

红松水曲柳纯林与混交林土壤水分性质分析

陈永亮¹, 李传荣²

(1. 临沂师范学院 生命科学学院, 山东 临沂 276005; 2. 山东农业大学 林学院, 山东 泰安 271018)

摘要: 对红松、水曲柳纯林与混交林的土壤水分物理性质进行了观测和对比分析。结果表明, 红松与水曲柳混交后, 无论是从各土层还是整个土层的平均值看, 混交林中土壤容重较红松纯林降低。土壤总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、土壤饱和持水量、毛管持水量、田间持水量、凋萎系数、有效含水量、贮水能力、渗透系数 K_{10} 等均较红松纯林明显增加, 就整个土层的平均值而言, 分别增加 19.17%, 21.50%, 12.17%, 32.68%, 24.29%, 42.22%, 19.72%, 27.71%, 12.17% 和 39.44%。研究结果表明, 红松与水曲柳混交后土壤的孔隙状况得到了改善, 混交林土壤保持水土, 涵养水源的功能较红松纯林明显提高。

关键词: 土壤水分性质; 混交林; 纯林; 红松; 水曲柳

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)03-0085-03

中图分类号: S152.7

Soil Moisture Properties Under Pure and Mixed Plantations of *Pinus koraiensis* and *Fraxinus mandshurica*

CHEN Yong-liang¹, LI Chuan-rong²

(1. College of Life Science, Linyi Normal University, Linyi, Shandong 276005, China;

2. Forestry college, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China)

Abstract: Soil moisture properties under the pure and mixed plantations of *Pinus koraiensis* and *Fraxinus mandshurica* were measured and analyzed. The result showed that for each soil layer or the whole soil profile, the soil bulk density under the mixed plantation was lower than that of the pure plantation of *Pinus koraiensis*. But the total porosity, capillary porosity, non-capillary porosity, soil maximum moisture capacity, capillary capacity, field capacity, wilting point, available water capacity, water storage capacity, permeating coefficient under the mixed plantation were all significantly greater than those of the pure plantation of *Pinus koraiensis*, with the relative increases averaged over the entire profiles being 19.17%, 21.50%, 12.17%, 32.68%, 24.29%, 42.22%, 19.72%, 27.71%, 12.17% and 39.44%, respectively. The results showed that the soil pore condition in the mixed plantation, compared with the pure plantation, was improved, resulting in better functionality of water and soil conservation.

Keywords: soil moisture property; mixed plantation; pure plantation; *Pinus koraiensis*; *Fraxinus mandshurica*

由于大面积栽植纯林, 尤其是针叶树纯林, 其层次单一, 结构简单, 因而抗病虫能力差, 同时导致地力衰退, 因而发展针叶树纯林的前景并不乐观。为了取得良好的生态效益和经济效益, 使得人们从树木的生物学特性和生态学角度去改变林分的物种结构, 以建立比人工纯林更复杂、更稳定的混交林^[1]。混交林中树种间主要是通过改善土壤状况及小气候条件等而相互影响的, 土壤条件的改变主要体现在土壤理化性质及土壤微生物与土壤酶活性的变化等方面^[2]。水曲柳 (*Fraxinus mandshurica*)、红松 (*Pinus koraiensis*) 分属于针、阔叶树种, 也是我国东北地区非常重要的用材树种, 许多生产实践表明, 两树种混交是非常成

功的混交类型。混交林中的两树种在树高、胸径及单株立木材积等方面均高于两树种的相应纯林^[3-4]。

关于其增产机理, 已有研究者根据混交后林分结构、群落稳定性、根系的分布、土壤养分关系等方面进行了分析和探讨^[5-7]。而到目前为止, 尚未见到关于红松水曲柳混交后土壤水分物理性质变化及其作用机制的报道。

近年来, 如何提高林分的水源涵养功能, 防止水土流失, 保护生态环境已成为人们非常关注的问题。本文研究了红松与水曲柳混交后土壤水分性质的变化状况及其机制, 旨在为今后营造具有较好水源涵养、水土保持功能的混交林提供依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

试验地设在吉林省辉南森林经营局,属长白山西南麓龙岗山脉支脉,地处东经 $126^{\circ}14' - 127^{\circ}45'$,北纬 $42^{\circ}16' - 42^{\circ}44'$ 之间,地貌类型为低山丘陵,属温带湿润气候区,年均气温 3.7°C ,年均降水量 $1\,020.7\text{ mm}$,无霜期 $115 \sim 140\text{ d}$,年日照时数 $2\,598\text{ h}$ 。水曲柳、红松纯林与混交林定位标准样地均设在山坡中腹,土壤为暗棕壤,坡度 13° ,坡向东,造林密度 $4\,440\text{ 株}/\text{hm}^2$,混交方式为带状混交,调查时红松树龄 10 a ,水曲柳树龄 9 a 。混交林中水曲柳与红松平均树高分别为 4.72 和 1.73 m ,平均胸径分别为 5.86 和 2.91 cm ;水曲柳纯林平均树高 3.89 m ,平均胸径 5.04 cm ;红松纯林平均树高 1.56 m ,平均胸径 2.77 cm 。

1.2 研究方法

在同一坡向、坡位、坡度的地块上,选择土壤形成条件一致,相毗邻的红松纯林、水曲柳纯林、红松与水曲柳混交林各建立 0.1 hm^2 标准样地。在每个标准地内分别选取 3 个样点采取土壤样品。采样时,先挖掘土壤剖面,并按等距离划分土壤层次,再分别于 $0-20$, $20-40$ 和 $40-60\text{ cm}$ 土层用环刀($\Phi 70\text{ mm} \times 52\text{ mm}$)采取原状土。采样时注意将环刀刃口向下垂直压入土中,环刀压入时平稳,用力一致,以确保环刀内土壤结构不受破坏,重复 3 次。小心地用锋利的土壤刀沿环刀表面削平土柱,并擦净环刀外面的土,盖好上、下底

盖。采集的土壤样品带回实验室,采用环刀法测定土壤容重、土壤孔隙组成和水分性质^[8]。林地土壤的贮水能力通过下式计算得出^[9]: $S = 10\,000 hp$
式中: S ——土壤贮水能力(t/hm^2); h ——土层厚度(m); p ——非毛管孔隙度($\%$)。

2 结果与分析

2.1 纯林与混交林土壤容重与土壤孔隙状况

土壤容重是土壤基本物理性质,其大小可反映出土壤透水性、通气性以及土壤的疏松程度,并可以计算出土壤的孔隙度。由表 1 可以看出,红松、水曲柳纯林与混交林土壤容重均表现出随土壤深度增加而增加的趋势。森林土壤主要通过森林凋落物、树根以及林下特殊生物群落等影响土壤容重,但土壤有机质和腐殖质主要集中在土壤表层,随着土层的加深,其含量逐渐减少,因此,随着土层深度的增加,土壤容重一般逐渐增加。另外,土层从 $0-10\text{ cm}$ 增加至 $10-20\text{ cm}$ 时土壤容重增大 1 倍左右,而从 $10-20\text{ cm}$ 增至 $20-30\text{ cm}$ 时土壤容重增加则较少,表明各林分通过凋落物等对土壤容重的影响主要限于土壤表层,这可能与调查分析时各林分的林龄较短有关。从各林分土壤容重的大小来看,水曲柳纯林土壤容重最小,红松纯林土壤容重最大,而混交林土壤容重介于二者之间,但更接近于水曲柳纯林的土壤容重,表明红松与水曲柳形成混交林后,土壤的疏松程度、通气性、透水性等都得到了明显改善。

表 1 红松、水曲柳纯林与混交林土壤容重与孔隙特征

林分类型	土层/cm	容重/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	总孔隙度/ %	毛管孔隙度/ %	非毛管孔隙度/ %	毛管/非毛管 孔隙比值
红松纯林	0—20	0.97	52.46	35.24	17.22	2.05
	20—40	1.46	43.83	34.08	9.75	3.50
	40—60	1.53	39.74	32.67	7.07	4.62
	0—60	1.32	45.34	34.00	11.34	3.39
水曲柳纯林	0—20	0.79	72.52	51.23	21.29	2.41
	20—40	1.21	58.90	45.02	13.88	3.24
	40—60	1.28	52.47	41.94	10.53	3.98
	0—60	1.09	61.30	46.06	15.24	3.21
混交林	0—20	0.84	65.82	45.31	20.51	2.21
	20—40	1.22	49.35	40.16	9.19	4.37
	40—60	1.29	46.92	38.45	8.47	4.54
	0—60	1.12	54.03	41.31	12.72	3.71

从表 1 还可看出,各林分土壤总孔隙度、毛管孔隙度和非毛管孔隙度均随着土层的加深而逐渐降低,而毛管孔隙与非毛管孔隙的比值则随着土层的加深而明显增加。从各林分来看,无论是哪一土层,总孔隙度、毛管孔隙度与非毛管孔隙度均以水曲柳纯林最大,其次为混交林,最小为红松纯林。就各土层的平均值而

言,混交林土壤总孔隙度、毛管孔隙度与非毛管孔隙度较红松纯林分别增加 19.17% , 21.50% 和 12.17% ,表明红松与水曲柳混交后林地土壤的孔隙状况得到了改善。究其原因,应该是混交林中水曲柳阔叶树凋落物的引入改善了土壤孔隙状况。水曲柳属落叶阔叶树种,每年有大量的凋落物归还林地,且阔叶树林分凋

落物分解较快, 其土壤腐殖质多为熟腐殖质, 而针叶林凋落物由于分解较慢, 其土壤腐殖质多为粗腐殖质。由阔叶树凋落物形成的腐殖质往往更能够将土壤颗粒胶结成孔隙状况良好的团粒结构^[10]。

2.2 纯林与混交林土壤持水状况

土壤的持水性能反映了土壤水源涵养、保持水土能力的大小和高低。一般情况下, 良好的孔隙状况使土壤具有良好的持水性能。从表 2 可以看出, 不同林分的饱和持水量(也称最大持水量)、毛管持水量、田间

持水量(也称最小持水量)等差别较大, 无论是从各土层还是整个土层的平均值来看, 都是水曲柳纯林最高, 其次为红松与水曲柳混交林, 红松纯林最低。就 60 cm 深土层而言, 混交林土壤饱和持水量、毛管持水量和田间持水量较红松纯林分别增加 32.68%, 24.29% 和 42.22%。优良的腐殖质可自身胶结成疏松多孔的孔隙, 也将矿质土壤颗粒胶结成较好的孔隙^[11]。水曲柳枯落物可分解形成品质较为优良的腐殖质, 使得水曲柳与红松混交后, 促进了混交林土壤的各种持水量。

表 2 红松、水曲柳纯林与混交林土壤持水状况

林分类型	土层/ cm	饱和持 水量/%	毛管持 水量/%	田间持 水量/%	凋萎 系数/%	有效 含水量/%	贮水能力/ (t·hm ⁻²)	渗透 系数 K ₁₀
红松纯林	0—20	54.27	36.33	20.41	8.39	12.02	344.40	8.35
	20—40	30.02	23.34	18.35	7.43	10.92	195.00	7.02
	40—60	25.97	21.35	17.06	7.62	9.44	141.40	6.24
	0—60	36.75	27.01	18.61	7.81	10.79	680.40	7.20
水曲柳纯林	0—20	91.80	64.85	28.92	12.08	16.84	425.80	12.67
	20—40	48.68	37.21	24.71	9.25	15.46	277.60	10.98
	40—60	40.99	32.77	23.15	8.56	14.59	210.60	9.51
	0—60	60.49	44.94	25.59	9.96	15.63	914.40	11.05
混交林	0—20	77.44	53.31	25.23	10.42	14.81	410.20	11.23
	20—40	36.02	29.31	23.17	9.40	13.77	183.80	9.90
	40—60	32.81	29.41	20.98	8.22	12.76	169.40	8.99
	0—60	48.76	37.34	23.13	9.35	13.78	763.20	10.04

关于土壤的凋萎系数和有效含水量, 表现为水曲柳纯林 > 混交林 > 红松纯林, 这可能与水曲柳凋落物归还量多, 土壤的有机质含量高且品质好, 从而能够吸持较多的植物难以利用的水分有关。就植物生长而言, 土壤水分含量的高低不在于总含量的多少, 而在于有效水含量的多寡, 因为土壤的一些水分是植物难以利用或无法利用的^[12]。就各土层的平均值来看, 混交林土壤的凋萎系数和有效含水量, 较红松纯林分别增加 19.72% 和 27.71%。混交林土壤有效水含量的增加, 势必会对林分的生长起到有益的作用。

森林土壤的贮水能力主要取决于土壤的非毛管孔隙度, 并以此作为评价林分水资源涵养功能和调节水分循环的一个重要指标。计算结果表明, 各林分各土层的贮水能力表现为水曲柳纯林 > 混交林 > 红松纯林。对于 60 cm 深土层而言, 水曲柳纯林、混交林和红松纯林的土壤贮水能力分别为 914.4、763.2 和 680.4 t/hm², 其中混交林土壤的贮水能力较红松纯林增加 12.17%。表明红松与水曲柳混交后贮水能力较红松纯林得以提高, 土壤贮水能力的提高, 无疑将有利于改善森林土壤水源涵养的功能。土壤渗透能力的大小决定了林地土壤水源涵养、保持水土的功能和效益, 其主要取决于土壤水分的物理性质, 与土壤容重、非毛管孔隙、排水能力密切相关^[13]。土壤渗透能力的大小, 一般

用 10 ℃ 时土壤稳渗渗透系数 K₁₀ 表示。由表 2 分析结果可知, 无论是各土壤层次, 还是各层次的平均值, 均表现出水曲柳纯林土壤的渗透系数最大, 其次是混交林, 红松纯林的土壤渗透系数最小。就各土层平均值而言, 混交林土壤渗透系数较红松纯林增加 39.44%, 相应于红松纯林土壤渗透性能的明显改善, 将显著提高混交林土壤的保持水土、涵养水源的功能。

3 结论

(1) 红松、水曲柳纯林与混交林土壤容重均表现出随土壤深度的增加而增加的趋势。从各林分来看, 水曲柳纯林土壤容重最小, 红松纯林土壤容重最大, 而混交林土壤容重介于二者之间, 但更接近于水曲柳纯林的土壤容重。就整个土层的平均值而言, 混交林土壤容重较红松纯林降低 15.15%。

(2) 各林分土壤总孔隙度、毛管孔隙度和非毛管孔隙度均随土层的加深而逐渐降低, 而毛管孔隙与非毛管孔隙的比值则随着土层的加深而明显增加。从各林分来看, 无论是哪一土层, 总孔隙度、毛管孔隙度与非毛管孔隙度均以水曲柳纯林最大, 其次为混交林, 最小为红松纯林, 就整个土层的平均值而言, 混交林较红松纯林分别增加 19.17%, 21.50% 和 12.17%。

(下转第 116 页)

1786 年 6 月 1 日泸定磨西大地震期间^[11]。

通过建模等计算分析得到该几处滑坡灾害的整体稳定性较好。调查过程中也仅在滑坡局部地段(如前缘、后壁等)发现小规模滑塌落石现象,对公路、河道产生一定影响。这种局部破坏虽规模不大,但对公路、河道及水电施工影响大。

3 结论

遥感技术已成为区域地质灾害及其发育环境宏观调查的不可缺少的先进技术之一,用遥感技术对滑坡等地质灾害进行解译,可以有效地对因交通不便,地质灾害数量多等地面调查无法全面获取资料的高山峡谷地区进行调查指导和资料补充。

通过对 Worldview 遥感影像进行解译及详细的地面地质调查,本文对大渡河加郡-得妥河段发育的 5 处大型滑坡地质灾害进行了实体位置圈定,灾害范围测算等工作,对它们的成因、危害程度等进行了详细分析。认为加郡-得妥河段大型滑坡灾害的形成主要受地形地貌及脆性断裂控制,地震为其触发因素。由于形成年代久远,整体变形迹象不明显,滑坡整体稳定性较好,仅在局部有小规模落石和滑塌现象,对周围环境和工程活动的危害有限。

致谢:邓辉教授和刘汉湖副教授在本文遥感图像处理方面给予了帮助,特此致谢!

(上接第 87 页)

(3) 不同林分的饱和持水量、毛管持水量、田间持水量、凋萎系数、有效含水量、贮水能力、渗透系数 K_{10} 等差别较大,均以水曲柳纯林最高,其次为红松与水曲柳混交林,红松纯林最低。就整个土层的平均值而言,混交林较红松纯林分别增加 32.68%, 24.29%, 42.22%, 19.72%, 27.71%, 12.17% 和 39.44%。

[参 考 文 献]

- [1] 邓仕坚, 张家武, 陈楚莹, 等. 不同树种混交林及其纯林对土壤理化性质影响的研究[J]. 应用生态学报, 1994, 18(3): 236-242.
- [2] 冯宗炜. 一种高生产力和生态协调的亚热带针阔混交林: 杉木火力楠混交林的研究[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1988, 12(1): 165-180.
- [3] 胡润田. 水曲柳、胡桃楸、黄菠萝、紫椴与不同针叶树种混交生长的探讨[J]. 东北林业大学学报, 1991, 19(S1): 115-120.
- [4] 王乐祥, 张同余, 吕玉臣. 红松、水曲柳混交林营造技术初报[J]. 吉林林业科技, 2002, 31(1): 6-8.

[参 考 文 献]

- [1] 付小林, 黄学斌, 郭希哲, 等. 3S 技术整合在地质灾害调查评价中的应用[J]. 地质力学学报, 2004, 10(1): 81-87.
- [2] 沈芳, 程东, 黄润秋, 等. 3S 技术在国土资源调查、环境保护及地质灾害评价与预测中的应用展望[J]. 成都理工大学学报, 2000, 27(S): 235-238.
- [3] 乔彦肖, 李密文, 张维宸. 基于遥感技术支持的地质灾害及孕灾环境综合评价[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2002, 13(4): 83-87.
- [4] 张振德, 何宇华. 遥感技术在长江三峡库区大型地质灾害调查中的应用[J]. 国土资源遥感, 2003, 2(6): 11-26.
- [5] 杨武年, 濮国梁. 长江三峡库区地质灾害遥感图像信息处理及其监测和评估[J]. 地质学报, 2005, 79(3): 423-430.
- [6] 严红萍, 俞兵. 主成分分析在遥感图像处理中的应用[J]. 资源环境与工程, 2006, 20(2): 168-170.
- [7] 董增寿, 张凤春, 刘明君. 卫星遥感图像增强处理方法研究[J]. 计算机仿真, 2009, 26(4): 249-252.
- [8] 秦军. 铁路工程地质信息的遥感图像处理[J]. 铁道工程学报, 2006(S): 258-263.
- [9] 江煜, 谭娟, 马晓波, 等. 遥感图像处理在“5.12”汶川地震抗震救灾工作中的应用[J]. 四川地质学报, 2010, 30(2): 249-253.
- [10] 黄润秋. 中国西南岩石高边坡的主要特征及其演化[J]. 地球科学进展, 2005, 20(3): 292-297.
- [11] 国家地震局震害防御司. 中国历史强震目录(公元前 23 世纪—公元 1911)[M]. 北京: 地震出版社, 1995: 490-492.
- [5] 郭德武. 水曲柳红松混交林的研究: I. 混交林的综合效果及其群落稳定性[J]. 东北林业大学学报, 1991, 19(S): 89-91.
- [6] 姜瑞凤, 董哲. 红松大青杨、红松水曲柳混交林实验效果分析[J]. 东北林业大学学报, 2003, 31(3): 77-78.
- [7] 陈永亮. 水曲柳与红松混交对根际 P 素有效性的影响[J]. 福建林学院学报, 2008, 28(3): 267-270.
- [8] 张万儒, 许本彤. 森林土壤定位研究方法[M]. 北京: 中国林业出版社, 1986: 33-36.
- [9] 杨弘, 李忠, 裴铁璠, 等. 长白山北坡阔叶红松林和暗针叶林的土壤水分物理性质[J]. 应用生态学报, 2007, 18(2): 272-276.
- [10] 阿姆森 K A. 森林土壤: 性质与作用[M]. 林伯群, 周重光, 译. 北京: 科学出版社, 1984: 139-166.
- [11] 林建椿. 枫香与杉木、马尾松混交林土壤水分物理性质的研究[J]. 亚热带水土保持, 2007, 29(3): 1-4.
- [12] 张光灿, 夏江宝, 王贵霞, 等. 鲁中花岗岩山区人工林土壤水分物理性质[J]. 水土保持学报, 2005, 19(6): 44-48.
- [13] 王伟, 张洪江, 杜士才, 等. 重庆市四面山人工林土壤持水与入渗特性[J]. 水土保持通报, 2009, 29(3): 113-117.