

水土保持林及其配置模式对土壤养分的影响^{*}

杨 平^{1,2}, 王海燕^{1,2}, 张洪江^{1,2}

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

摘 要:为了认识不同水土保持林及其配置模式对土壤养分的保护效应,以重庆四面山低山丘陵区水土保持林为研究对象,研究了不同水土保持林不同时期的土壤养分含量。该文对土壤养分含量先后进行了描述性统计分析、相关性分析和主成分分析,最后利用主成分分析提起的两个养分综合指标进行方差分析。结果表明:空旷地、人工林及天然林土壤养分含量差异显著,其中天然林土壤养分含量最高,其次是人工林。天然林和人工林土壤有机质、全 N、有效 P 和速效 K 含量分别为:82.61 g/kg、2.81 g/kg、8.86 mg/kg、120.91 mg/kg 和 59.80 g/kg、2.14 g/kg、8.43 mg/kg、98.81 mg/kg。与空旷地土壤养分含量相比,分别同增加了 231.08%, 212.06%, 11.77%, 84.39% 和 139.67%, 138.12%, 6.32%, 50.69%。10 a 生与 5 a 生人工林土壤第一主成分养分含量差异显著,其中前者第一主成分养分含量比后者增加了 127.59%。它们的土壤有机质、全 N、有效 P 及速效 K 平均含量与空旷地相比,分别同增加了 202.47%, 265.01%, 10.06%, 76.22% 和 125.12%, 75.39%, 3.46%, 42.14%。10 a 生人工林对土壤养分的保护结果达到了天然次生林的水平。在本研究中,不同配置模式的水土保持林,对土壤养分影响差异不显著。

关键词:重庆四面山; 水土保持林; 配置模式; 土壤养分

中图分类号:S157;S714.7

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2009)03-0196-06

Effect of Different Forests for Soil and Water Conservation & Their Configuration Patterns on Soil Nutrients

YANG Ping^{1,2}, WANG Hai-yan^{1,2}, ZHANG Hong-jiang^{1,2}

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

Abstract: In order to understand the protection effect of different forests for soil and water conservation and their configuration patterns on soil nutrients, soil nutrients of these forests in the district of low mountains and hills in Simian Mountain of Chongqing were studied in different periods by applying descriptive statistical analysis, correlation analysis, principal component analysis and analysis of variance. The results showed that: There were significant differences of soil nutrients among bare land, plantations and natural forests, with the order of natural forests > plantations for soil and water conservation > bare land. In natural forest and plantation sample plots, the organic matter content, total N, available P and readily available K concentration was 82.61 g/kg, 2.81 g/kg, 8.86 mg/kg, 120.91 mg/kg, 59.80 g/kg, 2.14 g/kg, 8.43 mg/kg, 98.81 mg/kg respectively, which increased by 231.08%, 212.06%, 11.77%, 84.39% and 139.67%, 138.12%, 6.32%, 50.69% accordingly when compared with those in bare land. A significant effect of forest age on soil nutrients was found. Compared with 5-year-old plantations, the nutrients concentrations in the first principal component in the 10-year-old plantations increased 127.59%. When compared with the bare land, the organic matter content, total N, available P and readily available K concentration in the 10-year-old plantations and 5-year-old plantations increased 202.47%, 265.01%,

* 收稿日期:2008-11-25

基金项目:国家自然科学基金(40771042);“十一五”国家科技攻关课题(2006BAD03A1304)

作者简介:杨平(1984-),男,贵州台江县人,在读硕士研究生,主要从事土壤及植物营养研究。E-mail: yangping6666@163.com

通信作者:王海燕(1972-),女,北京人,副教授,主要从事植物营养及土壤污染研究。E-mail: haiyanwang72@yahoo.com.cn

10.06%, 76.22% and 125.12%, 75.39%, 3.46%, 42.14% respectively. The 10-year-old plantations were the rival of the natural forests for soil nutrients protection. However, there were no significant differences between different configuration patterns of forests for soil and water conservation on soil nutrients.

Key words: Simian Mountain of Chongqing; forest for soil and water conservation; configuration patterns; soil nutrients

以前,水土流失的研究侧重于无机土壤颗粒的移动^[1]。随着人们不断的研究、认识发现,由土壤养分流失造成的经济损失和环境污染,如肥料投入的增加,水体富营养化越来越严重^[2-3]。坡地养分流失造成的土壤退化和非点源污染,引起了人们的广泛重视^[4]。李其林指出,水土流失治理是控制面源污染研究的一个部分^[5]。国内外在有关水土保持林效益、土壤养分流失及非点源污染等方面取得了一些研究成果。如水土保持林对涵养水源、土壤改良方面的评价研究,不同雨强、不同降雨量、不同下垫面等各种条件下土壤养分流失的研究,以及面源污染的控制政策和措施研究等^[6-12],但在该研究地区没有相关报道。本研究以重庆四面山为试验地,通过营建不同水土保持林,对比研究其对土壤养分的保护效应,以期筛选出防治水土流失及土壤养分流失的最佳水土保持林及配置模式,以便于推广应用。这对于防治水土流失、土壤养分流失及非点源污染具有重要的实践意义。

1 研究区概况

重庆四面山试验地张家山小流域介于东经 106°22' - 106°25', 北纬 28°35' - 28°39', 面积 1 165.9 km²。张家山小流域处于笋溪河上游头道河的中上河段,笋溪河是綦江河的重要支流之一,是长江的四级支流。地势南高北低,海拔高度 1 000 ~ 1 550 m,岩层主要是白垩纪晚期夹关组厚层红色砂岩,经张力和外营力作用冲蚀切割形成典型的丹霞地貌^[13]。

本流域属于北半球亚热带季风性湿润气候区,气候温暖湿润,雨量充沛,四季分明。年平均气温 13.7℃, 8 月份气温平均最高,达 31.5℃, 1 月份气温平均最低,为 - 5.5℃。流域年平均降雨量 1 200 mm,年最大降雨量为 1 550 mm,一日最大降雨量 160.5 mm,雨季集中在 5 - 9 月,占年平均降雨量的 62.7%。流域地表径流主要由降水形成,地表径流深为 650 ~ 700 mm,平均径流深 680 mm。

流域土壤是由岩石风化而成的,土壤类型为黄壤土,pH 值 4.0 ~ 6.1,呈酸性。主要森林土壤类型为粗骨黄棕壤、腐殖质黄壤、山地黄壤、冷砂黄壤、红砂土

等。研究试验地的土壤类型为山地黄壤和紫色砂土。

流域植被具有典型的亚热带常绿阔叶林特征,主要乔木树种有:杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)、马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)、石栎(*Lithocarpus glabra*)、枫香(*Liquidambar formosana* Hance)、香樟(*Cinnamomum camphora* Presl)、木荷(*Schima superba* Gardn. et Champ.)、楠竹(*Phyllostachys pubescens* Mazel)等。流域植被由天然次生林和人工林组成。

2 材料与方法

2.1 样地的选择及布设

研究样地包括:1998 年和 2003 年营建的 5 种不同人工水土保持林(每块样地 3 次重复)、面积 20 m × 20 m,2007 年选择的 3 块天然水土保持林样地,面积 20 m × 20 m,1 块楠竹林样地和 1 块空旷地,面积 10 m × 10 m(无 20 m × 20 m)。各样地基本概况见表 1。

2.2 土样的采集

于 2007 年 7 月和 2008 年 4 月(即分春、夏两季)进行土壤样品的采集。

剖面土样采集:在样地内挖掘土壤剖面,按 0 - 20, 20 - 40, 40 - 60 cm 三个层次分别采集约 1 kg 土样。表层混合土样采集:在每一样地内,采用“S”型混合取样法,选取 7 个采样点,取 0 - 20 cm 表层土,经充分混合后,以四分法取约 1 kg 土样。

2.3 土样的处理及测定

采集的土样,经风干、去杂、磨细,过 1 mm 和 0.25 mm 筛后,采用常规测定方法,测定土壤 pH 值(电位法,水土比为 1 : 2.5)、有机质(稀释热 - 重铬酸钾容量法)、全 N(开氏法)、有效 P(盐酸 - 氟化铵 - 钼锑抗比色法)和速效 K(乙酸铵 - 火焰光度法)^[14]。

3 结果与分析

3.1 土壤养分描述性统计分析及正态检验

根据表 2 土壤养分描述性统计分析结果,对照土壤肥力等级土壤养分指标含量^[13],该研究样地土壤有机质平均含量为 36.66 g/kg,大于 15.00 g/kg,属于高等级含量;全 N 平均含量 1.21 g/kg,处在 1.0 ~

2.0 g/ kg ,属于正常水平 ;有效 P 为 7 ~ 20 mg/ kg ,平均 7. 09 mg/ kg ,属于中等含量 (NH₄F - HCl 提取法) ;速效 K 是 51 ~ 83 mg/ kg ,平均 70. 88 mg/ kg ,属于低等级含量 (NH₄OAc - 火焰光度计法) 。从标准差及标准误得知 ,速效 K 的方差变异最大 ,其平均含量较低。其原因是南方降雨较大 ,引起一些研究样地的速效 K 过度流失造成的。从变异系数来看 ,全 N 的变异系数最大 ,为 84. 51 % ,说明各试验样地全 N 的含量偏离其平均含量较大。原因是南方降雨较大 ,

引起一些样地的氮素过量流失 ,而有植被保护的样地流失较少 ,其含量有可能还增加。

养分单样本柯尔莫哥洛夫 - 斯米诺夫 (One - sample Kolomogorov - Smirnov (K - S)) 正态分布检验结果 (见表 2) ,有效 P 的 K - S 值为 0. 02 ,在 = 0. 05 水平下 ,不能接受其遵从正态分布。通过对有效 P 的原始数据 X 转换成 $\sin^{-1} = \sqrt{X}$,在 = 0. 05 的水平下接受其为正态分布。下文中的有效 P 数据都是通过数据转换后 ,再进行其他分析。

表 1 研究样地基本概况

序号	样地林型	林龄/ a	样地面积/ m ²	株行距/ (m ×m)	混交 比例	海拔/ m	坡度/ (°)	坡向	经纬度	草本 盖度/ %	灌木 盖度/ %
1	人工杉木 ×马尾 松针叶混交林	5	400	2 ×2	2 : 1	1160. 9	36	阴坡	E : 106°23' 55. 6 N : 28°37' 4. 8	90	-
2	人工枫香 ×木荷 ×石 栎 ×香樟阔叶混交林	5	400	2 ×2	1 : 1 : 1 : 1	1160	38. 5	阴坡	E : 106°23' 55. 3 N : 28°37' 6. 8	93	-
3	人工石栎 ×木 荷阔叶混交林	5	400	2 ×2	1 : 1	1166	36	阴坡	E : 106°23' 50. 3 N : 8°37' 6. 6	95	-
4	人工杉木 ×马尾松 ×木荷针阔混交林	5	400	2 ×2	2 : 1 : 1	1170	28. 8	阴坡	E : 106°23' 51 N : 28°37' 5. 6	90	-
5	人工杉木纯林	10	400	2 ×2	纯林	1160	27	阴坡	E : 106°24' 2. 2 N : 28°37' 5. 5	80	-
6	天然针叶林	20	400	-	-	1183. 4	31	阴坡	E : 106°24' 6 N : 28°37' 21. 6	30	35
7	天然针阔混交林	20	400	-	-	1191. 5	15	阴坡	E : 106°24' 10. 5 N : 28°37' 23	30	35
8	天然阔叶林	20	400	-	-	1194. 8	28	阴坡	E : 106°24' 1. 3 N : 28°37' 22. 4	35	40
9	竹林	20	100	-	-	1175. 3	19	阴坡	E : 106°23' 38. 0 N : 28°37' 27. 9	40	15
10	空旷地 (CK)	-	100	-	-	1160	30	阴坡	E : 106°24' 5 N : 8°37' 18	-	-

表 2 土壤养分描述性统计分析及正态分布检验结果

养分指标	样本量	均值	最大值	最小值	极差	标准误	标准差	变异系数/ %	K - S 值
有机质/ (g ·kg ⁻¹)	60	36. 66	96. 87	1. 00	95. 87	3. 75	29. 02	79. 15	0. 11
全 N / (g ·kg ⁻¹)	60	1. 21	3. 72	0. 17	3. 55	0. 13	1. 02	84. 51	0. 08
有效 P / (mg ·kg ⁻¹)	60	7. 09	20. 45	3. 82	16. 63	0. 38	2. 93	41. 38	0. 02 -
有效 P (数据转换)	60	0. 27	0. 47	0. 20	0. 27	0. 01	0. 05	19. 29	0. 06
速效 K / (mg ·kg ⁻¹)	60	70. 88	132. 93	20. 30	112. 63	4. 62	35. 76	50. 45	0. 17

注 : - 表示在 = 0. 05 水平下 ,不能接收其为正态分布。

3. 2 土壤养分相关性分析及主成分分析

土壤养分各指标之间具有很强的相关性 ,结果见表 3。

由于土壤养分之间的相关性很强 ,为了避免重复利用一些潜在信息分析 ,以及为了对研究对象有个全面的、综合的和一致性的认识 ,进行主成分分

析^[15]。为了便于表达,不妨用 Y_i 表示第 i 个养分综合指标(主成分或主分量), X_1, X_2, X_3 和 X_4 分别表示土壤有机质、全 N、有效 P 和速效 K 含量。主成分分析结果如表 4、表 5。

表 3 土壤养分之间的 Pearson 相关系数

指 标	全 N	速效 K	有效 P
有机质	0.904 **	0.819 **	0.374 **
全 N		0.827 **	0.321 *
速效 K			0.300 *

注: ** 表示 = 0.01 条件下的极显著水平, * 表示 = 0.05 条件下的显著水平,下同。

从总方差解释表(表 4)可以看出,第一主成分解释了总变异(或总信息)的 71.91%,第二主成分解释了总变异的 20.67%,两者的累积贡献率为 92.58%,大于 85%,这表明取前两个主成分基本包含了全部四个养分指标所有的信息^[15]。从因子得分系数矩阵(表 5)可写出以下两个养分综合指标:

$$Y_1 = 0.33 X_1 + 0.33 X_2 + 0.17 X_3 + 0.32 X_4$$

$$Y_2 = -0.13 X_1 - 0.21 X_2 + 1.05 X_3 - 0.22 X_4$$

表 4 总方差解释表

主成分	特征根	最初特征值	
		贡献率/ %	累计贡献率/ %
1	2.88	71.91	71.91
2	0.83	20.67	92.58
3	0.20	5.06	97.64
4	0.09	2.36	100.00

表 5 因子得分系数矩阵

养分指标	主成分			
	1	2	3	4
X_1	0.33	- 0.13	- 0.94	- 2.28
X_2	0.33	- 0.21	- 0.86	2.32
X_3	0.17	1.05	0.10	0.15
X_4	0.32	- 0.22	1.82	- 0.10

从因子得分系数矩阵表,可以看出,第一主成分 Y_1 主要包含土壤有机质、全 N 和速效 K 的信息。第二主成分 Y_2 主要包含有效 P 的信息。以下方差分析是利用这两个主成分综合指标进行分析。

3.3 土壤养分方差分析

3.3.1 不同层次土壤养分数据分析 通过不同土层养分含量方差分析(结果见表 6 土层一行)、多重比较(见表 7)和第一主成分变异系数比较可知:不同林地下的土壤养分,其表层混合土样灵敏性和稳定性较高。因此,以下土壤养分分析只列出对表层土样的分析及结果。

表 6 方差分析表

变差来源	Y_1		Y_2	
	F	p	F	p
土层	36.31 **	0.00	0.28	0.84
天然林	0.49	0.65	0.96	0.48
不同类型样地	10.24 **	0.00	1.72	0.21
林龄	18.07 **	0.00	1.37	0.28

表 7 不同层次土样养分含量多重比较

土 层/cm	F_1 均值	显著水平	
		= 0.05	= 0.01
表层混合土	0.95	a	A
0 - 20	0.82	a	A
20 - 40	- 0.72	b	B
40 - 60	- 0.97	b	B

3.3.2 不同样地土壤养分含量方差分析

(1) 4 种不同配置模式人工水土保持林土壤养分方差分析。为了解 4 种同龄人工水土保持林不同配置对土壤养分的保护效果,对其土壤养分含量进行了方差分析。第一种方法,假定所研究的 4 种人工林样地原始养分含量相同的条件下,利用 2007 年和 2008 年两年重复取样的土壤养分数据作单一因素方差分析,方差分析结果如表 8(人工林 1 一行)。第二种方法是所研究的人工林样地以 2007 年养分含量为参照,利用 2008 年与 2007 年养分变化数据进行方差分析,结果见表 8(人工林 2);或者以不同的水土保持林配置模式和不同的年份为控制因素,进行双因素方差分析,结果见表 8(最后三行)。

由表 8 可以看出,第一主成分、第二主成分养分指标其 F 值对应的显著性概率 p 值均大于 0.05,这表明不同的水土保持林配置模式,对土壤养分含量的影响差异不明显。不同的人工林配置、2007 与 2008 年及它们的交互效应对土壤养分的影响差异不显著(p 值均大于 0.05)。而 2007 年与 2008 年土壤养分含量差异不显著,则可以认为,在研究时间内,水土保持林下的土壤养分变化不明显,包括增加或减少,这正好说明了水土保持林对土壤养分起到了保护作用。

表 8 人工林单因素及人工林与年份双因素方差分析表

变差来源	Y_1		Y_2	
	F	p	F	p
人工林 1	0.25	0.86	1.45	0.28
人工林 2	2.51	0.20	3.27	0.14
人工林	0.21	0.88	2.04	0.19
年 份	0.33	0.58	0.70	0.43
人工林 × 年份交互	0.69	0.59	2.73	0.11

(2) 不同配置模式天然次生水土保持林土壤养

分方差分析。对林龄为 20 a 的天然针叶林、针阔混交林及阔叶林 3 种不同的天然次生林土壤养分含量进行了方差分析,结果见表 6(天然林一行)。由表 6 得知,第一主成分、第二主成分养分指标其 F 值对应的显著性概率 p 值均大于 0.05。这说明,在这 20 a 间,天然针叶林、针阔混交林及阔叶林,三种不同配置的天然次生林,对土壤养分含量的影响差异不明显。主要原因是,研究地区降雨频繁,年降雨量较大,还有空气湿度比较大等气候因素,使得阔叶树种、针叶树种叶片的分解率差异不明显造成的。

(3) 不同类型样地土壤养分方差分析。对天然林、人工林和空旷地 (CK) 3 种不同类型的样地土壤养分含量进行了方差分析,结果见表 6(不同类型样地一行)。从表 6 得知,第一主成分在这三种不同类型样地的含量达到了极显著差异 ($p < 0.01$)。这说明,天然林、人工林和空旷地表层土样第一主成分养分含量明显不同。第二主成分养分指标,在 $\alpha = 0.05$ 的水平下,没有达到显著性差异。说明在显著水平 $\alpha = 0.05$ 条件下,只能认为第二主成分养分指标在这三种不同类型样地含量没有明显的差异。

表 10 不同类型样地土壤养分含量及与空旷地养分含量的比值

林地类型	有机质		全 N		有效 P		速效 K	
	含量/ (g · kg ⁻¹)	比值/ %	浓度/ (g · kg ⁻¹)	比值/ %	浓度/ (mg · kg ⁻¹)	比值/ %	浓度/ (mg · kg ⁻¹)	比值/ %
天然林	82.61	231.08	2.81	212.06	8.86	11.77	120.91	84.39
人工林	59.80	139.67	2.14	138.12	8.43	6.32	98.81	50.69
10 a 生人工林	75.47	202.47	3.28	265.01	8.72	10.06	115.55	76.22
5 a 生人工林	56.17	125.12	1.58	75.39	8.20	3.46	93.20	42.14
空旷地	24.95	-	0.9	-	7.93	-	65.57	-

(4) 不同林龄水土保持林土壤养分方差分析。对不同林龄的水土保持林土壤养分进行了方差分析,结果见表 6(林龄一行)。从表 6 得知,第一主成分在这 4 种不同林龄(空旷地)的样地含量达到了极显著差异 ($p < 0.01$)。这说明,林龄对表层土第一主成分养分含量的影响差异极显著。而第二主成分养分没有达到显著性差异 ($p > 0.05$)。即在显著水平 $\alpha = 0.05$ 条件下,林龄对第二主成分养分含量的影响差异不显著。

表 11 不同龄林土壤养分含量多重比较

样 地	Y_1 均值	显著水平	
		$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
20 a 生天然林	1.47	a	A
10 a 生人工林	1.32	a	A
5 a 生人工林	0.58	b	B
空旷地	- 0.18	c	C

表 9 不同类型样地养分含量多重比较

不同类型样地	Y_1 均值	显著水平	
		$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
天然林	1.47	a	A
人工林	0.72	b	AB
空旷地	- 0.18	c	BC

对第一主成分养分指标进行了多重比较,结果见表 9。从表 9 可以看出,在 $\alpha = 0.05$ 水平下,天然林、人工林和空旷地两两之间第一主成分养分含量达到了显著性差异;在 $\alpha = 0.01$ 水平下,天然林与空旷地其含量差异极显著,而人工林与天然林和人工林与空旷地之间,没有达到极显著差异。由表 9 第一主成分均值一行计算得出,天然林第一主成分养分含量比人工林增加了 104.17%。天然林和人工林地表层土有机质、全 N、有效 P 和速效 K 平均含量分别为:82.61 g/kg,2.81 g/kg,8.86 mg/kg,120.91 mg/kg,59.80 g/kg,2.14 g/kg,8.43 mg/kg,98.81 mg/kg,与空旷地相比,分别同比增加了 231.08%,212.06%,11.77%,84.39%,139.67%,138.12%,6.32%,50.69%(见表 10)。

从表 11 可以看出:在 $\alpha = 0.01$ 水平下,20 a 生天然林和 10 a 生人工林样地第一主成分养分含量极显著高于 5 a 生人工林和空旷地样地;5 a 生人工林样地其含量也极明显高于空旷地。在 $\alpha = 0.05$ 水平下,20 a 生天然林与 10 a 生人工林样地第一主成分养分含量没有显著差异。这说明 10 a 生的人工林,对土壤养分的保护结果,已经达到了天然次生林的水平。由表 11 第一主成分均值一行计算得出,10 a 生人工林第一主成分养分含量比 5 a 生人工林增加了 127.59%。10 a 生和 5 a 生人工林样地表层土有机质、全 N、有效 P 和速效 K 平均含量分别为:75.47 g/kg,3.28 g/kg,8.72 mg/kg,115.55 mg/kg 和 56.17 g/kg,1.58 g/kg,8.20 mg/kg,93.20 mg/kg。与空旷地相比,分别同比增加了 202.47%,265.01%,10.06%,76.22%和 125.12%,75.39%,3.46%,42.14%(表 10)。

4 结论与讨论

(1) 重庆四面山研究地区土壤主要养分含量为:有机质平均含量为 36.66 g/kg,属于高等级含量,全 N 平均含量为 1.21 g/kg,在全国属于正常水平,有效 P 平均含量 7.09 mg/kg,属于中等含量,速效 K 平均值 70.88 mg/kg,属于中偏低等级含量。研究地土壤平均 pH 值为 4.65,属于酸性土壤。

(2) 通过植树造林、营建不同的水土保持林,能减少土壤养分流失,有利于土壤养分的提高。天然次生林土壤养分含量最高,其次是人工林。其中,天然次生林第一主成分养分含量比人工林增加了 104.17%。天然次生林和人工林土壤有机质、全 N、有效 P 和速效 K 含量分别为:82.61 g/kg, 2.81 g/kg, 8.86 mg/kg, 120.91 mg/kg 和 59.80 g/kg, 2.14 g/kg, 8.43 mg/kg, 98.81 mg/kg。与空旷地养分含量相比,分别同比增加了 231.08%, 212.06%, 11.77%, 84.39%, 139.67%, 138.12%, 6.32%, 50.69%。

(3) 本研究同龄不同配置的 4 种人工林和 3 种天然次生林,其不同配置对土壤养分含量的影响差异不显著。异龄林的水土保持林对土壤养分保护效果差异极显著。10 a 生人工林第一主成分养分含量比 5 a 生人工林增加了 127.59%。10 a 生和 5 a 生人工水土保持林样地土壤有机质、全 N、有效 P 及速效 K 平均含量分别为:75.47 g/kg, 3.28 g/kg, 8.72 mg/kg, 115.55 mg/kg 和 56.17 g/kg, 1.58 g/kg, 8.20 mg/kg, 93.20 mg/kg。与空旷地相比,分别同比增加了 202.47%, 265.01%, 10.06%, 76.22% 和 125.12%, 75.39%, 3.46%, 42.14%。其中,10 a 生人工水土保持林对土壤养分的保护效果已经达到了天然次生林的水平。

同一林龄不同配置的水土保持林,其对土壤养分的影响差异不显著,主要原因是,研究地区降雨频繁,年降雨量较大,使得阔叶树种、针叶树种叶片的分解率差异不明显造成的。不同林龄水土保持林对土壤养分的保护效果有明显的差异,说明通过植树造林防治土壤养分流失,早造林,早受益。2007 年和 2008 年土壤养分变化不大,说明自然土壤的形成及其养分的提高需要一个时间过程。

参考文献:

- [1] 柯克比 M J, 摩根 R P C. 土壤侵蚀[M]. 王礼先, 译. 北京:水利水电出版社, 1987.
- [2] Grey M, Henry C. Phosphorus and nitrogen runoff from a forested watershed fertilized with boisolids[J]. J. Environ. Qual., 2002, 31: 926-936.
- [3] 朱兆良, 孙波, 杨林章, 等. 我国农业面源污染的控制政策和措施[J]. 科学导报, 2005, 23(4): 47-51.
- [4] 李俊波, 华珞, 冯琰. 坡地土壤养分流失研究概况[J]. 土壤通报, 2005, 36(5): 753-759.
- [5] 李其林, 魏朝富, 王显军, 等. 农业面源污染发生的条件与污染机理[J]. 土壤通报, 2008, 29(1): 168-175.
- [6] Loch R J. Effects of vegetation cover on runoff and erosion under simulation rain and overland flow on a rehabilitated site on the Meandu Mine, Tarong, Queensland [J]. Aust. J. Soil Res., 2000, 38: 299-312.
- [7] Gilly J E, Risse L M. Runoff and soil loss as affected by the application of manure [J]. Transaction of the ASAE, 2000, 43(6): 1583-1588.
- [8] Foley J L, Silburn D M. Hydraulic properties of rain impact surface seals on three clay soil-influence of rain-drop impact frequency and rainfall intensity during steady state [J]. Aust. J. Soil Res., 2002, 40: 1069-1083.
- [9] Andrea R, Enrico B, Gianluca B. Nonpoint source transport models from empiricism to coherent theoretical frameworks[J]. Ecological Modelling, 2005, 184: 19-35.
- [10] 李恒鹏, 金洋, 李燕. 模拟降雨条件下农田地表径流与壤中流氮磷流失比较[J]. 水土保持学报, 2008, 22(2): 6-9.
- [11] 林超文, 庞良玉, 陈一兵, 等. 四川盆地紫色土 N, P 损失载体及影响因子[J]. 水土保持学报, 2008, 22(2): 20-23.
- [12] 苏子友, 吴文良, 张劲松, 等. 小浪底库区坡地不同利用方式下土壤养分的流失特征研究[J]. 水土保持通报, 2007, 27(3): 27-31.
- [13] 饶良懿. 三峡库区理水调洪型防护林空间配置与结构优化技术研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2003.
- [14] 鲍士旦. 土壤农化分析(3 版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [15] 于秀林, 任雪松. 多元统计分析[M]. 北京: 中国统计出版社, 1999.