

新疆退耕还林工程对土壤养分的影响

罗文成^{1,2}, 李吉玫^{2,3}, 张毓涛^{2,3}, 叶尔江·拜克吐尔汉^{1*} (1.新疆农业大学林学与园艺学院, 新疆乌鲁木齐 830052; 2.新疆林业科学院森林生态研究所, 新疆乌鲁木齐 830063; 3.新疆天山森林生态系统国家定位观测研究站, 新疆乌鲁木齐 830063)

摘要 为量化新疆退耕还林所产生的生态效益, 分析了新疆退耕模式、退耕林种和退耕年限对土壤养分的影响。结果表明, 各土层 3 种退耕模式间土壤有机质含量表现为退耕地还林>荒山荒造>封山育林; 土壤速效氮、速效磷含量均表现为退耕地还林>封山育林>荒山荒造, 退耕模式仅对 0~20 cm 土层土壤有机质、速效氮、速效磷含量影响显著; 土壤速效钾含量表现为退耕地还林>荒山荒造>封山育林, 退耕模式对各土层含量影响均显著。各土层 3 种退耕林种间土壤有机质含量表现为经济林>生态林>灌木林, 林种对各土层土壤有机质含量影响均显著; 0~20 cm 土层土壤速效氮含量均表现为经济林>生态林>灌木林, 20~40 和 40~60 cm 土层表现为经济林>灌木林>生态林; 速效磷含量表现为经济林>灌木林>生态林; 土壤速效钾含量均表现为灌木林>经济林>生态林。退耕地还林在工程实施的第 5 年土壤有机质、速效氮、速效磷、速效钾明显增加; 封育模式和荒山荒造模式在工程实施的第 8 年土壤有机质开始明显增加, 增加的幅度相对于退耕地还林模式的幅度较低。封山育林模式在工程实施 5 年土壤钾含量迅速增加, 增加幅度高于退耕地还林。

关键词 退耕模式; 林种; 土壤养分; 影响

中图分类号 S714 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)16-0082-06

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.16.022



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Different Returning Farmland to Forest Patterns on Soil Nutrient in Xinjiang

LUO Wen-cheng^{1,2}, LI Ji-mei^{2,3}, ZHANG Yu-tao^{2,3} et al (1. College of Forestry and Horticulture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052; 2. Institute of Forestry Ecology, Xinjiang Academy of Forestry Sciences, Urumqi, Xinjiang 830063; 3. Xinjiang Tianshan Forest Ecosystem National Orientation Observation and Research Station, Urumqi, Xinjiang 830063)

Abstract In order to quantify the ecological benefits of returning farmland to forest in Xinjiang, the effects of the model, species and years of returning farmland to forest on soil nutrients were analyzed. The results showed that the soil organic matter content among the three types of returning farmland in each soil layer was expressed as returning farmland to forest>barren hills and afforestation>mountain closure and afforestation; soil available nitrogen and available phosphorus contents were all returning farmland to forest>mountain closure and afforestation>barren hills and afforestation. The mode of returning cultivated land had only effect on the content of soil organic matter, available nitrogen and available phosphorus in 0-20 cm soil layer; the content of available soil potassium was now returning farmland to forest>barren hills and afforestation>mountain closure and afforestation, and the returning farmland model had a significant impact on the content of each soil layer. The soil organic matter content of the three types of returning farmland forests in each soil layer was shown as economic forest>ecological forest>shrubbery forest. The forest species had a significant effect on the soil organic matter content in each soil layer. The available nitrogen content in the 0-20 cm soil layer was as follows: economic forest>ecological forest>shrub forest; 20-40 cm and 40-60 cm soil layers appeared as economic forest>shrub forest>ecological forest; available phosphorus content was shown as economic forest>shrub forest>ecological forest; soil available potassium content was shown as shrub forest>economic forest>ecological forest. Soil organic matter, available nitrogen, available phosphorus and available potassium increased significantly in the 5th year of the project after returning cultivated land to forests; soil organic matter in the enclosure mode and the barren mountain and wasteland model began to increase significantly in the 8th year of the project, increasing compared with the model of returning cultivated land to forest, the magnitude of the increase was lower. In the five years after the project was implemented, the soil potassium content increased rapidly, and the increase rate was higher than that of returning farmland to forest.

Key words Returning farmland model; Forest species; Soil nutrient; Effect

退耕还林工程是我国可持续发展战略中的一项重要举措, 在保护或恢复生态环境中起着重要的作用^[1-2]。新疆生态环境脆弱, 干旱少雨, 是我国荒漠化和沙化面积最大、分布最广、危害最为严重的省区^[3]。为改善生态环境、减少水土流失、阻止风沙危害和增加农民收入, 2000 年新疆被列为退耕还林试点单位, 2002 年全面启动。新疆退耕还林工程建设任务重点布局在风沙、盐碱危害严重、生态区位重要的区域^[4]。通过近 20 年的工程实施, 全区人工造林面积大幅度增加, 带动了林业建设的快速发展, 全区森林覆盖率由工程实施之初的 1.92% 提高到现在的 4.24%^[4]。同时, 与之相关的科学研究工作也逐渐增多, 主要集中于退耕还林的土壤性

质^[5-9]、植物恢复途径^[10]、生态服务功能评估^[11-14]等方面, 如杨艺渊等^[15]分析了退耕还林工程对林业碳汇的影响; 卢妖虎^[16]分析了新疆退耕还林工程的水土保持效益。已有的结果表明实行退耕还林后, 土壤理化性质、土壤粒径分布和分形维数特征均有变化^[17-18], 退耕还林工程可以有效降低土壤侵蚀, 达到土壤保护的作用^[19-20]。但针对生态环境极其脆弱、土地沙化严重、风沙灾害频发的新疆, 退耕还林工程实施的生态效益如何目前缺乏定量研究。该研究分别选择新疆北疆的奇台县、东疆的托克逊县和南疆的轮台县作为退耕还林工程的典型县, 依据退耕还林模式、退耕林种和树种的不同, 设置固定观测样地, 采集土壤样品, 分析退耕还林工程对土壤养分的影响, 以期客观评价退耕还林工程的生态效益评估提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 研究区概况 新疆地处我国西北干旱区, 自然特点一是极度干旱, 降水稀少, 且分布不均, 北疆年均降水量 150~

基金项目 国家科技支撑计划子课题(2015BAD07B030304); 林业公益性行业科研专项(200804022c)。

作者简介 罗文成(1995—), 男, 湖南益阳人, 硕士研究生, 研究方向: 森林生态学。* 通信作者, 副教授, 硕士, 硕士生导师, 从事植被生态学研究。

收稿日期 2020-01-23; **修回日期** 2020-02-27

200 mm,南疆和东疆不足 100 和 80 mm,而年蒸发量高,北疆年蒸发量 1 500~2 000 mm,南疆 2 000~3 400 mm,东疆 2 800~3 800 mm。二是热量资源丰富,日照时间长,昼夜温差大,东疆和南疆的年均气温高于北疆。三是风沙灾害频发,是新疆特色水果产业发展中面临的主要灾害之一。四是

土壤盐碱化和盐渍化高,是全国最大的盐渍土壤分布区^[4]。3 个工程县自然条件基本信息表 1 所示。2000—2014 年新疆累积退耕还林面积 $75.85 \times 10^4 \text{ hm}^2$,其中,退耕地还林、荒山荒造和封山育林面积分别为 21.40×10^4 、 52.89×10^4 和 $1.56 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。

表 1 3 个典型县自然气候状况

Table 1 Natural climate conditions in three typical counties

工程县 Engineering County	年平均气温 Annual average temperature//°C	降水量 Precipitation mm	蒸发量 Evaporation mm	极端最高气温 Extreme maximum temperature//°C	极端最低气温 Extreme minimum temperature//°C	平均风速 Average wind speed//m/s	大风日数 Windy days d
奇台 Qitai	5.0	287.8	2 165.5	35.2	-31.8	4.1	8.8
托克逊 Toksun	11.3	25.2	2 727.0	44.8	-28.7	1.8	23.4
轮台 Luntai	10.5	47.4	2 082.0	40.1	-25.5	1.6	14.0

1.2 样地设置与土壤取样 2016 年在北疆奇台县、东疆托克逊县和南疆轮台县,依据退耕还林模式、退耕林种和退耕年限(3、5、8、10、15 年)的不同,布设标准固定样地。每种退耕还林模式、林种和树种及退耕年限设置 3 个样地,各县均为 33 个样地,共设置 99 个样地。乔木林和灌木林样地分别为 $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ 和 $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 。采用“S”形布点法在每个样地设置 3~5 个采样点,并将土壤剖面划分成 0~20、20~40、40~

60 cm 分层采集混合土样,同样地的同层土壤样品混合作为 1 个样品带回实验室,测定土壤有机质、速效氮、速效磷、速效钾含量。其中土壤有机质、速效氮、速效磷、速效钾分别采用重铬酸钾容量法、氯化钾浸提-靛酚蓝比色法、盐酸-氟化铵浸提-钼锑抗比色法、乙酸铵浸提-火焰光度法测定^[21]。各工程县样地土壤养分本底及每木检尺情况见表 2。

表 2 工程县土壤养分本底及每木检尺情况

Table 2 Basic situation of soil nutrition and each wooden ruler

工程县 Engineering County	退耕模式 Returning farmland model	林种 Forest species	土壤养分含量 Soil nutrient content//mg/kg				树种组成 Species composition	树高 Tree height m	胸径(地径) Breast diameter (ground diameter) cm
			有机质 Organic matter	速效氮 Available nitrogen	速效磷 Available phosphorus	速效钾 Available potassium			
奇台 Qitai	退耕地还林	生态林	4.38	13.38	4.37	86.18	榆树、文冠果	2.38	5.26
		灌木林	4.03	10.20	4.63	64.16	梭梭、柽柳	1.86	3.56
		经济林	4.12	13.17	5.02	73.78	海棠果	2.20	5.60
	荒山荒造	生态林	2.08	9.42	2.59	53.71	榆树	4.92	12.98
		经济林	6.52	9.73	5.21	63.30	酸枣	3.18	4.12
		灌木林	4.24	12.18	6.47	69.16	梭梭	2.67	3.18
	封山育林	生态林	4.61	14.77	5.92	83.18	沙枣	5.73	4.96
		灌木林					柽柳	4.29	3.98
轮台 Luntai	退耕地还林	生态林	3.29	11.21	5.30	61.09	红枣、苹果、香梨、杏树	3.56	13.78
		灌木林	3.85	12.96	5.02	57.92	柽柳、梭梭、黑果枸杞	4.19	4.59
		经济林	4.21	13.18	4.26	82.19	红枣	4.17	8.23
	荒山荒造	生态林	4.13	11.97	4.04	74.92	杨树	9.05	6.73
		灌木林	3.71	10.38	5.27	58.17	梭梭、柽柳、盐节木	1.53	2.10
		经济林	4.02	10.94	4.86	65.93	杏树、香梨	2.20	2.80
	封山育林	生态林	4.17	12.22	4.87	72.18	胡杨	12.87	7.98
		灌木林	4.82	11.97	4.26	74.65	柽柳、梭梭	2.87	4.23
托克逊 Toksun	退耕地还林	生态林	3.97	12.02	5.02	62.01	杨树、榆树	6.13	4.28
		灌木林	3.98	11.83	5.12	60.17	梭梭	1.65	2.03
		经济林	4.12	11.95	5.04	75.93	红枣	2.10	3.20
	荒山荒造	生态林	3.67	10.93	4.73	59.32	杨树	6.30	3.70
		灌木林	3.98	10.65	4.74	64.18	梭梭	1.30	1.60
		经济林	4.14	11.30	5.16	66.72	葡萄、红枣	1.70	1.60
	封山育林	生态林	4.06	11.41	5.04	70.16	杨树	15.48	7.40
		灌木林	4.00	11.28	5.32	68.16	梭梭	2.20	1.80

1.3 数据处理 用 SPSS 进行单因素方差分析、独立样本 *t* 检验和多重比较。

2 结果与分析

2.1 新疆退耕还林工程不同退耕模式间土壤养分比较

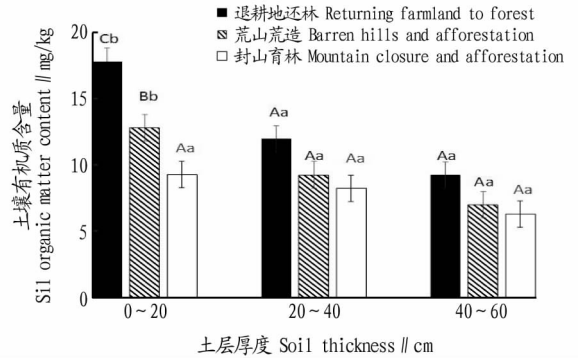
2.1.1 有机质含量

从图 1 可以看出,各土层 3 种退耕模式间土壤有机质含量均表现为退耕地还林>荒山荒造>封山育林。方差分析表明,退耕模式仅对 0~20 cm 土层土壤有机质含量影响显著($P < 0.05$),对 20~40 和 40~60 cm 土层的影响不显著($P > 0.05$)。0~20 cm 土层退耕地还林的土壤有机质含量分别是荒山荒造和封山育林的 1.39、1.92 倍;20~40 cm

土层分别是荒山荒造和封山育林的 1.29、1.45 倍;40~60 cm 土层分别是荒山荒造和封山育林的 1.32、1.46 倍。同种退耕模式下,随着土层的增加,土壤有机质呈现不断降低的趋势。方差分析表明,退耕地还林模式和荒山荒造模式下,土层对土壤有机质含量的影响显著($P<0.05$),但 LSD 多重比较表明退耕地还林模式下,只有 0~20 cm 土层与 20~40、40~60 cm 土层间的土壤有机质含量差异显著,20~40 与 40~60 cm 土层间土壤有机质含量差异不显著。封山育林模式下,各土层的差异均不显著($P>0.05$)。

2.1.2 速效氮和速效磷含量。从图 2 可以看出,各土层 3 种退耕模式间土壤速效氮、速效磷含量均表现为退耕地还林>封山育林>荒山荒造,方差分析表明,各土层退耕模式对土壤速效氮含量影响均显著($P<0.05$),但仅对 0~20 cm 土层土壤速效磷的影响显著,对 20~40 和 40~60 cm 土层土壤速效磷的影响均不显著。LSD 多重比较表明,0~20 cm 土层,3 种退耕模式间土壤速效氮含量差异均显著($P<0.05$);20~40 与 40~60 cm 土层只有荒山荒造与其他 2 种退耕模式土壤速效氮含量差异显著($P<0.05$),其他退耕模式间差异不显著($P>0.05$)。方差分析表明,除荒山荒造模式下土层对土壤

速效磷含量的影响不显著外($P>0.05$),其余退耕模式下土层对土壤速效磷含量的影响均显著($P<0.05$)。

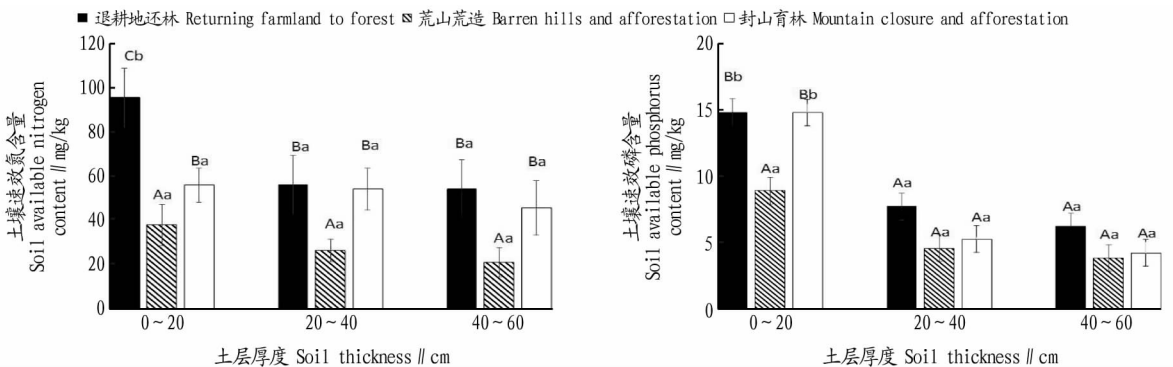


注:不同大写字母表示不同模式之间的差异($P<0.05$);不同小写字母表示不同土层厚度之间的差异($P<0.05$)

Note: Different capital letters indicate differences between different models ($P < 0.05$); different lowercase letters indicate differences between different soil thicknesses ($P < 0.05$)

图 1 新疆不同退耕模式土壤有机质含量比较

Fig.1 Comparison of soil organic matter content in different returning farmland models in Xinjiang



注:不同大写字母表示不同模式之间的差异($P<0.05$);不同小写字母表示不同土层厚度之间的差异($P<0.05$)

Note: Different capital letters indicate differences between different models ($P < 0.05$); different lowercase letters indicate differences between different soil thicknesses ($P < 0.05$)

图 2 新疆不同退耕模式土壤速效氮和速效磷含量比较

Fig.2 Comparison of soil available nitrogen and available phosphorus contents in different returning farmland models in Xinjiang

2.1.3 速效钾。从图 3 可以看出,各土层 3 种退耕模式间土壤速效钾含量均表现为退耕地还林>荒山荒造>封山育林,且退耕模式对土壤速效钾含量影响均显著($P<0.05$)。3 种退耕模式均表现为随着土层深度的增加,土壤速效钾含量逐渐降低。只有退耕地还林模式下各土层间土壤速效钾含量差异显著,其余退耕模式下各土层差异均不显著($P>0.05$)。

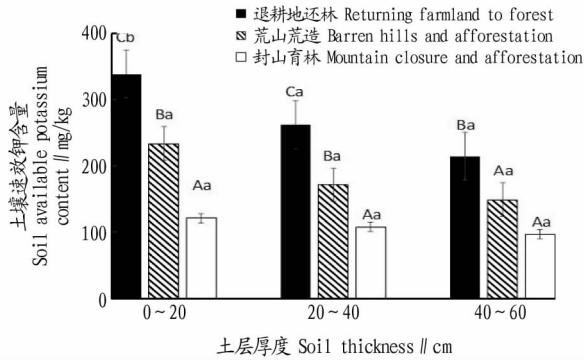
2.2 新疆退耕还林工程不同退耕林种间土壤养分比较

2.2.1 有机质含量。从图 4 可以看出,各土层 3 种退耕林种间土壤有机质含量均表现为经济林>生态林>灌木林。方差分析表明,退耕林种对各土层土壤有机质含量影响均显著($P<0.05$)。0~20 cm 土层经济林的土壤有机质含量分别是生态林和灌木林的 1.42 和 1.84 倍,20~40 cm 土层分别是 1.37 和 1.80 倍,40~60 cm 土层分别是 1.25 和 1.74 倍,说明随着土层的加深,退耕林种对土壤有机质的影响逐渐降低。同种退耕林种下,随着土层的增加,土壤有机质含量呈现不

断降低的趋势,其中经济林各土层间土壤有机质含量降低的幅度最大,其次为灌木林。方差分析表明,经济林和生态林各土层土壤有机质含量差异显著($P<0.05$),其余林种土层间差异不显著($P>0.05$)。

2.2.2 速效氮含量。从图 5 可以看出,0~20 cm 土层 3 种林种间土壤速效氮含量均表现为经济林>生态林>灌木林;20~40 和 40~60 cm 土层表现为经济林>灌木林>生态林。方差分析表明退耕林种对各土层土壤速效氮含量影响显著($P<0.05$)。且 LSD 多重比较表明,0~20 cm 土层 3 种林种间土壤速效氮含量差异均显著($P<0.05$)。

2.2.3 速效磷含量。从图 6 可以看出,各土层 3 种退耕林种间土壤速效磷含量均表现为经济林>灌木林>生态林,方差分析表明,退耕林种对各土层土壤速效磷含量影响均显著($P<0.05$)。0~20 cm 土层经济林的土壤速效磷含量分别是生态林和灌木林的 1.42 和 1.84 倍;20~40 cm 土层分别是 1.37

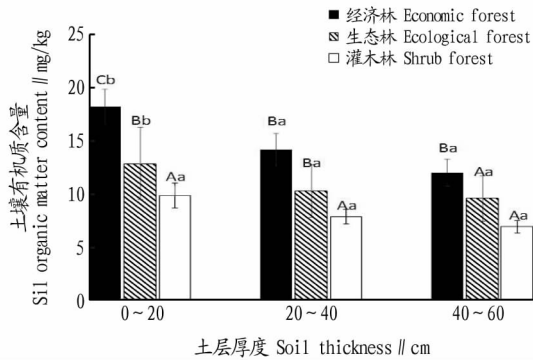


注:不同大写字母表示不同模式之间的差异($P < 0.05$);不同小写字母表示不同土层厚度之间的差异($P < 0.05$)

Note: Different capital letters indicate differences between different models ($P < 0.05$); different lowercase letters indicate differences between different soil thicknesses ($P < 0.05$)

图3 新疆不同退耕模式间土壤速效钾含量比较

Fig.3 Comparison of soil available potassium contents in different returning farmland models in Xinjiang



注:不同大写字母表示不同退耕林种之间的差异($P < 0.05$);不同小写字母表示不同土层厚度之间的差异($P < 0.05$)

Note: Different capital letters indicate differences between different converted forests ($P < 0.05$); different lowercase letters indicate differences between different soil thicknesses ($P < 0.05$)

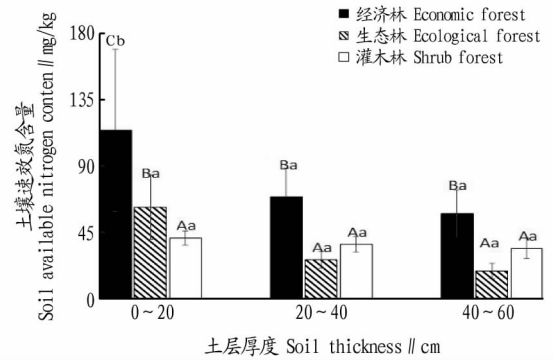
图4 新疆不同退耕林种间土壤有机质含量

Fig.4 Soil organic matter contents in different forest category of returning farmland to forest patterns

和1.80倍;40~60 cm 土层分别是1.25和1.74倍。多重比较表明,0~20 cm 土层只有经济林与其他林种间土壤速效磷含量差异显著($P < 0.05$),20~40和40~60 cm 土层只有生态林与其他林种间差异显著($P < 0.05$)。

2.2.4 速效钾含量。从图7可以看出,各土层3种退耕林种间土壤速效钾含量均表现为灌木林>经济林>生态林,方差分析表明,退耕林种对各土层土壤速效钾含量影响均显著($P < 0.05$)。0~20 cm 土层灌木林的土壤速效钾含量分别是生态林和灌木林的2.45和1.92倍;20~40 cm 土层分别是2.82和2.08倍;40~60 cm 土层分别是2.73和1.92倍。多重比较表明,0~20 cm 土层只有灌木林与其他林种间土壤速效钾含量差异显著($P < 0.05$)。

2.3 新疆退耕还林工程不同退耕年限间土壤养分比较 从

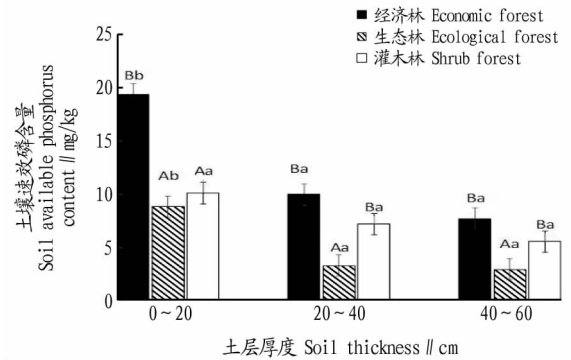


注:不同大写字母表示不同退耕林种之间的差异($P < 0.05$);不同小写字母表示不同土层厚度之间的差异($P < 0.05$)

Note: Different capital letters indicate differences between different converted forests ($P < 0.05$); different lowercase letters indicate differences between different soil thicknesses ($P < 0.05$)

图5 新疆不同退耕林种间土壤速效氮含量

Fig.5 Soil available nitrogen contents in different forest category of returning farmland to forest patterns



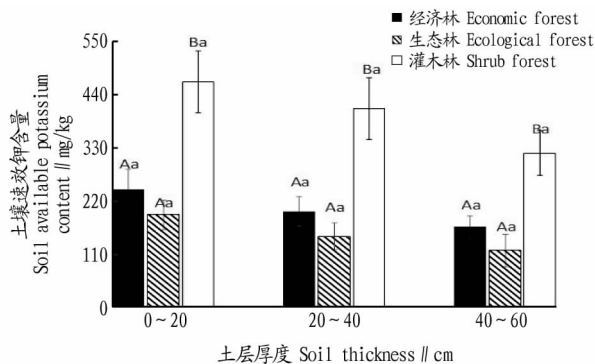
注:不同大写字母表示不同退耕林种之间的差异($P < 0.05$);不同小写字母表示不同土层厚度之间的差异($P < 0.05$)

Note: Different capital letters indicate differences between different converted forests ($P < 0.05$); different lowercase letters indicate differences between different soil thicknesses ($P < 0.05$)

图6 新疆不同退耕林种间土壤速效磷含量

Fig.6 Soil available phosphorus contents in different forest category of returning farmland to forest patterns

图8可以看出,退耕地还林在退耕还林工程实施的第5年土壤有机质、速效氮、速效磷、速效钾明显增加,而且随着退耕时间的延长,增加的幅度增大;封山育林模式和荒山荒造模式在工程实施的第10年土壤有机质开始明显增加,但增加的幅度相对于退耕地还林模式的幅度较低。退耕还林工程实施的第5年封山育林模式土壤速效磷含量高于退耕地还林。退耕地还林在第10年急剧增加,并逐渐高于封山育林,而后增加速度减慢,趋于均匀增长。封山育林模式从退耕还林工程实施5年后土壤钾含量迅速增加,增加幅度高于退耕地还林。方差分析表明,退耕年限对土壤有机质、土壤速效氮、土壤速效磷和土壤速效钾含量均有显著影响($P < 0.05$)。同时退耕年限和退耕模式交互作用对土壤养分也有显著影响($P < 0.05$)。



注:不同大写字母表示不同退耕林种之间的差异 ($P < 0.05$);不同小写字母表示不同土层厚度之间的差异 ($P < 0.05$)

Note: Different capital letters indicate differences between different converted forests ($P < 0.05$); different lowercase letters indicate differences between different soil thicknesses ($P < 0.05$)

图7 新疆不同退耕林种间土壤速效钾含量

Fig.7 Soil available potassium contents in different forest category of returning farmland to forest patterns

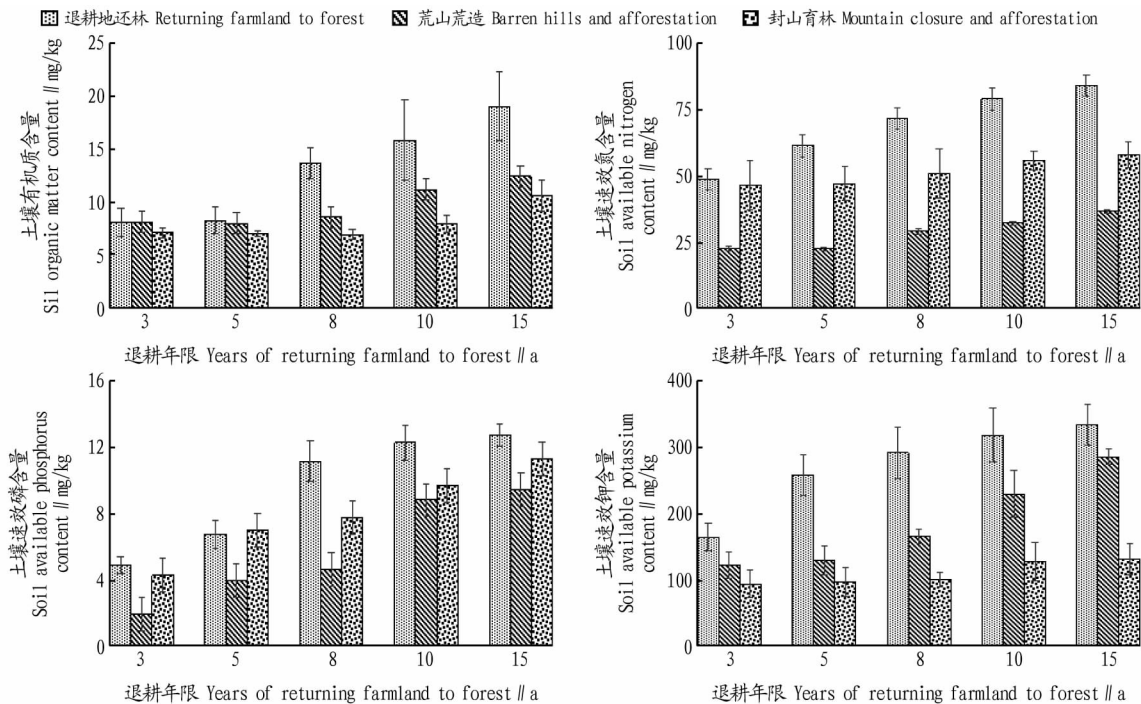


图8 不同退耕年限土壤养分含量

Fig.8 Soil nutrient content in different years of returning farmland to forest

为退耕地还林>封山育林>荒山荒造。这是由于退耕地还林中水肥管理技术完善,如在核桃种植过程中,9月中旬开沟施基肥,在花前或展叶期追肥一次,以速效氮为主,叶面肥施尿素、过磷酸钙和硫酸钾等且一年灌溉3次,保证了植株生长的水肥供应,增加了土壤速效氮、速效磷含量及叶片中氮磷钾含量,改善了树木长势,通过凋落物分解进入到土壤中的速效氮、速效磷含量也不断增加。封山育林模式中,缺乏合理的水肥管理,土壤养分在自然循环状态下累积,因而相对于退耕地还林模式较低。荒山荒造模式下速效氮、速效磷含量低于其他2种模式的原因可能是:①由于在造林前,土壤本地状况欠佳;②新疆荒造模的树种主要是灌木梭梭和柃

3 讨论

3.1 新疆退耕还林工程对土壤养分的影响 各土层3种退耕模式间土壤有机质、土壤速效氮、土壤速效磷和土壤速效钾均表现为退耕地还林最高。有研究表明,退耕还林具备提升土壤碳库及其质量的潜力^[19-21]。实施退耕还林后,退耕地还林土壤有机质含量显著高于其他2种模式,这可能是由于新疆退耕地还林地多为经济林树种,水肥管理较为精细^[16],树木长势较好,生长速度快,根系发达,凋落物储量较高,良好的水热条件有利于微生物的活动,进而促进了凋落物的分解,因此提高了土壤有机质含量^[22-23]。荒山荒造模式下,造林前土壤立地条件、土壤保水和保肥能力较差,造林后树木长势相对较弱,水热条件也不利于凋落物的分解和有机质含量累积,导致土壤有机质含量相对于退耕地还林模式较低。而在封山育林模式下,多为天然灌木林和乔木林胡杨及杨树,水热条件更为恶劣,因此即使是封山育林后土壤有机质含量的累积也不及其他2种退耕模式。

各土层3种退耕模式间土壤速效氮、速效磷含量均表现

柳,极少地区为沙枣、红枣、杨树,这些树种中除了红枣具有一定的经济价值,其余树种多为生态价值,因此种植农户管理粗放,且栽植的灌木梭梭、柃柳、沙枣、红枣等多为2~3年生的幼树,与封山育林模式中的天然灌木梭梭、柃柳、沙枣林相比,胸径、树高、冠幅等都较低,凋落物累积量低,且分解缓慢,因此土壤速效氮、速效磷含量不高^[24]。

各土层3种退耕模式间土壤速效钾含量均表现为退耕地还林>荒山荒造>封山育林。这可能是由于新疆退耕还林工程中荒山荒造的地块土壤钾含量较低,在造林后施钾肥导致。

3.2 新疆退耕还林工程中林种对土壤养分的影响 3种退

耕林种间土壤有机质、速效氮、速效磷含量均表现为经济林最高。同样,这也与经济林田间管理精细有关。土壤速效钾含量表现为灌木林最高。一方面这与新疆灌木林内的部分伴生种具有“吸钾排钠”的功能有关,如猪毛菜、花花柴等^[25];另一方面与新疆退耕还林地灌木怪柳、梭梭根部接种大芸有关。为了提高退耕还林工程的综合效益,新疆在灌木怪柳、梭梭根部接种大芸,而大芸对钾肥的需求较高^[26]。

3.3 新疆退耕年限对土壤养分的影响 新疆退耕还林工程随着退耕年限延长,林地凋落物逐渐增加,而林地土壤中土壤有机碳和氮的补充和积累主要来自凋落物分解、根系残体及其分泌物^[27-28]。有研究表明,林地通过自身生物量碳的投入显著增加了土壤碳、氮含量^[27]。因此,不同退耕年限对土壤有机碳含量增加有很大的促进作用。土壤有机碳含量随退耕年限的增加而增大,但其增长速度并不相同。另外,由于新疆干旱少雨,土壤瘠薄,在林业经营活动中,为了提高树木的成活率、长势及产量,需采取精细的水肥管理,也导致土壤中速效养分逐年累计,呈现不同的增长趋势。

4 结论

3种退耕模式间土壤有机质含量均表现为退耕地还林>荒山荒造>封山育林;土壤速效氮、速效磷含量均表现为退耕地还林>封山育林>荒山荒造,退耕模式仅对0~20 cm土层土壤有机质、速效氮、速效磷含量影响显著。土壤速效钾含量均表现为退耕地还林>荒山荒造>封山育林,退耕模式对各土层含量影响均显著。

各土层3种退耕林种间土壤有机质含量均表现为经济林>生态林>灌木林,退耕林种对各土层土壤有机质含量影响均显著。0~20 cm土层土壤速效氮含量均表现为经济林>生态林>灌木林;20~40和40~60 cm土层表现为经济林>灌木林>生态林;3种退耕林种间土壤速效磷含量表现为经济林>灌木林>生态林;土壤速效钾含量均表现为灌木林>经济林>生态林。

退耕地还林在工程实施的第5年土壤有机质、速效氮、速效磷、速效钾明显增加;封山育林模式和荒山荒造模式在工程实施的第8年土壤有机质开始明显增加,增加的幅度相对于退耕地还林模式的幅度较低。封山育林模式在工程实施5年土壤钾含量迅速增加,增加幅度高于退耕地还林。

参考文献

- [1] 李世东.中国退耕还林研究[M].北京:科学出版社,2004.
- [2] 国家林业局.2016年退耕还林工程生态效益监测国家报告[M].北京:

- 中国林业出版社,2016.
- [3] 鲁天平,郭靖,陈梦,等.新疆林果产业大风沙尘灾害风险评估模型构建及区划[J].农业工程学报,2016,32(S2):169-176.
- [4] 殷传杰,李琳.新疆退耕还林工程典型技术模式[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,2010.
- [5] 丁文广,魏靓丽,杨军梅,等.甘肃省中部干旱区植被恢复对土壤养分变化的影响研究[J].干旱区资源与环境,2012,26(1):159-163.
- [6] 曹裕松,吴风云,肖宜安,等.退耕还林对土壤养分含量及其垂直分布的影响[J].生态环境学报,2016,25(2):196-201.
- [7] 杨君珑,李小伟,曹兵,等.六盘山生态移民迁出区不同植被恢复模式对土壤养分和土壤酶活性的影响[J].西南林业大学学报,2018,38(5):13-19.
- [8] 邢菊香,郭建英,赵杏花,等.黄土丘陵区退耕还林后土壤物理性质恢复特征的研究:以陕西省吴起县为例[J].内蒙古农业大学学报,2010,31(1):41-46.
- [9] 陶玉华,向达永,郭野,等.柳州市三种人工林土壤有机碳储量的空间分布[J].湖北农业科学,2012,51(10):1990-1993.
- [10] 王得祥.西北地区退耕还林(草)及其植被恢复途径研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2001.
- [11] 李姝江,朱天辉,刘子雄.不同退耕还林模式对土壤生物学性质的影响效果评价[J].水土保持通报,2013,33(6):129-135.
- [12] 王珠娜,潘磊,余雪标,等.退耕还林生态效益评价研究进展[J].西南林学院学报,2007,27(1):91-96.
- [13] 李敏,姚顺波.退耕还林工程综合效益评价[J].西北农林科技大学学报(社会科学版),2016,16(3):118-124.
- [14] 胡冬冬.广西不同退耕还林模式生态效益监测与评价[D].南宁:广西大学,2015.
- [15] 杨艺渊,高亚琪.新疆退耕还林工程碳汇效益评价:以塔城地区为例[J].林业资源管理,2011(6):37-40.
- [16] 卢妖虎.新疆奇台县退耕还林工程建设效益评价[C]//中国水土保持学会.中国北方退耕还林工程建设管理与效益评价实践.北京:蓝天出版社,2008.
- [17] 宁应之,万贯红,杨元罡,等.甘肃省徽县不同退耕还林模式下土壤纤毛虫群落特征[J].生态学杂志,2019,38(6):1697-1706.
- [18] 苏成西,尚宇南,洪云洪,等.普洱市不同退耕还林模式改良土壤效应研究[J].中国水土保持,2013(11):46-50,79.
- [19] 苏成西,尚宇南.不同退耕还林模式的土壤抗冲性研究[J].河南农业科学,2015,43(8):57-63.
- [20] 胡建忠,周心澄,李文忠,等.退耕地青海云杉人工林土壤抗冲性试验研究[J].水土保持学报,2004,18(6):6-10.
- [21] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:上海科学技术出版社,1978.
- [22] 郭永红,张义华,张宏霞,等.天水市退耕还林(草)不同造林模式对土壤养分的影响[J].安徽农业科学,2010,38(30):16980-16983.
- [23] 刘向阳,刘小平.永新县退耕还林对土壤养分含量及其垂直分布的影响[J].江西农业,2018(18):86,93.
- [24] 曹裕松,吴风云,肖宜安,等.退耕还林对土壤养分含量及其垂直分布的影响[J].生态环境学报,2016,25(2):196-201.
- [25] 殷传杰,李琳.新疆退耕还林技术栽培模式[M].乌鲁木齐:新疆科技出版社,2015.
- [26] 赵昕,杨小菊,石勇,等.盐胁迫下荒漠共生植物红砂与珍珠的根茎叶中离子吸收与分配特征[J].生态学报,2014,34(4):963-972.
- [27] 吴建平,韩新辉,任成杰,等.黄土丘陵区不同恢复年限退耕林地土壤碳氮差异及其影响因素[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2017,45(6):123-133.
- [28] 饶丽仙,沈艳,聂明鹤.宁夏典型草原不同退耕年限草地植物-土壤生态化学计量特征[J].草业学报,2017,26(4):43-52.