Effects of soil acidity amelioration by surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield [J]. European journal of agronomy, 2008, 28(1): 57-64.
- [18] 邵乐, 郭晓方, 史学峰, 等. 石灰及其后效对玉米吸收重金属影响的田间实例研究[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(10): 1986-1991.
- [19] 范稚莲, 莫良玉, 韦琼山, 等. 石灰修复重金属污染土壤及其对水稻效应[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(3): 1119-1121.
- [20] 赵小虎, 刘文清, 张冲, 等. 蔬菜种植前施用石灰对土壤中有效态重金属含量的影响[J]. 广东农业科学, 2007(7): 47-49.
- [21] TYLER G, OLSSON T. Plant uptake of major and minor mineral elements as influenced by soil acidity and liming [J]. Plant and soil, 2001, 230(2): 307-321.
- [22] DA CUNHA K P V, DO NASCIMENTO C W A, DE MENDONCA PIM-ENTEL R M, et al. Cellular localization of cadmium and structural changes in maize plants grown on a cadmium contaminated soil with and without liming [J]. Journal of hazardous materials, 2008, 160(1): 228-234.
- [23] STENBERG M, STENBERG B, RYDBERG T. Effects of reduced tillage and liming on microbial activity and soil properties in a weakly-structured soil [J]. Applied soil ecology, 2000, 14(2): 135-145.
- [24] RANGEL-CASTRO J I, KILLHAM K, OSTLE N, et al. Stable isotope probing analysis of the influence of liming on root exudate utilization by soil microorganisms [J]. Environmental microbiology, 2005, 7(6): 828-838.
- [25] DA SILVA P, NAHAS E. Bacterial diversity in soil in response to different plants, phosphate fertilizers and liming [J]. Brazilian journal of microbiology, 2002, 33(4): 304-310.
- [26] PETTERSSON M, BÄÄTH E. The rate of change of a soil bacterial community after liming as a function of temperature [J]. Microbial ecology, 2003, 46(2): 177-186.
- [27] BÄCKMAN J S K, HERMANSSON A, TEBBE C C, et al. Liming induces growth of a diverse flora of ammonia-oxidising bacteria in acid spruce forest soil as determined by SSCP and DGGE [J]. Soil biology & biochemistry, 2003, 35(10): 1337-1347.
- [28] DORLAND E, VAN DEN BERG L J L, VAN DE BERG A J, et al. The effects of sod cutting and additional liming on potential net nitrification in heath land soils [J]. Plant and soil, 2004, 265(1/2): 267-277.
- [29] 蔡东, 肖文芳, 李国怀. 施用石灰改良酸性土壤的研究进展[J]. 中国农学通报, 2010, 26(9): 206-213.
- [30] 杨立强, 李佛琳, 张元伟, 等. 石灰施用量对腾冲烤烟生长、产量和质量的影响[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(7): 4224-4225.
- [31] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2000.

(上接第 176 页)