

黄土丘陵区不同植被恢复模式土壤养分效应*

张 杨^{1,2}, 梁爱华^{2,3}, 王平平^{2,3}, 杨改河^{2,3}, 张笑培⁴

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西杨凌 712100; 2. 陕西省循环农业工程技术中心, 陕西杨凌 712100;
3. 西北农林科技大学 农学院, 陕西杨凌 712100; 4. 中国农业科学院 农田灌溉研究所, 河南新乡 453003)

摘 要: 以黄土高原沟壑区纸坊沟流域为例, 选择农田(大豆)为对照, 分析不同林龄(12、25、30 a)刺槐、油松、苹果、柠条、沙打旺等不同人工植被恢复模式下土壤理化性质、有机质等的特征。结果表明, 黄土高原沟壑区纸坊沟流域不同植被恢复模式下, 各层土壤有机质、速效氮、速效磷、速效钾含量均随深度增加而递减, 且有一定的表聚性, 其中刺槐表聚性表现最明显。几种不同植被恢复模式均能够显著提高土壤有机质、速效氮、速效磷、速效钾含量, 改善土壤肥力, 其中尤以刺槐的效应最为明显。

关键词: 黄土高原; 纸坊沟流域; 植被恢复模式; 土壤肥力

中图分类号: S153.6 文献标识码: A 文章编号: 1004-1389(2010)09-0114-05

Effect of Different Vegetation Restoration Models on Soil Fertility in Zhifanggou Watershed in Gully Region of Loess Region

ZHANG Yang^{1,2}, LIANG Aihua^{2,3}, WANG Pingping^{2,3},
YANG Gaihe^{2,3} and ZHANG Xiaopei⁴

(1. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China; 2. College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China; 3. The Research Center of Recycle Agricultural Engineering and Technology of Shaanxi Province, Yangling Shaanxi 712100, China; 4. Farmland Irrigation Research Institute of The Chinese Academy of Agricultural Sciences, Xinxiang Henan 453003, China)

Abstract: Soil physiochemical properties in the soil under *Robinia pseudoacacia*, *Pinus tabulaeformis*, *Malus pumila*, *Caragana korshinskii* and *Astragalus adsurgens* were studied, compared with the soya land by taking Zhifanggou watershed in the gully region of Loess region as an example. The results showed as the follows: soil organic matter, available nitrogen, available phosphorus and available potassium content under the several vegetation restoration models was decreased with soil deep increased, which was more obvious for *Robinia pseudoacacia*. Several vegetation restoration models all increased remarkably in soil organic matter, available nitrogen, available phosphorus and available potassium content. The effect of *Robinia pseudoacacia* was the best.

Key words: Loess Plateau; Zhifanggou watershed; Vegetation restoration models; Soil fertility

黄土高原是中国水土流失严重的地区之一, 针对这种情况中国启动了退耕还林工程。植被恢复能保持水土、减少土壤侵蚀, 通过植被与土壤双重生态系统的交互作用, 可改善土壤生物学特性, 提高土壤质量。研究表明, 不同植被恢复模式对

土壤养分影响不同, 但均较农地有很大改善和提高^[1-2]。丘陵和沟壑, 坡耕地进行植被恢复能增强土壤腐殖化作用, 促进土壤有机质形成和发育, 明显提高土壤有机质含量, 改善土壤养分状况^[3]。

黄土高原退耕还林工程开展后, 研究重点主

* 收稿日期: 2010-03-30 修回日期: 2010-05-05
基金项目: 国家自然科学基金项目(30971695); 国家林业局“948”项目(2006-4-11)。
第一作者: 张 杨, 在读硕士研究生, 研究方向为资源与环境生态。E-mail: chengzhinei0266@sina.com
通讯作者: 杨改河, 教授, 博士生导师, 主要从事资源与环境生态研究。E-mail: ygh@nwsuaf.edu.cn

要集中在土壤侵蚀、水土流失控制和植被对土壤的影响方面。但不同植被恢复模式对土壤的改良效果究竟如何,目前的研究相对较少。本试验以退耕还林还草为背景,用主成分分析法,对黄土高原沟壑区小流域内不同植被恢复模式下土壤养分效应进行分析,旨在为陕北地区生态环境的恢复与重建和科学评价退耕还林的生态效应提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

纸坊沟流域位于黄土高原腹地的陕西省安塞县,属于黄土丘陵沟壑区第二副区,是延河支流杏子河下游的一级支沟,位于东经 109°16′,北纬 36°44′,流域面积 8.27 km²。海拔 1 010~1 431 m,属典型的梁峁状丘陵沟壑区,流域为由南向北流向的狭长条带形状,沟道长 8.1 km,土壤类型为黄绵土。在气候区划上属暖温带半干旱气候,年

均温 8.8 ℃,无霜期 160 d,降水量 549.1 mm,降水分布不均,年内主要集中在 6—9 月,约占年降雨量的 75%。这期间降雨强度大,往往是侵蚀性暴雨,降雨是该流域土壤侵蚀的主要外应力。纸坊沟流域处于森林草原带的北部边缘,天然植被主要为半旱生的草灌类,治理前植被稀少,开垦指数极高,水土流失严重,经过常年综合治理,流域植被基本得到恢复,目前流域有高等植物 48 科 160 种,植被平均盖度达到 60%以上^[5]。

1.2 测定内容与方法

1.2.1 样地选择 根据研究区人工植被恢复的群落类型及恢复年限,选择的植被为不同林龄(12,25,30 a)刺槐(*Robinia pseudoacacia* L.)、油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)、苹果(*Malus pumila* Mill.)、柠条(*Caragana Korshinskii* Kom.)和沙打旺(*Astragalus adsurgens* Pall.),并以农田(大豆)(*Glycine max* Merr.)为对照。样地基本特征见表 1。

表 1 样地基本特征

Table 1 Description of sampling plots

植被类型 Vegetation	地理位置 Location	植被 年限/a Age	海拔 高度/m Altitude	坡度 (°) Slope	坡向 Aspect	郁闭度 Coverage
刺槐 <i>R. pseudoacacia</i>	36°44′94″N;109°15′19″E	30	1 145	34	半阳坡 Semi-sunny slope	0.85
刺槐 <i>R. pseudoacacia</i>	36°37′10″N;109°15′05″E	25	1 234	26	阳坡 Tailo	0.80
刺槐 <i>R. pseudoacacia</i>	36°45′09″N;109°15′12″E	12	1 174	38	阳坡 Tailo	0.65
苹果 <i>M. pumila</i>	36°44′81″N;109°14′92″E	11	1 195	26	阳坡 Tailo	0.60
油松 <i>P. tabulaeformis</i>	36°46′02″N;109°15′96″E	30	1 136	26	阳坡 Tailo	0.70
柠条 <i>C. korshinskii</i>	36°45′11″N;109°14′99″E	10	1 242	18	阳坡 Tailo	0.90
沙打旺 <i>A. adsurgens</i>	36°45′10″N;109°14′93″E	—	1 240	—	梁峁 Ridge	0.85
农田(大豆) <i>G. max</i>	36°45′11″N;109°14′90″E	—	1 240	—	梁峁 Ridge	

其中,苹果园受人为影响大,故选取坡度较大,不经人工进行施肥处理,主要依赖自然条件生长的果园为样地。

1.2.2 测定项目与方法 2008 年 8 月下旬,根据调查访问,查阅村、乡有关资料等确定样地植被恢复年限,由当地村民做向导进行实际调查,以取得满足需要的数据。养分测定采取“S”形随机采样,每个样点 6 个重复,分 0~20,20~40 和 40~60 cm 三个层次,然后将 6 个重复的同层土样充分混匀后带回实验室,风干后测定不同植被恢复模式下土壤养分含量。

土壤化学性质按常规方法测定,其中有机质含量用重铬酸钾容量法(外加热法),速效氮用碱解扩散法,速效磷用 NaHCO₃ 浸提—钼锑抗比色

法,速效钾用醋酸铵—火焰光度计法。

1.3 数据分析方法

使用 Excel2003 软件和 SPSS 13.0 统计软件,对数据进行方差分析(ANOVA)、DUNCAN 新复极差法进行显著性分析^[9]及主成分分析。

2 结果与分析

2.1 不同植被恢复模式对土壤有机质的影响

土壤有机质被认为是衡量土壤质量的重要指标之一,它不仅能增强土壤的保肥和供肥能力,提高土壤养分的有效性,而且可以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,增强土壤的缓冲性等^[6-8]。在不同植被恢复模式下,土壤有机质随土层深度的变化情况见表 2。

表 2 不同植被类型土壤各层次
有机质含量及显著性检验

Table 2 Soil organic matter content and significance test at
all levels in different vegetation restoration patterns

植被类型 Vegetation	g/kg		
	土层 /cm Depth of soil		
	0~20	20~40	40~60
30 a 刺槐 <i>R. pseudoacacia</i> (30 a)	11.27 a	5.49 b	4.70 c
25 a 刺槐 <i>R. pseudoacacia</i> (25 a)	9.47 b	7.74 a	6.00 a
12 a 刺槐 <i>R. pseudoacacia</i> (12 a)	6.32 d	5.80 b	4.27 cd
苹果 <i>M. pumila</i>	6.57 d	5.50 b	5.47 b
油松 <i>P. tabulaeformis</i>	7.57 cd	5.92 b	5.35 b
柠条 <i>C. korshinskii</i>	8.07 c	5.80 b	5.40 b
沙打旺 <i>A. adsurgens</i>	3.71 e	4.40 c	3.81 d
农田(大豆) <i>G. max</i>	3.58 e	3.70 d	3.26 e

注:同列数据后不同字母表示在 5%水平上差异显著。下表同。
Note:The different letters at the same column indicate significant difference at 5% level. The same below.

从表 2 可以看出,研究区不同植被类型对土壤有机质的影响不同。总体而言,0~20 cm 与 20~40 cm 相对 40~60 cm,沙打旺、苹果和 12 a 刺槐的土壤有机质含量基本没有变化,而 25 a 刺槐、30 年刺槐、油松和柠条均有一定程度的增加,有机质在土壤中存在表聚性现象。在表层,30 a 刺槐土壤有机质含量最高(11.27 g/kg),是对照农田(3.58 g/kg)的3.15倍,而沙打旺土壤有机质含量仅比对照农田高3.67%,不同植被土壤有机质含量为 30 a 刺槐>25 a 刺槐>柠条>油松>

苹果>12 a 刺槐>沙打旺>对照农田,即乔木>灌木>草本,植被恢复年限长的>植被恢复年限短的。

与对照农田土壤有机质含量相比,各种植被恢复类型都能明显提高土壤中的有机质含量,提高土壤肥力水平,除沙打旺和农田各层变化不大外,其他几种植被恢复模式土壤有机质含量均随深度增加而降低。在 0~20 cm 土层,30 a 刺槐土壤有机质含量最高,其次为 25 a 刺槐,均显著高于其他人工植被恢复模式;在 20~40 cm 土层,25 a 刺槐土壤有机质含量最高并显著高于其他人工植被恢复模式,其中油松、12 a 刺槐、柠条、苹果和 30 a 刺槐土壤有机质含量差异不显著;在 40~60 cm 土层,25 a 刺槐有机质含量仍最高,并显著高于其他人工植被恢复模式。30 a 刺槐、25 a 刺槐、柠条、油松、苹果和 12 a 刺槐表层土壤有机质含量为其 40~60 cm 的 2.40、1.58、1.50、1.48、1.42、1.20 倍。40~60 cm 土壤有机质含量为 25 a 刺槐>苹果>柠条>油松>12 a 刺槐>30 年刺槐>沙打旺>对照农田,而且含量差距也随土层加深而减小,25 a 刺槐为 6.00g/kg,是对照农田(3.26 g/kg)的 1.84 倍,而 30 a 刺槐在 40~60 cm 土层土壤有机质含量为4.70 g/kg,是对照农田的 1.44 倍。

2.2 不同植被恢复模式对土壤速效养分的影响
2.2.1 土壤速效氮含量 由表 3 可见,沙打旺和苹果的土壤速效氮含量变化不大,其他不同植被恢复模式的土壤速效氮含量随土层加深而减少。在 0~20 cm 土层,除沙打旺外,不同植被恢复模式下土壤速效氮增幅明显,其中 25 a 刺槐土壤速

表 3 不同植被类型土壤各层次速效氮、速效磷、速效钾含量

Table 3 Soil available nitrogen, available phosphorus and available potassium content and
significance test at all levels in different vegetation restoration patterns

植被类型 Vegetation	速效氮/(mg/kg) Available nitrogen			速效磷/(mg/kg) Available phosphorus			速效钾/(mg/kg) Available potassium		
	0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm	0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm	0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm
30 a 刺槐 <i>R. pseudoacacia</i> (30 a)	39.83 b	17.82 c	15.26 b	1.28 a	0.69 b	0.86 a	102.73 a	47.24 b	63.69 a
25 a 刺槐 <i>R. pseudoacacia</i> (25 a)	44.28 a	26.33 a	20.52 ab	1.41 a	0.84 a	0.75 b	115.57 a	61.55 a	52.45 b
12 a 刺槐 <i>R. pseudoacacia</i> (12 a)	36.32 bc	16.34 c	16.74 b	1.06 b	0.59 bc	0.58 c	81.81 b	38.21 bc	36.77 c
苹果 <i>M. pumila</i>	24.84 c	21.87 b	23.63 a	0.54 d	0.45 c	0.45 d	33.08 d	24.68 c	24.86 d
油松 <i>P. tabulaeformis</i>	20.79 d	8.10 e	7.02 d	0.65 d	0.47 c	0.50 cd	43.67 d	26.47 c	29.26 cd
柠条 <i>C. korshinskii</i>	27.95 c	19.04 bc	15.53 b	0.88 c	0.49 c	0.54 cd	65.20 c	28.62 c	32.97 cd
沙打旺 <i>A. adsurgens</i>	12.96 e	12.56 d	11.07 c	0.63 d	0.53 c	0.52 cd	41.24 d	32.26 c	31.39 cd
农田(大豆) <i>G. max</i>	19.44 d	12.42 d	9.05 cd	0.79 cd	0.52 c	0.55 cd	56.18 cd	31.57 c	33.88 cd

效氮含量最高,为 44.28 mg/kg,是对照农田(19.44 mg/kg)的 2.28 倍,而沙打旺(12.96 mg/kg)却比对照农田低 33.33%,其顺序为 25 a 刺槐>30 a 刺槐>12 a 刺槐>柠条>苹果>油松>对照农田>沙打旺,前 6 种植被恢复模式下的土壤速效氮相对于对照农田分别增加了 128.78%、104.86%、86.81%、43.75%、24.78%、6.94%。40~60 cm 土层,土壤速效氮含量为苹果>25 a 刺槐>12 a 刺槐>柠条>30 a 刺槐>沙打旺>对照农田>油松,而且含量差距也随土层加深而减小,苹果为 23.63 mg/kg,是对照农田(9.05 mg/kg)的 2.6 倍,25 a 刺槐在 40~60 cm 土层土壤有机质含量为 20.52 mg/kg,是对照农田的 2.27 倍。土壤速效氮绝对增量随土层增加同有机质增量的变化相似,呈减小趋势。

显著性分析表明,与对照农田土壤速效氮相比,除油松、沙打旺外其他各种植被恢复模式都能明显增加土壤中的速效氮含量,提高土壤肥力水平。

2.2.2 土壤速效磷含量 由表 3 可见,不同植被恢复模式使土壤速效磷的增加很有限,甚至一些模式出现了负增长。在 0~20 cm 土层,25 a 刺槐土壤速效磷含量最多,为 1.41 mg/kg,是对照农田的 1.8 倍,增幅为 79.84%,30 a 刺槐、12 a 刺槐、柠条的土壤速效磷含量增幅分别为 62.66%,34.36%,12.13%,而油松、沙打旺、苹果的土壤速效磷含量却为负增长,相对于对照农田分别下降了 17.18%,20.21%,31.33%。40~60 cm 土层,土壤速效磷含量差距随土层加深而减小,30 a 刺槐出现反常回升,为 0.86 mg/kg,是对照农田的 1.58 倍,25 a 刺槐在 40~60 cm 土层,土壤速效磷含量为 0.75 mg/kg,是对照农田的 1.36 倍。土壤速效磷绝对增量随土层的增加同速效氮增量

的变化相似,呈减小趋势。

显著性分析表明,与对照农田土壤速效磷相比,油松、沙打旺、苹果土壤速效磷含量呈负增长,柠条增幅不显著,25 a 刺槐、30 a 刺槐和 12 a 刺槐的植被恢复模式都能明显提高土壤中的速效磷含量。

2.2.3 土壤速效钾含量 不同植被恢复模式对土壤速效钾的影响与速效磷类似(表 3),土壤速效钾的增加很有限,而且一些模式出现了负增长。在 0~20 cm 土层,25 a 刺槐土壤速效钾含量最多,为 115.57 mg/kg,是对照农田的 2.06 倍,增幅为 105.71%,30 a 刺槐、12 a 刺槐、柠条的土壤速效钾含量增幅分别为 82.86%,45.62%,16.06%,而油松、沙打旺、苹果的土壤速效钾含量却为负增长,相对于对照农田分别下降了 22.27%,26.59%,41.12%。40~60 cm 土层,土壤速效钾含量差距随土层加深而减小,30 a 刺槐出现反常回升,为 63.69 mg/kg,是对照农田的 1.88 倍,25 a 刺槐在 40~60 cm 土层,土壤速效钾含量为 52.45 mg/kg,是对照农田的 1.55 倍。土壤速效钾绝对增量随土层的增加同速效磷增量的变化相似,呈减小趋势。

显著性分析表明,与对照农田土壤速效钾含量相比,油松、沙打旺、苹果土壤速效钾含量呈负增长,柠条增幅不显著,25 a 刺槐、30 a 刺槐和 12 a 刺槐的植被恢复模式都能明显提高土壤中的速效钾含量。

2.3 主成分分析

利用主成分分析法决定主成分个数,对各植被类型进行评分再排名(表 4),结果表明,25 a 刺槐和 30 a 刺槐的综合排名为第一和第二,沙打旺和对照农田排名最后。

表 4 综合主成分值
Table 4 Values of synthetic principal components

植被类型 Vegetation	第一主成分 First principal component		第二主成分 Second principal component		综合 Total principal	
	得分 Score	排名 Ranking	得分 Score	排名 Ranking	得分 Score	排名 Ranking
30 a 刺槐 <i>R. pseudoacacia</i> (30 a)	3.35	2	-1.59	7	1.77	2
25 a 刺槐 <i>R. pseudoacacia</i> (25 a)	5.09	1	0.65	3	5.74	1
12 a 刺槐 <i>R. pseudoacacia</i> (12 a)	0.52	3	-0.22	5	0.30	5
苹果 <i>M. pumila</i>	-1.51	5	2.63	1	1.12	3
油松 <i>P. tabulaeformis</i>	-2.07	6	0.18	4	-1.89	6
柠条 <i>C. korshinskii</i>	-0.30	4	1.09	2	0.79	4
沙打旺 <i>A. adsurgens</i>	-2.67	8	-0.92	6	-3.59	7
农田(大豆) <i>G. max</i>	-2.42	7	-1.82	8	-4.24	8

3 小 结

3.1 在黄土丘陵区纸坊沟流域,坡耕地进行植被恢复能明显提高土壤中有机质含量,改善土壤肥力状况,但不同植被恢复模式,有机质增加量不同。几种不同植被恢复模式各层土壤有机质含量均随土层加深而递减,其趋势基本一致。几种不同植被恢复模式土壤有机质均有一定的表聚性,有机质主要分布在 0~20 cm 土层,其中 25 a 刺槐和 30 a 刺槐土壤有机质表聚性表现最为明显,而沙打旺和对照农田的表聚性不明显。

3.2 植被恢复后能明显提高土壤速效氮、速效磷和速效钾含量。对于不同的植被恢复模式,各种速效养分增加量不同,含量均随土层增加而递减,其趋势基本一致,且均有一定的表聚性。其中 25 a 刺槐、30 a 刺槐和 12 a 刺槐土壤在速效养分积累上表现突出,而油松、沙打旺和苹果甚至出现负增长。

3.3 总体来看,在养分积累效果方面,不同的植被恢复模式中恢复年限长的好于恢复年限短的,乔木植被恢复模式好于灌木植被恢复模式,灌木植被恢复模式又好于草本植被恢复模式。乔木刺槐在几种不同的植被恢复模式中均表现出了最好的改良土壤效果,灌木柠条次之;油松虽然恢复年限长但每年落叶较少,苹果有人工干涉,所以这两种乔木表现不突出;而沙打旺和大豆等草本受各种自然人工干扰因素较多,虽对改良土壤有一定效果,但仍比不上乔木和灌木。

参考文献:

[1] 张笑培,杨改河,王得祥,等. 黄土高原沟壑区不同植被类型对土壤生物学特性的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2008,36(5):149-154.

[2] 梁 伟,白翠霞,孙保平,等. 黄土丘陵沟壑区退耕还林(草)

区土壤水分-物理性质研究[J]. 中国水土保持,2006,3:17-18.

[3] 胡江波,杨改河,张笑培,等. 不同植被类型对土壤肥力的影响[J]. 河南农业科学,2007,3:69-72.

[4] 温仲明,焦 峰,赫晓慧,等. 黄土高原森林边缘区退耕地植被自然恢复及其对土壤养分变化的影响[J]. 草业学报,2007,16(1):16-23.

[5] 王国梁,刘国彬,许明祥. 黄土丘陵区纸坊沟流域植被恢复的土壤养分效应[J]. 水土保持通报,2002,22(1):1-5.

[6] 薛晓辉,卢 芳,张兴昌. 陕北黄土高原土壤有机质分布研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2005,33(6):69-74.

[7] 戴全厚,刘国彬,薛 蕊,等. 不同植被类型对黄土丘陵区土壤碳库及其管理指数的影响[J]. 水土保持研究,2008,15(3):61-64.

[8] 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]. 土壤保持学报,2003,17(4):38-41.

[9] 盖钧镒. 试验统计方法[M]. 北京:中国农业出版社,2000.

[10] 焦菊英,焦 峰,温仲明. 黄土丘陵沟壑区不同恢复方式下植物群落的土壤水分和养分特征[J]. 植物营养与肥料科学报,2006,12(5):667-674.

[11] 徐香兰,张科利,徐宪立,等. 黄土高原地区土壤有机碳估算及其分布规律分析[J]. 水土保持学报,2003,17(3):13-15.

[12] 孔正红,张新时. 安塞纸坊沟流域草地资源利用空间结构及其畜牧业发展潜力[J]. 草地学报,2003,12(3):246-250.

[13] 彭文英,张科利,陈 瑶,等. 黄土坡耕地退耕还林后土壤性质变化研究[J]. 自然资源学报,2005,20(2):272-278.

[14] 马祥华,焦菊英,温仲明,等. 黄土丘陵沟壑区退耕地土壤速效 N 的分布特征及其与物种多样性的关系[J]. 水土保持研究,2005,12(1):13-16.

[15] 戴全厚,刘国彬,薛 蕊,等. 黄土丘陵区封禁对土壤活性有机碳与碳库管理指数的影响[J]. 西北林学院学报,2008,23(4):18-22.

[16] 郭 滨,毕玉芬,龙光强,等. 不同植被恢复措施下退化灌草丛草地土壤理化性状的评价[J]. 云南农业大学学报,2008,23(2):195-199.