

长期定位施肥对红壤旱地土壤有机质、养分和 CEC 的影响

王小兵^{1 2} 骆永明^{1 3*} 李振高¹ 刘五星¹

(1. 中国科学院 土壤环境与污染修复重点实验室、中国科学院 南京土壤研究所 江苏 南京 210008; 2. 扬州大学 环境科学与工程学院, 江苏 扬州 225127; 3. 中国科学院 烟台海岸带研究所 山东 烟台 264003)

摘要: 研究了长期(1996~2008年)施用有机肥(M)、有机肥+有效菌剂(BM)、有机肥+有效菌剂+微量元素(BMT)、化肥(F)以及化肥+微量元素(TF)对红壤旱地土壤有机质、养分和CEC的影响。结果表明:长期定位施用有机肥的处理土壤有机质含量均显著积累,从1996年的8.91 g/kg上升到2008年的21.55 g/kg,全氮、全磷、水解氮、有效磷、有效钾和CEC含量升高,土壤全钾含量变化趋于平缓,甚至有降低趋势。说明红壤旱地施用有机肥以及有机肥配施有效菌剂更有利于土壤养分积累。

关键词: 长期定位施肥; 红壤旱地; 连作花生; 土壤养分

中图分类号: S147.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-8581(2011)10-0133-04

Effects of Long-term Located Fertilization on Organic Matter, Nutrient and CEC in Upland Red Soil

WANG Xiao-bing^{1 2}, LUO Yong-ming^{1 3*}, LI Zhen-gao¹, LIU Wu-xing¹

(1. Key Laboratory of Soil Environment and Pollution Remediation, Chinese Academy of Sciences; Nanjing Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 2. College of Environmental Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225127, China; 3. Yantai Institute of Coastal Zone Science, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China)

Abstract: The paper studied the effects of long-term (from 1996 to 2008) located fertilization on the contents of organic matter, nutrient and CEC in upland red soil, and the applied fertilizers included organic manure (M), organic manure + effective microorganisms (BM), organic manure + effective microorganisms + microelements (BMT), chemical fertilizer (F) and chemical fertilizer + microelements (TF). The results showed that: in the treatments of long-term located application of organic manure (M, BM and BMT), the soil organic matter content obviously increased from 8.91 g/kg in 1996 to 21.55 g/kg in 2008, the contents of total nitrogen, total phosphorus, hydrolysis nitrogen, effective phosphorus, effective potassium and CEC all increased, and the change in the content of total potassium was steady, even had a little reducing tendency. It indicated that applying organic manure or organic manure combined with effective microorganisms was beneficial to the accumulation of soil nutrients.

Key words: Long-term located fertilization; Upland red soil; Continuous cropping peanut; Soil nutrient

红壤是我国南方14省(区)的重要土壤类型和耕作土壤,总面积约218万km²,占国土面积的22.7%,占全国耕地面积28%。红壤区气候温暖,雨量丰沛,生物物质循环活跃,土壤和生物类型多样,自然条件十分优越,具有高额生物产量潜力和良好的投资效益,是我国粮食、经济作物及肉类产品等的重要生产基地^[1]。然而,长期以来的不合理利用,造成水土流失,土壤肥力下降,季节性干旱等环境资源退化过程日趋严重^[2]。

施肥是提高作物产量、品质以及土壤肥力的重要农艺措施。然而,不合理施用会导致肥料效益变低以及土壤质量变劣。土壤肥力长期定位监测试验,可以探讨土壤质量的发生和演变规律,了解施肥对土壤质量、作物产量以及环境变化等的影响,揭示作物类型、气候、耕作管理方式等与土壤质量变化的相互关系,具有时间上反复

证明,信息量极为丰富,数据准确可靠,解释能力强,在生产上可提供决策性建议等优点^[3]。目前在红壤上进行了多个长期定位施肥试验,已取得一系列的具有生产指导意义的结论^[2,6-7]。然而,在红壤旱地,施用有机肥、化肥、微量元素以及有效菌剂配合施用对土壤质量的影响报道较少。本研究从1996年开始在中国科学院红壤生态实验站布置了红壤旱地连作花生长期定位施肥试验,研究长期不同施肥对红壤旱地连作花生土壤理化性质的动态变化,为红壤地区合理施肥以获得优质高产的花生提供科学依据,分析长期施肥对土壤有机质、养分和CEC的影响。

1 材料与方法

1.1 实验地概况 中国科学院红壤生态实验站位于江西省鹰潭市余江县刘家站(东经116°55',北纬28°12')。

收稿日期: 2011-09-01

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40432005); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KSCX2-YW-G-053-3); 江苏省科技支撑计划资助项目(SBE201130443)。

作者简介: 王小兵(1976—)男,江苏东台人,讲师,博士研究生,研究方向:土壤生态环境。* 通讯作者: 骆永明。

该地属于中亚热带地区,气候温热多雨,年平均温度17.6℃,≥10℃积温5527.6℃,年降水量1794.7mm,年蒸发量1318mm。供试土壤为第四纪红色粘土。土壤基础理化性质为:pH 3.9,有机质8.44g/kg,全氮0.594g/kg,全磷0.20g/kg,全钾14.50g/kg,水解氮43.3mg/kg,速效磷痕量,速效钾84mg/kg,CEC 9.95cmol/kg。

1.2 试验设计 试验布置之前该地是荒地。共设5个处理,单施化肥(F),化肥+微量元素(TF),有机肥(M),有机肥+有效菌剂(BM),有机肥+有效菌剂+微量元素(BMT),各处理小区面积为33.3m²,4次重复,随机排列。化肥为尿素(N 46%),钙镁磷(P₂O₅ 14%),氯化钾(K₂O 60%),其用量分别为:90、300、225kg/hm²。有机肥为当地猪场的猪粪,用量为18750kg/hm²(猪粪干重约9%,干猪粪全氮含量约24.8g/kg),有效菌剂为EM菌与本实验室分离的有效菌株混合而成,施用量为20.55L/hm²,微量元素为:硼砂1.5kg/hm²,钼酸铵0.15kg/hm²,硫酸锌2.25kg/hm²,所有肥料作基肥一次性施入。花生品种为赣花5号,每年4月中旬播种,8月中旬收获,常规田间管理,冬季休闲。2008年花生收获期从试验区旁取耕层土作为对照。

1.3 测定项目和方法 有机质、总氮测定采用重铬酸钾-硫酸消化法,总磷测定用高氯酸-硫酸消化法,火焰光度计测定全钾含量,采用直接蒸馏-盐酸滴定法测定水解氮含量,采用Olsen法测定速效磷含量,采用乙酸铵提取、火焰光度法测定速效钾含量^[4]。

1.4 数据分析 采用Origin 8.0作图,SPSS 13.0进行数据分析,One-way ANOVA检测显著性差异。

2 结果与分析

2.1 长期定位施肥对连作花生根际土壤有机质的影响

土壤有机质是植物养分的主要来源,能够促进作物的生长发育,改良土壤结构,促进土壤微生物的活动。从图1可以看出,1996年土壤有机质平均为8.91g/kg,根据土壤养分分级标准,土壤有机质含量在0.6%~1%之间为5级,各处理的基础养分含量均处于较低水平,经过多年施肥后,各处理的有机质均有一定的增加,呈上升趋势,2008年有机质平均达21.55g/kg,极显著高于1996

年。不同处理之间比较,有机肥+有效菌剂(BM)有机质积累最快,到2008年时达23.05g/kg,其次是有机肥+有效菌剂+微量元素(BMT)、有机肥(M)和化肥+微量元素(TF),分别为22.62、21.88、20.71g/kg,最低的是单施化肥(F),只有19.51g/kg。尽管单施化肥的处理有机质积累较低,但与对照相比(11.16g/kg),仍有75%的积累。

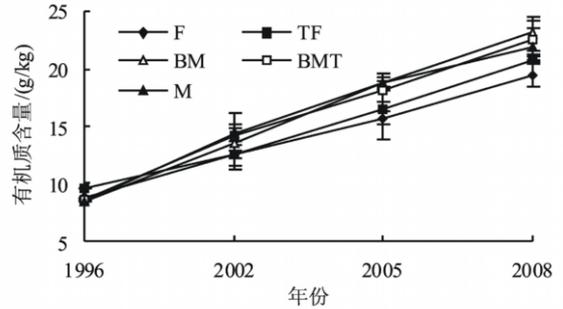


图1 不同处理对连作花生根际土壤有机质的影响

2.2 长期定位施肥对连作花生根际土壤全量养分的影响

红壤由于特殊的成土过程,由于强烈的淋溶作用,土壤养分流失严重,尤其是土壤磷含量较低。从图2可以看出,1996年土壤全量养分含量较低,全氮、全磷和全钾平均为0.61、0.27、14.86g/kg。通过10多年不同施肥后,连作花生根际土壤全氮、全磷表现出富集的现象,2008年分别达到1.31、0.8g/kg,与1996年相比,分别增加了115%和196%。处理间比较,有机肥(M)、有机肥+有效菌剂(BM)和有机肥+有效菌剂+微量元素(BMT)全氮积累较接近,含量在1.4~1.42g/kg之间,而化肥(F)和化肥+微量元素(TF)分别为1.17、1.26g/kg。各处理全氮含量与对照(0.67g/kg)比较,均显著提高。全磷的含量M、BM和BMT显著高于F和TF(P<0.05),与对照(0.36g/kg)相比,M、BM和BMT提高显著,分别提高了177%、170%和190%,而F和TF提高了33%。全钾随种植年限的延长而表现出平缓,平均含量在10.98~14.86g/kg之间,各处理间差异不大。与对照相比(12.46g/kg),各处理的全钾含量要高于对照。由于2005年根际土取样没有严格取到根际土,所以数据略有偏低。

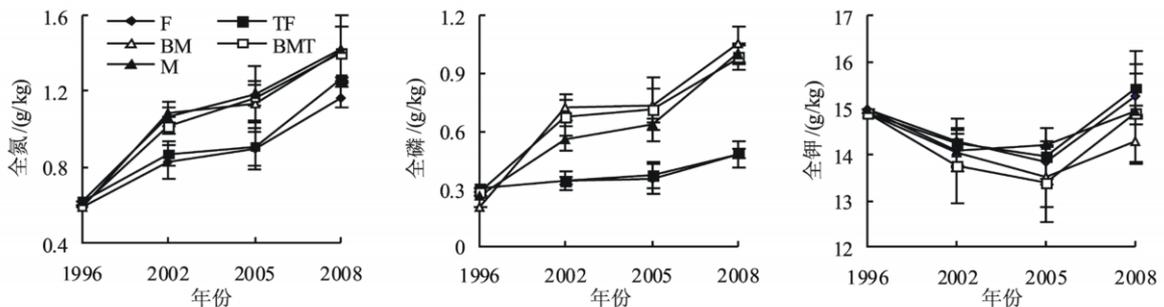


图2 不同处理对连作花生根际土壤全氮、全磷、全钾的影响

2.3 长期定位施肥对连作花生根际土壤速效养分的影响 土壤速效养分是反映土壤养分供应能力的重要指标。从图 3 可以看出, 1996 年各处理土壤速效养分含量均较低, 土壤水解氮、有效磷和有效钾平均含量分别为 45.08、0.93、2. mg/kg。长期施肥后, 土壤有效养分均有显著提高, 2008 年平均含量分别为 107.40、43.82、588.42 mg/kg。速效氮和速效磷增长趋势分别与全氮和全磷较

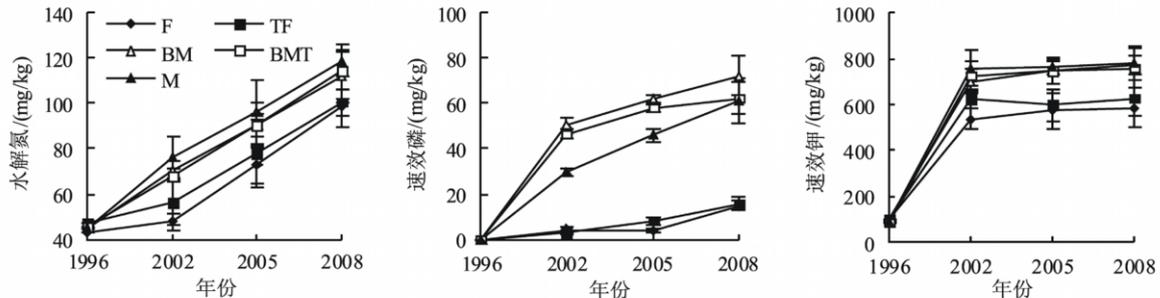


图 3 不同处理对连作花生根际土壤水解氮、速效磷、速效钾的影响

2.4 长期定位施肥对连作花生根际土壤 CEC 的影响 阳离子交换量为土壤所能吸附的全部交换性阳离子的总量, 是衡量土壤保肥性的指标。按照 CEC 的分级标准, 低于 10 cmol/kg 表明土壤保肥力较弱, 试验地基础 CEC 含量为 9.95 cmol/kg。2005 年 CEC 平均含量为 11.93 cmol/kg, 2008 年达 13.08 cmol/kg。随着定位施肥的时间延长, 土壤 CEC 含量均有所积累 (图 4), 土壤保肥力达中等水平。不同处理间比较, 施用有机肥 (M) 处理 2008 年土壤 CEC 含量最高达 13.57 cmol/kg, 其次为有机肥 + 有效菌剂 (BM) 和有机肥 + 有效菌剂 + 微量元素 (BMT) 分别为 13.47、13.14 cmol/kg, 最低的化肥 + 微量元素 (TF) 和化肥 (F) 只有 12.16、11.8 cmol/kg, 且 M、BM 和 BMT 3 个处理 CEC 含量显著高于 TF 和 F ($P < 0.05$)。各处理 CEC 与对照 (10.66 cmol/kg) 相比均有提高。

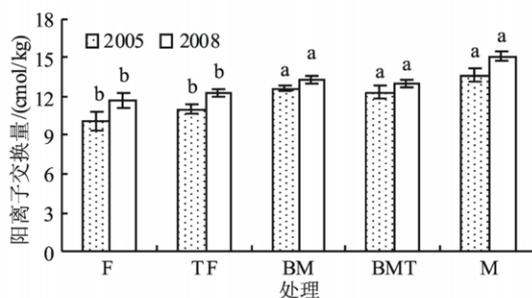


图 4 不同处理对连作花生土壤 CEC 的影响

3 小结与讨论

本研究设计了 5 种不同施肥方式, 研究了长期定位施肥条件下红壤旱地土壤养分的变化趋势。土壤有机质既是作物矿质营养和有机营养的重要来源, 同时也是影响土壤结构的重要因素。土壤有机质的质与量影响着土壤的保水性、保肥性、耕性以及通透性等^[5]。孔宏敏

相似, M、BM 和 BMT 速效氮含量和速效磷含量高于 TF 和 F, 速效磷含量差异已达显著水平。对照土壤的水解氮为 54.35 mg/kg, 速效磷为 5.87 mg/kg, 各处理的水解氮和速效磷含量均显著提高。速效钾整体趋势为前期增长较快, 到 2002 年以后各处理速效钾含量较稳定。不同处理间比较, M、BM 和 BMT 速效钾含量高于 F 和 TF, 但差异不显著。

等^[6]利用长期 (13 年) 定位试验也表明 3 种类型有机肥 (厩肥、绿肥和秸秆) 都能增加红壤旱地有机质的积累, 有机质的年增长量以厩肥最快, 其次是绿肥, 再次是秸秆。本研究中, 长期不同施肥处理后, 土壤有机质逐渐积累, 施用有机肥以及有机肥加有效菌剂的处理土壤有机质含量要高于施用化肥以及化肥加微量元素的处理。这是因为施用猪粪本身含有有机质, 另外, 有机肥改善土壤物理状况的同时也改善了土壤养分的供给特征^[7]。而添加有效微生物菌剂能有效地促进粪肥分解, 提高土壤有机质含量。本研究中使用化肥和化肥加微量元素的处理土壤有机质也有积累, 可能是因为新垦的红壤基础肥力差, 通过多年的种植培肥改善了土壤结构, 尤其是花生植株的残枝、残叶以及根系残留提高了土壤有机质的含量。Huang, S 等^[8]研究表明施用化肥能够保持土壤有机 C 含量, 然而长期施用有机肥或有机肥 + NPK 能够显著增加土壤有机 C, 与本结果一致。

土壤氮素在土壤肥力中起着相当重要的作用。本研究中土壤全氮和有机氮与土壤有机质有相似的结果, 土壤有机质和全氮相关性分析表明两者有极显著相关 ($P < 0.01$)。有机质含量提高也促进了全氮和有效氮的积累。李成亮等^[9]、宗海燕等^[10]利用长期定位试验也得到相似的结果。

磷在植物大量营养元素中占有重要地位, 然而与其它大量营养元素相比, 红壤磷的含量相对较低^[11]。Saleque et al.^[12]、林继雄等^[13]、曲均峰等^[14]研究结果均表明土壤磷素含量受施肥处理影响较大, 长期不施用磷肥会导致土壤全磷和有效磷含量下降, 而长期施用磷肥能够显著提高土壤全磷及有效磷含量。本研究中长期定位施肥中均施用了磷肥, 土壤全磷和有效磷均有不同程度的积累。BM、BMT 和 M 处理显著高于 F 和 TF 处理, 是因

为猪粪本身含磷量较高, 带入一定量的有机磷和速效磷。另外, 有机磷在微生物的作用下也会逐步释放出来, 同时猪粪在腐解过程中产生有机酸, 活化了土壤中的磷素, 使土壤磷的有效性增加。程艳丽等^[15]研究也表明长期施用有机肥不但能增加土壤有机质, 还能促进土壤磷有效性的发挥。施肥管理措施对土壤速效钾含量的影响显著, 而对土壤全钾的影响较小^[16]。曾希柏等^[17]在湖南祁阳长期定位试验结果表明, 在施化肥的处理中土壤养分含量大部分上升, 第四纪红粘土红壤旱地中土壤全钾和速效钾仍然出现退化。长期不施肥或仅施 NP 化肥情况下, 土壤钾素都处于明显亏损状态, 在化肥 NP 基础上施用化肥 K 可以保持土壤 K 的基本平衡^[18]。本研究结果表明, 长期施肥, 土壤全钾均处于较低水平。这可能与第四纪红壤母质含钾量较低有关。土壤有效钾有显著积累, 可能与定位试验施肥量不变, 而花生产生连作障碍产量下降, 移去的钾量减少, 而钾的移动性不强, 较多积累在表层有关。

阳离子交换量的大小, 可作为评价土壤保肥能力的指标。阳离子交换量是土壤缓冲性能的主要来源, 是改良土壤和合理施肥的重要依据。本研究表明长期施肥连作花生土壤阳离子交换量有上升趋势, 进一步表明, 长期不同施肥均可促进连作花生土壤质量的改良。BM、BMT 和 M 处理显著高于 F 和 TF 处理, 施用猪粪能够提高土壤 pH, 降低交换性铝含量, 提高土壤阳离子交换量^[19]。

花生是忌连作物, 长期连作后土壤病害严重, 花生产量下降严重。而长期施用有机肥以及配施有效菌剂可以延缓花生连作障碍, 花生生物量以及产量显著高于施用化肥和配施微量元素的处理, 施用有机肥的处理从田间移去的养分和有机质也显著高于后者。根据物料平衡的原理, 在施用相同的肥料的基础上, 尽管施用化肥的处理因为生物量低而移去的养分少, 但土壤养分还显著低于施用有机肥的处理, 表明施用化肥的利用率要显著低于有机肥, 同时也增加了环境污染的风险, 单施化肥不利于农业可持续发展。

参考文献:

- [1] 李庆逵, 朱兆良, 于天仁. 中国农业持续发展中的肥料问题 [M]. 南昌: 江西科学技术出版社, 1998: 112 - 119.
[2] 何园球, 吴大付, 李成亮. 红壤旱地不同种植方式物质循环与

调控[J]. 应用生态学报, 2004, 15(9): 1547 - 1551.

- [3] 林葆, 林继雄, 李家康. 长期施肥的作物产量和土壤肥力变化 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1996.
[4] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 107 - 240.
[5] 黄昌勇, 李保国, 潘根兴, 等. 土壤学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 50 - 64.
[6] 孔宏敏, 何园球. 红壤旱地有机质的积累规律及其影响因素 [J]. 土壤, 2003, 35(5): 401 - 407.
[7] Singh, G., Jalota, S. K., Singh, Y., Manuring and Residue Management Effects on Physical Properties of a Soil under the Rice - wheat System in Punjab [J]. India. Soil Till. Res., 2007, 94: 229 - 238.
[8] Huang, S., Peng, X., Huang, Q., et al. Soil aggregation and organic carbon fractions affected by long-term fertilization in a red soil of subtropical China [J]. Geoderma, 2009, 11: 009.
[9] 李成亮, 孔宏敏, 何园球. 施肥结构对旱地红壤有机质和物理性质的影响 [J]. 水土保持学报, 2004, 18(6): 116 - 119.
[10] 宗海英, 王凯荣, 谢小立. 长期施肥对红壤性水稻土有机氮组分的影响 [J]. 应用生态学报, 2008, 19(8): 1721 - 1726.
[11] 鲁如坤, 时正元, 顾益初. 土壤积累态磷研究 II. 磷肥的表观积累利用率 [J]. 土壤, 1995, 27(6): 286 - 289.
[12] Saleque, M. A., Abedin, et al. Long-term effects of inorganic and organic fertilizer sources on yield and nutrient accumulation of lowland rice [J]. Field Crop Res., 2004, 86: 53 - 65.
[13] 林继雄, 林葆, 艾卫. 磷肥后效与利用率的定位试验 [J]. 土壤肥料, 1995(6): 1 - 5.
[14] 曲均峰, 李菊梅, 徐明岗, 等. 长期不施肥条件下几种典型土壤全磷和 Olsen-P 的变化 [J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(1): 9098.
[15] 程艳丽, 邹德乙. 长期定位施肥残留养分对作物产量及土壤化学性质的影响 [J]. 土壤通报, 2007, 38(1): 64 - 67.
[16] 詹其厚, 陈杰. 基于长期定位试验的变性土养分持续供给能力和作物响应研究 [J]. 土壤学报, 2006, 43(1): 124 - 132.
[17] 曾希柏, 李菊梅, 徐明岗, 等. 红壤旱地的肥力现状及施肥和利用方式的影响 [J]. 土壤通报, 2006, 37(3): 434 - 437.
[18] 文苑玉, 王凯荣, 谢小立. 红壤稻田不同施肥制度对土壤钾平衡和产量影响 [J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(3): 41 - 44.
[19] 陈梅, 陈亚华, 沈振国. 猪粪对红壤铝毒的缓解效应 [J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(2): 173 - 176.