

施肥措施对不同母质侵蚀红壤的修复效应

刘杰¹, 张杨珠¹, 曾希柏²

(1.湖南农业大学 资源环境学院, 湖南 长沙 410128; 2.中国农业科学院 农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081)

摘 要: 通过大豆盆栽试验, 研究几种肥料配比和调理剂施用对不同母质发育的侵蚀红壤的培肥效应。结果表明, 1) 与施用 NPK 化肥相比, 土壤调理剂 2 号的施用可以提高旱地红壤的有效磷和有机质含量, 减轻因施用化肥带来的土壤酸化, 提高大豆对肥料氮、钾的利用率, 增加作物生物量, 提高土壤微生物数量; 施用有机肥可以较快地提高土壤速效氮、磷、钾和有机质含量, 显著提高大豆对肥料氮、磷、钾的利用率和土壤微生物活性, 施用有机肥或土壤调理剂是提高红壤旱地肥力较好的技术措施。2) 3 种母质发育的红壤相比较, 第四纪红土红壤速效养分较高, 板岩发育的红壤植物氮磷肥利用率较高, 而花岗岩发育的红壤植物钾肥利用率较低, 应重视板岩发育红壤和花岗岩发育红壤的钾素资源补充。

关 键 词: 施肥措施; 侵蚀红壤; 有机肥; 土壤调理剂

中图分类号: S158.3; S155.25 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2010)02-0218-06

Restorational effect of various fertilizations on red soil derived from various parent material

LIU Jie¹, ZHANG Yang-zhu¹, ZENG Xi-bo²

(1.College of Resources and Environment, HNAU, Changsha 410128, China; 2.Institute of Environment and Sustainable Development, Chinese Academy of Agriculture Science, Beijing 100081, China)

Abstract: Effect of 3 fertilization systems in restoring the eroded red soil caused by soil erosion, which is a severely eroded red soil derived from Quaternary Red Clay, granite and slate, were studied with a pot experiment. The results showed that applying soil ameliorant II could increase content of available P and organic material compared with applying chemical fertilizer, and also it could alleviate soil acidification and promote the use efficiency of soybean for fertilizer N and K, increase biomass and the number of microbe in soil. Applying organic fertilizer can increase the content of available N, P and K and organic material, while it also promote the use efficiency of soybean for fertilizer N, P and K, and increase microbial activities compared with application of chemical fertilizer. Of the three kinds of red soil derived from parental material, the available nutrient of Quaternary Red Clay was higher than granite and slate, and the utilization efficiency of soybean for fertilizer N grown on slate was higher than granite, but the utilization efficiency of soybean for fertilizer K grown on granite was lower than Quaternary Red Clay and slate, more fertilizer K should be applied to granite and slate.

Key words: fertilization; eroded red soil; organic fertilizer; soil ameliorant

防治土壤退化、对退化土壤进行修复与培肥, 是中国农业发展的重要任务之一^[1]。红壤地区是中国经济作物和粮食作物的重要生产基地, 在农业发展中占有举足轻重的地位^[2]。丘岗旱地是红壤地区

十分重要的农业土壤, 一般地势较高, 易干旱, 如果管理、利用不当, 其生产力相对不高, 肥力较低, 酸、粘、板、瘦等特点突出, 不利于作物高产、稳产和优质生产^[3-4]。土壤侵蚀导致土壤肥力下降是红

收稿日期: 2009-11-19

基金项目: 国家“863”计划项目(2006AA10Z419)

作者简介: 刘杰(1980-), 男, 湖南湘潭人, 博士研究生, jiebaz@yahoo.com.cn; *通讯作者, zhangyangzhu2006@163.com

壤丘岗地区土壤退化的普遍现象。土壤侵蚀最终导致表土淋失,底土露出地表,土壤生产力显著下降,形成侵蚀红壤,因此,侵蚀红壤是红壤丘岗区主要的退化土壤类型。修复退化的侵蚀红壤,提高其土壤肥力和生产力,是保证红壤地区农业可持续发展和良好生态环境非常重要的课题,其主要修复途径有生态恢复、种植绿肥、平衡施肥等^[5],其中,施肥是提高红壤旱地肥力和生产力的重要途径^[6]。笔者研究施肥措施对母质侵蚀红壤的修复效应,旨在为不同母质发育的侵蚀红壤的修复培肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

供试土壤为湖南农业大学校区的第四纪红土发育的网纹层土壤和均质层土壤、长沙县花岗岩母质发育红壤的淀积层土壤、板岩发育红壤的淀积层土壤,其部分理化性状见表 1。由表 1 可见,第四纪红土发育的网纹层红壤和均质层红壤速效钾含量不低;板岩发育红壤和花岗岩发育红壤的速效钾含量相对较低;4 种土壤全钾含量都很高,而碱解氮、有效磷和有机质含量都很低,酸性较强。

表 1 供试土壤的基本理化性状

Table 1 Basic conditions and fertility properties of the tested soils

| 供试土壤 | 碱解氮含量/ ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) | 有效磷含量/ ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) | 速效钾含量/ ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) | 有机质含量/ ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) | pH | 全氮含量/ ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) | 全磷含量/ ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) | 全钾含量/ ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) |
|---------|--|--|--|---|-----|--|--|--|
| 均质层红壤 | 8.20 | 3.85 | 140.17 | 7.76 | 5.1 | 0.14 | 0.36 | 15.57 |
| 网纹层红壤 | 5.47 | 2.97 | 238.09 | 3.12 | 4.9 | 0.09 | 0.34 | 20.33 |
| 板岩发育红壤 | 5.40 | 0.69 | 15.49 | 6.57 | 4.4 | 0.18 | 0.23 | 35.68 |
| 花岗岩发育红壤 | 4.56 | 1.72 | 41.50 | 6.46 | 5.0 | 0.08 | 0.33 | 32.07 |

1.2 试验设计

2008 年 5—10 月,用直径 18.5 cm,高 20 cm 的白瓷钵种植大豆,每盆装风干土 11 kg。每种母质发育的红壤设 4 个处理:单施化学肥料(NPK)、化肥与有机肥配合施用(NPKM)、在施用 NPK 化肥的基础上配合施用中国农业科学院农业环境与可持续研究所研制生产的土壤调理剂 2 号((NPKR2)、不施任何肥料(CK)。每个处理重复 5 次,随机区组排列,除 CK 外,其余处理均保持氮、磷、钾施入量相等。试验所用氮肥为 N 含量 46% 的市售商品尿素,磷肥为 P_2O_5 含量 12% 的过磷酸钙,钾肥为 K_2O 含量 60% 的市售商品氯化钾;所施用有机肥为菜枯,其中 N 含量 5%, P_2O_5 含量 0.92%, K_2O 含量 1.18%。

土壤中肥料施用标准:氮肥按 N 0.15 g/kg 施用,磷肥按 P_2O_5 0.15 g/kg 施用,钾肥按 K_2O 0.2 g/kg 施用;凡配施有机肥处理,有机肥按 5.0 g/kg 施用,在扣除有机肥中的 N、P、K 养分含量后,用化肥补足。土壤调理剂按 1 g/kg 配合氮磷钾化肥施用。磷肥、有机肥全部于栽种前作基肥全层施用;氮肥、钾肥分作基肥和追肥施用。基肥和追肥质量比为 4:

6。按常规作物栽培管理方式管理,并在作物生长期观测作物的生长发育期,于成熟期收获,测定作物的生物量和产量,并采集分析样品。作物收获后,每盆采集土壤 200 g 左右,供分析、测定土壤肥力性质用。

1.3 分析指标及其测定方法^[7]

土壤碱解氮含量用碱解扩散法测定,土壤有效磷含量用 0.5 mol/L NaHCO_3 浸提,钼锑抗比色法测定,土壤速效钾含量用乙酸铵提取,火焰光度法测定,土壤 pH 用电位法测定,土壤有机质含量用重铬酸钾容量法-外加热法测定,植株全氮、全磷、全钾含量用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮,分别用凯氏定氮法、钼锑抗比色法、火焰光度法测定。

细菌培养基用牛肉膏蛋白胨琼脂;放线菌培养基用高泽氏一号琼脂;真菌培养基用马丁-孟加拉红链霉素琼脂;固氮菌培养基用阿须贝无氮琼脂;氨化细菌培养基用蛋白胨氯化培养液;硝化细菌培养基用铵盐培养液;反硝化细菌培养基用葡萄糖、硝酸钾、氯化钙和磷酸氢二钾混合培养液;细菌、放线菌、真菌和固氮菌计数采用稀释平板计数法,氨化细菌、硝化细菌和反硝化细菌计数采用稀释液体

培养计数法,微生物活度测定采用FDA法^[8]。

用单因素随机区组设计, *F* 检验新复极差多重比较法分析试验数据。

2 结果与分析

2.1 供试土壤各处理的大豆生物量

由表2可见,供试红壤各处理的大豆生物量以NPKM处理较高,NPKR2处理次之,且与无肥处理差异显著,其中板岩发育红壤NPKM处理大豆生物量达每盆28.4g。这说明在严重退化的贫瘠红壤上增施肥料有很好的增产效果,其中以有机无机肥配合施用以及在施肥基础上施用土壤调理剂2号的效果较好。这与文献[9]和文献[12]的研究结果一致。在板岩发育红壤、网纹层红壤和均质层红壤上种植大豆的生物量较高,而花岗岩发育红壤上种植大豆的生物量较低,其主要原因可能是花岗岩发育红壤有效养分含量低,致使作物肥料利用率也偏低。

表2 各处理的大豆生物量

Table 2 Biomasses of soybean as affected by various fertilizations

| 处理 | 大豆生物量/g | | | |
|-------|---------|---------|---------|---------|
| | 板岩发育红壤 | 花岗岩发育红壤 | 均质层红壤 | 网纹层红壤 |
| NPKM | 28.4aA | 13.13aA | 20.15aA | 27.81aA |
| NPKR2 | 27.9aA | 7.39bB | 22.06aA | 26.53aA |
| NPK | 22.2bA | 6.86bB | 21.78aA | 22.36bB |
| CK | 3.3cB | 1.32cC | 18.04bA | 8.27cC |

大豆生物量以每盆干重计。

表3 大豆收割后各处理土壤的有效养分含量及pH值

Table 3 Available nutrient content and pH of tested soils treated with various fertilization after harvesting of soybean

| 处理 | 碱解氮含量/(mg·kg ⁻¹) | | | | 有效磷含量/(mg·kg ⁻¹) | | | | 速效钾含量/(mg·kg ⁻¹) | | | |
|-------|------------------------------|---------|---------|---------|------------------------------|--------|--------|--------|------------------------------|----------|---------|----------|
| | J | W | B | H | J | W | B | H | J | W | B | H |
| NPKM | 92.71aA | 59.68aA | 98.62aA | 82.67aA | 7.63aA | 6.02aA | 5.09aA | 4.91aA | 232.38aA | 280.78aA | 91.72aA | 119.82aA |
| NPKR2 | 55.78bB | 18.06bB | 52.56bB | 61.49bA | 3.32bB | 5.48aA | 3.62bB | 4.19bB | 140.72cC | 252.74bB | 93.95aA | 125.91aA |
| NPK | 55.37bB | 8.02bB | 57.21bB | 63.02bA | 3.95bB | 3.65bB | 3.20cB | 3.08cC | 190.56bB | 228.38cB | 84.45bB | 119.65aA |
| CK | 41.31cB | 18.34bB | 32.34cC | 31.38cB | 1.80cB | 0.99cC | 0.39dC | 0.54dD | 132.68cC | 196.80dC | 23.88cC | 48.15bB |

| 处理 | pH值 | | | | 有机质含量/(g·kg ⁻¹) | | | |
|-------|--------|----------|---------|--------|-----------------------------|---------|---------|---------|
| | J | W | B | H | J | W | B | H |
| NPKM | 4.59bB | 3.81abAB | 3.11aAB | 3.46bA | 10.16abA | 5.50bcA | 9.60aA | 10.21aA |
| NPKR2 | 5.18aA | 3.99aA | 3.33aA | 3.55aA | 11.51aA | 4.11cA | 7.72aA | 9.32abA |
| NPK | 4.61bB | 3.66bB | 2.95bB | 3.39bA | 9.34bA | 7.23aA | 10.61aA | 7.84bcA |
| CK | 4.39cB | 3.80bAB | 3.21aA | 3.54aA | 9.39bA | 6.50abA | 9.82aA | 6.35cA |

W 网纹层红壤; J 均质层红壤; B 板岩发育红壤; H 花岗岩发育红壤。下同。

2.2.2 土壤有效磷含量

由表3可看出,各种不同母质发育的红壤各处理都能明显提高土壤有效磷含量,其中,以NPKM处理的效果最好,且除均质层红壤NPKR2和NPK处理有效磷含量差异不显著外,网纹层红壤、板岩

2.2 供试土壤各处理的速效养分含量

2.2.1 土壤碱解氮含量

由表3可见,与试验前相比,春、夏季大豆收割后,各处理土壤碱解氮含量均有较大程度的提高,未施肥处理碱解氮含量也有所提高,说明大豆能在土壤含氮量很低的情况下通过根瘤菌的生物固氮作用提高土壤碱解氮含量。对4种母质发育红壤施肥处理进行综合比较,NPKM处理碱解氮含量显著高于其他施肥处理,NPKR2和NPK处理差异不显著,说明化肥和有机肥配合施用能有效提高土壤碱解氮含量。各施肥处理网纹层红壤碱解氮含量均低于其他母质发育土壤;NPKM、NPK和NPKR2的均质层红壤、板岩发育红壤和花岗岩发育红壤碱解氮含量均较高,3种红壤的碱解氮含量差异不大,CK施肥处理下处理均质层红壤碱解氮含量高于其他母质发育的红壤。结合表2可知,尽管均质层红壤CK处理获得了较高的生物量,即植物从土壤中吸取了较多的养分,而试验结束时CK处理土壤碱解氮含量仍较高,说明均质层红壤促进了大豆根瘤菌的固氮作用,并通过植物根系分泌物有效地改善了土壤中氮素养分的供应状况,在利用的同时达到了培肥土壤的目的。

发育红壤和花岗岩发育红壤NPKR2处理有效磷含量均显著高于NPK处理,由此可见,有机、无机肥配合施用和土壤调理剂2号的施用均有效提高了贫瘠红壤的有效磷含量。NPKM处理下均质层红壤有效磷含量高于网纹层红壤、板岩发育红壤和花岗

岩发育红壤，而 NPKR2 处理网纹层红壤有效磷含量高于均质层红壤、板岩发育红壤和花岗岩发育红壤，说明施用土壤调理剂 2 号有利于网纹层红壤磷素有效性的提高。

2.2.3 土壤速效钾含量

从表 3 可以看出，NPKM、NPKR2、NPK 施肥处理土壤速效钾含量都明显高于不施肥处理，其中以 NPKM 处理效果最好，在网纹层红壤、板岩发育红壤和花岗岩发育红壤上 NPKR2 处理土壤有效钾含量较高，但在均质层红壤上 NPKR2 处理对土壤钾素有效性提高效果不明显。以上结果说明，化学钾肥配施有机肥能很好地改善红壤的供钾能力。中国是钾肥资源贫瘠的国家，化学钾肥大部分要从国外进口，代价很高，而增施有机肥不仅可以降低施钾成本，还可以强化农田生态系统中钾素的内循环，防治钾素养分的流失。网纹层红壤速效钾含量高于均质层红壤、板岩发育红壤和花岗岩发育红壤，均质层红壤次之，说明第四纪红土红壤的淀积层有效性钾素供应能力很强，而板岩发育红壤和花岗岩发育红壤需在实际生产中加大钾素资源的投入量。

2.2.4 土壤 pH 值

侵蚀红壤是强酸性土壤，pH 多在 5 以下。在强酸性条件下，红壤中铝的活性很高，这不仅造成土壤有机质含量减少，而且使土壤团聚体结构遭受严重破坏^[9]。从表 3 可以看出，在种植大豆后，土壤酸性均无明显改善，而且土壤 pH 还有不同程度的下降，其中各种母质发育的红壤以 NPK 处理的酸化程度较严重，而 NPKR2 处理和 NPKM 处理的

土壤酸化程度不明显，由此可见，施用有机肥和土壤调理剂 2 号是防止红壤酸化进一步发展的有效措施。4 种侵蚀红壤的 pH 值从高到低依次为均质层红壤、网纹层红壤、花岗岩发育红壤、板岩发育红壤，均质层红壤抗酸化能力较强。

2.2.5 土壤有机质含量

土壤有机质能够含蓄水分和养分，为土壤异养性微生物提供能源，维持土壤的团粒结构性和土壤的高可渗性；有机质也可控制和减少土壤侵蚀，因此，土壤有机质含量是反映土壤质量的一个重要指标^[10]。从表 3 可知，种植大豆后，各处理土壤有机质含量均较试验前不同程度地提高，其中，均质层红壤、板岩发育红壤和花岗岩发育红壤上 NPKM 处理和 NPKR2 处理土壤有机质含量较大，由此可见，有机肥和土壤调理剂 2 号的施用是快速提高土壤有机质含量的较好途径。与板岩发育红壤、花岗岩发育红壤和网纹层红壤相比，均质层红壤有机质含量较高，而网纹层红壤有机质含量很低，这可能因为网纹层红壤处于均质层红壤之下，植被很少扎根至此，且下层相对厌氧的环境不利于微生物的活动，土壤有机物质循环缓慢。

2.3 供试土壤各处理的大豆养分利用率

2.3.1 氮肥利用率

从图 1 可以看出，板岩发育红壤、网纹层红壤和花岗岩发育红壤 NPKM 处理的氮肥表观利用率（因大豆根瘤菌固氮作用，此处大豆氮肥表观利用率

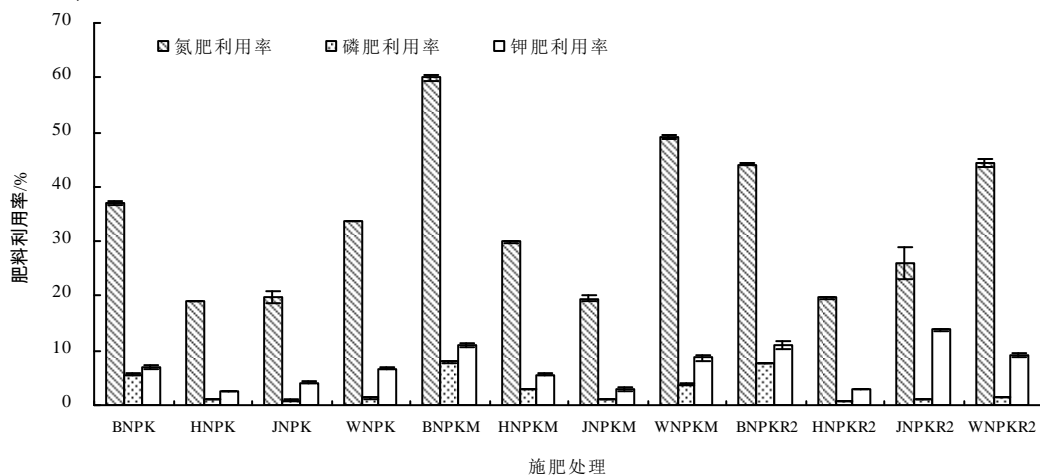


图 1 不同施肥处理的大豆对氮磷钾肥的表观利用率

Fig.1 Apparent recovery rate of N、P、K fertilizer by soybean as affected by various fertilizations

为总氮素利用率减去 30%的生物固氮率和无肥处理土壤(供氮率)较高,其中板岩发育红壤 NPKM 处理的氮肥利用率达 59.9%,而均质层红壤 NPKR2 处理的氮肥表观利用率较高。可见,施用有机肥和土壤调理剂 2 可明显促进根瘤菌的固氮能力,从而提高大豆的氮肥利用率。供试土壤中,板岩发育红壤上种植大豆氮肥利用率较高,网纹层红壤次之。

2.3.2 磷肥利用率

从图 1 可以看出,大豆对磷肥的利用率均较低,都在 10%以下,以单施化肥处理的磷肥利用率最低,以 NPKM 处理最高,其中板岩发育红壤 NPKM 处理的磷肥利用率达 7.91%。由此可见,化肥配施有机肥处理可以明显提高磷肥利用率。供试土壤中,板岩发育红壤上种植大豆磷肥利用率较高,说明板岩发育红壤有利于大豆对肥料磷素利用率的提高。

2.3.3 钾肥利用率

从图 1 可以看出,各母质发育的红壤种植大豆后各处理的钾肥利用率均低于氮肥利用率,高于磷肥利用率。板岩发育红壤、网纹层红壤和均质层红壤 NPKR2 处理的钾肥利用率较高,花岗岩发育红壤 NPKM 处理的钾肥利用率较高,其中均质层红壤 NPKR2 处理的钾肥利用率达 13.8%,表明施用有机肥或施用土壤调理剂 2 号可以提高钾肥的利用率。此外,本试验结果还表明,作物对钾肥的利用

率与作物收获后的土壤速效钾含量呈正相关,土壤速效钾含量较高的处理钾肥利用率也较高。这与谢如林等在种植玉米时的研究结果不符^[11]。供试土壤中,花岗岩发育红壤上种植大豆钾肥利用率较低,应根据花岗岩发育红壤钾素缺乏的特点,加大钾素资源的投入。

2.4 各处理不同母质侵蚀土壤的微生物组成及活度

从表 4 可知,均质层红壤、网纹层红壤、花岗岩发育红壤和板岩发育红壤的微生物组成和数量差异都不大,各种母质发育的红壤 NPKR2 处理的土壤微生物总数较高,NPKM 处理次之,细菌和放线菌数量占土壤微生物总数的比例较真菌高。各种母质发育的红壤细菌、放线菌、真菌、固氮菌、硝化细菌、反硝化细菌和氨化细菌数量均以土壤调理剂 2 号施肥处理的土壤最高,NPKM 处理次之。微生物活度以施有机肥处理的土壤最高,NPKR2 处理次之。施用土壤调理剂 2 号对增加土壤微生物数量有明显的促进作用;施用有机肥对微生物活度提高表现出较好的效果。这可能得益于土壤调理剂和有机肥对土壤结构的改良,使水稳性团聚体数量增加和土壤供储养分的能力增加,同时降低土壤容重,有利于土壤水分和土壤空气的消长平衡,增大土壤对环境水、热变化的缓冲能力,并增大土壤有机质含量提高的潜力。

表 4 各施肥处理土壤的微生物组成及活度

Table 4 Microorganism situation of red soil in different fertilizations

| 供试土壤 | 处理 | 微生物总数/ ($\times 10^9$ CFU·g ⁻¹) | 真菌数/ ($\times 10^5$ CFU·g ⁻¹) | 细菌数/ ($\times 10^8$ CFU·g ⁻¹) | 放线菌数/ ($\times 10^5$ CFU·g ⁻¹) | 固氮菌数/ ($\times 10^3$ CFU·g ⁻¹) | 硝化细菌数/ ($\times 10^2$ 个·g ⁻¹) | 反硝化细菌数/ ($\times 10^3$ 个·g ⁻¹) | 氨化细菌数/ ($\times 10^6$ 个·g ⁻¹) | 微生物活度 |
|---------|--------|---|---|---|--|--|---|--|---|--------|
| 板岩发育红壤 | BNPKR2 | 154.3 | 6.3aA | 94.7aA | 53.3aA | 67.0aA | 3.91 | 49.9 | 16.7 | 0.47bB |
| | BNPKM | 152.8 | 5.4aAB | 93.0aA | 54.4aA | 57.0bAB | 3.41 | 33.8 | 10.7 | 0.59aA |
| | BNPK | 128.2 | 4.6aB | 82.4aA | 41.2bA | 44.9cBC | 2.12 | 22.3 | 7.2 | 0.42cB |
| | BCK | 64.4 | 2.7aC | 43.7bB | 18.0cB | 36.0dC | 0.81 | 12.7 | 5.0 | 0.23dC |
| 花岗岩发育红壤 | HNPKR2 | 158.0 | 5.9aA | 95.2aA | 56.9aA | 62.5aA | 4.46 | 33.5 | 12.8 | 0.46bB |
| | HNPKM | 141.8 | 5.3aAB | 85.9abAB | 50.6aAB | 55.5bA | 3.94 | 33.8 | 10.7 | 0.55aA |
| | HNPk | 113.5 | 4.1bBC | 72.7bB | 36.7bB | 44.2cB | 2.25 | 18.0 | 7.3 | 0.43cB |
| | HCK | 63.7 | 2.8cC | 41.8cC | 19.1cC | 35.9dB | 1.21 | 10.4 | 7.1 | 0.21dC |
| 均质层红壤 | JNPKR2 | 154.9 | 6.6aA | 94.1aA | 54.2aA | 65.2aA | 4.95 | 33.0 | 16.5 | 0.43bB |
| | JNPKM | 151.2 | 5.4bA | 92.0aA | 53.8aA | 54.5abAB | 5.01 | 27.8 | 17.8 | 0.57aA |
| | JNPK | 143.3 | 4.9bA | 87.8aA | 50.5aA | 43.5bcB | 2.77 | 27.7 | 7.2 | 0.36cC |
| | JCK | 78.4 | 3.1cB | 54.8bB | 20.5bB | 39.9cB | 0.78 | 16.8 | 4.5 | 0.16dD |
| 网纹层红壤 | WNPKR2 | 146.3 | 5.9aA | 92.0aA | 48.4aA | 62.9aA | 3.91 | 33.5 | 12.9 | 0.47aA |
| | WNPKM | 135.2 | 5.2aAB | 81.3abA | 48.7aA | 56.9aAB | 4.49 | 28.1 | 8.4 | 0.52aA |
| | WNPK | 112.1 | 4.4bB | 71.7bA | 36.0aA | 45.1bBC | 2.16 | 17.1 | 10.8 | 0.40bB |
| | WCK | 58.6 | 2.2cC | 38.2cB | 18.2bB | 33.4cC | 1.67 | 12.8 | 5.0 | 0.22cC |

3 结论与讨论

化肥配施有机肥可以较好地提高土壤碱解氮、有效磷、速效钾和有机质含量,减缓土壤酸化,与单独施用化肥相比显著提高了大豆对肥料氮、磷、钾的利用率,显著提高土壤微生物活度和作物生物量。土壤调理剂 2 号的施用与单独施用化肥相比可以提高旱地红壤的有效磷和有机质含量,明显减轻因施用化肥带来的土壤酸化,提高了大豆对肥料氮、钾的利用率,增加作物生物量,且对土壤好气性细菌、真菌、放线菌、固氮菌、硝化细菌、反硝化细菌和氨化细菌数量的提高具有明显的促进作用。

经过一季大豆的种植后,各母质侵蚀红壤表现出各自不同的培肥特性。第四纪红土红壤有效性氮、磷、钾素的供应能力都较强,且抗酸化能力较强,表现出较强的修复潜力,但其均质层红壤和网纹层红壤也呈现一定的差异,如均质层红壤的理化特性有利于大豆根瘤菌的固氮作用,而网纹层红壤可能不利于大豆根瘤菌的固氮作用;土壤调理剂 2 号对网纹层红壤磷素有效性的提高效果要好于均质层红壤;网纹层红壤有机质含量比较低,均质层红壤有机质含量比较高。板岩发育红壤抗酸化能力较弱,土壤有效钾含量较低,但其生长作物的氮肥利用率和磷肥利用率均较高,作物生物量较高,表现出一定的修复潜力。花岗岩发育红壤有效养分含量不高,特别是其有效性钾素供应能力很低,导致其生长作物的钾肥利用率低和作物生物量低,因此,在实际生产中加大板岩发育红壤和花岗岩发育红壤钾素资源的投入量势在必行。

丘岗红壤地区是中国经济作物和粮食作物的重要生产基地,土壤侵蚀导致土壤肥力下降是该区土壤退化的普遍方式,修复退化的侵蚀红壤,提高其土壤肥力和生产力,是保证红壤地区农业可持续发展和良好生态环境的非常重要的课题^[12]。本试验结果表明,施用有机肥可疏松土壤,增加土壤通气能力,使土壤结构良好,质地变轻,并提高土壤有效养分含量;单施化肥土壤碱解氮、有效磷、速效钾和有机质含量均较低,并且还有增加土壤酸化的趋势,因此,农业生产中应重视有机肥对于作物增产和土壤肥力修复的作用,配合化肥施用还可以降

低农业生产成本,减少过量施用化肥带来的环境影响,从而为退化红壤的生态恢复提供良好条件。另外,施用土壤调理剂可很好地改良土壤结构,使土壤水分和空气达到消长平衡,土壤细菌、放线菌、真菌、固氮菌、硝化细菌、反硝化细菌和氨化细菌的数量明显增加,使土壤有机质含量提高的潜力增大,对于防止土壤酸化,保持土壤水分和防止土壤侵蚀具有重要意义。

参考文献:

- [1] 曾希柏. 红壤化学退化与重建[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 1-2.
- [2] 赵其国. 土壤退化及其防治[J]. 土壤, 1991, 23(2): 57-60.
- [3] 全国土壤普查办公室. 中国土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 123-147.
- [4] 水建国, 柴锡周, 张如良. 红壤坡地不同生态模式水土流失规律的研究[J]. 水土保持学报, 2001, 15(2): 33-36.
- [5] 谢锦升, 杨玉盛, 陈光水, 等. 植被恢复对退化红壤团聚体稳定性及碳分布的影响[J]. 生态学报, 2008, 28(2): 702-709.
- [6] 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[J]. 土壤通报, 2006, 37(3): 437.
- [7] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 450-481.
- [8] Schnurer J, Rosswall T. Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter[J]. Applied and Environmental Microbiology, 1982, 43: 1256-1261.
- [9] 郭杏妹, 吴宏海, 罗媚, 等. 红壤酸化过程中铁铝氧化物矿物形态变化及其环境意义[J]. 岩石矿物学杂志, 2007, 26(6): 517-521.
- [10] Barrow C J. Land Degradation Development and Breakdown of Terrestrial Environment[M]. London: Cambridge Universities Press, 1991: 23-25.
- [11] 谢如林, 谭宏伟, 周柳强, 等. 无径流和淋溶条件下钾肥利用率的研究[J]. 华南农业大学学报, 2005, 26(1): 36-41.
- [12] 杨曾平, 张杨珠, 曾希柏, 等. 不合理施肥引起高产稻田土壤退化研究[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2007, 33(2): 225-231.

责任编辑: 王赛群

英文编辑: 罗文翠