

# 辽东地区日本落叶松人工林土壤持水性能及其涵养水源功能研究

惠淑荣<sup>1</sup>, 孙晓庆<sup>2</sup>, 刘 强<sup>3</sup>, 王 岩<sup>2</sup>, 陈忠维<sup>1</sup>

(1. 沈阳农业大学 理学院 辽宁 沈阳 110866; 2. 沈阳农业大学 林学院 辽宁 沈阳 110866;

3. 沈阳农业大学 信息与电气工程学院, 辽宁 沈阳 110866)

**摘 要:** 对辽东地区日本落叶松人工林林地土壤的持水性能进行了实测研究。结果表明: 按不同林龄和不同坡向划分的林型, 其土壤的物理性质、持水性能及其涵养水源方面都存在着显著差异。7种林型土壤容重排序为: 荒地> 幼龄林阳坡> 幼龄林半阴坡> 中龄林阳坡> 中龄林阴坡> 近熟林阳坡> 近熟林阴坡。土壤孔隙度排序则表现为与容重相反。不同林型表层土壤的物理性质与林地凋落物之间存在着显著相关关系。林地土壤在持水性能和涵养水源方面表现为: 近熟林阴坡> 近熟林阳坡> 中龄林阴坡> 中龄林阳坡> 幼龄林半阴坡> 幼龄林阳坡> 荒地。与无林荒地相比, 可以看出日本落叶松人工林具有明显的涵养水源功能。

**关键词:** 林型; 土壤容重; 土壤孔隙度; 土壤持水性能; 涵养水源

**中图分类号:** S 714.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2011)14-0144-04

辽东地区是辽宁省森林资源的主要分布区, 占辽宁省森林面积的 69.1%, 也是辽宁省重要水源涵养区和绿色屏障。日本落叶松作为辽东地区人工林的主要造林树种, 不仅发挥着巨大的经济价值, 在水源涵养方面也具有重要作用。土壤层作为森林水源涵养功能的重要层次, 发挥着调节和贮存水分的功能。目前对日本落叶松人工林土壤的持水性能研究还较少, 现针对辽东地区的日本落叶松人工林土壤的持水性能和水源涵养功能进行初步探索分析研究, 为今后研究日本落叶松人工林的水源涵养功能提供依据。

**第一作者简介:** 惠淑荣(1963-), 女, 硕士, 教授, 现从事应用数学研究工作。

**基金项目:** 辽宁省自然科学基金资助项目(20102201); 辽宁省高等学校科研项目计划资助项目(2008626)。

**收稿日期:** 2011-04-14

## 1 研究地概况

辽东地区位于辽宁省的东部, 包括宽甸、本溪、桓仁和新宾等县。境内山地属于长白山系千山山脉, 山地面积占总面积 80%以上。地势由北向南逐渐升高。水系主要属辽河流域, 主要支流有浑河、太子河, 东南有鸭绿江、浑江、云爱河、大洋河, 主要分支水系均流贯于东部山区。研究地选在辽宁省本溪县田师傅镇试验林场, 地点位于辽宁省本溪满族自治县田师傅镇大卜村一组。调查样地属于长白山山脉太子河流域, 北温带气候带, 地形以山地为主, 海拔 370~950 m。年平均气温 7.8℃, 年平均降水量 790 mm, 降水量分布不均匀, 季节差异大, 降水主要在 6~8 月, 占全年降水量的 60%~64%。土壤为棕壤和暗棕壤。

## 2 试验方法

### 2.1 样地设置与调查

根据不同林龄、坡向选择林分, 设置典型样地。在

## Study on Virulence Differences of Cucumber Downy Mildew in Different Areas

LIU Tong

(Horticultural Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150069)

**Abstract:** For the selection of resistant cucumber varieties, studied the length and width of sporangia from all eight provinces of the 18 strains of cucumber downy mildew, in order to determine the differences of cucumber downy mildew between regions. The results showed that 18 strains of cucumber downy mildew sporangia had differences, between strains from the same city was no significant difference, and from the 10 tested cucumber cultivars were screened out seven cultivars of reactive different and resistant and susceptible disease to different pathogenic strains, but preliminary screening for cucumber downy mildew physiological small differential host differentiation, by using differential host will 18 strains was divided into 12 pathogenic types.

**Key words:** cucumber; cucumber downy mildew; virulence; differences

每个林分中各设置 3 个 20 m×20 m 样地,测定标准的林分郁闭度、林分密度、海拔高度、坡度和坡位,选择 3 株标准木进行每木调查,测定标准木树高、胸径(见表 1)。

表 1 不同林分调查样地基本概况							
林型	坡度 / (°)	林龄 / a	郁闭度	林分状况		平均树高 / m	平均胸径 / cm
				海拔 / m	密度 / 株 · hm <sup>-2</sup>		
1	20~23	12	0.6	630	2 406	7.3	7.3
2	18~22	13	0.7	622	2 299	7.8	8.0
3	22~27	23	0.7	737	1 632	13.6	13.1
4	21~24	22	0.8	773	1 431	14.2	13.7
5	24~27	33	0.5	787	593	21.0	22.0
6	23~25	35	0.6	728	607	22.1	23.1

注: 1. 幼龄林阳坡; 2. 幼龄林半阴坡 3. 中龄林阳坡; 4. 中龄林阴坡; 5. 近熟林阳坡; 6. 近熟林阴坡。因为采用上中下坡分别调查, 所以表中各林型的生长因子均取平均值

2.2 土壤物理性质测定

在设置的不同林型的上、中、下坡分别选取 3 个平均木下的土壤样地, 分为 0~20 cm, 20~40 cm 2 个层面, 每层用环刀取 3 个重复, 取土后立即密封带回实验室进行土壤物理性质测定, 并且取附近土样装入事先称好重量的小铝盒中, 密封好带回室内测定土壤含水率。采用环刀法测定土壤容重、土壤孔隙度和土壤最大持水量。采用烘干法测定土壤含水率。土壤物理性质计算公式如下:

土壤含水率计算公式:  $P = \frac{A_2 - A_1}{A_1 - A_3} \times 100\%$ ,  
式中:  $P$ —土壤含水率;  $A_1$ —铝盒加干土重(g);  $A_2$ —铝盒加鲜土重(g);  $A_3$ —铝盒重(g)。

土壤容重计算公式:  $D = \frac{M_2 - M_3}{V}$ ,

表 2 不同林型林地土壤物理性质												
林型	容重/ g · cm <sup>-3</sup>			非毛管孔隙度/ %			毛管孔隙度/ %			总孔隙度/ %		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	1.13	1.25	1.19	7.98	4.55	6.27	49.31	48.45	48.88	57.29	53.00	55.14
2	1.09	1.20	1.15	8.54	6.01	7.28	49.95	48.58	49.27	58.49	54.59	56.54
3	0.92	1.04	0.98	10.56	9.61	10.09	54.76	51.06	52.91	65.32	60.67	63.00
4	0.82	0.94	0.88	14.58	11.28	12.93	54.65	53.42	54.04	69.23	64.70	66.97
5	0.81	0.93	0.87	13.07	10.50	11.79	56.18	54.34	55.26	69.25	64.84	67.04
6	0.71	0.83	0.77	14.45	11.65	13.05	58.59	57.00	57.78	73.04	68.65	70.85
7	1.27	1.50	1.39	6.32	4.48	5.40	45.76	38.78	41.27	52.08	43.26	46.67

如图 1 所示, 土壤非毛管孔隙度和毛管孔隙度都呈现出与总毛管孔隙度相同的趋势, 随着林龄的增长而增加, 相同林龄下阴坡高于阳坡。  
利用 SPSS 13.0 对土壤的物理性质和林型、土层

式中:  $D$ —土壤容重(g/cm<sup>3</sup>);  $M_2$ —环刀加干土重(g);  $M_3$ —环刀重(g);  $V$ —环刀容积(cm<sup>3</sup>)。土壤毛管孔隙度=毛管持水量×土壤容重/水的密度; 非毛管孔隙度=(最大持水量—毛管持水量)×土壤容重/水的密度; 总孔隙度=非毛管孔隙度+毛管孔隙度; 土壤最大蓄水量(t/hm<sup>2</sup>)=10 000(m<sup>2</sup>)×土壤总孔隙度(%)×土层厚(m); 土壤有效贮水量(t/hm<sup>2</sup>)=10 000(m<sup>2</sup>)×土壤非毛管孔隙度(%)×土层厚(m)。

3 结果与分析

3.1 不同林型林地土壤物理性质

土壤的物理性质是指土壤含水量、土壤容重和土壤孔隙度等物理指标, 不同林型的土壤物理性质存在着很大的差异<sup>[1]</sup>, 其中土壤容重和孔隙度是研究土壤物理性质的 2 项重要指标。土壤容重反映出土壤的通气性和透水性(LD. 贝费而等, 1983)。土壤孔隙度状况直接影响土壤的通气透水性, 其中的非毛管孔隙度大小能够反映出土壤涵养水源的能力<sup>[2]</sup>。从表 2 和图 1 可看出, 不同林型土壤容重存在着差异, 变化范围在 0.71~1.27 g/cm<sup>3</sup>, 荒地土壤容重明显高于林地土壤容重。总孔隙度变化范围在 46.67%~70.85%。土壤容重和孔隙度与林龄、坡向相关, 表现为随着林龄的增长, 土壤容重呈现出递减的趋势, 而孔隙度呈现出递增趋势。相同林龄下, 阳坡土壤容重大于阴坡土壤容重。7 种林型土壤平均容重排序为: 荒地>幼龄林阳坡>幼龄林半阴坡>中龄林阳坡>中龄林阴坡>近熟林阳坡>近熟林阴坡。随着林龄增加, 孔隙度随之增加, 排序为: 近熟林阴坡>近熟林阳坡>中龄林阴坡>中龄林阳坡>幼龄林半阴坡>幼龄林阳坡>荒地。土壤容重在土层方面表现为表层低于下层, 孔隙度则表现为表层高于下层。

之间进行双因素方差分析, 并对分析结果进行显著性检验, 从表 3 可看出, 在  $P=0.05$  水平下, 不同林型之间和相同林型不同土层之间的土壤物理性质都存在显著性差异, 林型和土层之间也存在显著性差异。

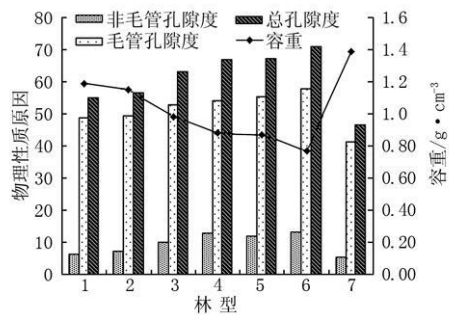


图 1 不同林型立地土壤物理性质

壤容重与凋落物蓄积量之间呈现负相关关系, 相关系数为-0.984。土壤孔隙度则呈现出正相关关系, 其中非毛管孔隙度的相关系数为 0.912, 毛管孔隙度的相关系数为 0.913, 总毛管孔隙度的相关系数为 0.884。

表 4 林地表层土壤物理性质与凋落物蓄积量之间的关系

	N	相关系数	显著性
容重	18	-0.948	* *
非毛管孔隙度	18	0.912	* *
毛管孔隙度	18	0.913	* *
总毛管孔隙度	18	0.884	* *

3.3 不同林型林地土壤的持水性能

土壤的持水性能可以反映出土壤的涵养水源能力的大小, 是评价土壤涵养水源功能的重要指标<sup>[7]</sup>。最大持水量是指土壤中的毛管孔隙度和非毛管孔隙度全部充满水, 达到饱和状态下的土壤含水量<sup>[3]</sup>。土壤的蓄水量反映出土壤贮存水分和调节水分的能力, 又分为最大蓄水量和有效贮水量。从表 5 可看出, 不同林型的土壤持水性能存在差异, 受林龄和坡向的影响, 最大持水量、最大蓄水量和有效贮水量均表现为随着林龄的增长而增大。阴坡林地土壤的持水能力优于阳坡。在不同土壤层次间则表现为表层土壤的持水能力优于下层土壤。林地土壤的持水能力明显优于荒地土壤, 表明日本落叶松林地土壤具有显著的水源涵养功能。不同林型最大持水量变化在 625.18 ~ 958.25 t/hm<sup>2</sup>, 最大蓄水量变化范围在 953.32 ~ 1 416.96 t/hm<sup>2</sup>, 有效贮水量变化范围在 113.94 ~ 261.01 t/hm<sup>2</sup>, 三者都表现为近熟林阴坡最大, 荒地最小。

从表 6 可看出, 对土壤的持水性能和林型、土层之间进行双因素方差分析, 并对分析结果进行显著性检验可得: 在 P=0.05 水平下, 同样表现为: 不同林型和不同土层之间的土壤持水性能存在显著性差异, 并且林型和土层之间也存在显著性差异。

表 3 不同林型林地土壤物理性质的方差分析

变异来源		平方和	自由度	均方	F 值	显著性
容重	林型	2.556	6	0.426	164.334	* *
	土层	0.100	2	0.050	19.305	* *
	林型×土层	0.008	12	0.001	0.254	*
非毛管孔隙度/%	林型	569.146	6	94.858	998.701	* *
	土层	68.634	2	34.317	361.303	* *
	林型土层	9.630	12	0.802	8.449	* *
毛管孔隙度/%	林型	1 739.960	6	289.993	62.745	* *
	土层	152.686	2	76.343	16.518	* *
	林型土层	113.926	12	9.494	2.054	*
总孔隙度/%	林型	4 218.705	6	703.118	132.759	* *
	土层	426.376	2	213.188	40.253	* *
	林型×土层	137.695	12	11.475	2.167	*

3.2 表层土壤物理性质与凋落物蓄积量之间的关系

林地凋落物的多少和地下根系发育状况会影响到表层土壤的结构, 从而直接影响到林地表层土壤的物理性质。凋落物分解产生的腐殖质和表层土壤中的根系都会增加表层土壤的孔隙度, 改变表层土壤的容重<sup>[34]</sup>。凋落物的分解状况受其蓄积量的影响<sup>[5]</sup>, 所以, 对不同林型林地凋落物与表层土壤物理性质进行相关分析。从表 4 可看出, 在 P=0.01 水平下, 二者之间存在极显著的线性相关关系。具体表现为, 表层土

表 5 不同林型林地土壤的持水能力 t/hm<sup>2</sup>

林型	最大持水量			最大蓄水量			有效贮水量		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	715.62	661.97	688.80	1 145.73	1 059.96	1 102.84	159.60	90.98	125.29
2	850.45	711.22	780.84	1 169.81	1 091.82	1 133.96	170.72	120.24	145.48
3	890.26	799.45	844.86	1 306.44	1 213.43	1 259.94	211.13	192.14	201.64
4	944.96	848.28	896.62	1 384.54	1 294.07	1 339.30	261.36	210.01	235.69
5	979.51	867.57	923.54	1 384.91	1 296.86	1 340.88	291.55	225.53	258.54
6	1 055.16	861.34	958.25	1 460.88	1 373.05	1 416.96	289.01	233.00	261.01
7	658.01	592.36	625.18	1 041.51	865.13	953.32	140.86	87.02	113.94

4 结论

不同林型林地土壤的物理性质(在 P=0.05 水平下)存在显著差异, 土壤容重变化范围在 0.71 ~ 1.27 g/cm<sup>3</sup>, 7 种林型土壤容重排序为: 荒地> 幼龄林阳坡> 幼龄林半阴坡> 中龄林阳坡> 中龄林阴坡> 近熟林阳坡> 近熟林阴坡。总孔隙度变化范围在 46.67% ~ 70.85%。土壤孔隙度排序为: 近熟林阴坡> 近熟林阳坡> 中龄林阴坡> 中龄林阳坡> 幼龄林半阴坡> 幼龄林阳坡> 荒地。同时, 相同林型不同土层之间的物理性质也存在显著差异。

表层土壤的物理性质与凋落物蓄积量之间(在 $P=0.01$ 水平下)存在着显著相关关系,容重与凋落物蓄积量之间呈现负相关关系,相关系数为 $-0.984$ 。土

壤孔隙度则呈现出正相关关系,其中非毛管孔隙度的相关系数为 $0.912$ ,毛管孔隙度的相关系数为 $0.913$ ,总毛管孔隙度的相关系数为 $0.884$ 。

表 6 不同林型林地土壤的持水能力方差分析						
变异来源		平方和	自由度	均方	F 值	显著性
最大持水量	林型	157 169.526	6	26 194.921	1 750.133	**
	土层	10 424.926	2	5 212.463	348.225	**
	林型× 土层	953.053	12	79.421	5.306	**
最大蓄水量	林型	1 657 877.886	6	276 312.981	125.788	**
	土层	169 278.309	2	84 639.154	38.531	**
	林型× 土层	52 290.803	12	4 357.567	1.984	*
有效贮水量	林型	230 379.343	6	38 396.557	1 257.845	**
	土层	29 619.182	2	14 809.591	485.152	**
	林型× 土层	3 944.493	12	328.708	10.768	**

不同林型土壤的最大持水量、最大蓄水量和有效贮水量均表现为:近熟林阴坡> 近熟林阳坡> 中龄林阴坡> 中龄林阳坡> 幼龄林半阴坡> 幼龄林阳坡> 荒地,并且在 $P=0.05$ 水平下差异显著。有效贮水量即表现的是水源涵养量,近熟林阴坡的有效贮水量最大,达到 $261.01\text{ t/hm}^2$ ,荒地的有效贮水量最小,仅为 $113.94\text{ t/hm}^2$ 。因此,可以说日本落叶松人工林具有明显的水源涵养功能,并且近熟林阴坡的涵养水源能力最强。

参考文献

[1] 彭明俊. 金沙江流域不同林分类型的土壤特性及其水源涵养功能

的研究[J]. 水土保持学报 2005 19(6): 106-109.  
[2] 刘霞, 张光灿, 李雪蕾, 等. 小流域生态修复过程中不同森林植被土壤入渗与贮水特征[J]. 水土保持学报, 2004, 18(6): 1-5.  
[3] 吴祥云, 雷泽勇. 樟子松固沙林采伐迹地撂荒后植被自然恢复多样性的研究[J]. 水土保持学报, 2007, 21(1): 103-106.  
[4] 吴祥云. 固沙林采伐迹地撂荒后自然恢复的植物多样性、生物量与土壤养分含量的变化[J]. 生态学杂志, 2007, 26(1): 978-982.  
[5] 张光灿, 刘霞. 泰山几种林分枯落物和土壤水文效应研究[J]. 林业科技通讯, 1999(2): 28-29.  
[6] 王小强. 不同林龄巨桉人工林地土壤理化性质动态研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2009.  
[7] 刘畅, 满秀玲, 刘文勇, 等. 东北东部山地主要林分类型土壤特性及其水源涵养功能[J]. 水土保持学报 2006, 20(6): 32-35.

Study on Soil Water-holding Capacities and Water Conservation Function of Larix Kaempferi Plantation Forests in Eastern Region of Liaoning Province

HUI Shu-rong<sup>1</sup>, SUN Xiao-qing<sup>2</sup>, LIU Qiang<sup>3</sup>, WANG Yan<sup>2</sup>, CHEN Zhong-wei<sup>1</sup>

(1. College of Science Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866; 2. College of Forestry, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866; 3. College of Information and Electrical Engineering, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866)

**Abstract:** The soil water-holding capacities and water conservation function of Larix Kaempferi plantation forests in Eastern region of Liaoning province were measured and analyzed. The results showed that there were significant differences existed in soil physical properties, soil water-holding capacities and water conservation function between the forest types had been separated by different age and slope aspect. The volume weight of soil order of the seven forest types was wasteland> sunny slope of the young forest> half shady slope of the young forest> sunny slope of the half-mature forest> cloudy slope of the half-mature forest> sunny slope of the near-mature forest> cloudy slope of the near-mature forest. The order of soil porosity was shown that contrast with the volume weight of soil. The surface soil physical properties had significant correlation with litter fall in different forest types. In aspects of soil water-holding capacities and water conservation function, the order had consistent was cloudy slope of the near-mature forest> sunny slope of the near-mature forest> cloudy slope of the half-mature forest> sunny slope of the half-mature forest> half shady slope of the young forest> sunny slope of the young forest> wasteland. Compared with the loss of forest, Larix Kaempferi plantation forests had significant water conservation function.

**Key words:** forest types; soil volume weight; soil porosity; water-holding capacities; water conservation function