

辽西水土保持林土壤改良效应的研究*

沈 慧 姜凤岐 (中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110015)

【摘要】 通过分析比较油松纯林和油松-固 N 树种混交林土壤的理化性质和油松生长量, 结果表明, 油松-固 N 树种混交林土壤有机质含量、全 N、全 P、速效 P 和水解 N 含量都比油松纯林显著提高, 土壤容重减小, 硬度降低, 初渗速度增大, 油松胸径和树高生长量也有较明显提高, 对土壤的改良作用比油松纯林效果更加显著. 通过土壤酶活性和固 N 树种固 N 活性的测定, 对不同水土保持林的土壤肥力状况作出了综合评价.

关键词 水土保持林 土壤改良 土壤酶活性 固 N 活性

Effect of water and soil conservation forest on soil improvement in western Liaoning Province. Shen Hui and Jiang Fengqi (*Institute of Applied Ecology, Academia Sinica, Shenyang 110015*). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 1998, 9(1):1~6.

Comparative studies on the soil physical and chemical properties and Chinese pine growth in Chinese pine pure forest and Chinese pine-N fixers mixed forest show that the contents of organic matter, total N, total P, Olsen-P and available N were higher in mixed than in pure forest soil. In mixed forest soil, its bulk density and hardness decreased, and the initial penetration speed increased; the growth of height and diameter at breast height of Chinese pine was faster in mixed forest, indicating that this forest was more effective on soil improvement. Based on the measurement of soil enzyme activity and N-fixing capacity, the soil fertility level of different water and soil conservation forests was evaluated comprehensively.

Key words Water and soil conservation forest, Soil improvement, Soil enzyme activity, N-fixing capacity.

1 引言

水土保持林是防护林的一个重要林种, 对于保持水土、防止土壤侵蚀, 改善土壤理化性质、提高土壤肥力具有重要作用. 我国辽宁省西部地区属于半干旱低山丘陵区, 这里地形起伏, 雨量集中, 土质粘重, 植被稀疏, 水土流失非常严重. 为迅速改变辽西地区贫瘠落后的面貌, 恢复生态平衡, 建国以来, 这一地区营造了大面积的水土保持林, 对于保持水土、改善山区生态环境发挥了重要作用. 本文旨在定量地评价不同水土保持林的土壤改良效应, 以期为本区水土保持林的经营提供理论依据.

2 试验区概况与研究方法

2.1 试验区概况

试验区位于辽宁省朝阳市喀左县老爷庙乡下河套村. 喀左县属温带半干旱、半湿润易旱气候, 年均温 8.2℃, 年均降水量为 500.9mm, 且多集中于 6~8 月份, 年平均蒸发量 2140mm. 植被属于华北植物区系. 海拔在 350~600m, 坡度多小于 25°. 土壤地理分区属华北山地燕山、太行山北段淋溶褐土、棕壤区, 农业土壤发育以褐土及淋溶褐土为主^[7], 土层瘠薄, 腐殖质含量低, 保水能力差, 水土流失非常严重.

研究对象为油松纯林以及油松-刺槐和油松-胡枝子的混交林. 其中, 油松林龄已达 27a, 刺槐

* 国家“九五”重点科技攻关项目(960070106).

1997-03-25 收稿, 1997-06-12 接受.

(*Robinia pseudoacacia*)和胡枝子(*Lespedeza bicolor*)的林龄均为 7a。油松纯林中,油松的株、行距分别为 1.0m 和 1.5m;而油松-刺槐和油松-胡枝子混交林中,油松和刺槐、油松和胡枝子分别以株、行距 1.0m 和 1.0m、1.5~2.0m 和 1.5m 隔行混交。

采用常规的典型抽样法。选设林分特征有代表性的标准地——油松纯林、油松-刺槐混交林和油松-胡枝子混交林各 1 块,面积为 20m×10m,并以无林空旷地作对照。

2.2 研究方法

2.2.1 枯枝落叶饱和含水量的测定 采用质量法^[7]。在每块标准地内分别设置 5m² 的样方,采集其中的枯枝落叶,称鲜重;然后将枯枝落叶浸水 12h,再称重,得饱和含水量。

2.2.2 土样的采集和土壤物理性质测定 在每块标准地内分别选设 3 个样点,按 0~10cm 和 10~20cm 两层采集土样。土壤初渗速度测定采用环刀法^[1];土壤硬度采用硬度计法^[3]。土壤含水量采

用质量法^[1];土壤容重和孔隙度采用环刀法^[1];有机质采用油浴加热 - k₂Cr₂O₇ 容量法^[2];全 N 采用开氏法^[2];全 P 采用酸溶 - 钼锑抗比色法^[2];有效 N (水解性 N)采用碱解扩散法^[2];有效 P 采用 0.5mol NaHCO₃ 浸提 - 钼锑抗比色法^[2];pH 值采用电位法^[2]。

2.2.3 土壤酶活性测定 转化酶采用比色法^[5];脲酶采用比色法^[5]。

2.2.4 根瘤固 N 活性测定 采用气相色谱法^[6]。

2.2.5 树叶养分测定 全 C、全 N、全 P (方法同土壤);全 K 采用火焰光度法^[2]。

3 结果与分析

3.1 树种组成对土壤理化性质的影响

3.1.1 油松纯林与油松阔叶树混交林对土壤含水量的影响 林分树种组成不同,其枯枝落叶状况不同,因此持水性能表现出明显的差异(表 1)。由针阔叶树种组成的

表 1 油松纯林与油松阔叶树混交林枯枝落叶的保水效益

Table 1 Water-retention benefits of litter in pure and mixed *Pinus tabulaeformis* forests

标准地 Plot	枯枝落叶鲜重 Litter fresh weight		枯枝落叶持水饱和重 Saturated moisture weight of litter			土壤表层含水量(0~10cm) Moisture content of soil surface layer	
	kg·hm ⁻²	混比纯高(%) [*] Increased rate	kg·hm ⁻²	为鲜重倍数 Times of F. W.	混比纯高(%) [*] Increased rate	%	相对于纯林地(%) [*] Compared to pure forest soil
A	11248.0	46.89	24640.0	2.19	67.98	11.46	124.43
B	10638.4	38.93	21288.4	2.00	45.13	11.15	121.06
C	7657.2		14668.0	1.91		9.21	100.00
D						7.19	78.07

A. 刺槐-油松林 *Robinia pseudoacacia*-*Pinus tabulaeformis* forests, B. 胡枝子-油松林 *Lespedeza bicolor*-*Pinus tabulaeformis* forests, C. 油松纯林 Pure *Pinus tabulaeformis* forest, D. 无林地 Non-forested land. ^{*}混比纯高%=(混交林数值-纯林数值)/纯林数值×100 Increased rate%=(Mixed forests numerical value - Pure F. N. V.)/Pure F. N. V.×100, ^{*}相对于纯林地%=混交林地(无林地)数值/纯林地数值×100 Compared to pure forest soil%=Mixed forests soil(Non-forested land)numerical value/Pure F. N. V.×100. 下同 The same below.

混交林,枯枝落叶量比纯林高 38.93~46.89%,能形成松软的海绵状枯枝落叶层,具有较强的持水能力。而油松纯林内枯枝落叶量少,纤维组织发达,所以持水量小,保水性差。在针阔混交林下,土壤表层含水量比针叶纯林提高了 21.06~24.43%。而没有枯枝落叶保护的裸露的无林地表面,拦蓄降水的能力极差,土壤表层含水量只有 7.19%,比针叶纯林降低了 21.93%。

3.1.2 油松纯林与油松阔叶树混交林对土壤养分含量的影响 由于树种不同,其叶片中 C、N、P、K 含量也有所不同。从图 1 可以看出,阔叶树叶片中 C、N、P、K 含量明显高于针叶树。这样,当阔叶树叶片凋落回归地表时,还给土壤的营养成分也比针叶树更多。针叶树与针叶树、阔叶树与阔叶树之间叶片养分含量差异并不显著,但仍然可以看出,刺槐叶片的营养元素含量高于胡枝子叶片,刺槐对土壤的改良作用比

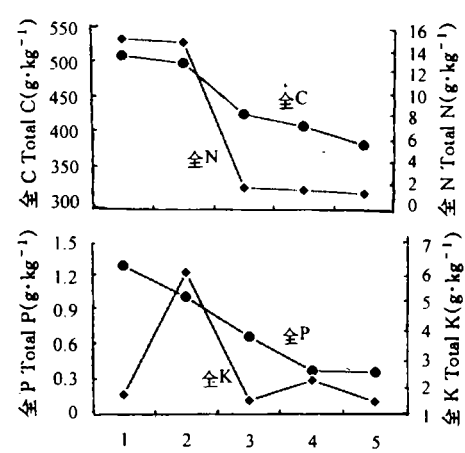


图 1 针、阔叶树种叶片养分含量比较
Fig.1 Content of C, N, P and K in leaves of coniferous and broad-leaved trees.
1. 刺槐 *Robinia pseudoacacia*, 2. 胡枝子 *Lespedeza bicolor*, 3. 刺槐-油松混交林油松 *Mixed Robinia pseudoacacia-Pinus tabulaeformis* forests, 4. 胡枝子-油松混交林油松 *Mixed Lespedeza bicolor-Pinus tabulaeformis* forests, 5. 纯林油松 *Pure Pinus tabulaeformis* forest.

表 2 油松纯林和油松阔叶树混交林枯枝落叶分级比较
Table 2 Different litter decomposition proportion of pure and mixed forests

标准地 Plot	总重量 Total weight (kg·hm ⁻²)	针叶 Needle leaves		阔叶 Broad leaves		近分解 Near-decomposition (%)	其它 Others (%)
		未分解 No D. %	半分解 Half D. %	未分解 No D. %	半分解 Half D. %		
A	10441	23.54	10.61	5.19	33.29	25.07	2.30
B	9325	34.90	37.15	6.38	1.85	12.49	7.23
C	6818	49.78	42.44			5.87	1.91

* 枯枝落叶分级标准自拟为:针叶或阔叶完整,无分解迹象者为未分解;叶片变黑,一触即断碎者为半分解;过 0.3mm 筛,形状细碎者为近分解.枯枝、球果同样视其分解状况归于此 3 类,其它杂物(如草、石块、其它树枝等)另归一类,为其它.

比针叶纯林提高 0.14~36.65%,全 N 含量提高 8.47~43.60%,速效 P 含量提高 80% 以上(表 3).经统计分析 Q 检验表明,有林地与无林地相比,各项养分含量均差

异显著或极显著;刺槐-油松混交林土壤有机质和全 N 含量与油松纯林相比差异极显著,速效 P 含量差异显著.胡枝子-油松混交林速效 P 含量与油松纯林相比差异

胡枝子对土壤的改良作用效果更加显著.

油松纯林的枯枝落叶由于单宁含量丰富,纤维成分比重大,因此分解困难.从表 2 可以看出,刺槐-油松混交林下枯枝落叶近分解量占总量的 25.07%,胡枝子-油松混交林下,枯枝落叶近分解量占总量的 12.49%,而油松纯林下,枯枝落叶近分解量仅占总量的 5.87%,这说明针阔混交林枯枝落叶比针叶纯林分解速度更快.可以看出,在针阔混交林下,有一个明显的色泽暗黑、疏松的完全分解层.而油松纯林下此层不明显,或颜色浅淡,说明油松纯林下土壤的肥力状况较差,养分含量较低.

由于混交林下枯枝落叶量大于纯林,而且分解速度快,所以混交林的腐殖质含量高于纯林,有利于土壤养分含量的提高^[10].针阔叶混交林土壤表层有机质含量

异显著或极显著;刺槐-油松混交林土壤有机质和全 N 含量与油松纯林相比差异极显著,速效 P 含量差异显著.胡枝子-油松混交林速效 P 含量与油松纯林相比差异

表 3 油松纯林与油松阔叶树混交林对土壤化学性质的影响
Table 3 Effect of pure and mixed forests on soil chemical properties

标准地 Plot	土层 Soil layer (cm)	有机质 Organic matter		全 N Total N		速效 N (水解 N) Available N (mg·kg ⁻¹)	全 P Total P (g·kg ⁻¹)	速效 P Olsen-P		pH
		g·kg ⁻¹	%	g·kg ⁻¹	%			mg·kg ⁻¹	%	
A	0~10	12.039	136.65**	0.695	143.60**	47.99	0.691	4.7654	188.71*	6.83
	10~20	5.359		0.346	130.08	14.88	0.628	2.9948	242.53*	6.76
B	0~10	8.822	100.14	0.525	108.47	40.05	0.669	4.6328	183.46*	6.94
	10~20	5.349		0.271	101.88	14.55	0.601	2.2027	178.39	6.88
C	0~10	8.810	100.00	0.484	100.00	38.19	0.659	2.5252	100.00	6.63
	10~20	5.356		0.266	100.00	17.43	0.608	1.2348	100.00	6.74
D	0~10	6.971	79.13	0.258	53.31	34.90	0.634	1.0252	40.60	7.83
	10~20	4.725		0.246	92.48	25.06	0.559	0.8316	67.35	7.71

* 为与纯林地相比差异显著;** 为与纯林地相比差异极显著.

显著.刺槐-油松林与胡枝子-油松林相比,土壤有机质和全 N 含量均差异显著($Q_{0.05}=4.53$, $Q_{0.01}=6.20$).此外,与纯林相比,混交林土壤酸度有所下降, pH 值由 6.63 提高到 6.83 和 6.94,这对于减少土壤养分淋溶,改善土壤理化性质,以及提高土壤微生物的生理、生化活性都有好处^[9].

不同林地 0~10cm 土壤的养分含量有明显差异,而 10~20cm 土壤中,除速效 P 以外,其它各项养分含量差异均不显著.可见,林木对土壤的改良作用是一个长期的过程^[8].

表 4 油松纯林与油松阔叶树混交林对土壤物理性质的影响
Table 4 Effect of pure and mixed forests on soil physical properties

标准地 Plot	土层 Soil layer (cm)	容重 Bulk density		孔隙度 Total porosity		硬度 Hardness		初渗速度 Penetration speed	
		mg·m ⁻³	% *	%	% *	kg·cm ⁻²	% *	mm·min ⁻¹	% *
A	0~10	1.30	96.30	45.83	104.35	2.9242	90.12	10.3448	107.07
	10~20	1.51		37.00		7.5207	65.31		
B	0~10	1.30	96.30	45.75	104.17	3.0340	93.50	10.1868	105.43
	10~20	1.55		35.56		11.3862	98.88		
C	0~10	1.35	100.00	43.92	100.00	3.2448	100.00	9.6618	100.00
	10~20	1.46		39.17		11.5153	100.00		
D	0~10	1.51	111.85	36.98	84.20	6.6529	205.03	7.8329	81.07
	10~20	1.68		29.92		13.7062	119.03		

* 相对于纯林地.

度比无林地提高了 24.36~26.00%,而纯林土壤比无林地提高了18.93%.这对于辽西地区有效蓄积、利用天然降水,改善林地小气候,提高土地生产力,恢复生态平衡是一个非常有利的因素.

土壤硬度也叫土壤坚实度,主要指土壤抵抗外压的阻力.硬度大小主要取决于土壤颗粒之间的粘结力,粘粒含量越高,粘结力越大,硬度也越大.混交林土壤比纯林土壤硬度较低,说明混交林对土壤结构、质地改善作用优于纯林.

3.2 油松纯林和油松-固 N 树种混交林土壤肥力状况的综合评价

3.2.1 土壤酶活性 林地土壤中,一切复杂的生物化学过程都是在酶的参与下进行的.土壤酶活性与土壤肥力状况密切相关,是表征土壤肥力的重要指标之一.转化酶

3.1.3 油松纯林与油松阔叶树混交林对土壤物理性质的影响 林木枯枝落叶增加了土壤含水量,提高了土壤腐殖质含量,对土壤物理性质也有明显改善.经统计分析 Q 检验表明,有林地表层土壤的物理因子与无林地相比,均差异极显著 ($Q_{0.01}=6.20$),而 10~20cm 土层中,各项因子差异不显著(表 4).油松纯林和油松-刺槐、油松-胡枝子混交林对土壤物理性质的影响作用不同.油松阔叶混交林与油松纯林相比,土壤表层容重降低了3.7%.在同样的土壤湿度状况下,混交林土壤的初渗速

是表征土壤生物学活性的重要酶,而脲酶活性常用来表征土壤的 N 素状况.从表 5 可以看出,转化酶活性、土壤脲酶活性与土壤有机质含量、全 N、水解 N 和速效 P 含量均呈正相关,且相关显著或极显著.从图 2 可以看出,混交林土壤中转氨酶和脲酶活性比纯林和无林地土壤酶活性更高.与纯林相比,混交林土壤转化酶活性提高了 29.83~74.27%,脲酶活性提高了14.53

表 5 土壤酶活性与土壤肥力因素的相关系数
Table 5 Correlation coefficient between soil enzyme activities and fertility factors

	有机质 Organic matter	全 N Total N	全 P Total P	速效 P Olsen-P	水解 N Available N
转化酶 Invertase	0.924**	0.820**	0.532	0.761*	0.895*
脲酶 Urease	0.933**	0.825**	0.660	0.871*	0.968**

$r_{0.05}=0.666$, $r_{0.01}=0.798$.

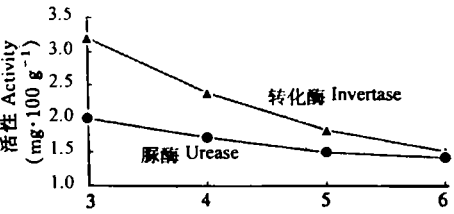


图2 不同土壤中转化酶和脲酶活性比较
Fig.2 Activities of invertase and urease in different soils.
3.刺-油混交林地 Mixed forests of Chinese pine and locust, 4.胡-油混交林地 Mixed forests of Chinese pine and shrub lespedeza, 5.油松纯林地 Chinese pine pure forest, 6.无林地 Non-forested land.

~33.33%;与无林地相比,混交林土壤转化酶活性提高了 57.45~111.34%,脲酶活性提高了 20.46~40.23%.

3.2.2 固 N 树种的固 N 活性 树木固 N 是森林土壤 N 素的重要来源.刺槐和胡枝子是常见的两种能够结瘤固 N 的树种.刺槐和胡枝子的根瘤都有较好的固 N 活性,但相比之下,刺槐根瘤的固 N 活性更高(图 3),约为胡枝子的 1.73 倍,所以对于土壤 N 素含量的提高更具重要作用.

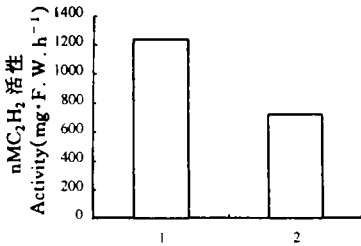


图3 刺槐和胡枝子根瘤固 N 活性比较
Fig.3 Nitrogen-fixing activities of root nodules of Robinia pseudoacacia and Lespedeza bicolor.

刘国凡等^[4]认为,根瘤固 N 量与叶片含 N 量之间存在着一定的相关性,即根瘤固 N 量大的树种,其叶片的含 N 量也相应较高,与本文实验结果一致.

3.3 不同林地土壤对树木生长量的影响

林木能改善土壤理化性质,提高土壤肥力,而改良后的土壤也能为林木提供更

好的生长环境,促进林木生长.林木与土壤之间构成了一个动态的养分循环体系.由于混交林对土壤改良作用优于纯林,混交林土壤的肥力状况优于纯林,所以混交林的油松无论是胸径还是树高,其生长量都比纯林油松有明显的提高(图 4).胡枝子-油松混交林株、行距较大,林分密度较小,所以其油松胸径生长量比纯林油松尤为明显提高,增长率为 10.39%;而刺槐-油松混交林由于株、行距较小,林分密度较大,所以混交林油松良好的长势表现为树高生长量比纯林油松提高 6.23%.

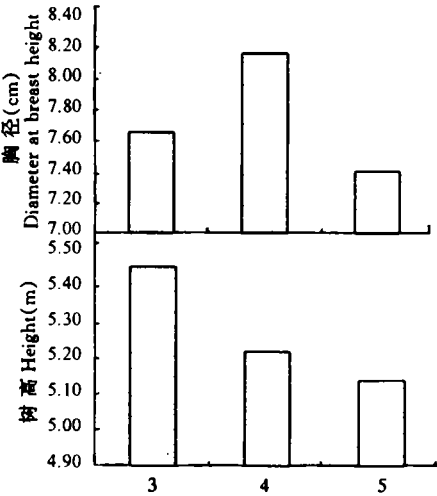


图4 混交林和纯林油松胸径和树高生长量的比较
Fig.4 Growth of diameter at breast height and height growth of Pinus tabulaeformis trees in mixed and pure forests.

4 结 论

4.1 27年生油松纯林和混交林与无林空旷地相比,土壤表层含水量增加 21.93~45.36%,有机质含量提高 20.87~57.52%,全 N 增加 46.69~90.29%,速效 N 增加 8.61~34.27%,速效 P 增加 59.40~148.11%.土壤容重减小 11.85~15.55%,孔隙度增大 15.80~20.15%,土壤硬度降低 105.03~114.91%,初渗速度

增大 18.93~26.00%.

4.2 刺槐-油松和胡枝子-油松混交林与油松纯林相比,土壤表层含水量增加21.06~24.43%,有机质含量提高0.14~36.65%,全N增加8.47~43.60%,速效N增加4.87~25.66%,速效P增加80%以上.土壤容重降低3.7%,孔隙度增大4%以上,土壤硬度降低6.5~9.88%,初渗速度增加5.43~7.07%.而且,混交林油松长势比纯林油松长势更好,土壤酶活性也比纯林更高.

4.3 刺槐根瘤与胡枝子根瘤相比,固N活性更高,固N量更大.刺槐-油松混交林与胡枝子-油松混交林相比,在改良土壤的效果上也更胜一筹,尤其对于提高土壤N素和有机质含量具有良好的作用.

4.4 从文中各项分析不难看出,水土保持林对土壤表层的理化性质有显著改善,但对深一层土壤改善效果尚不明显.可见,水土保持林对土壤的改良作用是一个长期

的、持续的过程.

致谢 承蒙雷启迪先生和庄季屏先生的指导,特此致谢.

参考文献

- 1 卫茂荣.1990.一次取样连续测定土壤物理性质的方法.辽宁林业科技,(1):56~57.
- 2 中国土壤学会农业化学专业委员会编.1983.土壤农业化学常规分析方法.北京:科学出版社.
- 3 庄季屏、南寅锡.1978.土壤硬度及其田间快速测定的方法.土壤,(2):61~63.
- 4 刘国凡、邓廷秀.1983.不同紫色土上几种树苗结瘤固氮及其对植株生长的影响.生态学报,3(4):349~354.
- 5 关松荫等著.1986.土壤酶及其研究法.北京:农业出版社.
- 6 吴阳、丁鉴.1987.沙棘共生固氮放线菌的自生固氮活性.微生物学杂志,7(2):63~66.
- 7 何富广、赵荣慧等.1994.辽西地区油松混交林抗蚀改土效益的研究.土壤学报,31(2):170~179.
- 8 樊惠等.1988.气相色谱法在大豆根瘤菌共生固氮研究中的应用.分析微生物专辑.北京:科学出版社.
- 9 Fleming, R. L. *et al.* 1993. Water content, bulk density, and coarse fragment content measurement in forest soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 57(1):261~270.
- 10 France, E. A. *et al.* 1989. Soil chemistry changes after 27 years under four tree species in southern Ontario. *Can. J. For. Res.*, 19(12):1648~1650.