

半干旱退化山区不同生态恢复与重建措施下土壤理化性质的特征分析

王月玲, 蔡进军, 张源润, 董立国, 季 波

(宁夏农林科学院荒漠化治理研究所, 银川 750002)

摘 要: 选择宁南半干旱退化山区彭阳中庄小流域为典型示范区, 采用生态工程技术对各种退化生态系统恢复与重建模式进行了试验研究。结果表明, 通过实施水土保持工程治理措施和生物措施相结合对小流域的综合治理, 在 0~100 cm 土层, 不同生态恢复与重建地土壤理化性质包括土壤机械成分、团聚体、容重、水分、持水量和肥力状况等有了一定程度的改善。这就要求在以后的生态恢复与重建中, 要深入了解当地的环境特征, 做到因地制宜, 适地适树, 合理规划和利用土地。

关键词: 土壤理化性质; 水土保持措施; 半干旱退化山区

中图分类号: S153; X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)01-0011-04

Soil Physical and Chemical Properties During Different Ecological Restoration or Reconstruction in Semi-arid Degraded Mountain Area

WANG Yue-ling, CAI Jin-jun, ZHANG Yuan-run, DONG Li-guo, JI Bo

(Institute of Desert Administer, Ningxia Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Yinchuan 750002, China)

Abstract: Choosing the typical model district of small watershed of Pengyang Zhongzhuang in semi-arid degeneration mountainous area of Southern Ningxia, the experimental study on each kind of degeneration ecosystem is conducted with the reconstruction pattern by the ecological engineering technology. The results showed, through implying conservation of water and soil project government measure and the biological measure to administer comprehensively the small watershed, in the 0~100 cm soil layer, the different ecology restoration with the reconstruction land soil physical and chemical properties including the soil mechanical component, reunites the body, soil bulk, the moisture content, the soil capacity and the fertility condition and so on had the certain degree improvement. This request us in the later ecology restoration with the reconstruction, it is a must to thoroughly understand local environment characteristic, choose suitable tree, plan and use land reasonable.

Key words: soil physical and chemical properties; conse-vation of water and soil measure; semi-arid degeneration mountainous area

土壤是一个非均质的、多相的、分散的和多孔的系统。自然界的三相, 即固相、液相和气相也存在于土壤之中; 其中固相构成土壤骨架。土壤的物理性状是土壤持水性能的重要体现, 土壤化学性质是土壤肥力水平的重要体现, 但它与物理性质密切相关, 物理性质好肥力水平就高, 反之, 亦然。土壤的理化性状是影响土壤肥力的内在条件, 也是综合反映土壤质量的重要组成部分。土地利用和管理是影响土壤变化的最普遍最直接最深刻的因素, 了解不同土地利用方式导致土壤物理化学性质的差异, 是合理利用土地资源改进土地利用方式发展持续农业的前提。

生态环境建设的成效在很大程度上取决于生态恢复重建过程土壤质量的演化及其环境效应, 只有系统中的土壤能够不断形成发育、正向演替, 土壤质量逐步得到提高并保持在较高水平, 才能使已经退化的生态系统达到生态平衡和良性循环。因此, 研究半干旱退化山区不同生态恢复与重建措施下土壤理化性质的变化, 对该区采取以工程措施和生物措施为主治理小流域的生态恢复具有重要的科学价值。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究示范区位于彭阳县东北 13 km 处的白阳镇中庄村,

地貌类型属于黄土高原腹部梁峁丘陵地, 地形破碎, 地面倾斜度大, 平均海拔在 1 600~1 700 m 之间。该村年平均气温 7.6℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 的积温为 2 200~2 750℃, 境内年蒸发量较大, 干燥度 ($\geq 0^\circ\text{C}$ 的蒸发量) 为 1.21~1.99, 无霜期 140~160 d。降雨是雨水资源量的决定因素, 项目区多年平均年降水量 420~500 mm, 降水量集中且年内分配不均, 主要集中在 7、8、9 三个月, 而且降水的年际变差系数较大, 雨量集中月份常以暴雨形式出现, 易发局地暴雨洪水。该村的面积为 16.5 km², 其中耕地面积 10.76 km²。示范区土壤以普通黑垆土为典型土壤, 土层深厚, 土质疏松。植被类型以草原植被为基础, 生长有长茅草 (*S. bungeana* Trin.)、角蒿 (*I. Sinensis* Lam.)、星毛委陵菜 (*P. acaulis* L.) 等; 其次还有中生和旱中生的落叶阔叶灌丛、落叶阔叶林、草甸。人工植被以山桃 (*P. davidiana* Franch.)、沙棘 (*H. rhamnoides* L.)、山杏 (var. *ansu* Maxim.) 等为主。

1.2 研究方法

本研究以野外调查采样与室内分析相结合的方法, 选择有代表性的典型样地, 以无措施的天然草地为对照, 从土壤机械组成、土壤水稳性团聚体含量、土壤容重、土壤孔隙度、土壤持水量、土壤水分含量以及土壤养分等方面对半干旱退化山区不同生态恢复与重建下的土壤理化性质进行了分析。

* 收稿日期: 2006-02-16

基金项目: 国家“十五”科技攻关计划重大项目(编号 2001BA606A-04)资助

作者简介: 王月玲(1980-), 女, 宁夏固原人, 研究实习员, 主要从事黄土高原水土保持与生态环境建设方面的研究。

1.3 观测内容

1.3.1 土壤物理性状的测定

在示范区内选择具有典型代表性的地块,挖取 1 m 深的土壤剖面,用铅盒和环刀分层采取 0~ 20 cm, 20~ 40 cm, 40~ 60 cm, 60~ 80 cm, 80~ 100 cm 深度的土壤样品,用烘干称重法和浸水法测定土壤的各项物理指标,包括土壤的容重、总孔隙度、毛管孔隙度和田间持水量等。

1.3.2 土壤化学指标的测定

选择具有典型代表性的地块,挖取 1 m 深的土壤剖面,分别采集 0~ 20 cm, 20~ 40 cm, 40~ 60 cm, 60~ 80 cm, 80~ 100 cm 深度的土壤分析样品。样品自然风干后剔除杂质,磨碎过 0.25 cm 筛,装袋贮藏备用。测定项目选择表征土壤质量的土壤有机质和速效养分。分析测定方法:重铬酸钾容量法测定土壤有机质;NaHCO₃ 浸提,钼锑抗比色法测定速效磷;NH₄OAc 浸提,火焰光度法测定速效钾。

1.3.3 土壤含水量的测定

采用德国产 TDR 时域反射仪 (time tomain reflectometry) 法观测,定期监测土壤含水量,在 2004 年 3 月下旬~ 11 月上旬,每月上、中、下旬各测定一次,测定深度 0~ 100 cm,分别为 0~ 20 cm、20~ 40 cm、40~ 60 cm、60~ 80 cm、80~ 100 cm 五个层次。

1.4 集雨造林技术

1.4.1 “88542”隔坡反坡水平沟集雨 蓄水防蚀造林整地技术

即在坡地上沿等高线挖深、宽各 80 cm 的沟槽,用其土于沟外侧筑高 50 cm、顶宽 40 cm 的埂,再以沟内侧 120 cm 范围内的表土回填,保持沟面外高里低,做成反坡 10~ 20°,于沟内所填的疏松表土中栽植树木。通常在沟内侧建植山桃、山杏、沙棘等灌木树种,在沟外侧埂坡上种植以柠条为主的抗旱树种,护坡保土、拦蓄雨水。

1.4.2 陡坡鱼鳞坑蓄水造林整地技术

在地形破碎、集流线、农田地埂、侵蚀沟和土层浅薄地段,挖近似于半圆形的坑穴,坑面低于原坡面,稍向内倾斜。一般横长 1~ 1.5 m,竖长 0.8~ 1.0 m,深 40~ 60 cm,外侧筑成半环状土埂,土埂高 20~ 25 cm,大鱼鳞坑整地,按“品”字形布局。

3 结果与分析

3.1 不同生态恢复与重建措施对土壤机械组成的变异性

土壤机械组成是土壤中各粒级所占的重量百分比。机械组成不同的土壤,它们之间的水、肥、热、物理机械性质、分散体系性质及土壤团聚性不同。

通过不同的生态恢复与重建措施,分析机械组成变化 (测定结果见表 1),可以得出:不同的立地类型,土壤机械成分表现出一定的差异性。在 0~ 40 cm 土层,工程整地与生物重建地的粗砂粒和中沙粒平均含量基本都高于天然草地,而细砂粒平均含量的排列顺序为:天然草地> 鱼鳞坑> 88542 水平沟> 人工草地,总之,水土保持措施的实施,不同立地类型的土壤机械组成均发生不同程度的改变,从而影响了土壤的结构以及入渗、保墒等性状,原因可能与人工扰动、植被根系活动和覆盖程度有关。

3.2 不同生态恢复与重建措施对土壤团聚体的影响

土壤结构状况是土壤肥力的物质基础,也是土壤保水、保肥的基础,具有良好团聚体结构的土壤,不仅具有高度的孔隙性和持水性,对生态的恢复和重建有着很大的促进作用。

在黄土丘陵沟壑区< 0.25 mm 的团聚体有助于土壤形成良好的团聚体结构,使其保水保肥能力提高。

通过湿筛分析土壤微团聚体,从图 1 可看出:不同整地

方式后,< 0.25 mm 微团聚体的垂直分布发生了变化。在 20~ 40 cm 土层,土壤团聚体含量逐渐增加,主要与整地后土壤疏松有关,在 40~ 60 cm 土层处于作物根系吸收层,土壤微团聚体含量逐渐减少,主要是植物根系的切割、挤压和穿透作用较弱;在 60 cm 土层以下,各立地条件下土壤的微团聚体都呈上升趋势,工程整地与生物措施恢复地土壤微团聚体含量明显高于天然草地,88542 水平沟尤为突出。上述分析表明,采取水土保持措施后,土壤的结构向着好的方向发展,土壤的水肥状况得到了改善,土壤的抗侵蚀能力也得到了提高。

表 1 不同土地利用方式土壤机械组成分析数据 %

整地方式	土层深度	3~ 1 mm 粗砂粒	1~ 0.25 mm 中砂粒	< 0.25 mm 细砂粒
88542 水平沟	0~ 20	6.96	6.14	12.69
	20~ 40	6.68	5.53	16.34
	均值	6.82	5.835	14.515
鱼鳞坑	0~ 20	5.32	8.6	19.08
	20~ 40	4.78	4.9	11.18
	均值	5.05	6.75	15.13
人工草地	0~ 20	6.59	9.58	14.19
	20~ 40	4.93	4.91	11.76
	均值	5.76	7.245	12.975
天然草地	0~ 20	6.38	8.65	17.62
	20~ 40	4.98	4.72	17.15
	均值	5.68	6.685	17.385

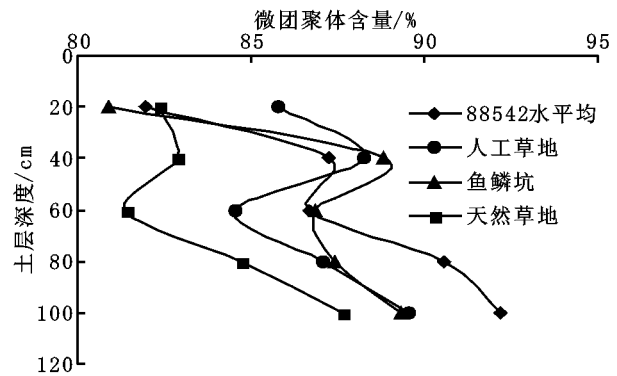


图 1 不同恢复措施下< 0.25 mm 土壤团聚体垂直变化

3.3 不同生态恢复与重建措施对土壤容重的影响

土壤容重是衡量土壤松紧状况的指标之一,它的大小取决于机械组成、结构以及有机质含量和性状等因素,它与土壤孔隙度和渗透率密切相关。容重小,表明土壤疏松多孔,土壤水分的渗透性和通气状况较好;容重大则表明土壤紧实板硬,透水透气性差。土壤容重数值的大小,受土壤质地、结构、有机质含量以及各种自然因素的影响。由图 2,在半干旱退化山区不同生态恢复与植被重建措施下的土壤容重剖面分布特征为:在 0~ 80 cm 土层,88542 水平沟的土壤容重明显低于鱼鳞坑、天然草地、人工牧草。在 80 cm 土层,88542 水平沟出现最小值 1.1 g/cm³,坡耕地人工牧草的容重最大为 1.33 g/cm³,鱼鳞坑容重为 1.12 g/cm³,天然草地的容重为 1.32 g/cm³。这一结果表明,88542 坡地改造工程整地对土壤容重的影响最大,尤其表现在 20~ 80 cm 的林木根系生长层,说明通过坡地改造工程整地,促进了林木根系活动层土壤熟化,随着禁牧后植被的恢复,凋落物向表层土壤的输入,增加土壤的有效养分供应,降低土壤容重,减小幼树根系生长的阻力,逐步改善土壤的通气状况。

3.4 不同生态恢复与重建措施对土壤孔隙度等的影响

土壤孔隙性质对土壤肥力有着多方面的影响。土壤孔隙性的好坏决定于土壤的质地、松紧度、有机质含量和结构等。可以说,土壤孔隙是土壤结构的反映,结构好则孔性好,反之亦然。土壤孔隙度是土壤孔性的重要性状之一,孔隙度较大的土壤可以容纳较多的水分和空气,有利于增强土壤微生物的活动和养分的转化。

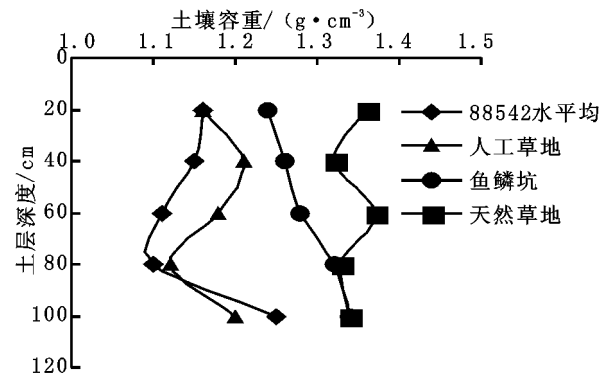


图 2 不同立地类型土壤容重剖面分布趋势线

表 2 不同恢复措施对土壤物理性质的影响

整地方式	最大持水量/mm	毛管持水量/mm	非毛管孔隙/%	毛管孔隙/%	总孔隙度/%	土壤透气度/%
88542 水平沟	107.77	84.29	11.74	42.14	53.88	40.99
鱼鳞坑	111.97	95.23	8.37	47.62	55.98	39.13
人工草地	104.08	94.95	4.56	47.37	51.93	41.98
天然草地	101.78	81.62	10.08	40.81	50.89	39.82

由表 2 可以看出,采取不同恢复措施后,土壤的物理性质发生了一定的变化,88542 水平沟、鱼鳞坑、人工草地的最大田间持水量分别比天然草地提高 5.88%、10%、2.25%;毛管持水量分别比天然草地提高 3.26%、16.67%、16.35%;非毛管持水量 88542 水平沟比天然草地提高 16.45%,而鱼鳞坑和人工草地分别比天然草地下降了 16.96%、54.73%;土壤总孔隙度分别比天然草地提高 5.87%、10%、2.03%;毛管孔隙度分别比天然草地提高 3.26%、16.67%、16.05%;土壤的透气性 88542 水平沟比天然草地提高 2.92%,鱼鳞坑比天然草地下降 1.72%,人工草地比天然草地提高 5.4%。由此说明,半干旱退化山区采取不同恢复措施一定程度上改善了土壤的物理性质,增加了土壤的透气性,但是由于大量的工程恢复措施使得土壤结构大面积破坏,某种程度上也影响了土壤的物理性质,而生态恢复的演替是一个漫长的阶段,本项目针对不同恢复治理工程研究仅仅开展了 5 年,因此必须进一步长时期的对不同恢复措施后土壤的理化性质进行测定分析,从而为该地区的恢复措施做一个客观的评价。

3.5 不同生态恢复与重建措施对土壤水分的影响

水分是制约半干旱退化山区植被恢复与重建的主要限制因子,干旱缺水与水土流失并存是半干旱退化山区人民生活水平和农业生产发展的重要制约因素,也是我国干旱、半干旱地区普遍存在的共性问题。该区大面积的荒山荒坡采用工程整地措施,进行了灌草合理布局与立体配置,层层拦蓄地表径流,改善植物生长的立地条件,调蓄土壤水分,促进植物的生长。

通过在对不同恢复措施后土壤水分的变化研究结果表明(图 3):0~100 cm 土层,各立地类型土壤含水量垂直变化规律为:在 0~20 cm 土层,土壤含水量的排列顺序为人工草地> 鱼鳞坑> 88542 水平沟> 天然草地;在 20~60 cm 土层,88542 水平沟的土壤含水量明显上升,在 60 cm 处达到

峰值 25.5%,分别比鱼鳞坑、天然草地、人工草地高出 2.88%、10.15%、3.31%。此时,土壤含水量排列顺序为:88542 水平沟> 鱼鳞坑> 人工草地> 天然草地;在 60~100 cm 土层,人工草地和天然草地土壤含水量基本保持稳定,鱼鳞坑的含水量继续呈上升趋势,88542 水平沟的含水量在 60~80 cm 土层开始递减,之后趋于稳定,主要是由于植被根系层在 40~60 cm 土层的吸收导致。总体来看,荒山坡地在经过水土保持措施和生物措施改造后,土壤水分明显提高,尤其在植物根系吸收层,88542 水平沟集雨林业整地措施,在促进林地土壤水分的快速恢复上效果极为显著。由此说明在山区不同生态恢复治理中,88542 水平沟在集雨蓄水、水分的调控恢复、恢复植被、防止水土流失方面效果较其它措施是有优势的,有效的提高了土壤含水量,此外鱼鳞坑、人工草地也不同程度的调控了土壤含水量。

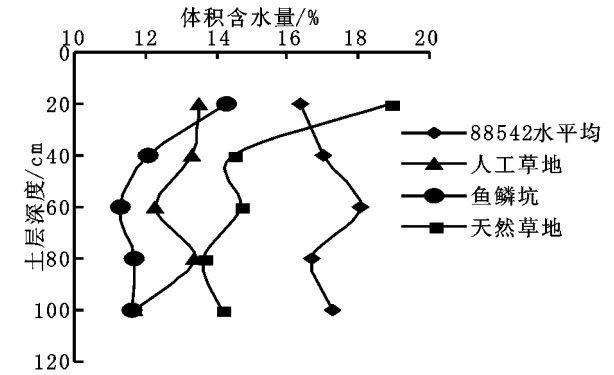


图 3 不同恢复措施土壤水分垂直变化

3.6 不同生态恢复与重建措施对土壤化学性质的影响

土壤生产力高低主要决定于土壤肥力状况,土壤肥力是土壤养分、水分、热量和空气等方面供应和协调作物生长的综合能力,具体表现在土壤物理特性和土壤养分状况两个方面。就土壤物理特性而言,因为土壤水分、热量和空气等状况与土壤质地紧密相关,土壤有机质是评价土壤质量的一个重要指标,它既是植物矿质和有机营养的源泉,又是土壤中异类型微生物的能源物质,同时也是形成土壤结构的重要因素。它不仅能增加土壤的保肥和供肥能力,提高土壤养分的有效性,而且可促进团粒结构的形成,改善土壤的透水性、蓄水能力及通气性,增加土壤的缓冲性等。

氮是植物生长发育不可缺少的营养元素,农业生产中氮素往往成为限制作物产量的主导因素,并且对作物品质也有重要的影响。磷是植物体内重要化合物核酸、蛋白质的重要组成元素,磷可加强碳水化合物组成和运转,可促进氮化物、脂肪的合成,能明显提高作物对外界环境的适应性。钾是植物生活必须的营养元素,土壤钾能促进多种代谢反应,有利于植物的生长发育,同时钾能增强作物细胞膜的持水能力,维持稳定渗透性,从而提高作物对干旱、霜冻、药害等外界不良环境的抗逆性。

表 3 不同恢复措施对土壤化学性质的影响

整地方式	全氮/ (g·kg ⁻¹)	全磷/ (g·kg ⁻¹)	全钾/ (g·kg ⁻¹)	有机质/ (g·kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)
88542 水平沟	0.494	0.512	18.16	7.86	28.682	4.5	74.74
鱼鳞坑	0.322	0.58	20.64	4.94	15.496	5.24	86.6
人工草地	0.344	0.54	19.4	4.828	20.68	3.9	82.04
天然草地	0.358	0.488	18.64	5.526	18.88	2.74	84.66

通过表 3 可以看出在不同恢复措施条件下土壤有机质的含量为 88542 水平沟> 天然草地> 鱼鳞坑> 人工草地;土壤碱解氮的含量变化为 88542 水平沟> 人工草地> 天然草地> 鱼鳞坑;土壤速效磷的含量变化为鱼鳞坑> 88542 水平

沟> 人工草地> 天然草地;土壤速效钾的含量变化为鱼鳞坑

> 天然草地> 人工草地> 88542 水平沟。

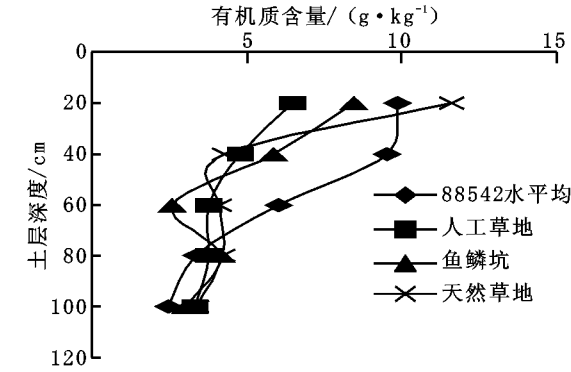


图 4 不同生态恢复下土壤有机质的垂直分布

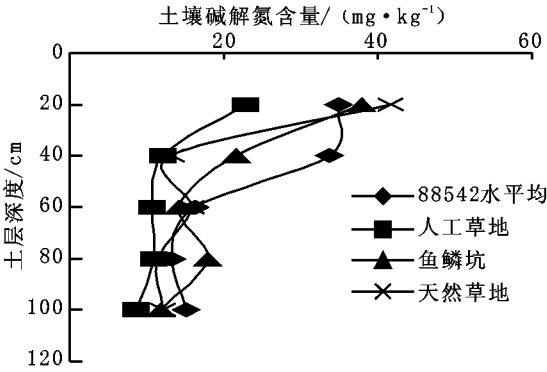


图 5 不同恢复措施下土壤碱解氮的垂直分布

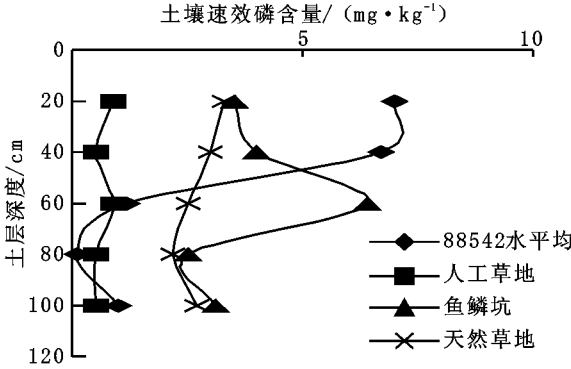


图 6 不同恢复措施下土壤速效磷的垂直分布

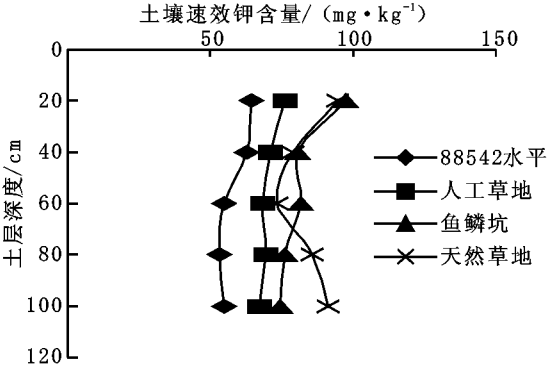


图 7 不同恢复措施下土壤速效钾的垂直分布

就不同恢复措施条件下养分的垂直分布特点而言(图 4、5、6、7), 土壤有机质含量在土壤表层以天然草地和 88542 水平沟较高, 人工草地和鱼鳞坑较低; 在植物根系主要分布层和深层有机质含量以 88542 水平沟灌木林地居高, 人工草地最低; 土壤碱解氮的含量在土壤表层以天然草地和人工草地较高, 鱼鳞坑沙棘林最低; 在植物根系主要分布层和深层以 88542 水平沟灌木林较高, 天然草地和鱼鳞坑(沙棘林)最低; 土壤速效磷的含量为土壤表层以 88542 水平沟灌木林较高, 鱼鳞坑最低, 在植物根系主要分布层和深层人工草地均明显高于其他恢复措施; 速效钾含量在不同土层基本为天然草地最高, 88542 水平沟灌木林地最低。

4 结 论

以上分析表明, 通过在半干旱退化山区采取不同生态恢复与重建措施, 改善了土壤结构和肥力, 增加土壤的通透性, 能接纳较多的降水, 使其就地入渗, 蓄存于土壤中, 使土不下坡, 水不下沟, 改变土壤水肥气热状况。但不同措施对土壤理化性质的改善具有一定的差异性, “88542”隔坡反坡水平沟整地对土壤的改良效果最好, 鱼鳞坑的效果稍差。

(1) 不同生态恢复过程中, 不同的立地类型, 土壤机械成分表现出一定的差异性。在 0~ 40 cm 土层, 有措施地的粗砂粒和中沙粒平均含量基本都高于无措施地, 而细砂粒平均含量的排列顺序为: 天然草地> 鱼鳞坑> 88542 水平沟> 人工草地。

(2) 不同整地方式后, < 0.25 mm 微团聚体的垂直分布发生了变化。在 20~ 40 cm 土层, 土壤团聚体含量逐渐增

加, 在 40~ 60 cm 土层土壤微团聚体含量逐渐减少, 在 60 cm 土层以下, 各立地条件下土壤的微团聚体都呈上升趋势, 有措施恢复地土壤微团聚体含量明显高于天然草地, 88542 水平沟尤为突出。

(3) 不同生态恢复过程中, 土壤容重剖面分布特征为: 在 0~ 80 cm 土层, 88542 水平沟< 鱼鳞坑< 天然草地< 人工牧草。

(4) 采取不同恢复措施后, 土壤的物理性质发生了一定的变化, 在 0~ 100 cm 土层, 最大田间持水量鱼鳞坑> 88542 水平沟> 人工草地> 天然草地; 毛管持水量鱼鳞坑> 人工草地> 88542 水平沟> 天然草地; 非毛管持水量 88542 水平沟> 天然草地> 鱼鳞坑> 人工草地; 土壤总孔隙度鱼鳞坑> 88542 水平沟> 人工草地> 天然草地; 毛管孔隙度鱼鳞坑> 人工草地> 88542 水平沟> 天然草地; 土壤的透气性 88542 水平沟> 人工草地> 天然草地> 鱼鳞坑。

(5) 不同恢复措施后土壤含水量垂直变化规律为: 在 0~ 20 cm 土层, 土壤含水量的人工草地> 鱼鳞坑> 88542 水平沟> 天然草地; 在 20~ 60 cm 土层, 88542 水平沟> 鱼鳞坑> 人工草地> 天然草地。

(6) 不同恢复措施下土壤的养分具有明显的变异。在 0~ 100 cm 土层有机质的含量为 88542 水平沟> 天然草地> 鱼鳞坑> 人工草地; 土壤碱解氮的含量变化为 88542 水平沟> 人工草地> 天然草地> 鱼鳞坑; 土壤速效磷的含量变化为鱼鳞坑> 88542 水平沟> 人工草地> 天然草地; 土壤速效钾的含量变化为鱼鳞坑> 天然草地> 人工草地> 88542 水平沟。并且从养分的垂直分布也看出, 水土保持措施的实施, 使土壤不同土层的养分分布产生了一定的差异。

[1] 张俊华, 常庆瑞, 贾科利, 等. 黄土高原植被恢复对土壤肥力质量的影响研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(4): 38- 41.
[2] 卜崇峰, 刘国彬, 戴全厚. 纸坊沟流域狼牙刺对土壤物理性质的影响[J]. 水土保持研究, 2003, 10(2): 25- 27.
[3] 高血松, 邓良基, 张世熔. 不同利用方式与坡位土壤物理性质及养分特征分析[J]. 水土保持学报, 2005, 19(2): 53- 56.
[4] 马祥华, 焦菊英, 等. 黄土丘陵沟壑区退耕地植被恢复过程中土壤物理变化特性研究[J]. 水土保持研究, 2005, 12(1): 18- 21.