

不同改良剂对酸性土壤的修复效应

张瑶¹, 邓小华¹, 杨丽丽¹, 李源环¹, 周米良², 田峰², 张明发², 田明慧²

(1. 湖南农业大学农学院, 长沙 410128; 2. 湖南省烟草公司湘西州公司, 湖南 吉首 416000)

摘要: 为明确不同改良剂对酸性植烟土壤的修复效应, 采用盆栽试验, 分析了施用丰收延酸性土壤改良剂、金叶酸性土壤改良剂及石灰后土壤 pH、水解性酸、潜性酸及土壤交换性能的动态变化。结果表明: 施用改良剂可提高土壤 pH 3.01%~24.11%, 降低土壤水解性酸 16.08%~50.46%、交换性 Al^{3+} 51.80%~64.27%、交换性 H^+ 含量 84.12%~93.56%, 提高土壤交换性盐基总量 45.18%~46.16%、阳离子交换量 0.33%~20.10%、盐基饱和度 21.35%~49.78%。施用土壤改良剂后, 土壤 pH 先升高后下降, 至移栽 60 天后趋于稳定; 土壤水解性酸在烤烟移栽后 30~90 天差异较小, 至移栽后 120 天略有增加。施用石灰的土壤交换性氢、交换性铝一直下降, 但施用丰收延、金叶酸性土壤改良剂的土壤交换性铝下降至烟苗移栽后 120 天略有增加, 土壤交换性氢上升至烟苗移栽后 120 天大幅度下降。施用土壤改良剂后, 土壤交换性盐基总量、阳离子交换量、盐基饱和度一直提高, 但变化幅度较小。不同土壤改良剂的材料来源及组成成分不同, 其对酸性土壤的恢复效果也不同, 以施用石灰的效果最好。

关键词: 土壤改良剂; 土壤 pH; 土壤水解性酸; 土壤潜性酸; 土壤交换特性

中图分类号: S572

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2018)05-0330-05

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcbx.2018.05.051

Effects of Different Amendments Application on Remediation of Acidic Soil

ZHANG Yao¹, DENG Xiaohua¹, YANG Lili¹, LI Yuanhuan¹,

ZHOU Miliang², TIAN Feng², ZHANG Mingfa², TIAN Minghui²

(1. College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha 410128;

2. Xiangxi Autonomous Prefecture Tobacco Company of Hunan Province, Jishou, Hunan 416000)

Abstract: To clarify the effects of different modifiers on the recovery of acidic tobacco-planting soil, the pot experiments were conducted to study the dynamic changes of soil pH, hydrolytic acidity, latent acid and soil exchange performance after applying Harvested Acidic soil amendment, Golden Leaf acidic soil amendment and lime. The results showed that soil amendments could increase soil pH by 3.01% ~ 24.11%, reduce the soil hydrolytic acid by 16.08% ~ 50.46%, decrease the exchangeable aluminum and exchangeable hydrogen by 51.80% ~ 64.27% and 84.12% ~ 93.56%, respectively, increase the total soil exchangeable base, the cation exchange capacity and salt saturation by 45.18% ~ 46.16%, 0.33% ~ 20.10% and 21.35% ~ 49.78%, respectively. After applying the soil amendments, the soil pH increased first and then decreased, and it was stable after sixty days. The content of soil hydrolytic acid changed a little on the 30~90 day after transplanting of flue-cured tobacco, and increased slightly on the 120 days after transplanting. The exchangeable hydrogen and the exchangeable aluminum decreased in the soil with lime. But the exchangeable aluminum of the soil application with the Harvested Acidic soil amendment and Golden Leaf acidic soil amendment reduced until 120 days after transplanting the seeding of the flue-cured tobacco, and the exchangeable hydrogen increased during the 120 days after the seedling transplanting and then decreased drastically. After application the soil amendments, the exchangeable base, cation exchange capacity and salt saturation increased with small variation. Different soil amendments had different sources and components, and their recovery effects on acid soils were also different. The results of the study showed that recovery effect of lime was the best.

Keywords: soil amendment; soil pH; soil hydrolytic acid; latent acid of soil; exchange characteristics of soil

收稿日期: 2018-05-21

资助项目: 湖南省烟草专卖局科技项目“湘西烟区土壤 pH 变化机制及调控技术研究与应用”(xx15-18Aa01)

第一作者: 张瑶(1993—), 女, 云南昆明人, 硕士研究生, 主要从事烟草栽培生理与调制研究。E-mail: 1303293308@qq.com

通信作者: 邓小华(1965—), 男, 湖南永州人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事烟草科学与工程技术研究。E-mail: yzdxh@163.com

烟草种植过程中大量肥料施入及连作,导致植烟土壤酸性趋势加重^[1-2],不仅引起土壤理化性质恶化^[3-4]、铝离子和重金属活性提高^[5-6]、土壤微生物活性降低^[7],而且影响根系的生长发育和养分的吸收^[8],已成为制约优质烟叶生产的障碍之一。应用土壤改良剂是修复酸性土壤的重要措施之一,可提高土壤 pH^[9-11],改善土壤物理性质^[10],促进微生物繁殖^[10],增强土壤酶活性^[10-11],促进根系的生长^[11],增加烟株干物质积累^[11]。上述研究大多集中在改良剂施用对土壤养分和作物产量影响,而施用改良剂后土壤酸度指标动态变化及酸性修复效果的研究还较少见有报道。鉴于此,采用盆栽试验,研究酸性土壤施用石灰、丰收延和金叶酸性土壤改良剂后的土壤酸度指标的动态变化,旨在明确不同酸性土壤改良剂的修复效应,为酸性植烟土壤改良提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验于 2017 年 4—10 月在湖南省湘西州花垣县(28°31'35" N, 109°27'04" E)进行。试验地土壤类型为黄红壤,土壤 pH 为 5.11,有机质含量为 23.42 g/kg,碱解氮、有效磷、速效钾含量分别为 75.67, 12.74, 122.68 mg/kg。烤烟品种为云烟 87,石灰为当地市售,丰收延酸性土壤调理剂由西部环保有限公司生产,金叶酸性土壤改良剂由湖南金叶众望肥料有限公司提供。

1.2 试验设计

试验设 4 个处理, T1: 丰收延酸性土壤调理剂(简称丰收延),用量为 1 125 kg/hm²; T2: 金叶酸性土壤改良剂(简称金叶),用量为 1 125 kg/hm²; T3: 石灰,用量为 2 250 kg/hm²; CK: 常规栽培,不施改良剂。采用盆栽试验,丰收延酸性土壤调理剂、金叶酸性土壤改良剂、石灰用量分别为 6.5, 6.5, 13 g/盆。烤烟施氮量 109.5 kg/hm²,氮磷钾比例为 1:1.27:2.73,各处理氮磷钾施肥量保持一致。将盆栽试验土与改良剂以及其他基肥充分混匀,用高度、上口和下口直径分别为 26, 40, 20 cm 的塑料盆装试验土壤 13 kg,并将孔径为 48 μm 的尼龙布垫于底部,然后将塑料盆埋入土中起垄,盆口与垄面齐平。设 3 次重复,每个重复 10 盆,每盆栽 1 株烟,烤烟种植密度为 16 650 株/hm²(1.2 m×0.5 m),四周设保护行。其他栽培管理措施同湘西优质烤烟生产技术规程。

1.3 测定指标

于烤烟移栽后 30, 60, 90, 120 天(终采期)在每盆选择 3 个点,采集 0—20 cm 耕作层土壤,去除根系残茬,制成混合土样。采用电位法测定土壤 pH(水土比 1:1), NaAC 浸提—NaOH 滴定法测定水解性酸,氯化钾—中和滴定法测定交换性酸(EA)、交换性

氢(EH⁺)、交换性铝(EAI³⁺)^[12];醋酸铵法测定土壤阳离子交换量(CEC)、交换性盐基总量(EB)并计算盐基饱和度(BS(%))=EB/CEC×100%^[12]。

1.4 数据处理

采用 Excel 2010 及 SPSS 20.0 软件进行统计分析。新复极差法进行多重比较,小写字母表示差异在 0.05 水平。

2 结果与分析

2.1 不同改良剂对土壤 pH 的影响

由图 1 可知,在烤烟移栽后 30 天,施用土壤改良剂丰收延、金叶、石灰的土壤 pH 由 5.11(背景值)分别升高至 6.54, 5.85, 6.89, 较土壤背景值分别升高了 1.43, 0.74, 1.78, 以后呈下降趋势并逐步趋于稳定;至 120 天,施用丰收延、金叶、石灰的土壤 pH 分别稳定在 5.14, 5.42, 6.19, 较土壤背景值分别升高了 0.58%, 6.07%, 21.14%。然而,CK 的土壤 pH 为 4.60~4.99, 略低于土壤背景值,可能与烤烟根系分泌物导致土壤 pH 下降有关。不同改良剂对土壤 pH 的影响存在差异。在移栽后 30~90 天,施用丰收延、金叶、石灰的土壤 pH 显著高于 CK。在移栽后 120 天,施用丰收延、金叶、石灰的土壤 pH 较 CK 分别升高了 3.01%, 8.62%, 24.11%;其中,施用金叶、石灰的土壤 pH 显著高于 CK,施用丰收延的土壤 pH 与 CK 差异不显著,且施用石灰的土壤 pH 显著高于其他处理。可见,施用土壤改良剂后土壤 pH 先升高,再下降,最终至趋于稳定。不同改良剂以施用石灰提高土壤 pH 的效果最好。

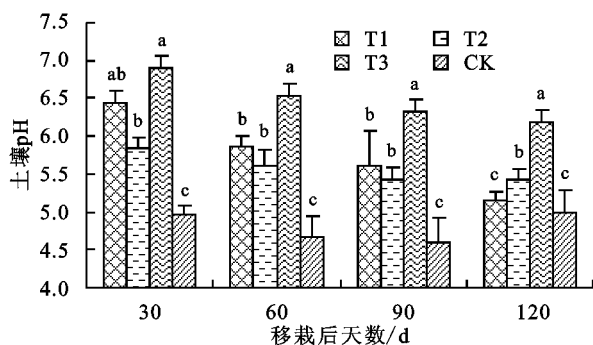


图 1 不同改良剂对土壤 pH 的影响

2.2 不同改良剂对土壤水解性酸的影响

由图 2 可知,在烤烟移栽后 30~90 天,同一处理的土壤水解性酸差异较小,至移栽后 120 天,4 个处理的土壤水解性酸均有增加,可能与烤烟根系分泌的酸性物质有关。在移栽后 30~120 天,施用丰收延、金叶、石灰的土壤水解性酸均显著低于 CK;至移栽后 120 天,施用丰收延、金叶、石灰土壤水解性酸较 CK 分别低 40.70%, 16.08%, 50.46%。不同改良剂之间,施用丰收延、石灰的土壤水解性酸显著低于金叶。可见,施用土壤改良

剂可降低土壤水解性酸浓度,以施用石灰的效果最好,其次是丰收延土壤调理剂。

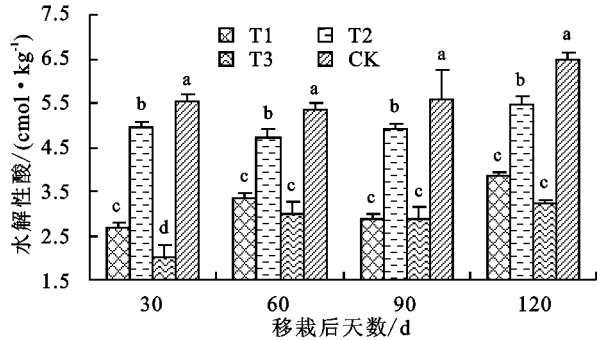


图 2 不同改良剂对土壤水解性酸的影响

2.3 不同改良剂对土壤潜性酸的影响

2.3.1 对土壤交换性铝的影响 由图 3 可知,在烤烟移栽后 30~120 天,施用丰收延的土壤交换性铝呈“低—高一低—高”变化趋势,施用金叶和 CK 的土壤交换性铝呈“高一低(90 天)—高”变化趋势,施用石灰的土壤交换性铝呈下降趋势。移栽后 30~120 天,施用改良剂的土壤交换性铝均低于 CK;至移栽后 120 天,施用丰收延、金叶、石灰的土壤交换性铝显著低于 CK,分别低 51.80%,51.80%,64.27%。不同改良剂之间,在不同时期的差异不同,但至移栽后 120 天,施用石灰土壤交换性铝显著低于丰收延、金叶。可见,施用土壤改良剂可降低土壤交换性铝浓度,以施用石灰的效果最好。

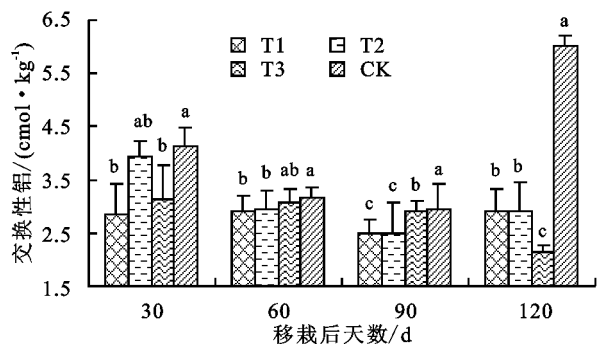


图 3 不同改良剂对土壤交换性铝的影响

2.3.2 对土壤交换性氢的影响 由图 4 可知,在烤烟移栽后 30~120 天,施用丰收延的土壤交换性氢呈“低—高(90 天)—低”变化趋势,施用金叶的土壤交换性氢呈“高一低—高一低”变化趋势,施用石灰的土壤交换性氢呈“低—高(90 天)—低”变化趋势,CK 的土壤交换性氢呈“高一低(60 天)—高”变化趋势。在移栽后 30~120 天,施用丰收延、金叶、石灰的土壤交换性氢均显著低于 CK;至移栽后 120 天丰收延、金叶、石灰土壤交换性氢较 CK 分别低 84.12%,93.56%,93.56%。不同改良剂之间,在移栽后 30~90 天的土壤交换性氢是丰收延、金叶显著高于石灰,在移栽后

120 天的土壤交换性氢是丰收延显著高于金叶、石灰。可见,施用土壤改良剂可降低土壤交换性氢浓度,以施用石灰的效果最好。

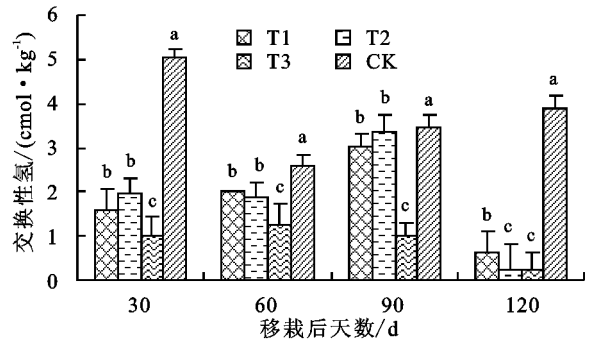


图 4 不同改良剂对土壤交换性氢的影响

2.3.3 对土壤交换性酸总量的影响 由图 5 可知,在烤烟移栽后 30~120 天,施用丰收延的土壤交换性酸总量呈“低—高(90 天)—低”变化趋势,施用金叶的土壤交换性酸总量呈“高一低—高一低”变化趋势,施用石灰的土壤交换性酸总量呈“低—高(60 天)—低”变化趋势,CK 的土壤交换性酸总量呈“高一低(60 天)—高”变化趋势。在移栽后 30~120 天,施用改良剂的土壤交换性酸总量均显著低于 CK;至移栽后 120 天的丰收延、金叶、石灰土壤交换性酸总量较 CK 分别低 64.44%,68.18%,75.76%。不同改良剂之间,以石灰的土壤交换性酸总量始终较低。可见,施用土壤改良剂可降低土壤交换性酸总量,以施用石灰的效果最好。从对交换性氢和交换性铝的影响看,施用改良剂主要降低了土壤交换性铝的浓度,从而导致交换性酸总量显著降低。

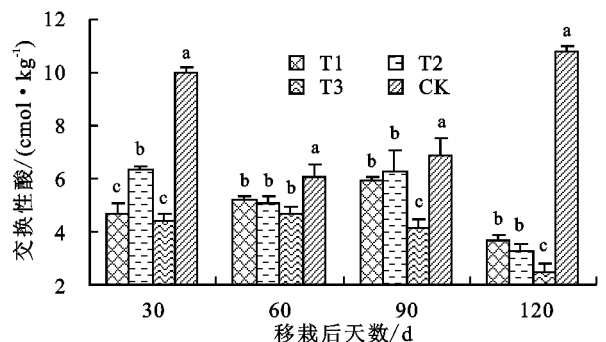


图 5 不同改良剂对土壤交换性酸的影响

2.4 不同改良剂对土壤交换性能的影响

2.4.1 对土壤交换性盐基总量的影响 由表 1 可知,在烤烟移栽后 30~120 天,同一处理的交换性盐基总量的变化较小,施用丰收延、金叶、石灰的土壤交换性盐基总量始终显著高于 CK;至移栽后 120 天,施用丰收延、金叶、石灰土壤交换性盐基总量较 CK 分别高 45.18%,46.16%,45.74%。不同改良剂之间的土壤交换性盐基总量差异不显著,但以施用石灰的土壤交换性盐基总量最高。

2.4.2 对土壤阳离子交换量的影响 由表 1 可知,在烤烟移栽后 30~90 天,同一处理的阳离子交换量的变化较小,至 120 天的土壤阳离子交换量略有降低。移栽后 30~120 天,施用丰收延、金叶、石灰的土壤阳离子交换量显著高于 CK;至移栽后 120 天的施

用丰收延、金叶、石灰的土壤阳离子交换量较 CK 分别高 10.73%,0.33%,20.10%,不同改良剂间,石灰处理土壤阳离子交换量始终显著高于丰收延和金叶。可见,施用改良剂可提高土壤阳离子交换量,以施用石灰的效果最好,其次是丰收延土壤调理剂。

表 1 不同改良剂对土壤交换性能的影响

交换性能指标	移栽后时间/d	丰收延	金叶	石灰	CK
交换性盐基总量/(cmol·kg ⁻¹)	30	7.42±0.09a	7.31±0.11a	7.44±0.08a	4.87±0.17b
	60	7.03±0.21a	7.13±0.04a	7.19±0.12a	4.92±0.29b
	90	6.92±0.07a	6.97±0.06a	7.09±0.07a	4.87±0.30b
	120	6.88±0.09a	6.92±0.07a	6.90±0.18a	4.74±0.17b
阳离子交换量/(cmol·kg ⁻¹)	30	10.50±0.17b	9.89±0.07c	11.30±0.50a	9.08±0.08d
	60	10.40±0.14b	9.58±0.10c	11.30±0.12a	9.09±0.08d
	90	10.40±0.37b	9.44±0.10c	11.10±0.08a	9.36±0.21c
	120	10.10±0.14b	8.90±0.09c	10.90±0.07a	9.14±0.53c
盐基饱和度/%	30	70.64±1.44b	73.92±1.46a	65.90±2.44c	53.60±1.62d
	60	67.11±2.14b	74.43±1.68a	63.58±1.67c	54.10±1.32d
	90	66.14±2.53b	73.83±1.11a	63.84±1.09b	52.03±1.28c
	120	68.00±0.95b	77.68±1.17a	62.94±1.48c	51.86±0.79d

注:表中数据为平均值±标准误差;同列相同指标的不同字母表示处理间差异显著(P<0.05)。

2.4.3 对土壤盐基饱和度的影响 由表 1 可知,在烤烟移栽后 30~120 天,同一处理的盐基饱和度的变化较小,但施用丰收延、金叶、石灰的土壤盐基饱和度始终显著高于 CK;至移栽后 120 天,施用丰收延、金叶、石灰土壤盐基饱和度较 CK 分别高 31.12%,49.78%,21.35%。不同改良剂间,金叶的土壤盐基饱和度显著高于丰收延、石灰。可见,施用改良剂可提高土壤盐基饱和度,以施用金叶酸性土壤改良剂的效果最好。

3 讨论

酸性土壤改良剂含有较多的盐基离子及碱性物料^[13],施入土壤后可以中和土壤酸性,提高土壤 pH,降低交换性酸含量^[14];同时一定量的盐基离子进入土壤后,可以和土壤交换性铝发生交换反应,使交换性铝减少^[15],这与本研究的结果是一致的。施用改良剂后土壤 pH 和水解性酸、交换性酸在不同阶段表现不一致,主要与烤烟根系分泌的有机酸^[16]、土壤对酸碱缓冲性能^[16]和土壤黏粒中的潜在酸释放^[17]有关。

酸性土壤胶体上吸附的盐基离子,如 NH₄⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺ 多被 H⁺、Al³⁺ 代换到土壤溶液中被淋失掉,导致土壤交换性盐基含量降低,可用于交换的阳离子含量减少,盐基饱和度降低,土壤交换性能受影响^[14-16]。改良剂可以增加土壤交换性盐基含量,补充淋失的盐基离子,增加土壤复合体盐基离子,从而提高土壤交换性盐总量及阳离子交换量,盐基饱和度也随之提高。

土壤酸化实质是土壤中 H⁺ 增加,盐基阳离子减少,以及 Al³⁺ 的水解过程^[18]。增加土壤中盐基离子

供应和减少吸附性负电荷数量可有效修复酸性土壤^[19]。本试验采用丰收延酸性土壤改良剂、金叶酸性土壤改良剂及石灰处理酸性植烟土壤,可显著提高土壤 pH,降低土壤水解性酸、交换性 H⁺、交换性 Al³⁺ 含量,土壤交换性盐基总量、阳离子交换量、盐基饱和度显著增加,土壤交换性能随之增强,对酸性土壤具有修复效应。但不同土壤改良剂的材料来源及组成成分不同,其对酸性土壤的恢复效果也不同。

4 结论

施用土壤改良剂后,土壤 pH 先升高后下降,至移栽 60 天后趋于稳定;土壤水解性酸在烤烟移栽后 30~90 天差异较小,至移栽后 120 天略有增加。施用石灰的土壤交换性氢、交换性铝一直下降,但施用丰收延、金叶酸性土壤改良剂的土壤交换性铝下降至烟苗移栽后 120 天略有增加,土壤交换性氢上升至烟苗移栽后 120 天大幅度下降。施用土壤改良剂后,土壤交换性盐基总量、阳离子交换量、盐基饱和度一直提高,但变化幅度较小。施用改良剂可提高土壤 pH,降低土壤水解性酸、交换性 H⁺、交换性 Al³⁺ 含量,提高土壤交换性盐基总量、阳离子交换量、盐基饱和度,但不同土壤改良剂的材料来源及组成成分不同,其对酸性土壤的恢复效果也不同。本研究结果以施用石灰的效果最好,土壤 pH 可提高 24.11%,土壤水解性酸、交换性铝、交换性氢、交换性酸总量可分别降低 50.46%,64.27%,93.56%,75.76%,土壤交换性盐基总量、阳离子交换量、盐基饱和度可分别提高 45.74%,20.10%,21.35%。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 邓小华,蔡兴,张明发,等. 喀斯特地区湘西州植烟土壤 pH 分布特征及其影响因素[J]. 水土保持学报,2016,30(6):308-313.
- [3] 周晓阳,徐明岗,周世伟,等. 长期施肥下我国南方典型农田土壤的酸化特征[J]. 植物营养与肥料学报,2015,21(6):1615-1621.
- [4] 邓小华,张瑶,田峰,等. 湘西州植烟土壤 pH 和中微量元素分布及其关系[J]. 烟草科技,2017,50(5):24-30.
- [5] 吴士文,索炎炎,张峥嵘,等. 南方茶园土壤酸化特征及交换性酸在水稳性团聚体中的分布[J]. 水土保持学报,2012,26(1):195-199.
- [6] 周波,唐劲驰,张池,等. 不同物料蚓粪对土壤酸度和 Cu、Pb 化学形态的影响[J]. 水土保持学报,2017,31(4):311-319.
- [7] 王富国,宋琳,冯艳,等. 不同种植年限酸化果园土壤微生物学性状的研究[J]. 土壤通报,2011,42(1):46-50.
- [8] 尹永强,何明雄,邓明军. 土壤酸化对土壤养分及烟叶品质的影响及改良措施[J]. 中国烟草科学,2008,29(11):51-54.
- [9] 于宁,关连珠,姜翼来,等. 施石灰对北方连作烟田土壤酸度调节及酶活性恢复研究[J]. 土壤通报,2008,39(4):849-851.
- [10] 黄耀蓉,王强峰,朱彭玲,等. 土壤改良剂对酸性土壤改良的影响[J]. 西南农业学报,2014,27(4):1637-1640.
- [11] 姜云超,董建江,徐经年,等. 改良剂对土壤酸度和烤烟生长及烟叶中重金属含量的影响[J]. 土壤,2015,47(11):171-176.
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2000.
- [13] 龚沂. 土壤酸化过程中的化学机理分析[J]. 环境保护,2014(10):208-206.
- [14] Bell J N B. Acid soil and acid rain. The impact on the environment of nitrogen and sulphur cycling by I. R. Kennedy [J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 1988, 20(2): 147-148.
- [15] Xu J M, Tang C, Chen Z L. Chemical composition controls residue decomposition in soils differing in initial pH [J]. Soil Biology & Biochemistry, 2006, 38(3): 544-552.
- [16] 索龙,潘凤娥,胡俊鹏,等. 秸秆及生物质炭对砖红壤酸度及交换性能的影响[J]. 土壤,2015,47(6):1157-1162.
- [17] 胡敏,向永生,鲁剑巍. 石灰用量对酸性土壤酸度及大麦幼苗生长的影响[J]. 中国农业科学,2016,49(20):3896-390.
- [18] 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.
- [19] 解开治,徐培智,严超,等. 不同土壤改良剂对南方酸性土壤的改良效果研究[J]. 中国农学通报,2009,25(20):160-165.
- (上接第 329 页)
- [16] 鲁如坤. 土壤农业分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000.
- [17] Yuan J H, Xu R K. The amelioration effects of low temperature biochar generated from nine crop residues on an acidic Ultisol [J]. Soil Use and Management, 2011, 27(1): 110-115.
- [18] Van Zwieten L, Kimber S, Morris S, et al. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility [J]. Plant and Soil, 2010, 327(1/2): 235-246.
- [19] Xu R K, Zhao A Z, Yuan J H, et al. pH buffering capacity of acid soils from tropical and subtropical regions of China as influenced by incorporation of crop straw biochars [J]. Journal of Soils and Sediments, 2012, 12(4): 494-502.
- [20] Roychowdhury A, Sarkar D, Datta R. Remediation of acid mine drainage-impacted water [J]. Current Pollution Reports, 2015, 1(3): 131-141.
- [21] Chan K Y, Van Zwieten L, Meszaros I, et al. Agromonic values of greenwaste biochar as a soil amendment [J]. Australian Journal of Soil Research, 2007, 45(8): 629-634.
- [22] 董艺婷,崔岩山,王庆仁. 单一与复合污染条件下两种敏感性植物对 Cd、Zn、Pb 的吸收效应[J]. 生态学报,2003,23(5):1018-1024.