

南方红壤丘陵区不同生态恢复措施对土壤质量的影响

张国华¹ ,张展羽¹ ,王倪进² ,皮晓宇³ ,左长清⁴

(1. 河海大学农业工程学院 ,江苏 南京 210098 ; 2. 河海大学设计院 ,江苏 南京 210098 ;
3. 北京市朝阳区水务局 ,北京 100026 ; 4. 江西省水利科学研究所 ,江西 南昌 330029)

摘要 :对南方红壤丘陵区的荒坡地采取不同生态恢复措施后的土壤理化性质指标进行了测定 ,分析结果表明 :前埂后沟梯壁植百喜草的梯田果园对减小土壤密度、提高土壤持水能力和改善土壤通气状况的效果最好 ;横坡间种农作物的坡地果园对改善土壤结构效果最好 ;采取不同生态恢复措施的土壤有机质、全氮、全磷、全钾、速效磷含量均高于裸露地 ,且以前埂后沟梯壁植百喜草的梯田果园各指标含量最高。采取不同生态恢复措施的土壤碱解氮含量和速效钾含量同样以前埂后沟梯壁植百喜草的梯田果园最高。试验结果表明 ,采用不同措施的生态果园对土壤的生态恢复效果较好 ,尤以前埂后沟梯壁植百喜草梯田果园效果最好。

关键词 红壤种植试验 ;生态恢复 ;土壤质量 ;南方丘陵区

中图分类号 :X171.4 文献标识码 :A 文章编号 :1006-7647(2007)05-0019-04

Effect of different ecological restoration measures on soil quality in red soil hilly region in South China//ZHANG Guo-hua¹ ,ZHANG Zhan-yu¹ ,WANG Ni-jin² ,PI Xiao-yu³ ,ZUO Chang-qing⁴(1. College of Agricultural Engineering , Hohai University , Nanjing 210098 , China ; 2. Design Institute of Hohai University , Nanjing 210098 , China ; 3. The Water Service Bureau of Chaoyang District of Beijing City , Beijing 100026 , China ; 4. Hydraulic Research Institute of Jiangxi Province , Nanchang 330029 , China)

Abstract :The physical and chemical properties of soil in red soil hilly region after adoption of different ecological restoration measures were analyzed. It is shown that the terrace orchard with *Paspalum notatum* flugge planted on the wall with mound before and ditch behind the platform , named measure 11 , is the most effective measure to diminish the bulk density and improve the water-holding capacity and aeration state of soil , while the terrace orchard with slope land zonally covered by crops , named measure 8 , is the most effective measure to improve the soil structure. All of the ecological restoration measures effectively improve the average contents of organic matters , total N , total P , total K , and available P , while measure 11 is the best. For increase of the contents of hydrolysis N and available K in soil , measure 11 is also the best. As a result , the soil quality is obviously improved by different ecological restoration measures. Of all the measures , the measure 11 is the most effective one.

Key words : red soil cultivation experiment ; ecological restoration ; soil quality ; hilly region in South China

红壤广泛分布于我国南方地区 ,遍布我国南方 15 个省区^[1-3] ,总面积约 217.96 万 km² ,仅山地丘陵红壤面积占 106 万 km² ,其中低丘岗地的面积就有 43 万 km²。该区域是我国热带和亚热带经济及粮食作物的重要生产基地。在对这一区域的土地资源研究方面 ,我国许多学者已从土地属性、时空分布、改良利用和演变规律等方面进行了研究^[4-8]。

红壤由于淋洗作用强 ,导致有机质及养分流失严重和表层土壤酸化 ,而南方丘陵区气温高、降水量大 ,易造成土壤侵蚀 ,从而导致土壤质量退化 ,严重威胁着生态环境和农业的可持续发展。国外在土壤

质量指标的表征理论与方法、土壤质量保持与定向培育理论、耕作管理措施对土壤质量 ,尤其是土壤生物特性的影响方面取得较大进展。国内学者就土壤质量指标体系、评价方法、土壤质量评价的空间尺度转化、土地利用及耕作管理措施对土壤质量影响等方面进行了较多的研究 ,但对生态恢复过程中土壤质量的改善、植被恢复重建与土壤质量演变之间的相互作用研究较少。本文从不同生态恢复措施着手 ,分析南方红壤丘陵区不同生态恢复措施的土壤环境效应。

1 材料与方法

1.1 试验小区概况

试验布设在博阳河西岸江西省水土保持生态科技园(115°23′ ~ 115°53′ E ,29°10′ ~ 29°35′ N)内。成土母质为第四纪红色黏土 ,地貌类型为浅丘岗地 ,海拔在 30 ~ 100 m 之间 ,坡度小于 25° ,是我国红壤的中心区域 ,具有典型代表意义。这里地处亚热带季风气候区 ,四季分明 ,气候温和 ,雨量充沛。多年平均降雨量在 1 350 mm 以上 ,多年平均气温为 16.7 ℃ ,年日照时数为 1 650 ~ 2 100 h ,多年平均无霜期 249 d。由于受当地气候等因素的影响 ,这里的森林植被为常绿阔叶林带。植物种类繁多 ,植被类型复杂多样。但由于长期过度开发利用及不合理经营 ,使地表植被遭到破坏 ,生态环境相当脆弱 ,水土流失十分严重 ,流失面积占土地总面积的 42.75% ,中度、轻度侵蚀占 80% 以上。土壤侵蚀类型以水力侵蚀为主。

试验小区选择在山坡的中下部 ,坡面土层厚度在 0.5 ~ 1.5 m 范围 ,自然条件在赣北红壤丘陵区极具代表性。2000 年科技园根据不同坡度(坡向为西坡)对荒坡地采取相应的整地方式 ,共建成 15 个不同生态恢复措施试验小区。受篇幅限制 ,本文主要对其中 3 种生态恢复措施的试验小区土壤环境效应进行比较分析 ,作为参照 ,同时也将裸露的试验小区列为研究对象。本文研究的 4 个试验小区坡度均为 12° ,概况见表 1。

表 1 试验小区基本情况

小区编号	类型	坡面情况	利用方式
4	坡地	裸露 ,植被覆盖度小于 5%	未利用
8	坡地	种柑橘 ,横坡间种黄豆或萝卜(带状覆盖 ,带宽 1.0 m ,带状间隔 1.10 m) ;每年 4 月 12 日至 8 月 10 日种黄豆 ,8 月 12 日至翌年 3 月 12 日种萝卜 ,覆盖度 60%	农林草
11	梯田	种柑橘 ,前埂后沟水平梯田 ,田埂高 0.3 m ,顶宽 0.3 m ,排水沟位于台面内侧 ,深 0.3 m ,宽 0.2 m ,梯壁、田埂和沟道植百喜草 ,台面植柑橘	林草
12	梯田	种柑橘 ,标准水平梯田 ,梯壁植百喜草 ,台面植柑橘	林草

1.2 取样及测定

2006 年 6 月在不同生态恢复措施与对照小区内 ,

按 S 形取具有代表性的 5 个采样点 ,每一点用 4 cm 土钻随机取 20 个样点 ,分 0 ~ 5 cm 和 5 ~ 10 cm 均匀混合后 ,用四分法取出足够样品 ,带回室内自然风干。

进行土壤物理性质测定 ,指标包括孔隙度、含水量、颗粒组成(机械组成)、微团聚体组成、大团聚体组成。测定土壤的化学性质 ,将各小区坡地过 2 mm 筛的土样样品进行土壤养分测定 ,指标包括全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾、有机质。

2 结果与讨论

2.1 不同恢复措施对土壤物理性质的影响

土壤的物理性状是土壤持水性能的重要体现 ,土壤密度、孔隙度、透气度及排水能力反映了土壤保水能力与透气性。不同生态恢复措施与对照小区内土壤物理性质指标分析结果见表 2。由表 2 可知 ,不同生态恢复措施的土壤密度差异较大 ,第 8 小区高达 1.28 g/cm³ ,说明果园土壤熟化程度较低。果园土壤密度的增大 ,一方面是由于开垦过程中把较密实的底土翻上表层所致 ;另一方面是由于该地区降雨集中 ,并且强度大 ,开垦时又造成严重的水土流失 ,表层有机质和黏粒等大量流失的结果。

土壤颗粒是构成土壤结构的主要组分 ,分析结果表明(表 2) ,经过生态恢复治理后 ,表层土壤中小于 0.001 mm 的黏粒含量明显增加 ,第 8 小区、第 11 小区、第 12 小区分别为对照小区(第 4 小区)的 1.36 倍、1.26 倍、1.21 倍 ,而粒度大于 0.01 mm 的砂粒却有明显的减少 ,第 8 小区、第 11 小区、第 12 小区分别为对照小区的 62.37% ,77.71% ,78.59%。裸露对照坡地的表层土壤有机质含量相当低 ,这种缺乏腐殖质和黏粒胶结的红壤 ,团粒极易被雨滴击碎和径流分散 ,结构体破坏率高 ,大于或等于 0.5 mm 的水稳性团聚体含量很低 ,一旦降雨 ,土壤孔隙极易被分散的颗粒堵塞 ,从而降低土壤渗透性能 ,增加地表径流量 ,引起严重水土流失。采取不同生态恢复措施后 ,土壤有机质含量得到明显提高 ,如横坡间种农作物的坡地果园土壤有机质是裸露坡地的 4.36 倍 ,大于或等于 0.5 mm 的水稳性团聚体含量明显提高 ,而结构体破坏率则有明显下降 ,土壤结构性能得到明显改善 ,这与采取治理措施后 ,土壤有机胶结物质

表 2 不同措施土壤水分物理性质分析结果

小区编号	密度/ (g · cm ⁻³)	含水量/ %	毛管孔隙度/ %	通气孔隙度/ %	总孔隙度/ %	结构体 破坏率/%	WSA/ %	土壤颗粒组成/%		
								< 0.001	0.01 ~ 0.001	> 0.01
4	1.33	15.36	31.65	5.56	37.21	43.75	43.59	33.25	56.52	10.23
8	1.28	20.09	43.09	8.67	51.76	21.03	68.41	45.23	48.39	6.38
11	1.20	22.51	48.22	9.84	58.06	32.39	57.25	42.12	49.93	7.95
12	1.22	21.13	45.52	9.12	54.64	40.37	47.17	40.16	51.8	8.04

注 :WSA 为大于或等于 0.5 mm 的水稳性团粒质量分数。

和黏粒的含量增加及根系和土壤内动物的作用有关。综上所述,在不同措施中,横坡间种农作物的坡地果园对改变土壤结构效果最明显,裸露地的土壤结构最差。

土壤的持水性能对于侵蚀土壤具有特殊意义,因为土壤是水分储蓄的主要场所,低的通气孔度不利于降雨入渗,降雨多以地表径流的形式流走而加剧土壤侵蚀。严重的土壤侵蚀使土壤物理性状恶化,持水性能变差,持水量小,如第4小区土壤表层含水量为15.36%,而第8小区、第11小区和第12小区的土壤表层含水量分别是第4小区的1.31倍、1.47倍和1.36倍,说明采取生态恢复措施后能显著提高表层土壤的持水性能。通气孔度是水分进入土壤的主要通道,它所占的比重越大,表明土壤越有利于降雨入渗。通气孔度高,一方面是因为植被根系的改良作用,另一方面是因为植被可以减少雨滴击溅土壤作用。因而增加地表覆盖,保护水分进入土壤的通道和防止表层土壤因高温而迅速干化,对土壤蓄水性能的充分发挥和植被的生长有重要意义。而裸露的第4小区的土壤直接受到降雨的击溅,细小的土壤颗粒极易堵塞通气孔隙,在地表形成一层致密的结皮,这样就使得保护水分进入土壤的通道被堵塞,表层土壤很容易受高温影响而迅速干化。

从表2还可以看出,第4小区土壤密度最大,通气孔度最小,说明对照区土壤板结,通透性能和蓄水性能差。采取生态恢复措施后,使土壤结构性能得到不同程度的提高。而第11小区表层土壤的通气孔度又分别是第8小区和第12小区的1.13倍和1.08倍。这说明前埂后沟梯壁植百喜草的梯田果园比横坡间种农作物的坡地果园和梯壁植百喜草的标准梯田果园更能使土壤结构提高,土壤水分性能也随之改善。第4小区一方面由于地表裸露,降雨时雨滴直接击溅表面而使土壤孔隙堵塞;另一方面裸地石砾含量较高,因此通气孔度最低。前埂后沟梯壁植百喜草的梯田果园、横坡间种农作物的坡地果园和梯壁植百喜草的标准梯田果园的土壤土体构造变得疏松,容蓄能力大,土壤含蓄的水分除了供应植物生长发育所需及蒸发外,大部分通过地表径流及土壤渗透形成地下潜流汇入江河。以上分析说明,不同恢复措施的土壤渗透性能大幅度提高,起到减少地表径流、涵养水源的作用。这与采取生态恢复措施后土壤有机质含量提高、密度降低、毛管孔度和通气孔度增大等有关。

2.2 不同恢复措施对土壤化学性质的影响

土壤生产力高低主要取决于土壤肥力状况,土壤肥力是土壤养分、水分、热量和空气等供应和协调

作物生长的综合能力指标,其中,土壤养分的丰缺程度直接影响到作物的生长发育和产量的高低。土壤养分退化的实质是土壤肥力的退化,表现为土壤生产力下降甚至丧失。因此,研究土壤肥力状况,分析土壤有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾的养分特征十分必要。

2.2.1 有机质

土壤有机质是土壤的重要组成部分,它是指存在于土壤中含碳的有机化合物,包括土壤中各种动物残体、植物残体,以及微生物体分解或合成的各种有机物质。土壤有机质的含量与土壤肥力水平密切相关,在一定范围内,有机质含量的多少可以反映土壤的肥力水平。

不同生态恢复措施下表土层有机质含量均得到普遍提高,第8小区、第11小区和第12小区表土层有机质含量分别是裸露对照小区(第4小区)的4.36倍、3.52倍和3.49倍。这是由于植物根系在表层都有较高的分布,其改善了土壤质地,并通过分泌物促进微生物活性,对有机质含量有很大的影响。同时还可以看出横坡间种农作物的坡地果园的表层土壤有机质含量要高于前埂后沟梯壁植百喜草梯田果园和梯壁植百喜草的标准水平梯田果园,这与第8小区在柑橘下间种了农作物,而第11小区和第12小区均为净耕有关。而且在采取不同生态恢复措施的小区植被处于稳定状态时,其土壤有机质一般维持在恒定的水平,这是由于土壤有机质是在不断分解和形成过程中,腐殖质矿化和积累的平衡。一方面由于微生物的作用,有机质逐渐被分解;另一方面有植物残体输入,如自然环境下输入土壤的凋落物、残根以及根的分泌物和脱落物等。

2.2.2 全氮和碱解氮

土壤中氮是生物作用的结果,即大气中氮气通过固氮作用进入有机体,然后随死亡的有机体进入土壤,以有机形态储存起来,成为植物生长必需的大量元素之一,并对土壤肥力产生深刻的影响。横坡间种农作物的坡地果园、前埂后沟梯壁植百喜草梯田果园、梯壁植百喜草的标准水平梯田果园表层土全氮含量分别为1.01 g/kg、1.02 g/kg和0.83 g/kg,分别是裸露对照小区的4.80倍、4.85倍和3.94倍,可见采取不同生态恢复措施有利于改善表层土的含氮量。而第12小区土壤表层的全氮含量低于第8小区和第11小区,说明梯壁植百喜草的标准水平梯田果园效果不如其他措施,但其与裸露对照小区相比,全氮含量仍然有较大幅度的提高。采取不同生态恢复措施的表层土壤全氮含量的大小顺序为:第11小区>第8小区>第12小区>第4小区。

碱解氮是指当季作物能够利用的氮素,主要包括氨态氮和硝态氮。由于土壤碱解氮含量在40 mg/kg以上为充足,除裸露对照小区外的各种生态恢复措施表层土土壤碱解氮含量均大于40 mg/kg,说明碱解氮含量充足。碱解氮含量的大小顺序为第11小区>第12小区>第8小区>第4小区。

2.2.3 全磷和速效磷

土壤中磷和氮素有很大的差别,其基本来源是母质和一部分有机质的矿化,不同措施下的表层土壤全磷变化范围在0.09~0.31 g/kg之间,速效磷在2.25~7.15 mg/kg范围内,差异极为显著。从不同土地利用方式下土壤的全磷含量来看,第11小区>第8小区>第12小区>第4小区,这与有机质和氮的测算结果规律基本一致。

表层土速效磷含量依次为第11小区>第8小区>第12小区>第4小区。速效磷含量受治理措施影响很明显,原因除了土壤中磷的基本来源是母质和一部分有机质的矿化外,还与果园施肥等诸多因素有关。

2.2.4 全钾和速效钾

钾能够促进植物的生长,其在土壤中的转移性较强,果园作物对钾的需求量较大,其被称作作物营养三要素之一。根据营养均衡原理,作物在增加对氮、磷需求的同时,也应该增加对钾的需求。采取不同生态恢复措施的土壤表层全钾含量为第11小区>第8小区>第12小区>第4小区。

3 结 论

a. 各小区土壤密度为:裸露地>横坡间种农作物的坡地果园>梯壁植百喜草的标准水平梯田果园>前埂后沟梯壁植百喜草的梯田果园;土壤结构改善的效果为:横坡间种农作物的坡地果园>前埂后沟梯壁植百喜草的梯田果园>梯壁种百喜草的标准水平梯田果园>裸露地;土壤持水能力和通气状况大小依次为:前埂后沟梯壁植百喜草的梯田果园>梯壁植百喜草的标准水平梯田果园>横坡间种农作物的坡地果园>裸露地。以上结果表明,不同生态恢复措施均能起到明显改善土壤物理性质的作用。

b. 采取不同生态恢复措施的果园,土壤有机质、全氮、全磷、全钾、速效磷的含量均高于裸露地,说明营养元素的储量受人为干扰的影响比较大。采取不同生态恢复措施的土壤碱解氮、速效钾的含量亦表现为:裸露地明显低于不同生态恢复措施的果园,且前埂后沟梯壁植百喜草的梯田果园>梯壁植百喜草的标准水平梯田果园>横坡间种农作物的坡

地果园>裸露地。表明各种生态恢复措施下的土壤除速效钾外不但营养元素较为丰富,而且能够供应植物生长所需的速效性养分,具有良好的自动调节功能,因此采取不同生态恢复措施的土壤肥力均较裸露地有所提高。而且不同生态恢复措施对土壤养分种类及含量的影响不同,不同的土壤养分对林木生长发育的作用也不尽相同。

c. 裸露地的土壤有机质、氮、磷、钾含量都相对较低,说明该红壤生态系统的土壤在粗放管理下易导致土壤退化。而采用不同措施的生态果园对土壤的生态恢复效果明显,特别是前埂后沟梯壁植百喜草梯田果园和横坡间种农作物的坡地果园对改良土壤有较好的作用和效果。

参考文献:

[1] 贺湘逸.红壤坡地利用中的水分问题[C]//杨言生,信诤.中国红壤地区农业综合发展与对策.北京:中国农业科技出版社,1995:107-111.

[2] 谢开云.中国南方红壤区种草养畜的潜力及问题[C]//张马祥.中国红壤与牧草.北京:中国农业科技出版社,1993:19-26.

[3] 赵其国,何园球,张桃林.红壤低丘岗地的优化农业生态模式[C]//王明珠,张桃林,何园球.红壤生态系统研究.南昌:江西科学技术出版社,1993:88.

[4] 陈斌飞,陈鸿昭,曹锦铎.红壤土地资源持续利用与管理的研究方法[C]//王明珠,张桃林,何园球.红壤生态系统研究.南昌:江西科学技术出版社,1993:27-32.

[5] ZUO Chang-qing, ZHANG Xian-ming, WU Chia-chun. Preliminary report on technical for soil and water conservation, flood control and natural disaster reduction on red-soil hilly and sloping lands[C]//Proceedings of 12th International Soil Conservation Organization Conference (Volume1). Beijing: Tsinghua University Press, 2002:160-165.

[6] 左长青,胡根华,张华明.红壤坡地水土流失规律研究[J].水土保持学报,2003,17(6):89-91.

[7] 廖绵浚,张贤明.现代陡坡地水土保持[M].北京:九州出版社,2004:279-282.

[8] 钟太洋,黄贤金.区域农地市场发育对农户水土保持行为的影响及其空间差异——基于生态脆弱区江西省兴国县、上饶县、余江县村域农户调查的分析[J].环境科学,2006,27(2):392-400.

(收稿日期:2006-11-28 编辑:高建群)

