

# 石灰对酸化黄壤整治烟田土壤酸度的影响及其应用效果

朱经伟<sup>1</sup>, 李志宏<sup>1</sup>, 刘青丽<sup>1</sup>, 梁永江<sup>2</sup>, 黄纯扬<sup>2</sup>, 霍沁建<sup>2</sup>, 彭友<sup>2</sup>, 夏昊<sup>3</sup>, 张云贵<sup>1\*</sup>

(1. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 烟草行业生态环境与烟叶质量重点实验室, 北京 100081;

2. 贵州省烟草公司遵义市公司, 贵州 遵义 563000; 3. 贵州大学, 贵州 贵阳 550025)

**摘要:** 采用室内培养试验和田间试验相结合的方法, 研究土壤酸度对石灰施用量的动态响应规律, 以及石灰施用量对烤烟农艺性状及经济性状的影响。结果表明: 酸化黄壤在室内培养环境下对石灰的响应可分为3个阶段, 即快速变化阶段, 土壤 pH 值急剧升高, 持续时间较短; 缓慢变化阶段, 土壤 pH 值的变化速度以及持续时间受石灰施用量的影响, 石灰施用量低于 3.00 t/hm<sup>2</sup> 时该阶段持续时间约 60 d, 石灰施用量高于 4.50 t/hm<sup>2</sup> 时该阶段持续时间为 15~30 d; 稳定阶段, 石灰施用量与土壤 pH 值间呈显著的非线性正相关关系。田间试验研究表明, 土壤 pH 值随石灰施用量的变化规律基本与室内试验研究结果相吻合。综合石灰施用量对烤烟影响发现, 在 pH 值为 5.0 左右的酸性黄壤整治烟田中, 推荐提前移栽期 60 d 向烟田茎体中施入 1.50 t/hm<sup>2</sup> 的石灰以矫正土壤酸度, 促进烤烟生产。

**关键词:** 石灰施用量; pH 值; 黄壤; 烤烟

**中图分类号:** S153.4

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-6257 (2016) 03-0043-06

近年来, 为缓解贵州北部植烟农田不足、机械化程度偏低等问题, 对适于平整的土地进行整治。整治农田中土壤类型主要为黄壤, 它是一类富含水合氧化铁(针铁矿)的黄色酸性土壤, 受自然成土因素作用, 贵州省的黄壤 pH 值处于 5.0 左右<sup>[1]</sup>。采用表土复填的方法可降低对土壤的扰动程度, 但整治后烟田土壤酸度普遍降低, 部分整治烟田土壤 pH 值甚至不足 4.5, 而烤烟的最佳生长 pH 值为 5.5~6.5<sup>[2]</sup>。研究表明, 土壤酸化是制约土壤高产稳产的重要因素<sup>[3]</sup>。过低的 pH 值会导致氢离子和交换性铝浓度、还原态锰浓度升高, 养分的有效性降低, 从而抑制作物生长, 农业生产效率降低<sup>[4]</sup>。所以, 降低土壤酸度对黄壤整治烟田的农业利用具有重大意义。

施用石灰是降低土壤酸度的重要途径<sup>[5-6]</sup>。据报道, 石灰可以改善土壤结构, 增强土壤团聚体稳定性<sup>[7]</sup>, 显著提高土壤 pH 值, 改善土壤交换性阳离子浓度<sup>[8-9]</sup>, 促进土壤中氮、磷素的矿化<sup>[10-11]</sup>,

并满足植物对钙素的需求, 促进植物对养分的吸收<sup>[12]</sup>, 改善丛枝菌根在土壤中的定植<sup>[13]</sup>。施用石灰还可以有效缓解土壤重金属的毒害, 提高农产品的安全性<sup>[14-16]</sup>。目前, 有关石灰农业利用的研究主要集中于石灰对土壤养分、作物生长和品质的影响方面, 基于黄壤整治烟田中土壤 pH 值对石灰施用量的动态响应规律的研究较少。本文采用室内培养试验与田间试验相结合的方法, 探讨了贵州省黄壤 pH 值对石灰施用量的响应规律, 分析了石灰施用量对土壤养分和烤烟生长的影响, 用以指导黄壤整治烟田的酸性改良实践。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于贵州省正安县市坪乡, 东经 107°32'58", 北纬 28°17'55", 海拔 1 080 m。属亚热带季风气候, 近 5 年年均气温 16.5℃, 年日照时数 976.3 h, 年降水量 940.5 mm, 年均相对湿度 74.8%。2014 年 4 月至 9 月试验期间, 月平均日照时数较往年减少 25.8%, 月平均降水量增加 30.7%, 月均温未呈现显著差异。试验地为 2012 年 12 月整治完成的烟田, 属典型酸性黄壤, 总面积超过 20 hm<sup>2</sup>。前茬作物为烤烟。农田整治完成后, 耕层土壤基础化学性状见表 1。

收稿日期: 2015-04-02; 最后修订日期: 2015-05-21

基金项目: 中国烟草总公司贵州省公司, 新平整植烟土壤改良研究(合同号: 201208); 中国烟草总公司, 烟草精准施肥关键技术研究与示范(合同号: 110200902062)。

作者简介: 朱经伟(1988-), 男, 山东青岛人, 硕士研究生, 研究方向为作物养分管理, E-mail: hiz\_j\_w@163.com。

通讯作者: 张云贵, E-mail: zhangyungui@caas.cn。

表 1 整治烟田土壤基础化学性状

有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	全磷 (P, g/kg)	全钾 (K, g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (P, mg/kg)	速效钾 (K, mg/kg)	pH 值
22.72 ± 11.38	1.63 ± 0.39	0.78 ± 0.46	46.27 ± 12.32	95.2 ± 59.4	16.8 ± 9.5	299.6 ± 87.6	4.5 ± 0.4

## 1.2 试验设计

## 1.2.1 室内培养试验

选取典型酸化黄壤整治农田, 按照随机多点取

样的原则取混合土壤样品 30.0 kg, 风干、研磨后, 过 1.0 mm 筛备用。供试土壤基础化学性状如表 2 所示。

表 2 培养试验供试土壤基础化学性状

有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	全磷 (P, g/kg)	全钾 (K, g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (P, mg/kg)	速效钾 (K, mg/kg)	pH 值
4.16	0.78	0.41	33.30	53.5	2.8	119.6	4.9

培养试验设置 8 个处理, 3 次重复, 方法如下: 称取过 1 mm 筛的土样 24 份, 每份 1 kg (称量精确到小数点后 4 位), 各处理分别添加 0、0.33、0.66、1.33、2.00、2.67、3.33、4.67 g 石灰, 对应的石灰施用量相当于 0.00、0.75、1.50、3.00、4.50、6.00、7.50、10.50 t/hm<sup>2</sup>。土样与石灰混匀后装入烧杯, 添加蒸馏水, 调节土壤质量含水量为

20% ~ 35%。

田间试验与室内培养试验使用相同批次石灰, pH 值均为 13.0 (土液比为 1:5)。

## 1.2.2 田间试验

随机选取当地典型酸化黄壤整治烟田进行田间示范性验证试验, 农田基本理化性状如表 3 所示。

表 3 田间试验供试土壤基本理化性状

有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	全磷 (P, g/kg)	全钾 (K, g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (P, mg/kg)	速效钾 (K, mg/kg)	pH 值
25.08	1.53	1.02	40.24	86.5	18.3	258.8	5.1

试验设置 6 个处理, 每个处理设 3 次重复, 小区面积为 66.7 m<sup>2</sup>。各处理设置如下: 常规施肥、常规施肥 + 0.75 t/hm<sup>2</sup> 石灰、常规施肥 + 1.50 t/hm<sup>2</sup> 石灰、常规施肥 + 2.25 t/hm<sup>2</sup> 石灰、常规施肥 + 4.50 t/hm<sup>2</sup> 石灰、常规施肥 + 6.00 t/hm<sup>2</sup> 石灰。常规施肥的处理中, 氮 (N)、磷 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、钾 (K<sub>2</sub>O) 施用量分别为 90、135、270 kg/hm<sup>2</sup>; 其中, 全部的磷肥做基肥, 专用肥不足用钙镁磷肥补足, 67% 的氮肥和 70% 的钾肥做基肥, 剩余氮肥、钾肥均做追肥。各处理石灰在烤烟移栽前 3 周, 按照各处理的施用量在垄体上撒施后, 经起垄机起垄翻施入土。供试烤烟品种为“南江 3 号”, 种植密度为 16 500 株/hm<sup>2</sup>。田间管理、采收、烘烤均同当地优质烤烟栽培管理措施。

## 1.3 样品采集与分析

室内培养试验: 在添加石灰后 0、1、3、6、8、

10、15、20、30、50、70、90、120、150 d, 取表层土壤测定 pH 值<sup>[17]</sup>。

田间试验: 烤烟进入圆顶期后, 各处理选取能够代表该处理长势的烤烟 5 株, 进行农艺性状调查; 烟叶初烤后按照国家烤烟分级标准, 分别对试验小区初烤后烟叶进行分级、称重, 计算其产量和产值<sup>[18]</sup>。在烤烟移栽后 120 d 时, 按照多点取样原则, 每个处理采集 500 g 混合土样。土壤样品经风干、磨碎、过 1.0 mm 筛后测定土壤化学性状, 测定指标和测定方法与室内培养试验一致。

## 1.4 数据分析

作图和回归分析软件为 Sigmaplot 12.0。数据分析和曲线拟合软件为 SAS 9.1, 单因素方差分析采用 one-way ANOVA 方法, 多重比较采用 Duncan 法 ( $P=0.05$ ); 采用 SAS 程序语句“线性 + 平台”曲线拟合。

## 2 结果与分析

### 2.1 室内培养条件下酸化黄壤 pH 值与石灰施用量的动态响应关系

室内培养条件下, 对各处理土壤 pH 值动态变化采用“曲线+平台”的方法进行拟合, 结果如图 1 所示。室内培养条件下, 土壤 pH 值的变化可分为 3 个阶段。石灰在投入土壤 1~3 d, 土壤 pH 值呈现先急剧升高, 再迅速降低, 该阶段称为快速变化阶段; 在培养 3~70 d 内, 各处理土壤 pH 值变化较之前缓慢, 并逐渐趋于稳定, 该阶段称为缓慢变化阶段; 培养 15 d 左右, 各处理土壤 pH 值陆续稳定, 并保持相当一段时间, 该阶段称为稳定阶段。以上 3 个阶段中, 土壤 pH 值的动态变化与石灰施用量、培养时间的关系如 2.1.1~2.1.3 所述。

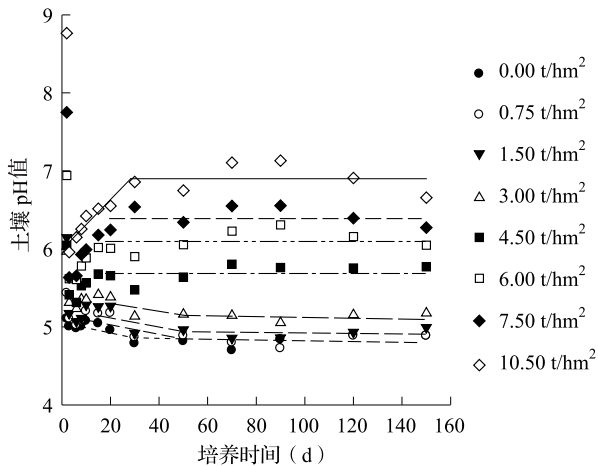


图 1 土壤 pH 值对石灰施用量的动态响应

#### 2.1.1 初期快速变化阶段

石灰与酸化黄壤混合后, 土壤酸度变化剧烈, 称为快速变化阶段。该阶段内, 各处理的土壤 pH 值变化如图 2 所示。石灰与酸化黄壤混合培养前 (培养第 0 d), 土壤 pH 值均为 4.9; 石灰与土样混合后, 土壤 pH 值迅速提高; 当石灰与土样混合培养 3 d 时, 土壤 pH 值又快速下降; 石灰与土样混合培养 6 d 后, 各处理土壤 pH 值变化幅度显著降低, 石灰矫正酸化黄壤 pH 值进入缓慢变化阶段。

#### 2.1.2 中期缓慢变化阶段

从快速变化阶段结束至土壤 pH 值达到稳定之前, 称为缓慢变化阶段。由培养之初至土壤酸度呈现稳定状态即为土壤 pH 值稳定所需时间。由图 3 可以看出, 土壤 pH 值稳定所需时间与石灰用量的响应可分为 2 个阶段。当石灰用量低于 3.00 t/hm<sup>2</sup>

时, 土壤 pH 值稳定所用时间在 60 d 左右; 当石灰施用量大于 4.50 t/hm<sup>2</sup> 时, 土壤酸度稳定所需时间随石灰施用量增大由 15 d 延长至 30 d。

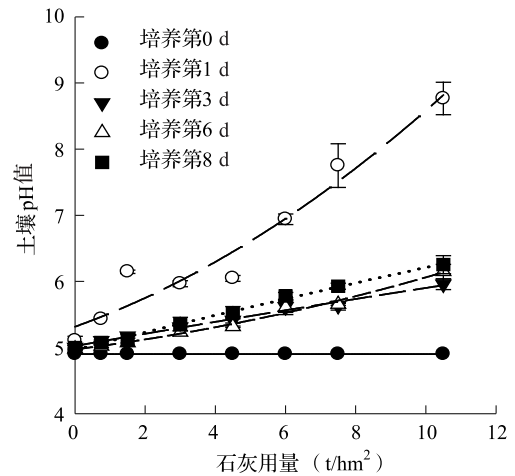


图 2 快速变化阶段石灰用量与土壤 pH 值的关系

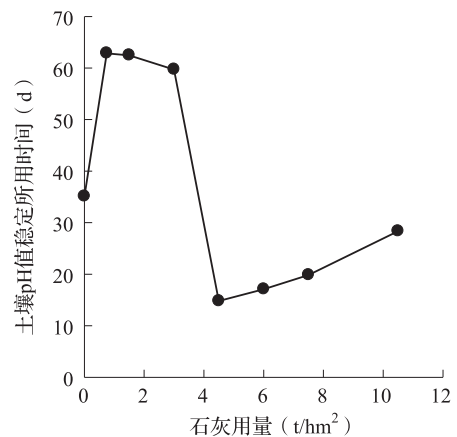


图 3 石灰用量对土壤 pH 值稳定所需时间的影响

根据各处理土壤 pH 值稳定所用时间和稳定时的土壤 pH 值, 得到相应处理在缓慢变化阶段的 pH 值变化速率, 如图 4 所示。石灰施用量为 0.00 t/hm<sup>2</sup> 的处理在土壤酸度缓慢变化阶段, 土壤 pH 值变化速率为 -0.006 7 pH/d, 表明黄壤自身具有一定的酸化作用。当石灰施用量在 0.75~3.00 t/hm<sup>2</sup> 范围内, 提高石灰施用量可以减缓土壤 pH 值的降低; 石灰施用量在 4.50~7.50 t/hm<sup>2</sup> 范围内, 提高石灰施用量则可以加速土壤 pH 值升高。

#### 2.1.3 后期稳定阶段

随着土壤 pH 值的变化速率逐渐降低, 各处理的酸化黄壤 pH 值变化陆续进入稳定阶段。由图 5 可知, 随着石灰施用量的增加, 酸化黄壤最终稳定 pH 值表现为逐渐升高的趋势。经曲线拟合发现, 石灰施用量与酸化黄壤最终稳定 pH 值间的关系为非线性

关系 ( $r^2 = 0.9857^{**}$ )。该变化主要是由土壤缓冲性造成的, 当 pH 值在 4.9~5.0 时, 其值升高 0.1 个单位, 每公顷需用石灰约 2.00 t; 当 pH 值在 5.2~5.8 时, 其值升高 0.1 个单位, 每公顷需用石灰约 0.40 t。

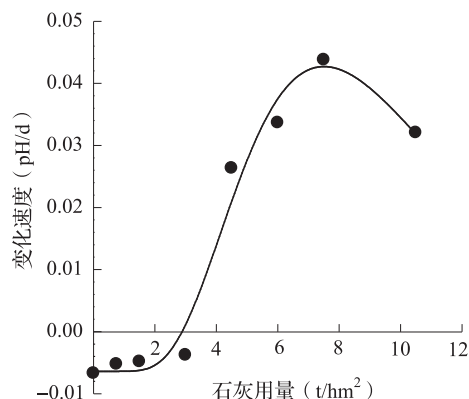


图4 缓慢变化阶段石灰用量与土壤 pH 值变化速度的关系

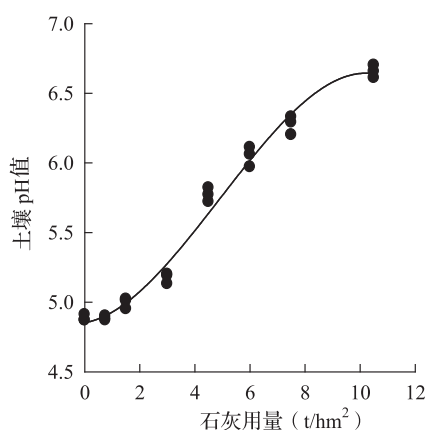


图5 石灰用量与土壤稳定 pH 值关系

## 2.2 石灰施用量对酸化黄壤整治烟田土壤酸度的影响

田间试验中, 当烤烟移栽 120 d 时, 石灰施入土壤已 150 d。烟田中各处理土壤 pH 值如图 6 所示。随着石灰施用量的增加, 各处理的土壤 pH 值逐渐升高。相关分析显示, 两者间呈现极显著的线性正相关关系 ( $r^2 = 0.9873^{**}$ ), 与室内培养所呈现的变化规律 (图 5) 相似, 但也有不同之处。相同石灰施用量下, 田间试验的土壤 pH 值显著高于室内培养试验。造成这种差异的主要原因在于田间试验的石灰分布均匀性较室内培养试验差, 在石灰施用量不变的情况下, 石灰集中于垄体土壤中, 间接提高了垄体内的石灰施用量, 导致田间相应处理的土壤 pH 值偏高, 也使得不同环境条件下土壤 pH 值与石灰施用量间的相关性有所差异。

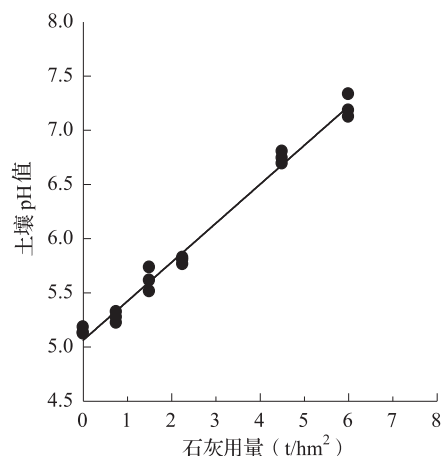


图6 烤烟移栽后 120 d 时石灰施用量对不同试验环境下土壤 pH 值的影响

## 2.3 石灰施用量对酸化黄壤整治烟田烤烟的影响

### 2.3.1 石灰施用量对酸化黄壤整治烟田烤烟农艺性状的影响

石灰作为一种土壤改良剂施用于酸性整治烟田中, 对烤烟移栽后 120 d 时的株高、茎围、最大叶面积等农艺性状指标有显著影响。由表 4 可以看出, 随着石灰施用量的增加, 烟株的株高、茎围呈现“先升高, 后降低”的总体变化趋势, 当石灰施用量达到 1.50 t/hm<sup>2</sup> 时, 两项指标达到最大值; 最大叶面积随石灰施用量增加呈现逐渐降低的趋势, 当石灰施用量超过 4.50 t/hm<sup>2</sup> 时, 烤烟的最大叶面积较石灰施用量低的处理显著降低。由此说明石灰在低施用量水平下, 对烤烟株高和茎围有促进作用, 在高施用量水平下, 不利于提高烤烟的整体长势。

表4 石灰施用量对烤烟移栽后 120 d 时农艺性状的影响

石灰施用量 (t/hm <sup>2</sup> )	株高 (cm)	茎围 (cm)	有效叶片数 (片)	最大叶面积 (cm <sup>2</sup> )
0.00	81.40 c	11.50 c	18.0 a	2 174.8 a
0.75	101.23 ab	12.87 ab	18.7 a	2 205.3 a
1.50	102.10 a	13.70 a	19.7 a	1 990.5 ab
2.25	91.20 bc	13.87 a	19.0 a	1 959.8 ab
4.50	87.20 c	12.23 bc	18.3 a	1 845.6 b
6.00	90.77 bc	12.33 bc	19.0 a	1 825.3 b

注: 同一列的不同小写字母代表差异达 5% 显著水平。下同。

### 2.3.2 石灰施用量对酸化黄壤整治烟田烤烟经济性状的影响

石灰施用量对烤烟经济性状的影响如表 5 所示。随着石灰施用量增加, 各处理烤烟中等烟率与上等烟率变化规律差异不显著, 上中等烟率呈现



“先升高、后降低”的变化规律。当石灰用量达到 1.50 t/hm<sup>2</sup>时, 上中等烟率最高, 烤烟的产量与产值也达到最大值, 较单施化肥处理产量虽然提高 1.0%, 产值显著提高 10.3%; 当石灰施用量高于 2.25 t/hm<sup>2</sup>时, 烤烟经济性性状较前者显著降低。综上所述, 酸化黄壤整治烟田适量施用石灰, 有利于提高烤烟的经济性状。

表 5 石灰施用量对烤烟移栽后 120 d 时农艺性状的影响

石灰施用量 (t/hm <sup>2</sup> )	中等烟率 (%)	上等烟率 (%)	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	产值 (万元/hm <sup>2</sup> )
0.00	18.2 b	66.2 b	2 533.3 ab	4.29 b
0.75	6.3 c	82.1 a	1 693.3 c	3.44 d
1.50	14.0 b	78.8 a	2 695.3 a	4.73 a
2.25	18.2 b	70.4 b	1 813.6 b	3.86 c
4.50	21.7 a	68.3 b	1 736.1 b	3.80 c
6.00	19.8 ab	71.4 b	1 876.8 ab	4.20 b

### 3 讨论与结论

#### 3.1 酸化黄壤整治烟田土壤酸度随石灰用量的变化规律

施用石灰是一种传统的酸性土壤改良措施, 在我国南方酸性红黄壤地区的应用较为普遍, 相关实际应用研究也较为丰富, 但有关土壤酸度对石灰用量的动态响应的研究较少<sup>[3,19-21]</sup>。本研究以酸化黄壤整治烟田土壤为供试材料, 采用不同石灰施用量, 在室内环境下研究酸化黄壤 pH 值对石灰的动态响应规律, 参考 pH 值的变化特点, 将土壤酸度变化过程分为 3 个阶段。第一阶段是快速变化阶段, 石灰混合入土壤后, 土壤的 pH 值急剧升高, 该阶段持续时间较短; 第二阶段为缓慢变化阶段, 土壤 pH 值的变化速度以及持续时间受石灰施用量的影响, 石灰施用量低于 3.00 t/hm<sup>2</sup>时该阶段持续时间约 60 d, 石灰施用量高于 4.50 t/hm<sup>2</sup>时该阶段持续时间为 15~30 d; 第三阶段为土壤 pH 值的稳定阶段, 该阶段的土壤 pH 值基本稳定, 稳定阶段的土壤 pH 值与石灰施用量呈显著的非线性正相关关系。

酸化黄壤与石灰施用量的响应关系基本符合缓冲介质中酸碱中和反应体系内 pH 值的变化规律<sup>[22-23]</sup>。但是, 与田间试验结果有所差异, 该差异主要是由石灰的施用方式造成的。此外, 与溶液中的酸碱中和反应规律相比, 酸化黄壤内的中和反

应更为复杂。将 pH 值为 5.0 的酸溶液中和至中性, 理论上需要石灰 0.23 t/hm<sup>2</sup>, 而室内培养试验中, 石灰施用量达到 10.50 t/hm<sup>2</sup>时, 稳定后的土壤 pH 值仍小于 7.0, 由此可以推断, 酸性黄壤中除活性酸以外的其他致酸物质对土壤酸化的贡献率在 98% 以上。范庆峰等<sup>[24]</sup>通过研究保护地酸化机制发现土壤活性酸数量不及潜性酸数量的 0.1%, 与本试验中对两种酸的比例估计相似。因此在采用石灰改良酸化黄壤整治烟田时, 在精确把握石灰施用量的同时, 还应当注意石灰的施用方式及潜在致酸物质对土壤 pH 值的影响。

#### 3.2 石灰施用量对酸化黄壤整治烟田烤烟的影响

本研究中, 烤烟整体长势随石灰施用量的增加, 呈现“先升高、后降低”的变化趋势; 烤烟的经济性状虽然变化规律不明显, 但当石灰施用量达到 1.50 t/hm<sup>2</sup>时, 土壤 pH 值介于 5.5 与 6.5 之间, 烤烟上中等烟率、产量、产值均达到最大值, 符合植烟土壤酸度适宜性评价标准<sup>[2]</sup>, 与国内外相关学者的研究一致<sup>[22,25-26]</sup>。由此说明, 酸化黄壤整治烟田可适当配施石灰, 以促进烤烟生长, 提高产量和产值。综合酸化黄壤整治烟田中, 石灰施用量对烤烟农艺性状和经济性状的影响, 在 pH 值为 5.0 左右的酸化整治烟田中, 推荐提前 60 d 向烟田垄体中施入 1.50 t/hm<sup>2</sup>的石灰以矫正土壤酸度, 促进烤烟生产。

#### 参考文献:

- [1] 全国土壤普查办公室. 中国土壤 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [2] 王彦亭, 谢剑平, 李志宏. 中国烟草种植区划 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [3] 李育鹏, 胡海燕, 李兆君, 等. 土壤调理剂对红壤 pH 值及空心菜产量和品质的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2014, (6): 20-21.
- [4] 陈世军, 潘文杰, 孟玉山, 等. 石灰和聚丙烯酰胺处理的酸性土壤对烤烟生长及生理特性的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18 (5): 1243-1251.
- [5] Kamprath E J, Foy C D. Lime - fertilizer - plant interactions in acid soils [J]. Fertilizer Technology and Use, 1985, 91-151.
- [6] 易琼, 唐拴虎, 黄巧义, 等. 有机、无机添加剂改良反酸田水稻生长效果研究 [J]. 中国土壤与肥料, 2013, (3): 31-33.
- [7] Chan K Y, Heenan D P. Lime - induced loss of soil organic carbon and effect on aggregate stability [J]. Soil Science Society of America Journal, 1999, 63 (1): 1841-1844.
- [8] Sikiric B, Cakmak D, Saljnikov E, et al. Optimization of

- macronutrient contents in raspberry leaves by liming in an extremely acid soil [J]. Spanish Journal of Agricultural Research, 2011, 9 (1): 329–337.
- [9] Viade A, Fernandez – Marcos M L, Hernandez – Nistal J, et al. Effect of particle size on Ca, Mg and K contents in soil and in sward plants [J]. Scientia Agricola, 2011, 68 (2): 200–208.
- [10] Saarsalami A, Tamminen P, Kukkola M, et al. Effects of liming on chemical properties of soil, needle nutrients and growth of Scots pine transplants [J]. Forest Ecology and Management, 2011, 262 (2): 278–285.
- [11] Higgins S, Morrison S, Watson C J. Effect of annual applications of palletized dolomitic lime on soil chemical properties and grass productivity [J]. Soil Use and Management, 2012, 28 (1): 62–69.
- [12] Kuma R, Dibyendu C, Narendra K, et al. Productivity quality and soil health as influenced by lime in ricebean cultivars in foothills of northeastern India [J]. The Crop Journal, 2014, 2 (5): 338–344.
- [13] Guo Y J, Ni Y, Raman H, et al. Arbuscular mycorrhizal fungal diversity in perennial pastures: responses to long – term lime application [J]. Plant and Soil, 2012, 351 (1–2): 389–403.
- [14] Grewal H S. Alfalfa responses to combined use of lime and limiting nutrients on an acidic soil [J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2010, 41 (19): 2247–2263.
- [15] Stark S, Mannisto M K, Eskelinen A. Nutrient availability and pH jointly constrain microbial extracellular enzyme activities in nutrient – poor tundra soils [J]. Plant and Soil, 2014, 383 (1–2): 373–385.
- [16] Djuric M, Mladenovic J, Pavlovic R, et al. Aluminium content in leaf and root of oat (*Avena sativa* L.) grown on pseudogley soil [J]. African Journal of Biotechnology, 2011, 10 (77): 17837–17840.
- [17] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1981.
- [18] GB 2635—1992 烤烟 [S].
- [19] Dowling A, Dwyer J O, Adley C C. Lime in the limelight [J]. Journal of Cleaner Production, 2015, 92: 13–22.
- [20] Flower K C, Crabtree W L. Soil pH change after surface application of lime related to the levels of soil disturbance caused by no – tillage seeding machinery [J]. Field Crops Research, 2011, 121 (1): 75–87.
- [21] 于世举. 石灰改良酸性土壤的效果 [J]. 现代农业科技, 2012, (1): 277–278.
- [22] 石秀梅, 田语林. 弱酸与其共轭碱溶液 pH 的关系 [J]. 大学化学, 1998, 13 (1): 51–52.
- [23] 董亮, 张志国. 泥炭 pH 的调节试验研究 [J]. 土壤, 2005, 37 (2): 210–213.
- [24] 范庆锋, 张玉龙, 陈重, 等. 保护地土壤酸度特征及酸化机制研究 [J]. 土壤学报, 2009, 46 (3): 466–470.
- [25] Christos D, Tsadilas, Tania K, et al. Influence of liming and nitrogen forms on boron uptake by tobacco [J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2005, 36 (4–6): 701–708.
- [26] 唐莉娜, 熊德中. 酸性土壤施石灰对土壤性质与烤烟品质的影响 [J]. 中国生态农业学报, 2003, 11 (3): 81–83.

### Influence of lime dosage on soil acidity of acidified yellow soil in renovated flue-cured tobacco field and application effects

ZHU Jing-wei<sup>1</sup>, LI Zhi-hong<sup>1</sup>, LIU Qing-li<sup>1</sup>, LIANG Yong-jiang<sup>2</sup>, HUANG Chun-yang<sup>2</sup>, HUO Qin-jian<sup>2</sup>, PENG You<sup>2</sup>, XIA Hao<sup>3</sup>, ZHANG Yun-gui<sup>1\*</sup> (1. Chinese Academy of Agricultural Science, Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Key Laboratory of Ecological Environment and Tobacco Quality in Tobacco Industry, Beijing 100081; 2. Zunyi Branch of Guizhou Provincial Tobacco Company, Zunyi 563000; 3. Guizhou University, Guiyang 550025)

**Abstract:** A series of laboratory and field experiments were conducted to study the effects of lime dosage on dynamic response of pH value, agronomic traits and economic traits of flue-cured tobacco in acidified yellow soil in renovated flue-cured tobacco field. The results showed that: the pH changes of acidified yellow soil were roughly divided into three phases according to the response characteristics of soil pH value to lime dosage in different periods during incubation course. The first phase was a rapid changing stage, showing a sharp increase in soil pH value with relatively short duration. The second phase was a slowly changing stage which the direction of change, rate of change in soil pH value and duration period were affected by lime dosage. When the lime dosage was less than 3.00 t/hm<sup>2</sup>, the duration was about 60 days. When the lime dosage was more than 4.50 t/hm<sup>2</sup>, rate of pH change increased with increasing liming dosage and the duration was risen from 15 days to 30 days. The last phase was a stable stage presenting stable pH value, in which lime dosage and soil pH was significantly positively correlated and fitted to non-linear relationship. The field experiment showed that the trend of pH value varied with the amount of liming, which was basically consistent with results of incubation experiment. Combined with effects of soil pH value and flue-cured tobacco, applying 1.50 t/hm<sup>2</sup> lime into ridges before transplanting period about 60 days was suitable for correcting acidity of yellow soil at the condition of pH value was about 5.0.

**Key words:** lime dosage; pH value; yellow soil; flue-cured tobacco