

# 渭北黄土高原不同林型植被对土壤肥力的影响

张 静, 常庆瑞

(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘 要:** 研究了渭北黄土高原侧柏、刺槐人工纯林及其混交林对土壤的培肥效应。结果表明:在黄土高原地区,种植人工林后能增强土壤腐殖化作用,促进土壤有机质的形成发育,对土壤的有机质、全氮、全磷、及碱解氮、速效钾等营养元素含量提高有很大帮助。不同林型植被,土壤的腐殖化作用有明显差异,土壤有机质、各营养元素和阳离子交换量增加不同,除全钾、速效磷以外,表现为刺槐侧柏混交林>刺槐>侧柏>荒地。固氮树种与非固氮树种混交栽植对土壤肥力质量的提高较纯林栽植效果显著。因此在退耕还林时,避免营造单一树种纯林,应该以固氮树种为主,合理搭配非固氮树种,混交栽植。

**关键词:** 黄土高原; 人工纯林; 混交林; 土壤肥力; 培肥效应

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2006)03—0026—03

中图分类号: S158.3

## Effects on Soil Fertility in Different Types of Forest on Loess Plateau

ZHANG Jing, CHANG Qing-rui

(College of Resources and Environment, Northwest University of  
Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

**Abstract:** The improving effects of *Platycladus orientalis*, *Robinia pseudoacacia* and the two mixed plantations on soil fertility on the Loess Plateau were investigated. In the Loess Plateau area, planting plantation had much help for the improvement of the nutritional element content, such as soil organic matter, total nitrogen, total phosphorus, available nitrogen and quick-acting potassium, and different plantations had different enhancement degrees. Except total potassium and quick-acting phosphorus, every target in nitrogen fixation plantation was higher than that in non-nitrogen fixation plantation. In general, the enhancement of soil fertility in nitrogen fixation plantation is more remarkable than that in non-nitrogen fixation plantation.

**Keywords:** Loess Plateau; pure plantation; mixed plantation; soil fertility; improvement effect to soil fertility

黄土高原由于强烈的水土流失而成为生态退化最严重的地区,同时也是生态恢复重建工作开展较早、效益明显、重点建设地区<sup>[1]</sup>。长期以来由于陡坡开垦、广种薄收、粗放耕作,土地利用极不合理,土地资源遭到严重破坏,生态环境恶化。因此党和政府十分重视黄土高原的水土保持工作,开展了大规模的以植树造林为主体的治理工作(“三北”防护林体系工程<sup>[2]</sup>),使该区植被得到恢复,生态环境明显改善。同时,有关研究证实<sup>[3-4]</sup>,黄土高原防护林体系建设对改善土壤内在的理化性质和提高土壤肥力具有重要作用。本文以渭北黄土高原生长多年森林的土壤为对象,研究侧柏、刺槐纯林及其混交林植被对土壤物理和化学性质的影响,探索不同林型土壤肥力的演变过程和变化机制,为黄土高原退耕还林和生态环境建设工程提供决策依据。

## 1 研究区概况与方法

### 1.1 研究区概况

供试材料采自国家科技攻关项目“黄河中游黄土高原(永寿)水土保持型植被建设技术与示范”试验示范基地。

该研究区位于陕西省咸阳市永寿县北部,地处泾河流域中部,属渭北黄土高原丘陵沟壑区,是黄河中游水土流失重点县之一,海拔高度 900~1300 m,塬面地形波状起伏,坡度 5°~15°;沟坡崎岖破碎,沟谷深切,坡度 30°左右,气候属于暖温带半湿润偏旱类型,年平均气温 10.8℃,10℃积温 3480 h,年均降雨量 601.6 mm,蒸发量 1050 mm,无霜期 210 d,土壤类型为黄绵土。

收稿日期:2005-08-12

基金项目:教育部重点科技项目(03157);国家自然科学基金项目(30170790);国家科技攻关项目(2001BA510B01)

作者简介:张静(1979—),女(汉族),陕西省岐山县人,主要从事土地资源与信息技术方面的研究。E-mail: Toni5321@21cn.com。

通讯作者:常庆瑞(1959—),男(汉族),陕西省子洲县人,教授,博士生导师,主要从事资源环境与 3S 技术应用研究。E-mail: chanqqr@nwsuaf.edu.cn。

## 1.2 样品采集

在试区选择长势良好的中龄成年侧柏、刺槐纯林和刺槐侧柏混交林地,在纯林中各选择典型树木一棵,在距树根部 20 cm 处挖掘土壤剖面;刺槐侧柏混交林中选择典型相邻混交树种各一棵,在距 2 棵树木根部相同距离处挖掘土壤剖面。各剖面分别按 0—20, 20—40, 40—60 和 60—100 cm 深度分层采集土壤分析样品。

另外,在林地旁边选择地形相近、土壤类型相近的荒地作为对照,按照相同的采样方法分层采集土壤分析样品。

## 1.3 分析项目及方法

样品经风干后剔除杂质,磨碎过筛,装袋贮藏备用。测定项目选择表征土壤肥力质量的土壤有机质和速效养分,分析测定方法参考文献[5]进行:重铬酸钾容量法测定土壤有机质;微量开氏法测定全氮;康维皿碱解扩散法测定速效氮;NaHCO<sub>3</sub> 浸提,钼锑抗比色法测定全磷、速效磷;NH<sub>4</sub>OAc 浸提,火焰光度法测定全钾、速效钾;气量法测定 CaCO<sub>3</sub>;电位法测定 pH 值;醋酸铵交换法测定 CEC。以荒地土样作为对照,计算和统计各种参数。

## 2 结果与讨论

### 2.1 土壤有机质

土壤有机质是土壤中各种营养元素,特别是氮、磷的重要来源,含有刺激植物生长的胡敏酸类物质,由于它具有胶体特性,能吸附较多的阳离子,因而使土壤具有较强的保肥力和缓冲性。它还能使土壤疏松并形成结构,从而改善土壤的透水性、蓄水能力及通气性,增强土壤的缓冲性等。

另外土壤有机质提高了土壤微生物的活性和养分转化速度,也为团粒结构的形成和水、肥、气、热协调作用提供了良好的物质条件。因此土壤有机质的多少是反映土壤肥力高低的重要指标之一。

供试土壤经过植被恢复有机质含量明显增加。由表 1 可以看出,不同林型下,土壤有机质增长率不同。其中,表层有机质含量变化最大,刺槐侧柏混交林比荒地高出 119.55%,刺槐林高出荒地 83.20%,侧柏林比荒地高 50%,并且可以明显地看出,刺槐侧柏混交林土壤的有机质含量比其纯林高出许多,这主要是因为森林庞大的凋落物和根系提供了大量的有机质。

表 1 土壤有机质分布与变化

土层深度/cm	侧柏林地		刺槐林地		刺槐侧柏混交林地		荒地有机质/(g·kg <sup>-1</sup> )
	有机质/(g·kg <sup>-1</sup> )	增长率/%	有机质/(g·kg <sup>-1</sup> )	增长率/%	有机质/(g·kg <sup>-1</sup> )	增长率/%	
0—20	11.43	50.00	13.96	83.20	16.73	119.55	7.62
20—40	6.37	20.19	7.01	32.26	9.49	79.06	5.30
40—60	5.54	11.69	6.30	27.02	7.61	53.43	4.96
60—100	4.41	4.50	4.46	5.69	4.42	37.68	4.22

注:增长率=(测定值-对照值)/对照值。

罗伟祥等的研究表明<sup>[6]</sup>,刺槐为阔叶树,可提供大量凋落物,经微生物分解,能大幅度提高有机质含量;而侧柏为针叶树,提供的凋落物较刺槐少,凋落物中含不易降解的单宁、树脂等物质,降解速率慢<sup>[7]</sup>,使侧柏林土壤有机质含量相对低。各剖面层间比较,从表层到下层有机质含量不断下降,随着深度的增加,下降趋势逐渐变缓,增长率也变小。

土壤有机质分布与变化结果表明(表 1):在相同地貌条件下,与荒地土壤相比,林地土壤的有机质数量明显增加,提高了土壤肥力水平,而层次间达到极显著水平。

### 2.2 土壤氮素

从表 2 可见,各种林型的土壤全氮和碱解氮与荒地相比均有明显提高,其中刺槐侧柏混交林土壤全氮、碱解氮含量远高于荒地,尤其是表层增长率分别

为 135.56%和 102.65%;在不同林型间,刺槐侧柏混交林土壤全氮、碱解氮含量均高于其纯林,侧柏刺槐混交林土壤表层全氮比纯林增加 37.7%和 15.2%。为了进一步评价不同林型土壤有机质、全氮和碱解氮的差异,以荒地土壤为对照,调用 ANOVA 过程作方差分析,选择 DUNCAN 新复极差法进行差异显著性检验<sup>[8]</sup>。结果(表 3)表明:混交林土壤全氮与纯林相比达到极显著水平,速效氮达到显著水平,而层次间均达到极显著水平,这说明混交林对于土壤氮素水平的提高效果更显著。这是因为刺槐是固氮树种能把大气中的分子态氮(N<sub>2</sub>)转化为植物可利用的化合态氮(NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N)和有机态氮,增加土壤氮素贮量,尤其是速效氮在纯林地中的含量明显高于其它树种,两种树种混交后,氮素水平又比纯林有了显著提高。刺槐不仅能通过固氮来维持自身所需的氮素养

分,而且还将大部分的土壤氮素转让给伴生树种,伴生树种的菌根和根系分泌物对刺槐根瘤的固氮又有促进作用(固氮树种的固氮能力随土壤氮素的升高而降低,伴生树种在生长过程中对氮素的吸收使土壤的

氮素水平降低,从而刺激了刺槐的固氮能力),侧柏为阳性树种,幼年树冠狭窄,适合营造混交林,所以刺槐同侧柏混交,有利于侧柏的生长发育。从整体而言,土壤氮素与有机质之间有很高的正相关关系。

表 2 纯林与混交林土壤养分测定值

株型	层次	测定项目						CEC/ ( $\text{cmol kg}^{-1}$ )
		全氮/ ( $\text{g kg}^{-1}$ )	速效氮/ ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	全磷/ ( $\text{g kg}^{-1}$ )	速效磷/ ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	全钾/ ( $\text{g kg}^{-1}$ )	速效钾/ ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	
刺槐	0—20	0.92	61.64	1.43	4.63	27.08	71.67	7.56
	20—40	0.69	48.18	1.30	4.85	27.09	68.32	
	40—60	0.63	33.45	1.30	4.06	25.77	65.73	
	60—100	0.40	18.14	1.40	3.58	23.11	50.10	
侧柏	0—20	0.77	48.70	1.27	4.96	28.73	69.98	8.23
	20—40	0.42	18.72	1.02	5.76	26.99	64.30	
	40—60	0.39	17.57	1.16	5.95	24.35	53.38	
	60—100	0.36	14.68	1.10	4.41	23.48	60.61	
刺—侧 混交林	0—20	1.06	67.95	1.35	6.35	28.58	86.09	8.37
	20—40	0.53	33.62	1.15	5.79	27.96	69.90	
	40—60	0.44	17.90	0.86	4.82	26.30	70.46	
	60—100	0.45	15.98	0.92	4.34	24.50	80.30	
荒地	0—20	0.45	28.70	1.10	5.72	24.09	69.98	7.34
	20—40	0.32	16.59	0.90	4.18	23.72	63.76	
	40—60	0.28	11.66	0.77	3.42	24.73	60.78	
	60—100	0.31	12.12	0.65	3.14	26.74	69.07	

表 3 纯林与混交林有机质及氮素含量差异

类型	有机质		全氮		碱解氮	
	方差	检验值	方差	检验值	方差	检验值
树种间	5.26	2.34	0.084	7.30 <sup>**</sup>	409	6.11 <sup>*</sup>
层次间	30.30	13.50 <sup>**</sup>	0.141	12.33 <sup>**</sup>	1047	15.66 <sup>**</sup>
误差间	2.25		0.010		66.9	

注:树种间  $F_{0.05} = 3.86$ ,  $F_{0.01} = 6.99$ ; 层次间  $F_{0.05} = 3.86$ ,  $F_{0.01} = 6.99$ 。

### 2.3 土壤磷素

与荒地相比,人工造林后,林下土壤的全磷和速效磷含量都有所增加。不同林型下,土壤全磷和速效磷的含量差异都较大,以全剖面来看,土壤全磷表现为:刺槐林地 > 侧柏林地 > 刺槐侧柏混交林地。表层和表下层相比较,刺槐林地降低  $0.13 \text{ g/kg}$ ,侧柏林地降低  $0.25 \text{ g/kg}$ ,刺槐侧柏混交林地降低  $0.20 \text{ g/kg}$ ; 土壤速效磷则为:刺槐林地 < 侧柏林地 < 刺槐侧柏混交林地。表层和表下层比较差异不明显。这是由于植物在生长过程中将中下层土壤中的磷有选择性的吸收,然后以枯枝落叶的形式归还到土壤表层,而磷是难移动性矿物在土壤中被双核化(转化为双核结构)后移动性更小<sup>[9]</sup>。

### 2.4 土壤钾素

黄土高原土壤中钾素含量非常丰富,植树造林后,通过林木及林下微生物的活动促进难溶无效的矿物钾转化。因此,林地与荒地土壤速效钾含量相比较(表 2),前者明显高于后者。这是由于微生物在分解凋落物时,形成的一系列的酸酚类络合物、螯合物;树木及微生物在生长期也通过庞大的根系及数量众多的微生物体向根际土壤分泌有机酸酚类物质,同时释放大量的二氧化碳形成碳酸。这些有机酸、酚和无机碳酸促进长石类含钾矿物不断分解风化,使其中封闭的无效态钾释放转化为有效态钾,增加土壤养分库中有效钾的储量。但钾离子易淋失,如果土壤有机质含量高,则可吸附大量的钾离子,进一步提高速效钾的含量,这是刺槐侧柏混交林土壤速效钾含量明显高于其纯林的原因。在全钾方面,刺槐林、侧柏林及刺槐侧柏混交林土壤钾含量与荒地相比,以表层增加最大,增长率分别为  $12.41\%$ ,  $19.26\%$  和  $18.64\%$ ,不同林型间差异不明显;在土壤剖面上不同层次之间,全钾含量亦无明显变化。这说明在黄土高原地区造林不能增加土壤养分库中钾的绝对含量。

(下转第 62 页)

质等因素有关。由于砂粒碰撞问题的复杂性,使得砂粒碰撞的恢复系数非常离散,所以要得到可靠的碰撞恢复系数,必须通过大量试验,在试验的基础上通过反分析得到恢复系数。目前此项研究还不完善,还须进一步探索。

## 5 结 语

溜砂灾害是西部大开发中发现的一种新的地质灾害,鉴于它分布广泛性和对交通运输等危害性较大,现越来越引起人们的重视,但目前对它形成机理和防治研究还比较欠缺。本文仅仅是对溜砂运动中单个砂粒的运动模型作了初步探讨,但对于大量砂粒因重力作用一起向下溜动而形成的干砂流的运动模

型未进行探讨。事实上,干砂流的运动模型才最能反映溜砂灾害的特征,因此及时开展对干砂流运动模型的研究已经迫在眉睫。

### [参 考 文 献]

- [1] 王成华,陈永波,朱平一,等.溜砂坡的形成演化规律与防治对策[C].海峡两岸山地灾害与环境保育研究.2002.282—289.
- [2] 王成华,梁光模,张小刚,等.川藏公路中坝段溜砂坡发生机理与防治关键技术示范研究报告[R].2002.2—9.
- [3] 刘贤万.颗粒运动及其数理简析[J].中国沙漠,1993,13(2):1—8.
- [4] 吕庆,孙红月,翟三扣,等.边坡滚石运动的计算模型[J].自然灾害学报,2003,12(2):79—84.

(上接第 28 页)

### 2.5 土壤交换性能

土壤阳离子交换量(CEC)反映土壤胶体上负电荷的多少和对阳离子性养分子吸附能力的大小,即代表土壤保肥力的强弱。土壤阳离子交换量与土壤有机质及黏粒含量等因素有关,有机质含量高,CEC随之升高。供试林地土壤 0—100 cm 层次土壤 CEC 与荒地相比,都有所升高,其中混交林地高出荒地 14.03%。不同林型之间,土壤 CEC 含量以侧柏—刺槐混交林地最高,侧柏林地次之,刺槐林地最低。

## 3 结 论

在渭北黄土高原地区,种植人工林后能增强土壤腐殖化作用,促进土壤有机质的形成发育<sup>[9]</sup>,对土壤的有机质、全氮、全磷、碱解氮和速效钾等营养元素含量提高有很大帮助。

不同林型植被,土壤的腐殖化作用有明显差异,土壤有机质、各营养元素和阳离子交换量增加各不相同,除了全钾、速效磷以外,表现为刺槐侧柏混交林地 > 刺槐林地 > 侧柏林地 > 荒地。固氮树种与非固氮树种混交栽植对土壤肥力质量的提高较纯林栽植效果显著。

因此在退耕还林时,避免营造单一树种纯林,应以固氮树种为主,合理搭配非固氮树种,混交栽植。

### [参 考 文 献]

- [1] 姚文艺,李勉.黄土高原土壤侵蚀及综合治理研究评述[J].中国水土保持,2005(4):15—17.
- [2] 邹年根,罗伟祥.黄土高原造林学[M].北京:中国林业出版社,1997.94—96.
- [3] 薛泉宏,李瑞雪,冯立孝,等.黄土高原沙棘、侧柏及刺槐、侧柏人工混交林土壤肥力及混交效应研究[M].黄土高原渭北生态经济型防护林体系建设模式研究.北京:中国林业出版社,1995.92—97.
- [4] 薛泉宏,李瑞雪,冯立孝,等.黄土高原油松、刺槐人工林对土壤肥力影响的研究[A].黄土高原渭北生态经济型防护林体系建设模式研究[M].北京:中国林业出版社,1995.145—149.
- [5] 南京大学主编.土壤农化分析[M].北京:农业出版社,1986.33—141.
- [6] 罗伟祥,唐德瑞,宋西德,等.黄土高原防护林体系混交林类型及造林技术的初步研究[A].北京:中国林业出版社,1995.81—85.
- [7] 程国玲,唐立君,郎福生.水曲柳落叶松纯林与混交林根际土壤氮磷养分特点及变化[J].东北林业大学学报,2001,29(1):26—29.
- [8] 胡小平,王长发.SAS 基础及统计实例教程[M].西安:西安地图出版社,2001.73—85.
- [9] 王国梁,刘国斌,等.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.