

# 刺槐林和柠条林土壤剖面理化性质对比及相关性分析

吕海波<sup>1,2</sup> 梁宗锁<sup>1,3</sup>

(1. 中国科学院 水利部 水土保持研究所 陕西 杨凌 712100; 2. 渭南师范学院 陕西 渭南 714000; 3. 西北农林科技大学 生命学院 陕西 杨凌 712100)

[关键词] 刺槐林; 柠条林; 土壤理化性质; 土壤有机碳; 粒度; 黄土高原

[摘要] 为了研究黄土高原退耕林地土壤理化性质变化特征,探索土壤剖面不同深度土壤有机碳(SOC)及相关因素的相互响应机制,对安塞县纸坊沟流域 1975 年柠条林(N75)、1974 年农地(H74)和 1978 年刺槐林(C78) 100 cm 深度土壤剖面的有机碳、全 N、粒度、碳酸钙进行了差异度分析和线性相关性分析,结果表明:两个退耕林地 SOC 和全 N 含量在 0—100 cm 深度都有增加,但是 C78 主要表现在 0—20 cm 深度,而 N75 则主要表现在 20—100 cm 深度。相关度分析表明,H74 在 20—100 cm 深度 SOC 含量、C/N 值与 0.002—0.02 mm 粒径含量达显著、极显著相关,C78 在 40—100 cm 深度 SOC 含量与 <0.002 mm 粒径含量显著相关,C/N 值与 <0.02 mm 粒径含量由 0—100 cm 的负相关变为正相关。结果表明,退耕后柠条林地 SOC 和全 N 含量的变化主要表现在深层土壤上,刺槐林地的变化则主要表现在浅层土壤上;农地和刺槐林地深层土壤 SOC 主要吸附在细颗粒土壤上,性质较稳定。

[中图分类号] S158.3 [文献标识码] A [文章编号] 1000-0941(2012)04-0028-04

土地利用方式的改变不仅改变着生态环境,而且通过土壤碳库的改变影响着植物—土壤—大气这一碳循环过程,进而影响着全球变暖现象。土壤碳库是陆地生态系统中一个活跃的成分,其内在的转化与外在的交换过程同时进行<sup>[1]</sup>。目前,土地利用方式改变对土壤环境及土壤碳库的影响是国内外相关领域的一个研究热点,农地转化为林地能够改善土壤温度和湿度、土壤团聚体含量、土壤微生物含量,进而影响土壤碳库的动态变化特征<sup>[2-3]</sup>。目前的研究主要是针对土壤表层理化性质对土地利用方式改变的响应,对于深层土壤的相关研究并不多见。相对于表层土壤,深层土壤有机碳(SOC)具有很高的稳定性,能够长期储存在土壤碳库中<sup>[4]</sup>,因此对深层土壤理化性质的研究能够有助于进一步理解有机碳动态变化机制,增强对深层土壤碳库演变的预判能力。当前黄土高原的植被恢复研究已经证明对表层土壤理化性质及 SOC 产生了深刻影响<sup>[5-6]</sup>。本研究选择黄土高原纸坊沟流域退耕后的人工柠条林和刺槐

林,通过对两种退耕林地土壤理化性质各指标的相关性进行分析和对比研究,探索了不同退耕林下土壤理化性质的响应机制,以为退耕还林及其土壤碳库效应的评价提供一定的理论依据。

## 1 研究区概况

陕西省安塞县纸坊沟流域是中科院安塞水土保持试验站生态恢复定位试验研究小流域,研究区自 1974 年开始在局部地域退耕还林,经过 30 多年的水土保持治理,林地面积从 1980 年的不足 5% 增加到 40% 以上,流域生态经济系统进入良性循环阶段<sup>[7-8]</sup>。

纸坊沟流域位于 109°13'46"—109°16'03"E、36°42'42"—36°46'28"N 之间,海拔 1 010~1 400 m,地形破碎,沟壑纵横,属黄土高原丘陵沟壑地貌,气候类型为暖温带半干旱季风气候,年均气温 8.8℃,年均降水量 505.3 mm。土壤为黄土母质下的黄绵土,抗侵蚀能力差,受风蚀水蚀交错影响。植被类型属于暖温带落叶阔叶林向干草原过渡的森林草原带<sup>[7]</sup>。

[基金项目] 中国科学院知识创新项目(KZCX2-XB2-05-01);渭南师范学院科研计划项目(07YKZ056)

[5] 叶许春,张奇,刘健,等. 气候变化和人类活动对鄱阳湖流域径流变化的影响研究[J]. 冰川冻土, 2009, 31(6): 835-847.

[6] 李子君,李秀彬,朱会义,等. 降水变化与人类活动对密云水库入库泥沙量的影响[J]. 北京林业大学学报, 2008, 30(1): 101-107.

[7] 许炯心,孙季. 长江上游重点产沙区产沙量对人类活动的响应[J]. 地理科学, 2007, 27(2): 211-218.

[8] 龚向明,李昆,万淑燕. 人类活动与赣江流域泥沙变化规律研究[J]. 江西水利科技, 2006, 32(1): 24-27.

[作者简介] 李英(1982—),女,安徽安庆市人,助理工程师,硕士,主要从事水资源与水土保持研究工作。

[收稿日期] 2011-11-30

(责任编辑 赵文礼)

## 2 研究材料和方法

### 2.1 土壤样品

土样来自纸坊沟峙峪岷东部黄土梁。2009年7月,选择同一坡面上毗邻的退耕林地 C78(1978年刺槐林)、N75(1975年柠条林)和农地 H74(至少自1974年一直为农地,不施化肥,种植玉米、马铃薯、糜子等作物),用GPS卫星定位仪进行定位,量算坡中海拔、样地坡度和坡向以及样地面积,每块样地随机选择3个10 m × 10 m的样方,目测树高、郁闭度、盖度,量算树冠直径、胸径等概况,同时每个样方收集50 cm × 50 cm地表枯落

物,烘干后称重并取平均值(表1)。林地下部草本植物主要由铁杆蒿(*Artemisia gmelinii*)、芨蒿(*A. giraldii*)、达乌里胡枝子(*Lespedeza davurica*)、长芒草(*Stipa bungeana*)组成。

在样地中取相邻4棵树中间点作为取样点,每块样地按棋盘式挖掘9个剖面,按0—5、5—10、10—20、20—30、30—40、40—50、50—60、60—70、70—80、80—90、90—100 cm分别采样,同坡位的3个剖面根据深度均匀混合土样,装入自封袋带回实验室分析。每个剖面采样11个,共采样99个,每份土样重800 g左右。土壤容重和含水量用容重环间隔20 cm采样测定。

表1 研究样地概况

样地	坡中海拔(m)	坡度(%)	坡向	枯落物量(g/m <sup>2</sup> )	样地面积(m <sup>2</sup> )	概况
H74	1 289	20.2	W	无	1 220	有间断的人为干扰
N75	1 291	20.3	SWW	113.2	1 420	树高1~2 m,树冠直径3 m左右,盖度70%~80%,株行距2 m × 2 m
C78	1 296	21.4	SWW	362.4	1 340	树高8~10 m,胸径23.8 cm,郁闭度75%~80%,株行距2 m × 2 m

### 2.2 样品处理和室内分析

采样当天进行土壤容重和含水量的测量。其他样品在实验室风干2~3 d,用方格法取土样磨碎并分别通过直径1 mm和0.25 mm的筛,仔细挑出枝叶、根系、蜗牛壳及钙结核等并称量,前者用来进行土壤物理性质分析,后者用作土壤化学组成分析。制备好的样品放入自封袋中在2℃下保存待测。

SOC含量采用重铬酸钾外加热法测定,全N含量采用微量凯氏法(FOSS2300全自动定氮仪)测定,碳酸钙含量用气量法测定,粒度采用激光衍射法(马尔文激光颗粒分析仪MS-2000)测定。所有样品均重复测3次。

### 2.3 数据分析

采用Excel 2003和SPSS 16.0进行数据分析,多个变量间线性相关分析采用Pearson法( $P=0.05$ ),差异显著性分析利用one way-ANOVA中的LSD法( $P=0.05$ )。

根据国际制土壤质地分类,结合各粒级土壤粒径与深度的

相关分析结果,将粒度分析结果合并为<0.02 mm(细分为<0.002 mm和0.002—0.02 mm)、0.02—0.2 mm、0.2—1 mm粒径土壤颗粒进行分析。

## 3 试验结果

### 3.1 样地表层及深层各指标差异性分析

一般认为,土壤理化性质对地表植被变化的响应随着深度的增加而逐渐减弱,结合剖面各指标聚类分析结果,本研究分0—20 cm和20—100 cm对样地各指标进行差异分析(见表2、3)。

从表2、3对各级粒度的差异分析发现,除了占较小百分含量的0.2—1 mm粒径以外,H74与C78样地0—20 cm深度各粒级土壤含量呈显著差异,20—100 cm深度差异不显著;H74与N75样地相比,0—20 cm深度各粒级土壤含量差异不显著,而20—100 cm差异显著。

表2 样地0—20 cm深度土壤各参数对比

样地	各粒级土壤含量(%)			CaCO <sub>3</sub> 含量(%)	SOC含量(g/kg)	全N含量(%)
	<0.02 mm	0.02—0.2 mm	0.2—1 mm			
H74	36.154 ± 1.238a	63.309 ± 1.443b	0.537 ± 0.393b	11.736 ± 0.430b	2.229 ± 0.377b	0.031 ± 0.003a
N75	33.882 ± 2.418ab	64.619 ± 2.124ab	1.499 ± 0.613a	12.256 ± 0.143a	2.600 ± 0.468a	0.035 ± 0.005a
C78	31.016 ± 0.482b	66.907 ± 0.968a	2.077 ± 0.759a	11.427 ± 0.438b	3.751 ± 0.887a	0.042 ± 0.011a

注:表中数据为平均值 ± 标准误差,同列不同字母表示相互间差异显著( $P=0.05$ ),下同。

表3 样地20—100 cm深度土壤各参数对比

样地	各粒级土壤含量(%)			CaCO <sub>3</sub> 含量(%)	SOC含量(g/kg)	全N含量(%)
	<0.02 mm	0.02—0.2 mm	0.2—1 mm			
H74	39.777 ± 4.090a	59.351 ± 4.588b	0.871 ± 0.879a	12.106 ± 0.253a	1.638 ± 0.184b	0.023 ± 0.001b
N75	34.779 ± 2.490b	64.531 ± 2.499a	0.690 ± 0.227a	12.188 ± 0.236a	2.036 ± 0.272a	0.025 ± 0.002a
C78	37.492 ± 4.830ab	61.405 ± 5.253ab	1.102 ± 0.534a	11.546 ± 0.206b	1.641 ± 0.408b	0.024 ± 0.002a

研究证明植被覆盖对土壤的改良和培肥作用主要表现在改善土壤的质地上<sup>[9]</sup>。植被对土壤的影响表现在植物根系对土壤的挤压、穿插和分割作用,以及死亡根系和枯枝落叶产生

的有机质及根系分泌物对土壤性质的影响等方面<sup>[10-11]</sup>。两种退耕林对土壤质地的影响反映了改善土壤环境效果的差异。

由表2和表3可以看出,刺槐林对土壤粒度的影响主要表

现在土表(0—20 cm),而柠条林更能改善深层土壤(20—100 cm)的物理性质。与 H74 相比较,两种退耕地 SOC 和全 N 含量在表层和深层都有不同程度的增加,C78 样地表层 SOC 增加了 68.3%,深层没有明显变化,而 N75 样地表层和深层 SOC 含量都与 H74 差异显著,较 H74 分别增加了 16.6% 和 24.3%。与 N75 相比,C78 样地 SOC 和全 N 含量都表现为表层增加量大于 N75,而深层则低于 N75。另外,柠条林地的 CaCO<sub>3</sub> 含量在 3

个样地中最高。

### 3.2 样地土壤剖面 SOC 含量、粒度、C/N 值、全氮相关性分析

#### 3.2.1 SOC 含量与全 N 含量相关性

对样地土壤剖面各指标进行两变量间线性相关分析(表 4)结果显示 0—100 cm 深度 SOC 含量与全 N 含量各样地间都呈极显著相关( $P=0.01$ ),说明柠条林和刺槐林下的土壤全 N 主要表现为有机态形式。

表 4 样地土壤剖面各指标线性相关指数

样地	项目	各粒级土壤含量					SOC 含量	C/N 值	全 N 含量
		<0.002 mm	0.002—0.02 mm	<0.02 mm	0.02—0.2 mm	0.2—1 mm			
H74	0—100 cmSOC 含量	-0.080	-0.138	-0.121	0.110	-0.011	0.094	0.795**	
	20—100 cmSOC 含量	0.299	0.763*	0.581	-0.529	0.057	0.824*	0.081	
	20—100 cmC/N 值	0.602	0.964**	0.857**	-0.836**	0.373	0.824*	-0.629	
C78	0—100 cmSOC 含量	-0.18	-0.507	-0.429	0.318	0.751**	0.675*	0.989**	
	40—100 cmSOC 含量	0.899*	0.632	0.773	-0.768	0.594	0.744*	0.899*	
	40—100 cmC/N 值	0.525	0.062	0.273	-0.276	0.278	0.744*	0.378	
N75	0—100 cmSOC 含量	-0.067	-0.566	-0.495	0.353	0.735**	0.194	0.839**	
	0—100 cmC/N 值	-0.120	0.023	0.00	0.083	-0.375	0.194	-0.368	

注:表中数据右上角标“\*”表示显著相关( $P=0.05$ ),“\*\*”表示极显著相关( $P=0.01$ )。

#### 3.2.2 SOC 含量与 C/N 值相关性

C/N 值对有机质状态的反映可以从两个方面说明:在土壤学领域,C/N 值被用来反映有机质的可降解程度,高的 C/N 值对应低的降解能力;而在古土壤研究领域,C/N 值又被用来反映有机质的来源和富集程度,古土壤层的 SOC 含量和 C/N 值大于黄土层,且呈正相关<sup>[12]</sup>,古土壤层地质时期存在的新鲜 SOC 经长期的分解转化,易降解成分不断转化消耗,C/N 值增高,稳定成分富集并保存。

C78 样地 SOC 含量与 C/N 值呈显著正相关( $P=0.05$ ),这与农地深层土壤(20—100 cm)类似(表 4),说明在刺槐林成长过程中,易降解 SOC 处于快速转化状态,C/N 值越高,越有利于易降解 SOC 分解产物(分解产物包括 CO<sub>2</sub>、无机碳及难降解 SOC)富集,形成了 SOC 富集的正反馈过程,进一步反映了退耕刺槐林地存在土壤碳汇效应。

刺槐和柠条同属豆科植物,其根系分布特征的不同导致根系固氮量的深度差异。刺槐林高密度根系主要分布在土壤 60 cm 深度以下,而柠条林根系在浅层土壤中就有较高的密度。柠条林由于发达的根系氮分馏作用更大影响了 C/N 值,因此本研究在柠条林样地没有发现 SOC 含量与 C/N 值的强相关。

#### 3.2.3 SOC 含量、C/N 值与土壤粒度的相关性

表 4 以 10 cm 递增的深度变化尺度逐一进行相关性分析,以筛选出特征层。20—100 和 40—100 cm 深度出现相关性显著特征:H74 样地土壤剖面 20—100 cm 深度 C/N 值与 <0.02 mm 粒径土壤含量相关系数达到 0.857 极显著相关,其中与 0.002—0.02 mm 粒径土壤含量达到 0.964 极显著相关,而 SOC 含量与 0.002—0.02 mm 粒径土壤含量为 0.763 显著相关;C78 样地在 0—100 cm 土壤剖面上 SOC 含量与 0.2—1 mm 粒径土壤含量极显著相关,在 40—100 cm 深度 SOC 含量与 <0.002 mm 粒径土壤含量达到 0.899 显著相关,同时与 C/N 值显著相

关,40—100 cm 深度 C/N 值与 <0.02 mm 粒径土壤含量相关系数为 0.273,由 0—100 cm 的负相关转为正相关;N75 样地 0—100 cm 深度 SOC 含量与 0.2—1 mm 粒径土壤含量为极显著相关。

土壤机械组成对有机质的稳定性有直接和间接的影响,一般认为中砂粒组、粗粉砂粒组和细黏粒组中的有机质是土壤有机质的易分解碳库,而细粉砂粒组和粗黏粒组中的有机质是土壤有机质的惰性碳库<sup>[13-14]</sup>。农地土壤由于缺乏新鲜有机物的加入,深层土壤 SOC 活性较低,对应于高的 C/N 值,土壤中黏粒、粉砂粒物质成为旧有 SOC(高的 C/N 值)的载体,导致了 C/N 值、SOC 值分别与小颗粒土壤含量的强相关。刺槐林深层土壤高 C/N 值 SOC 含量逐渐增加,新鲜有机质增加量逐渐减少,随深度增加,更多的 SOC 在细粒土壤中储存,因此 C/N 值、SOC 值以及粒度两两相关程度在浅层和深层有明显差异。另外,由于 >0.2 mm 粒径土壤所占比例较少,两个退耕地 SOC 含量与 >0.2 mm 粒径土壤含量极显著相关可能是由于土样中的植物碎屑和动物残体引起的,不能反映真实情况。

### 4 讨论和结论

(1) 与 H74 样地相比较,C78 样地土壤 SOC 含量及粒度的差异主要表现在土壤表层(0—20 cm),而 N75 样地则主要表现在土壤底层(20—100 cm)。两个退耕地样地相比较,C78 样地 SOC 和全 N 含量都表现为表层增加量大于 N75,而深层则低于 N75。两种退耕地土壤理化性质的深度分异归因于两者根系分布的差异。柠条林根系属轴根分蘖类型,有很强的穿透力,根系生长过程中疏松了土壤,物理条件得到改善<sup>[10]</sup>,根系分泌的有机酸降低了根际 pH 值,活化了根际土壤难溶性养分,提高了养分有效性<sup>[15]</sup>,加之根系极其发达,疏松的土壤环境有利于上

层新鲜有机质的淋溶和植物碎屑的迁移,再加上深层土壤根系分泌物较多,最终导致由柠条林带来的SOC的增加更多地向深层分配。刺槐林由于根系分布较深,大多分布在土层40或60 cm以下,表层枯落物由于缺乏根系的疏松作用,其淋溶有机物和碎屑难以下移到土壤深层,导致了深层土壤相关指标的影响幅度较小。有研究证明刺槐林地与退耕前相比,SOC变化主要表现在0—10 cm土层,深层土壤没有明显差异<sup>[6]</sup>,这与本研究结果一致。

(2) 土壤黏粒通过小孔隙的包被对SOC有保护作用,土壤中黏粒含量越多,稳定的SOC储量就越多,C/N值就越高,而活性SOC含量则越低。H74样地深层土壤SOC含量、0.002—0.02 mm粒径土壤含量以及C/N值两两之间显著正相关,说明H74样地大部分SOC成分被吸附在粒径较小的黏粒和粉砂粒中,稳定SOC含量较高,而活性SOC含量较低。相比于参照农地(H74),刺槐林样地(C78)随深度增加,各参数相关性逐渐表现出同H74类似的趋势,0—100 cm深度SOC含量与C/N值的相关系数为0.675(显著相关),40—100 cm深度相关系数增大到0.744(显著相关),0—100 cm深度SOC含量与<0.002 mm粒径土壤含量为负相关,而40—100 cm深度则呈显著正相关,表明刺槐林深层土壤理化性状类似于参照农地,农田退耕为刺槐林对深层土壤SOC及土壤机械组成的影响有限。柠条林地各土壤指标并未表现出深度分异特点,退耕柠条林表现出了对深层土壤理化性状的较大影响。张飞等<sup>[16]</sup>通过研究发现,柠条林能够降低土壤容重、改善毛管孔隙状况,疏松的土壤能够加强土壤养分和水分的运移能力,影响深层土壤的理化性质,这与本研究结果一致。

(3) 本研究通过对柠条林地和刺槐林地土壤剖面各深度理化性质相关指标的差异度和相关度进行分析,发现与退耕前相比,刺槐林地各指标的差异主要表现在土表0—20 cm深度范围内,而柠条林地则表现在土壤深层20—100 cm范围内,反映出退耕后的刺槐林地和柠条林地存在不同的土壤发生过程,土壤中的碳在剖面中的输入、转移和保存受到了影响。至于这种影响是否会对两种退耕林地土壤碳库的固存、碳汇总量的计算和评价造成影响目前尚不能下定论,仍需做进一步研究。

#### [参考资料]

- [1] Zhang C S, McGrath D. Geostatistical and GIS analyses on soil organic carbon concentrations in grassland of southeastern Ireland from two different periods [J]. *Geoderma*, 2004, 119(3-4): 261-275.
- [2] 王洪杰, 李宪文, 史学正, 等. 不同土地利用方式下土壤养分的分布及其与土壤颗粒组成关系 [J]. *水土保持学报*, 2003, 17(2): 44-50.
- [3] 王发刚, 王启基, 王文颖, 等. 土壤有机碳研究进展 [J]. *草业科学*, 2008, 25(2): 48-55.
- [4] Jobbagy E G, Jackson R B. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation [J]. *Ecological Applications*, 2000, 10(2): 423-436.
- [5] 赵勇, 吴明作, 樊巍, 等. 太行山针、阔叶森林凋落物分解及养分归还比较 [J]. *自然资源学报*, 2009, 24(9): 1616-1625.
- [6] 张景群, 苏印泉, 康永祥, 等. 黄土高原刺槐人工林幼林生态系统碳吸存 [J]. *应用生态学报*, 2009, 20(12): 2911-2916.
- [7] 王俊明, 张兴昌. 退耕草地演替过程中的碳储量变化 [J]. *草业学报*, 2009, 18(1): 1-8.
- [8] 戴全厚, 刘国彬, 薛蕙, 等. 侵蚀环境人工刺槐林土壤水稳性团聚体演变及其养分效应 [J]. *水土保持通报*, 2008, 28(4): 56-59.
- [9] 常庆瑞, 安韶山, 刘京. 黄土高原恢复植被防止土地退化研究 [J]. *土壤侵蚀与水土保持学报*, 1999, 5(4): 6-9.
- [10] 牛西午, 张强, 杨治平, 等. 柠条人工林对晋西北土壤理化性质变化的影响研究 [J]. *西北植物学报*, 2003, 23(4): 628-632.
- [11] Amiotti N M, Sanchez L F, Peinemann N. The impact of single trees on properties of loess-derived grassland soils in Argentina [J]. *Ecology*, 2000, 81(12): 3283-3290.
- [12] 张普, 刘卫国. 黄土高原中部黄土沉积有机质记录特征及C/N指示意义 [J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2008, 28(6): 119-125.
- [13] 武天云, Schoenau J J, 李凤民, 等. 土壤有机质概念和分组技术研究进展 [J]. *应用生态学报*, 2004, 15(4): 717-723.
- [14] 李晓东, 魏龙, 张永超, 等. 土地利用方式对陇中黄土高原土壤理化性状的影响 [J]. *草业学报*, 2009, 18(4): 103-111.
- [15] 安韶山, 黄懿梅. 黄土丘陵区柠条林改善土壤作用的研究 [J]. *林业科学*, 2006, 42(1): 70-75.
- [16] 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): 105-110.

[作者简介] 吕海波(1980—)男,山西永济市人,在读博士,主要从事土壤有机碳方面的研究。

[收稿日期] 2011-10-15

(责任编辑 徐素霞)

# SOIL AND WATER CONSERVATION IN CHINA

No. 4( 361) 2012

## Abstracts

### **Influence of Precipitation Variation to Silt-Discharge Evolution of Poyang Lake Catchment Basin**

..... LI Ying , TU An-guo , HU Gen-hua , et al.  
( Jiangxi Institute of Soil and Water Conservation , Nanchang , Jiangxi 330029 ,China) ( 25)

The paper investigated the characteristics of silt-discharge variation and its evolution trend of Poyang Lake catchment basin in 1961 – 2006 period by using the observed data of silt and discharge of hydrological control station of five major inflow rivers , and revealed the response of evolution process of silt-discharge to precipitation of the basin by using the method of linear regress analysis. The outcomes show that the precipitation and lake inflow of the basin in the period of 1961 – 2006 are in the trend of increase and precipitation days in the trend of decrease , showing the increase of precipitation intensity and uneven distribution of precipitation time is more obvious. The precipitation and runoff of the basin are basically in line with the relation of power function. The results of correlation analysis show that: there was good positive correlation between the total quantity of incoming sediment , runoff , precipitation and precipitation intensity , and good negative relativity between sediment concentration of water and runoff coefficient , showing the promoting effect of precipitation and precipitation intensity to the sediment production and sediment discharge of the basin. The monthly precipitation and monthly sediment discharge are basically in line with the relation of power function , further showing the sediment production is the result of integrated function of precipitation and precipitation intensity.

**Key words:** precipitation variation; response of silt-discharge evolution; Mann-Kendall method; Poyang Lake catchment basin

### **Correlation Analysis and Comparison of Soil Physicochemical Properties of *Robinia pseudoacacia* Forest and *Caragana korshinskii* Forest**

..... LV Hai-bo<sup>1 2</sup> , LIANG Zong-suo<sup>1 3</sup>  
( 1. Institute of Soil and Water Conservation , Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources , Yangling , Shaanxi 712100 ,China; 2. Weinan Teachers University , Weinan , Shaanxi 714000 ,China; 3. College of Life , Northwest A & F University , Yangling , Shaanxi 712100 ,China) ( 28)

In order to study the variation characteristic of soil physicochemical properties after conversion of cropland to forest in the Loess Plateau and explore the soil organic carbon ( SOC ) at different depth of soil profile and the mutual response mechanism of related factors , the paper analyzed the difference degree and linear relativity of the quantity of SOC , total nitrogen , particle size and CaCO<sub>3</sub> of soil profile at 100 cm depth of *Caragana korshinskii* forest planted in 1975 ( N75 ) , cultivated land since 1974 ( H74 ) and *Robinia pseudoacacia* forest planted in 1978 ( N78 ) in Zhifanggou drainage basin of Ansai County. The outcomes show that: the quantity of SOC and total nitrogen in two restored forest sites have been increased at 0 – 100 cm depth , while the diversity in C78 mainly shows at the depth of 0 – 20 cm and N75 at 20 – 100 cm. At 20 – 100 cm in H74 site , SOC and C/N show remarkable correlations with 0.002 – 0.02 mm particle size. At 40 – 100 cm in C78 site , SOC is remarkable correlation with <0.002 mm particle size , and the correlation rate between C/N and <0.02 mm particle size changes from minus value of 0 – 100 cm depth to positive value of 40 – 100 cm. The study shows that: after conversion of cropland to forest , the changes of SOC and total nitrogen of *Caragana Korshinskii* forest mainly present a obvious diversity in deep soil layer; but the diversity of *Robinia pseudoacacia* forest mainly shows in surface layer; SOC of cultivated land and *Robinia pseudoacacia* forest is closely adsorbed to the soil of fine particle size in deep layer with steady nature.

**Key words:** *Robinia pseudoacacia* forest; *Caragana korshinskii* forest; soil physicochemical properties; SOC; particle size; the Loess Plateau

### **Anti-Erodibility Effect of Artificial Slope after Ecological Restoration**

..... PAN Shu-lin<sup>1 3</sup> , HE Peng<sup>2</sup> , GU Bin<sup>3</sup>  
( 1. School of Mining and Safety Engineering , Yibin University , Yibin 644007 ,China; 2. College of Water Resources and Hydropower , Sichuan University , Chengdu 610064 ,China; 3. College of Life Science , Sichuan University , Chengdu 610064 ,China) ( 32)

Rocky slopes formed by a large scale infrastructural construction had severely destroyed the surface with original vegetation , causing serious soil and water loss. The manual restoration for high , steep and severely destroyed rocky slopes were the key and difficult points for ecological restoration. But , artificial slope had the characteristics of instability and stronger heterogeneity , usually having poor effect of ecological restoration. The effect of anti-erosion of slopes was external performance to examine whether the ecological restoration is successful or not. The paper elaborated the influence of internal factors of geological features , surface morphology , leveling degree , length and gradient and external factors of rainfall , slope vegetation , artificial soil and types of ecological protection engineering to anti-erosion effect of ecological restoration works of artificial slopes.

**Key Words:** artificial slope; ecological restoration; anti-erodibility effect; internal factor; external factor

### **Ecological Benefits of Comprehensive Protection System of Kubuqi Desert**

..... WANG Wen-biao FENG Wei ZHANG Ji-shu  
( Elion Resources Group , Dongsheng , Inner Mongolia 017000 ,China) ( 55)

In order to understand the ecological benefits of comprehensive protective system in desert area , the paper conducted comparative analysis on benefits of windproof and soil physical and chemical properties of two types of comprehensive protection system in Kubuqi desert. The outcomes show that: on the aspects of reducing wind speed and improving soil , *Phragmites australis-Pinus sylvestris-Hedysarum scoparium* comprehensive protection system is better than the *Phragmites australis-Pinus sylvestris-Salix psammophila* comprehensive protection system; comparing with the bare sandy land , the reducing wind speed of *Phragmites australis-Pinus sylvestris-Hedysarum scoparium* comprehensive protection system is 46.53% , increasing surface roughness 3.61 cm , increasing soil moisture content , organic matter , available N and available K content by 1.88% , 0.82 g/kg , 4.93 mg/kg , 39.32 mg/kg respectively and reducing soil bulk density and pH value by 0.071 g/cm<sup>3</sup> and 0.59 respectively.

**Key words:** comprehensive protection system; benefits of windproof; soil improvement; Kubuqi deser