

# 陕北黄土区衰退沙棘人工林改良土壤的作用

刘蕾蕾<sup>1</sup>, 朱清科<sup>1</sup>, 赵维军<sup>1</sup>, 姚文俊<sup>1</sup>, 马欢<sup>1</sup>, 陈文思<sup>1</sup>, 卜耀军<sup>1,2</sup>

(1. 北京林业大学 水土保持学院水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 榆林学院, 陕西 榆林 719000)

**摘要:** 为研究衰退沙棘人工林对土壤的改良功能, 对陕北黄土区衰退沙棘人工林分轻度、中度、重度3种衰退类型进行了研究。结果表明: (1) 3种衰退类型沙棘人工林0—60 cm土层土壤速效磷、速效钾含量较对照均有提高。(2) 轻度衰退沙棘人工林对40—60 cm土层土壤有效氮, 0—20 cm速效磷含量有显著提高作用。对20—40 cm土层土壤有效氮含量有极显著提高作用(由14.23 mg/kg增至22.39 mg/kg)。中度衰退沙棘人工林对20—60 cm土壤有机质、有效氮有显著提高作用。重度衰退沙棘人工林对0—20 cm土壤全氮含量的提高作用显著低于对照坡面。(3) 3种衰退类型沙棘人工林对20—40 cm土层速效磷含量的作用表现为中度衰退沙棘人工林最大, 其次是轻度衰退沙棘林。其他土层则表现为随着衰退程度加深, 沙棘人工林对土壤改良作用减弱。

**关键词:** 衰退沙棘人工林; 有机质; 氮素; 速效磷; 速效钾; pH值

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)03-0311-05

中图分类号: S156.99

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.03.061

## Soil Improvement by Degrade Sea-buckthorn Forests in Loess Region of Northern Shaanxi Province

LIU Lei-lei<sup>1</sup>, ZHU Qing-ke<sup>1</sup>, ZHAO Wei-jun<sup>1</sup>, YAO Wen-jun<sup>1</sup>, MA Huan<sup>1</sup>, CHEN Wen-si<sup>1</sup>, BO Yao-jun<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of the Ministry of Education, College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Yulin University, Yulin, Shaanxi 719000, China)

**Abstract:** In order to investigate the soil improvement by degrade sea-buckthorn forest, soil properties in 0—60 cm soil layers under slightly, moderately and severely degrade sea-buckthorn forests were measured. (1) The concentrations of soil available P and K under the three degrade sea-buckthorn forests in 0—60 cm soil layers were larger than those under undisturbed slopes. (2) The increases were significant at the level of 0.05 for the concentrations of soil available N in 40—60 cm soil layer and soil available P in 0—20 cm soil layer under slightly degrade sea-buckthorn forest. The increase was significant(at the level of 0.01) for the concentration of soil available N in 20—40 cm soil layer under slightly degrade sea-buckthorn forest(The available N content increased from 14.23 to 22.39 mg/kg in 20—40 cm soil layer). The increases were also significant(at the level of 0.05) for the concentration of soil organic matter and soil available N in 20—60 cm soil layer under moderately degrade sea-buckthorn forest. Decrease was significant(at the level of 0.05) for the concentration of soil total N in 0—20 cm soil layer under severely degrade sea-buckthorn forest. (3) The increases of soil available P in 20—40 cm soil layer under the three degrade sea-buckthorn forests were in the following order: moderately degrade forest>slightly decayed forest>severely degrade forest. Soil available P in the 0—20 and 20—40 cm soil layers increased as the following order: slightly degrade forest > moderately degrade forest>severely degrade forest.

**Keywords:** degrade sea-buckthorn forest; organic matter; N element; available P; available K; pH value

黄土高原是中国新构造运动比较活跃的地区, 加之地形破碎, 植被稀少, 暴雨强烈, 特别是受黄土层深厚、岩性松软的影响, 土壤侵蚀十分严重。同时由于

降水不足, 土壤水分亏缺, 生态环境脆弱, 植被恢复困难较大<sup>[1-2]</sup>。沙棘(*Hippophae rhamnoides*)有抗旱、抗寒、抗瘠薄的自然特性, 并具有较强的防风固沙、保

收稿日期: 2013-12-23

修回日期: 2014-01-14

资助项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目“黄土及华北石质山地水土保持林体系构建技术研究与示范”(2011BAD38B0601)

作者简介: 刘蕾蕾(1988—), 女(汉族), 河北省沧州市人, 硕士研究生, 研究方向为生态环境地理、生态恢复学。E-mail: liulei8811@126.com。

通信作者: 朱清科(1956—), 男(汉族), 宁夏回族自治区固原市人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事林业生态工程及农林复合方面的研究。  
E-mail: zhuqingke@sohu.com。

持水土及固氮培土的生态作用,且因其果实及种子等具有一定经济收益,为中国干旱半干旱地区主要生态经济树种,在“三北”干旱、半干旱地区生态环境建设及林业产业发展中具有重要的地位<sup>[3-4]</sup>。据李敏等<sup>[5]</sup>研究,截至 2005 年,在前 20 a 多中国平均每年营造沙棘人工林  $8.00 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,至 2005 年全国的总面积已达  $2.00 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ,成为世界沙棘种植大国。但中国沙棘人工林衰退乃至死亡现象时有发生。例如 1998—2001 年连续 4 a 干旱,“三北”部分地区的沙棘林长势衰退,导致沙棘木蠹蛾在老龄林中大面积爆发,造成近  $67\,000 \text{ hm}^2$  沙棘林死亡<sup>[6]</sup>,仅辽宁省建平县 2002 年就有  $33\,000 \text{ hm}^2$  沙棘林成片死亡。水分匮乏、气候、立地类型选择等均可导致森林衰退<sup>[7]</sup>。干旱胁迫是沙棘人工林衰退的主导因子,而繁殖和生长能力下降是中国沙棘人工林衰退的根本原因<sup>[3]</sup>。2010 年以来,陕北吴起县退耕还林工程形成的沙棘人工林也出现了衰退及至死亡现象,由此人们不仅对沙棘的适应性及沙棘人工林能否实现可持续经营产生质疑,同时衰退的沙棘人工林是否具有改良土壤功能,为后续植被恢复重建创造条件也需要研究确认。虽然,前人对沙棘林土壤进行了很多研究,李代琼等<sup>[8]</sup>研究了沙棘林对氮素、磷素年累积量,阮成江等<sup>[9]</sup>对沙棘林 1 m 以上土层土壤有机质、全氮、全磷、速效磷含量进行研究,刘增文等<sup>[10]</sup>、王佑民<sup>[11]</sup>研究了黄土高原沙棘群落的营养元素吸收、累积、分配与循环,张伟华等<sup>[12]</sup>研究了青海大通中国沙棘人工林对土壤有机质的影响,卢建利等<sup>[13]</sup>研究了不同林龄沙棘林土壤状况。但是,针对不同衰退乃至死亡沙棘人工林对土壤是否已产生了改良作用未见研究报道。为此,本研究选取吴起县不同衰退类型沙棘人工林为研究对象,探究沙棘人工林的改良土壤功能。

## 1 研究区概况与研究方法

### 1.1 研究区概况

研究区位于陕西省延安市西北部的吴起县,地理坐标为  $107^{\circ}38'57''$ — $108^{\circ}32'49''\text{E}$ ,  $36^{\circ}33'33''$ — $37^{\circ}24'27''\text{N}$ ,总面积  $3\,791.5 \text{ km}^2$ ,海拔  $1\,233 \sim 1\,809 \text{ m}$ 。吴起县地处黄河中游、北洛河和无定河上游,处于黄土高原腹地,属于森林草原过渡地带。地貌属于黄土高原梁状丘陵沟壑区,主要土壤类型为黄绵土。气候属于中温带半湿润、半干旱区,具有明显的半温带大陆性季风气候特征。年平均气温  $7.8^{\circ}\text{C}$ ,多年平均降雨量  $483.4 \text{ mm}$ ,雨季集中在 7—9 月,此期降水量多达全年降水量的 50%~80%,无霜期为  $83 \sim 136 \text{ d}$ 。

由于长期的人类经济活动,吴起县原生植被几乎

不复存在,目前主要是建国后栽种的人工林。植被类型表现为中温带森林灌丛草原植被向草原化森林灌丛草原植被过渡特征。乔木树种主要有河北杨(*Populus × hopeiensis* Hu et Chow)、小叶杨(*Populus simonii*)、旱柳(*Salix matsudana*)等;灌木状树种主要有沙棘、柠条(*Caragana korshinskii*)等;草本植物主要有芨芨蒿(*Artemisia giraldii*)、冷蒿(*Artemisia frigida*)、茵陈蒿(*Artemisia capillaris*)、针茅(*Stipa capillata*)、早熟禾(*Poa annua*)等。陕西省吴起县是目前中国沙棘人工林面积最大的县,沙棘人工林面积达  $8.00 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,占该县土地总面积的 21.1% 以上,以沙棘纯林为主,沙棘混交林主要是沙棘油松混交林,沙棘山杏混交林,沙棘刺槐混交林等。

### 1.2 样地选择和土壤采样点的布设

该地区沙棘人工林均于 1999 年栽植,即沙棘人工林的林龄均相同。数据调查在 2012 年 7 月中旬进行,根据吴起县 2009 年快鸟影像确定吴起县周边沙棘人工林主要分布位置,包括合沟流域、袁沟流域、柴沟流域、杨青川流域、金佛坪流域,对各流域分别进行全面踏查,了解该地区沙棘人工林所分布立地类型、生长状况等,并在以上几个流域内采用典型随机抽样法在沙棘人工林(纯林)内选择有代表性的 50 个  $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$  标准样方,并用 GPS 定位记录经纬度、海拔以便找寻。同时记录样方内沙棘的总丛数及死亡丛数,计算出样方的沙棘死亡率。在每个样方的对角线方向,用铁锹近等距地挖 3 个深度达  $60 \text{ cm}$  土壤剖面,分 0—10, 10—20, 20—40 和 40—60 cm 共 4 层采集混合样品,3 处的土壤充分混合后取  $500 \text{ g}$  装入布袋,用于测定土壤养分指标。选取与沙棘林栽植前与沙棘林同属一面坡的荒山坡上取对照样点,因此沙棘林栽植前与对照样点在立地类型、植被模式等生态特征一致,即土壤本底值一样,样方数与沙棘林地一致,以作对照。

### 1.3 测定指标与方法

选取土壤有机质、全氮、有效氮、速效磷、速效钾和 pH 值 6 个土壤养分指标,进行室内测定,测定方法如下:有机质的测定采用重铬酸钾—浓硫酸氧化法;全氮测定采用凯氏定氮法;有效氮的测定采用碱解扩散法;速效磷的测定采用  $0.5 \text{ mol/L NaHCO}_3$  浸提,钼蓝比色法;速效钾的测定采用  $\text{NH}_4\text{OAc}$  浸提——火焰光度法;pH 值的测定采用电位法<sup>[14]</sup>。

### 1.4 数据处理

以死亡率作为沙棘人工林衰退程度的表征指标,根据沙棘林死亡率,将沙棘林样地分为 3 个衰退类

型,将死亡率 0~30%沙棘人工林定义为轻度衰退沙棘人工林,轻度衰退沙棘人工林样方数 16 个;死亡率 30%~70%沙棘人工林定义为中度衰退沙棘人工林,中度衰退沙棘人工林样方数 17 个;死亡率 70%~100%沙棘人工林定义为重度衰退沙棘人工林,重度衰退沙棘人工林样方数 17 个。各样方的调查相对独立,因此各样本是相对独立的随机样本,且经过验证,各样本符合正态分布,因此可采用方差分析的方法进行显著性分析。土壤化学性质各指标数据用 Excel 2007 软件及 SPSS 19.0 进行系统处理,采用 Origin 8.0 绘图。

2 结果与分析

2.1 轻度衰退沙棘人工林地土壤养分

土壤质量是自然因素和人为因子共同作用的结果,土壤养分是影响植物生长的重要因素,而植物的生长水平反过来也影响着土壤状况<sup>[15-16]</sup>。土壤有机质是土壤肥力的重要物质基础,不仅为植物生长提供所需的营养元素,同时对土壤结构的形成、土壤保水功能的维持等具有重要的作用<sup>[17]</sup>。土壤 pH 值土壤盐碱性的衡量标准。轻度衰退沙棘人工林与对照坡面土壤养分各指标含量如表 1 所示。由表 1 可以看出,轻度衰退沙棘人工林土壤有机质、全氮、有效氮、速效钾含量均随着土层深度增加而逐渐降低,速效磷

含量先降低再增加,在 20—40 cm 土层达到最小值 0.76 mg/kg,而土壤碱性先增大再减小,20—40 cm 土层碱性最大。较对照坡面,轻度衰退沙棘人工林土壤有机质、速效磷、速效钾含量及 20 cm 以下土层土壤全氮、有效氮含量均有所提高,且土壤碱性增大。沙棘人工林土壤有机质含量增幅,随土层加深,先增大后减小,20—40 cm 土层取得最大值,增幅达 68.35%,且 20 cm 以下土层增幅与 20 cm 以上相差很大。土壤速效磷含量均高于对照坡面,0—10 和 10—20 cm 均达到显著水平,分别由 0.88 mg/kg 增长到 1.27 mg/kg,0.71 mg/kg 增长到 1.03 mg/kg,且增幅则随着土层加深,先减小后增大,20—40 cm 取得最小值 13.59%。土壤速效钾含量均高于对照坡面,20—40 和 40—60 cm 土层达到显著水平,增幅随土层加深,先增大后减小,20—40 cm 土层取得最大值,达 53.78%。轻度衰退沙棘人工林土壤和对照坡面土壤均呈碱性,沙棘林土壤碱性略大。轻度衰退沙棘人工林 20 cm 以上土层土壤全氮、有效氮含量低于对照坡面,20 cm 以下则相反。土壤全氮含量降低程度 0—10 cm 土层高于 10—20 cm 土层,有效氮则相反。20 cm 以下土层,土壤全氮含量随着土层加深而增大,有效氮反之。20 cm 以下土层,土壤有效氮含量高于对照坡面,20—40 cm 土层达到极显著水平( $p=0.005$ ),40—60 cm 达到显著水平( $p=0.045$ )。

表 1 轻度衰退沙棘人工林土壤养分含量

土层深度/cm	有机质/ (g·kg <sup>-1</sup> )		全氮/ (g·kg <sup>-1</sup> )		有效氮/ (mg·kg <sup>-1</sup> )		速效磷/ (mg·kg <sup>-1</sup> )		速效钾/ (g·kg <sup>-1</sup> )		pH 值	
	沙棘	对照	沙棘	对照	沙棘	对照	沙棘	对照	沙棘	对照	沙棘	对照
0—10	8.77	8.74	0.53	0.61	32.07	34.50	1.27*	0.88	11.03	9.26	8.93	8.85
10—20	7.74	7.74	0.49	0.52	26.41	32.04	1.03*	0.71	8.59	6.46	8.98	8.87
20—40	6.93	4.10	0.43	0.32	22.39**	14.23	0.76	0.73	7.83*	5.18	9.00	8.86
40—60	6.03	3.83	0.37	0.26	21.04*	16.06	0.96	0.73	7.53*	5.18	8.98	8.88
0—60	7.07	5.39	0.44	0.38	24.22	21.19	0.96	0.75	8.39	6.07	9.08	8.87

注: \* 表示达到显著水平( $p<0.05$ ); \*\* 表示达到极显著水平( $p<0.01$ )。下同。

2.2 中度衰退沙棘人工林土壤养分

中度衰退沙棘人工林与对照坡面土壤养分各指标含量如表 2 所示。由表 2 可知,中度衰退沙棘人工林土壤有机质、全氮、有效氮、速效钾含量均随着土层加深而降低。土壤速效磷含量则先降低而后又增加,在 20—40 cm 土层取得最小值 0.90 mg/kg,而土壤碱性则随土层加深逐渐增大。中度衰退沙棘人工林土壤有机质、速效磷、速效钾含量及 20 cm 以下土层土壤全氮、有效氮含量均有所提高,且土壤碱性略有增大。土壤有机质含量均高于对照坡面,20—40 和

40—60 cm 土层达到显著水平,分别由 4.10 g/kg 增加至 5.56 g/kg,3.83 g/kg 增加至 4.76 g/kg,同时增幅随土层加深,先增大后减小,在 20—40 cm 取得最大值 39.75%。土壤速效磷含量增幅则随着土层加深逐渐减小。土壤速效钾含量增幅随土层加深,先增大后减小,且 20—40 和 40—60 cm 达到显著水平, $p$  值分别为 0.046 和 0.041。与轻度衰退沙棘人工林一致,中度衰退沙棘人工林 20 cm 以上土层土壤全氮、有效氮含量低于对照坡面,20 cm 以下则相反。土壤全氮、有效氮含量降低程度 0—10 cm 土层低于

10—20 cm 土层。20 cm 以下土层,土壤全氮含量增幅随着土层加深而增大,有效氮反之。20—40 和 40—60 cm 土层有效氮含量显著高于对照坡面,增幅分别为 47.64%,15.27%。

表 2 中度衰退沙棘人工林土壤养分含量

土层深度/cm	有机质/ (g · kg <sup>-1</sup> )		全氮/ (g · kg <sup>-1</sup> )		有效氮/ (mg · kg <sup>-1</sup> )		速效磷/ (mg · kg <sup>-1</sup> )		速效钾/ (g · kg <sup>-1</sup> )		pH 值	
	沙棘	对照	沙棘	对照	沙棘	对照	沙棘	对照	沙棘	对照	沙棘	对照
0—10	10.34	9.37	0.56	0.61	36.45	38.63	1.21	1.03	10.35	9.26	8.88	8.85
10—20	7.18	6.70	0.42	0.52	25.12	32.04	0.91	0.71	7.59	6.46	8.93	8.87
20—40	5.56*	4.10	0.33	0.33	20.16*	14.23	0.90	0.79	7.17*	5.18	8.96	8.86
40—60	4.76*	3.83	0.29	0.26	17.03*	14.26	0.91	0.77	6.63*	5.18	9.72	8.88
0—60	6.36	5.32	0.37	0.39	22.66	21.28	0.96	0.81	7.59	6.07	9.19	8.87

### 2.3 重度衰退沙棘人工林地土壤养分

重度衰退沙棘人工林与对照坡面土壤养分各指标含量如表 3 所示。由表 3 可以看出,重度衰退沙棘人工林土壤有机质、全氮、有效氮、速效钾含量均随着土层加深而减小。速效磷、速效钾含量提高,土壤碱性略有增大的同时,20 cm 以下土层土壤有机质、全氮、有效氮含量却均有所下降。重度衰退沙棘人工林土壤速效磷含量增幅随土层加深,先增大后减小,

10—20 cm 土层取得最大值 22.70%。土壤速效钾含量增幅,随土层加深而逐渐增大。

土壤 pH 值较对照坡面仍有所增大,而随土层加深,增幅越来越小。土壤有机质含量 20 cm 以上土层低于对照坡面,且随土层加深,降低程度越大,10—20 cm 土层由 6.83 g/kg 增加至 7.74 g/kg。20 cm 以下土层土壤有机质含量高于对照坡面,且随着土层加深,增幅减小。

表 3 重度衰退沙棘人工林土壤养分含量

土层深度/cm	有机质/ (g · kg <sup>-1</sup> )		全氮/ (g · kg <sup>-1</sup> )		有效氮/ (mg · kg <sup>-1</sup> )		速效磷/ (mg · kg <sup>-1</sup> )		速效钾/ (g · kg <sup>-1</sup> )		pH 值	
	沙棘	对照	沙棘	对照	沙棘	对照	沙棘	对照	沙棘	对照	沙棘	对照
0—10	8.77	9.37	0.49*	0.61	27.89	30.70	0.98	0.75	9.84	9.26	8.97	8.85
10—20	6.83	7.74	0.35*	0.52	26.75	32.04	0.90	0.71	8.05	6.46	8.05	8.03
20—40	5.21	4.10	0.31	0.30	21.70	14.23	0.70	0.57	6.80	5.18	8.95	8.86
40—60	4.42	3.83	0.28	0.26	19.42	17.99	0.73	0.59	6.78	5.18	8.95	8.88
0—60	5.81	5.49	0.34	0.38	22.82	21.20	0.79	0.63	7.51	6.07	8.80	8.73

重度衰退沙棘人工林 20 cm 以上土层土壤全氮、有效氮含量低于对照坡面的同时,20—40 cm 土壤全氮含量亦低于对照坡面,而 20—40 cm 土层土壤有效氮增幅却最大,这证明此土层氮素的有效化的转化过程相对活跃。且 0—10 和 10—20 cm 土层全氮含量显著低于对照坡面,含量分别由 0.61 g/kg 降低至 0.49 g/kg,由 0.52 g/kg 降至 0.35 g/kg。有效氮含量降低程度 0—10 cm 土层高于 10—20 cm 土层,全效氮刚好相反。20 cm 以下土层,土壤有效氮含量增幅随着土层加深而减小。

### 2.4 各类型衰退沙棘人工林地土壤养分比较

3 种衰退类型沙棘人工林对土壤化学性质的影响有所异同,土壤各养分指标增幅比较结果如图 1 所示。由图 1 可见,对 0—10 cm 土层的改良作用主要体现在土壤速效磷和速效钾上,且改良作用轻度衰退沙棘人

工林最好,其次是中度,最后是重度。10—20 cm 土层与 0—10 cm 土层基本一致,但 3 种衰退类型沙棘人工林对土壤速效钾的提高作用大小顺序有所不同,表现为轻度衰退沙棘林最大,其次是重度衰退沙棘林。3 种衰退沙棘人工林 20 cm 以下土层土壤各化学性质指标均高于对照坡面。

土壤有机质、全氮、速效钾均表现为轻度衰退沙棘人工林增幅最大,重度衰退沙棘人工林最小,有效氮则表现为轻度最大,中度最小,说明中度衰退类型沙棘人工林对有效氮的消耗较高。速效磷 20—40 cm 土层表现为中度衰退沙棘人工林最大,其次是轻度衰退沙棘林,原因可能是由于中度衰退人工沙棘林能进行磷素的积累和再分配,造成有效磷含量增加。而黄土高原普遍富钾缺磷,因此对磷素的提高作用应引起关注。

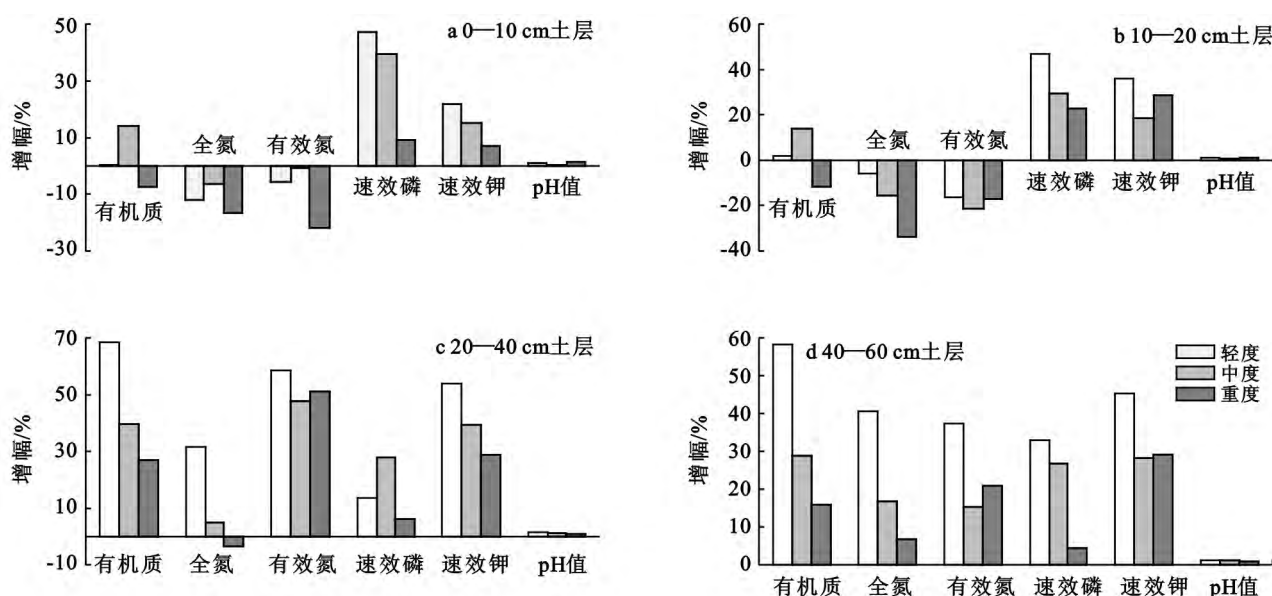


图1 各类型衰退沙棘人工林各土层土壤养分指标增幅比较

### 3 结论

3种衰退类型沙棘人工林对各层土壤速效磷、速效钾均有改良作用,土壤碱性略有增大。轻度和中度衰退类型沙棘人工林对土壤有机质含量及20 cm以下土层全氮、有效氮含量有提高作用。重度衰退类型沙棘人工林对20 cm以下土壤有机质、有效氮含量有提高作用,而对土壤全氮改良作用仅表现在40—60 cm土层,与阮成江等<sup>[9]</sup>的研究结果一致。主要是因为沙棘根系发达,有非豆科的根瘤菌,能有效固氮,对土壤氮素含量有提高作用,但沙棘根系属于浅层水平根,主要集中在20 cm上下的土层中<sup>[18-19]</sup>。赵护兵等<sup>[20]</sup>研究结果显示,沙棘较柠条、狼牙刺、杂灌木的灌木树种,其氮素和磷素的年存留量最大,与本文研究结果契合。衰退沙棘人工林对土壤有明显改善作用,这为后续树种创造了条件,在物种演替和生态修复过程中发挥了作用,因此通过营造沙棘人工林进行植被恢复是有意义的。

养分元素循环与平衡直接影响生产力的高低,并关系到生态系统的稳定和持续<sup>[20]</sup>。轻度衰退沙棘人工林对20 cm以下土壤有效氮有显著提高作用,同时对20 cm以上速效磷有显著提高作用。重度衰退沙棘人工林对20 cm以下土壤有机质、有效氮有显著提高作用。而氮素是土壤基本元素,同时黄土高原普遍富钾缺磷,因此此研究结果对沙棘人工林的营造意义提供了依据,这与赵护兵等<sup>[20]</sup>对黄土高原地区生态建设提出的重视氮磷化肥尤其磷肥投入的建议相吻合。

3种类型沙棘人工林土壤有机质,全氮,有效氮,

速效钾含量均随着土层深度增加而逐渐降低,这与卢建利等<sup>[13]</sup>的研究相一致。3种衰退类型沙棘人工林对0—20 cm的表层土壤的改良作用主要体现在土壤速效磷和速效钾上,而对20—60 cm土层土壤养分各指标均有提高作用。3种衰退类型沙棘林对土壤速效磷含量均有提高作用,20—40 cm土层表现为中度衰退沙棘人工林提高最大,其次是轻度衰退沙棘林。其他土层则表现为随着衰退程度加深,提高作用减弱。因此,在该地区生态建设工作中,若考虑将衰退沙棘林地进行改造,需考虑沙棘衰败程度,建议于中度衰退时期进行整改。

### [参考文献]

- [1] 李萍,朱清科,刘中奇.半干旱黄土区地上生物量对立地因子的响应[J].中国水土保持科学,2012,10(2):50-54.
- [2] 胡建忠,范小玲,王愿昌.黄土高原沙棘人工林地土壤抗蚀性指标探讨[J].水土保持通报,1998,18(2):25-30.
- [3] 李甜江.中国沙棘人工林衰退的水分生理生态机制[D].北京:北京林业大学,2011.
- [4] 陈云明,刘国彬,侯喜录.黄土丘陵半干旱区人工沙棘林水土保持和土壤水分生态效益分析[J].应用生态学报,2002,13(11):1389-1393.
- [5] 李敏.中国沙棘开发利用20年主要成就[J].沙棘,2005,18(1):1-6.
- [6] 李秀寨,李根前,韦宇.中国沙棘大面积死亡原因的探讨[J].沙棘,2005,18(1):24-28.
- [7] Rodmond D R. Studies in forest pathology(XV):Root-lets, mycorrhizae, and soil temperature in relation to birch dieback[J]. Canadian Journal of Botany, 1995, 23(6):595-627.

(下转第328页)

(3) 流域发育于高寒高海拔地区,处于寒温带、亚寒带、寒带等气候变化带内,立体变化显著。强日照、大温差的气候条件使得岩石差异风化、冻融作用强烈、岩体节理裂隙发育、岩体破碎及土体结构松散。

(4) 通过综合分析计算后认为四通达沟流域内可提供的动物源储量  $2.40 \times 10^5 \text{ m}^3$ ;泥石流频率为 2% 情况下,流速约  $6.41 \text{ m/s}$  峰值流量为  $122.16 \text{ m}^3/\text{s}$ ;泥石流流体冲击应力高达  $9.54 \times 10^4 \text{ Pa}$ ;一次泥石流流总量约为  $7.73 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,一次泥石流冲出的固体物质总量为  $2.89 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

(5) 综合考虑四通达沟泥石流高海拔地质背景、流域特征、动力特性和泥石流的危险性和被保护对象的重要程度,建议采用拦沙坝配合截流排水沟,并辅以生物防治的综合防治方案。除了应在泥石流物源区修建谷坊坝以控制物源、稳定沟床以外,还应在沟口采用排导措施,以规范泥石流流向,减小泥石流沟与主沟的入汇角,避免堵塞达曲河。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 张信宝,吴积善,汪阳春. 川西北高原地貌垂直地带性及山地灾害对南水北调西线工程的影响[J]. 地理研究, 2006,25(4):634-640.
- [2] 倪化勇,陈绪钰,周维. 高寒高海拔山原区沟谷型泥石流成因与特征:以四川省雅江县祝桑景区为例[J]. 水土保持通报,2012,33(1):211-215.

- [3] 铁永波,徐如阁,巴仁基. 典型冰碛补给型泥石流物源补给过程与机制研究:以泸定县干沟为例[J]. 水土保持通报,2013,33(1):77-88.
- [4] 康志成,李焯芬,马蔼乃,等. 中国泥石流研究[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [5] 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所. 川藏公路典型山地灾害研究[M]. 成都:成都科技大学出版社,1999.
- [6] 黄勇,杨三强,周雁. 高寒高海拔山区公路坡面泥石流防治研究[J]. 资源环境与工程,2009,23(专刊):107-110.
- [7] 中国地质调查局成都地质调查中心. 甘孜县地质灾害详细调查报告[R]. 成都:中国地质调查局成都地质调查中心,2012.
- [8] 陈宗基,康文法. 岩石的封闭应力,蠕变和扩容及本构方程[J]. 岩石力学与工程学报,1991,10(4):299-312.
- [9] 田连权,吴积善,康志成,等. 泥石流侵蚀搬运与堆积[M]. 成都:成都地图出版社,1993.
- [10] 谭炳炎. 泥石流活动评估与防治[M]. 北京:国土资源部地质环境司,2004.
- [11] 中华人民共和国国土资源部. DZPT 022-2006 泥石流灾害防治工程勘察规范[S]. 北京:地质出版社,2006.
- [12] 李德基. 泥石流灾害理论与实践[M]. 北京:科学出版社,1997.
- [13] 周必凡,李德基,吕儒仁,等. 泥石流防治指南[M]. 北京:科学出版社,1993.

(上接第 315 页)

- [8] 李代琼,梁一民,侯喜禄,等. 黄土高原沙棘建造植被的生态功能及效益试验研究[J]. 沙棘,2003,16(3):16-21.
- [9] 阮成江,李代琼. 黄土丘陵区沙棘群落特性及林地水分分析[J]. 应用生态学报,2002,22(9):1061-1064.
- [10] 刘增文,李雅素. 生态系统稳定性研究的历史与现状[J]. 生态学杂志,1997,16(2):58-61.
- [11] Wang Youmin. Study on comprehensive Management of Gully Region of Loess Plateau and Benefit[M]. Beijing: China Forestry Press, 1990:63-70.
- [12] 张伟华,张昊,李文忠. 青海大通中国沙棘人工林对土壤有机质和含氮量的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2005(1):154-158.
- [13] 卢建利,陈云明,张亚莉. 黄土丘陵半干旱区沙棘生长对土壤水分及养分影响[J]. 水土保持研究,2008,15(3):137-140.

- [14] 鲁如坤. 土壤农业化学分析[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2000.
- [15] 陈伟,姜中武,胡艳丽. 苹果园土壤微生物生态特征研究[J]. 水土保持学报,2008,22(3):168-171.
- [16] 杨涛,徐慧,放德华. 樟子松林下土壤、微生物及酶活性的研究[J]. 土壤通报,2006,37(2):253-257.
- [17] 张飞,陈云明,王耀凤,等. 黄土丘陵半干旱区柠条林对土壤物理性质及有机质的影响[J]. 水土保持研究, 2010,17(3):105-109.
- [18] 陈云明. 黄土丘陵半干旱区人工沙棘林水文作用研究[D]. 陕西 杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [19] 李玉新. 沙棘人工林衰败机理的研究[D]. 陕西 杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [20] 赵护兵,刘国彬,侯喜禄. 黄土丘陵区流域主要植被类型养分循环特征[J]. 草业科学,2006,15(3):63-69.