

不同种植模式下丘岗红壤的酸性和交换性能研究

杨甲华, 张杨珠*, 高菊生, 和利钊, 雷盼, 黄运湘, 廖超林

(湖南农业大学 资源环境学院, 湖南 长沙 410128)

摘要:通过野外采样和室内测定,研究湖南永州市和浏阳市柑橘、油茶、西瓜单作和柑橘间套作、油茶间套作以及荒地模式下的丘岗红壤的酸性和交换性状况。结果表明:不同种植模式下土壤的酸化情况严重(pH 值约为 4.0);土壤保肥能力均为中等偏下(CEC 为 8.7~10.96 cmol/kg),相比较而言,以油茶间套作土壤的保肥能力较强;柑橘间套作土壤的交换性酸和交换性 Al^{3+} 最低,其潜性酸最低,土壤的交换性盐基总量和盐基饱和度最高,其肥力、保肥和缓冲能力最强;供试土壤的交换性酸均以交换性 Al^{3+} 为主,占比为 92.5%~95.1%,交换性盐基主要为交换性 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ,占比为 82.7%~91.8%;不同种植模式土壤的 CEC 含量差异显著,土壤 pH,交换性酸,交换性 Al^{3+} 和交换性 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量差异均不显著。

关键词:丘岗红壤;种植模式;土壤酸化;交换性能

中图分类号: S151.9⁺3 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2012)05-0526-04

Soil acid and exchange properties of red soil in hilly regions under different cropping patterns

YANG Jia-hua, ZHANG Yang-zhu*, GAO Ju-sheng, HE Li-zhao, LEI Pan, HUANG Yun-xiang, LIAO Chao-lin

(College of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: Soil acid and exchange properties of red soil in hilly regions under continuous cropping of citrus, camellia and watermelon, under intercropping of citrus with camellia, grass, peanut or sweet potato, under intercropping of camellia with watermelon and under wasteland pattern in Yongzhou and Liuyang, Hunan Province were studied through field sampling and laboratory analysis. The results showed that soils under different cropping patterns were acidified seriously with pH value around 4.0 and showed low to middle fertility-preserving capacity with CEC being 8.7–10.96 cmol/kg, and soil with camellia intercropping showed comparatively stronger fertility-preserving capacity. Exchangeable acid and exchangeable Al^{3+} were both the lowest in citrus intercropping soil, thus the potential acid was the lowest; exchangeable base content and base saturation were both the highest in citrus intercropping soil, thus the fertility, fertility-preserving capacity and buffering capacity was the strongest. Exchangeable acid in the tested soils mainly existed in the form of exchangeable Al^{3+} , accounting for 92.5%–95.1%, and the exchangeable base mainly existed in the form of exchangeable Ca^{2+} and Mg^{2+} , accounting for 82.7%–91.8%. The difference of CEC content among soils under various cropping patterns was very significant, while there was no significant difference in soil pH, exchangeable acid, exchangeable Al^{3+} , exchangeable K^+ , Na^+ , Ca^{2+} and Mg^{2+} contents under various cropping patterns.

Key words: red soil in hilly regions; cropping pattern; soil acidification; exchangeable properties

中国南方地区酸性土壤分布广泛,土壤酸化已成为限制大多数作物生长的重要因素。土壤酸化加

收稿日期: 2012-05-02

基金项目: 国家科技支撑计划重点项目(2009BAD6B005); 国家公益性行业(农业)科研专项(201103005)

作者简介: 杨甲华(1984—),男,山东苍山人,硕士,主要从事土壤肥力与作物施肥研究, yjhf1118@126.com; *通信作者, zhangyangzhu2006@163.com

速了土壤中养分离子的淋失,同时也导致大量铝离子和重金属离子活化,使土壤遭受铝毒和重金属毒害,影响作物生长^[1]。近年来,对酸性土壤改良方法的研究^[2-3]已有较多报道,在农业生产中施用氧化钙是最有效的方法之一^[4]。柑橘和油茶是丘岗红壤地区的重要经济作物,农民往往会在柑橘地和油茶幼林期套种一些短期作物,像花生、油菜、西瓜等。目前,针对柑橘和油茶地土壤的酸化和交换性状况的研究^[5]较少。笔者研究了丘岗红壤区不同农林间套作模式的土壤的酸性和交换性能,旨在筛选能够改善土壤酸化状况的种植模式,为丘岗红壤区

农林复合的推广应用提供参考依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

土样于 2011 年 1 月采集,主要采集于永州市的祁阳县、冷水滩区和浏阳市沙市镇。其基本情况列于表 1。采用五点法用土钻取样,取样深度为 20 cm,土样经风干、混匀、磨细、过筛,分别过孔径为 1 mm 和 0.149 mm 筛。

表 1 土样采集基本情况

Table 1 Basic situation of sampling locations and cropping patterns

编号	种植模式	采样地点	成土母质	采样数/个
A	柑橘间套作模式	冷水滩区伊塘镇孟公山示范区;祁阳红壤站	第四纪红色黏土	13
B	油茶间套作模式	永州市林科所	第四纪红色黏土	6
C	柑橘、油茶、西瓜单作	永州市林科所、冷水滩区茅竹镇泉塘村银光山茶油低改示范基地;浏阳市沙市镇市级油茶规模造林基地	第四纪红色黏土和花岗岩风化物	16
D	荒地	永州市林科所	第四纪红色黏土	3

1.2 主要仪器设备

pH 计(PHB-4,上海精密科学仪器有限公司)、原子吸收分光光度计(AA240FSG+GTA120,美国瓦里安)、定氮仪(KDN-2C,上海纤检仪器有限公司)、火焰光度计(FP640,上海精密科学仪器有限公司)。

1.3 测定项目与方法

pH 采用电位法测定;交换性酸(H^+ 、 Al^{3+})含量采用氯化钾交换-中和滴定法测定;CEC 采用 1 mol/L 乙酸铵交换法测定;交换性酸含量采用 KCl 交换-中和滴定法测定;交换性 K^+ 、 Na^+ 含量采用火焰光度法测定;交换性 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量采用原子吸收分光光度法测定^[6]。

1.4 数据处理

采用 Excel 2003 进行数据处理;采用 SPSS16.0 进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同种植模式土壤的 pH、CEC 和 ECEC

由表 2 可知,4 种植模式土壤的 pH 都较低

(3.93~4.05),差异均不显著,柑橘间套作土壤的 pH 最高,荒地土壤的 pH 最低,说明供试土壤均严重酸化。土壤酸化会加重土壤板结,导致土壤有益微生物种群变化,使土壤微生物的氨化作用和硝化作用能力下降,对作物的生长带来较大影响。丘岗红壤地区矿物风化和土壤淋溶作用强烈,土壤多呈酸性反应^[7],供试土壤严重的酸化状况与丘岗红壤地区高温多雨的气候条件有一定的关系。

柑橘间套作土壤 CEC 显著高于单作模式土壤及荒地,油茶间套作土壤的 CEC 极显著高于单作模式和荒地。从表 2 可以看出,CEC 超过 10 cmol/kg 的有柑橘间套作和油茶间套作,其他 2 种模式均低于 10 cmol/kg。一般认为^[8],当 $CEC > 20$ cmol/kg 时为保肥能力强的土壤;CEC 在 10~20 cmol/kg 为保肥能力中等的土壤;CEC < 10 cmol/kg 为保肥能力较差土壤。由此可见,供试土壤的保肥能力均属于中等偏下水平。

4 种植模式土壤 ECEC 的差异不显著,油茶间套作土壤的 ECEC 最高,荒地最低。ECEC 占 CEC 的比例为 75.4%~83.9%,这与丘岗红壤的成土母质为

第四纪红色黏土有关。

表2 不同种植模式下土壤的 pH、CEC、ECEC

种植模式	pH	CEC/ (cmol·kg ⁻¹)	ECEC/ (cmol·kg ⁻¹)	ECEC 占 CEC 的比率/%
A	4.05±0.03	(10.15±0.18)aAB	7.65±0.54	75.4
B	4.01±0.21	(10.96±0.24)aA	8.37±1.00	76.4
C	4.01±0.14	(9.15±0.59)bB	7.68±0.70	83.9
D	3.93±0.09	(8.70±0.83)bB	6.98±1.09	80.2

2.2 不同种植模式土壤的交换性酸和交换性铝含量

由表3可知,4种植植模式下土壤交换性酸和交换性 Al³⁺含量的差异不显著。交换性酸含量最高的是油茶间套作,最低的是柑橘间套作。交换性 Al³⁺的变化规律与交换性酸一致。在交换性酸中,交换性 Al³⁺是主体,占交换性酸的92.5%~95.1%,而交换性 H⁺的比例很小,说明丘岗红壤地区土壤的交换性酸主要以交换性 Al³⁺的形式存在^[9],因此,降

表3 不同种植模式下土壤的交换性酸和交换性铝含量

种植模式	交换性酸/ (cmol·kg ⁻¹)	交换性 Al ³⁺ / (cmol·kg ⁻¹)	交换性 Al ³⁺ 占 交换性酸的比率/%
A	4.11±0.49	3.80±0.50	92.5
B	5.33±0.54	5.07±0.50	95.1
C	4.88±0.92	4.60±0.98	94.3
D	4.86±0.80	4.61±0.78	94.9

表4 不同种植模式下土壤的交换性盐基含量

种植模式	交换性 K ⁺ / (cmol·kg ⁻¹)	交换性 Na ⁺ / (cmol·kg ⁻¹)	交换性 Ca ²⁺ / (cmol·kg ⁻¹)	交换性 Mg ²⁺ / (cmol·kg ⁻¹)	交换性盐基总量/ (cmol·kg ⁻¹)	盐基 饱和度/%	交换性 Ca ²⁺ 、 Mg ²⁺ 占交换性 盐基的比率/%	交换性 Ca ²⁺ 占 交换性 Ca ²⁺ 、 Mg ²⁺ 的比率/%
A	0.63±0.24	0.003±0.001	2.37±0.76	0.70±0.38	3.70	59.5	83.0	77.2
B	0.23±0.08	0.022±0.011	2.40±1.09	0.41±0.28	3.06	51.4	91.8	85.4
C	0.45±0.51	0.002±0.002	2.18±1.28	0.58±0.67	3.21	46.7	86.0	79.0
D	0.35±0.09	0.024±0.003	1.48±0.85	0.29±0.15	2.14	44.1	82.7	83.6

3 小结

本研究结果表明,4种植植模式下土壤的酸化严重,土壤 pH 都在 4.0 左右;油茶间套作土壤的 CEC 最高,荒地土壤 CEC 最低。统计分析结果表明,柑橘间套作、油茶间套作与单作模式、荒地土

壤的 CEC 差异显著,油茶间套作与单作模式、荒地土壤 CEC 含量差异达极显著水平;4种植植模式的保肥能力中等偏下,油茶间套作土壤的 CEC 和 ECEC 最高,保肥能力较强;油茶间套作和柑橘间套作土壤的保肥能力要强于单作模式和荒地。

2.3 不同种植模式土壤的交换性盐基含量

土壤的交换性盐基组成受土壤有机质、黏粒含量、pH 值以及各盐基离子输入、输出状况的影响^[10-11],其总量的高低在很大程度上反映了土壤的保肥、缓冲能力。由表4可知,不同种植模式土壤的交换性 K⁺、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺含量之间差异均不显著。柑橘间套作土壤的交换性盐基总量最高,荒地土壤最低,说明柑橘间套作土壤的保肥、缓冲能力要强于其他模式。4种植植模式中,盐基饱和度最高的是柑橘间套作模式土壤,最低的是荒地,柑橘、油茶、西瓜单作和油茶间套作的盐基饱和度分别为46.7%和51.4%。一般认为^[8],盐基饱和度大于80%为肥沃土,50%~80%为中等肥力土壤,小于50%为肥力较低。由此可以判断柑橘间套作和油茶间套作的土壤肥力中等,柑橘、油茶、西瓜单作和荒地的土壤肥力较低,这可能与土壤输入性酸增加和盐基离子淋失等有关^[12]。

交换性 Ca²⁺、Mg²⁺占交换性盐基的比例达82.7%~91.8%,说明交换性 Ca²⁺、Mg²⁺是交换性盐基的主体,即交换性盐基主要以交换性 Ca²⁺、Mg²⁺的形式存在,其中,交换性 Ca²⁺占交换性 Ca²⁺、Mg²⁺的比例达77.2%~85.4%,表明交换性 Ca²⁺又是交换性 Ca²⁺、Mg²⁺的主体。

壤的 CEC 差异显著,油茶间套作与单作模式、荒地土壤 CEC 含量差异达极显著水平;4种植植模式的保肥能力中等偏下,油茶间套作土壤的 CEC 和 ECEC 最高,保肥能力较强;油茶间套作和柑橘间套作土壤的保肥能力要强于单作模式和荒地。

4种植植模式下土壤交换性酸和交换性 Al³⁺差

异不显著。柑橘间套作土壤的交换性酸和交换性 Al^{3+} 最小，其潜性酸最小；土壤交换性酸主要以交换性 Al^{3+} 的形式存在，交换性 Al^{3+} 占交换性酸的 93.1%~95.1%。

4 种植模式土壤的交换性 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量差异不显著，柑橘间套作土壤的交换性盐基总量和盐基饱和度要高于其他模式，说明柑橘间套作土壤的肥力、保肥和缓冲能力要强于其他模式；4 种植模式土壤的交换性盐基的主体是交换性 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ，主要是交换性 Ca^{2+} 。

参考文献：

- [1] 练成燕. 种植花生、施用尿素对红壤酸化作用及有机物料的改良效果[J]. 土壤, 2010, 42(5): 822-827.
- [2] Pocknee S, Sumner M E. Cation and nitrogen contents organic matter determine its soil liming potential[J]. Soil Science Society of America Journal, 1997, 61: 86-92.
- [3] Tang C, Yu Q. Chemical composition of legume residues and initial soil pH determine pH change of a soil after incorporation of the residues[J]. Plant and Soil, 1999, 215: 29-38.
- [4] Wong M T F, Gibbs P, Nortcliff S, et al. Measurement of the acid neutralizing capacity of agroforestry tree prunings added to tropical soils[J]. The Journal of Agricultural Science, 2000, 134: 269-276.
- [5] 和利钊, 张杨珠. 不同施肥处理对侵蚀性红壤酸性和交换性能的修复效应[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2012, 38(1): 86-91.
- [6] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [7] 孙波, 张桃林, 赵其国. 南方红壤丘陵区土壤养分贫瘠化的综合评价[J]. 土壤, 1995, 27(3): 119-128.
- [8] 吴礼树. 土壤肥料学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [9] 陈明智, 吴蔚东, 陈占彪, 等. 不同土地利用方式和种植年限对土壤交换性酸的影响[J]. 贵州农业科学, 2010, 38(10): 112-114.
- [10] Jiang Y, Zhang Y G, Liang W J. In fluence of greenhouse vegetable cultivation on composition of soil exchangeable base cations[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2005, 19(6): 78-81.
- [11] 胡宁, 娄翼来, 张晓珂, 等. 保护性耕作对土壤交换性盐基组成的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(6): 1492-1496.
- [12] 张明, 李小明. 酸沉降对泰山土壤酸化的影响[J]. 山东大学学报: 理学版, 2010, 45(1): 36-40.

责任编辑: 杨盛强