

内蒙古赤峰市敖汉旗大五家流域森林涵养水源功能与林分因子的相关性研究

吴丽芝¹, 高 岗^{2*}, 秦富仓¹, 姚云峰¹

(1. 内蒙古农业大学生态环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 呼和浩特市林业局, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘要:以内蒙古赤峰市敖汉旗大五家流域内不同林分类型为研究对象,以林分涵养水源功能为目标,研究涵养水源功能与林分因子的相关性,旨在通过林分因子来评判森林涵养水源功能的高低。结果表明:平均树高、胸径、冠幅、冠层厚度、公顷蓄积量、年蓄积生长量、郁闭度、地被物盖度、下木盖度、群落结构的相关关系最密切,影响也最大,该10个林分因子可作为评价不同林分类型涵养水源功能高低的因子。与枯落物层涵养水分能力相关性较大的林分因子为胸径(0.734 7)、年蓄积生长量(-0.806 8)、冠层厚度(0.464 7)、冠幅(-0.674 6)、群落结构(-0.370 0)、地被物盖度(0.677 6)、公顷蓄积量(-0.617 9)、郁闭度(-0.587 2);土壤层涵养水分能力相关性较大的林分因子为树高(0.592 1)、胸径(0.275 0)、公顷蓄积量(0.827 5)、郁闭度(0.317 3)、年蓄积生长量(0.767 7)、冠幅(0.749 0)。枯落物层有效拦蓄水量和土壤层有效涵蓄水量相关性较大的因子为郁闭度、公顷蓄积量、下木盖度、胸径、冠幅;林地总的蓄水量相关性较大的因子为地被物盖度、公顷蓄积量。

关键词:林分类型;涵养水源功能;林分因子

中图分类号:S715

文献标识码:A

Study on the Relationship between Water Conservation Function and Stand Factors in Dawujia Watershed, Inner Mongolia

WU Li-zhi¹, GAO Gang², QIN Fu-cang¹, YAO Yun-feng¹

(1. College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, Inner Mongolia, China;

2. Forestry Administration of Huhhot City, Huhhot 010019, Inner Mongolia, China)

Abstract: Taking different forest types in Dawujia Watershed of Ao'han County, Chifeng city, Inner Mongolia as the research object, the correlation between water conservation function and stand factors was studied in order to evaluate the level of water conservation function by stand factors. The results of research show that the average height, the average diameter at breast height, crown width, crown thickness, volume per hectare, annual volume increment, canopy density, ground cover coverage, undergrowth coverage, and community structure are the most important factors impacting and related to water conservation function. These ten key factors can be used to evaluate the water conservation function of forest. For litter layer, the stand factors closely related to water conservation function are the average diameter at breast height (0.734 7), annual volume increment (-0.806 8), crown thickness (0.464 7), crown width (-0.674 6), community structure (-0.370 0), litter cover (0.677 6), volume per hectare (-0.617 9), and canopy density (-0.587 2); For soil layer, the stand factors closely related to water conservation function are the average height(0.592 1), the average diameter at breast height (0.275 0), volume

收稿日期:2013-02-03

基金项目:内蒙古应用研究与开发计划项目“农林牧耦合生态系统固碳关键技术”(20110732)

作者简介:吴丽芝(1961—),女,副教授,主要从事水土保持与荒漠化防治研究。

* 通讯作者:博士,高级工程师。主要从事水土保持与荒漠化防治研究。E-mail:lyjgaogang@163.com

per hectare (0.827 5), canopy density (0.317 3), annual volume increment (0.767 7), and crown width (0.749 0); For both the litter layer and soil layer, the stand factors closely related to water conservation function are canopy density (0.831 7), volume per hectare (0.817 2), undergrowth coverage (0.652 5), average diameter at breast height (0.644 7), and the crown width (0.521 2); From the viewpoint of the total water storage capacity of forest, the most important factors are the ground cover coverage (0.462 6) and the volume per hectare (0.315 5).

Key words: forest types; water conservation function; stand factors

涵养水源是森林植被重要的生态功能之一,森林植被不仅具有显著改善地区环境条件、有效抗御自然灾害的功能,而且可增加渗透、提高土壤涵蓄水分的能力,然而不同林分类型,由于植物生物学特性及其林分结构的差异,其涵养水源的效应有所不同^[1-11]。据研究表明,林分涵养水源的功能主要表现在林冠截持降水量、枯落物持水量、林地土壤蓄水量等方面,而林木地上部分的持水量通常仅占林分涵养水源能力的15%以下,这表明降水通过林下枯落物层和土壤层的涵蓄水分能力成为林分涵养水源的主体^[12-13]。目前,国内外对林分涵养水源功能的研究已经取得了阶段性的成果,但对林分涵养水源功能与林分因子间关系以及利用林分因子来评判林分涵养水源功能的高低等研究还相对较少。相类似的概念如低质低效林、低产林等,这些概念是经济社会对森林系统结构、功能、效益综合评价的概念,也是对森林生态经济系统总体功能的评价和认识,是属于森林经营利用范畴的一种分类^[14]。因此,本文以林分涵养水源功能为目标,主要从不同林分的枯落物层和土壤层涵养水源功能与林分因子间进行相关性研究,旨在从林分因子方面建立影响涵养水源功能的评判因子,进而便于对不同林分类型涵养水源功能高低进行评判,丰富涵养水源功能的研究成果,解决赤峰市敖汉旗低涵养水源功能林分所面临的更新改造问题。

1 研究区概况

本文以内蒙古赤峰市敖汉旗牛古吐乡大五家流域境内的不同林分类型为研究对象。敖汉旗地处内蒙古赤峰市的东南部,燕山山脉东段,科尔沁沙地南缘向松辽平原过渡的地段,41°42′~42°02′N、119°30′~120°53′E。属中温带大陆性季风气候,年平均降水量一般为310~460 mm,年蒸发量2350~3449 mm,是降水量的6~7倍。年平均气温一般为5~7℃,最高气温为39.7℃,最低气温为-31

℃,≥10℃有效积温为2600~3200℃,无霜期为130~150 d。研究区干燥指数为1.20~1.69,属于半干旱地区。该区地貌为黄土丘陵及黄土漫岗,土壤为栗钙土。全旗有林地面积为34.4万hm²,占总面积的41.6%,其中,人工林面积为33.9万hm²,为全国人工林最多的旗县。原生植被较少,仅有低矮灌木及杂草,人工林树种主要以小黑杨(*Populus × xiaohei* T. S. Hwang et Liang)、小叶杨(*Populus simoni* Carr.)、油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)、樟子松(*Pinus sylvestris* var. *mongolica* Litv.)、沙棘(*Hippophae rhamnoides* Linn.)、柠条(*Caragana korshinskii* Kom.)、山楂(*Crataegus pinnatifida* Bunge)等为主,在配置上多以纯林为主加上密度过大,出现了许多“小老树”,造成生态、社会、经济效益的降低。大五家流域位于敖汉旗牛古吐乡,南北长7.4 km、东西宽6.75 km,流域内总的地形趋势为西高东低,属浅山丘陵和沙漠化风蚀地貌,土壤类型大部分为栗钙土,小部分为风沙土。流域管辖9个自然村,总人口2138人,流域总面积为5533 hm²,其中,农业用地面积1197 hm²,林业用地面积2452 hm²,牧业用地面积813 hm²,建设用地面积1071 hm²。流域林分类型多样,对研究敖汉旗不同林分类型涵养水源功能具有充分的代表性。该流域主要有灌丛林、乔灌混交林、针叶纯林、针阔混交林和阔叶纯林等林分类型。

2 研究方法

2.1 实测林分涵养水源功能的方法

在全面踏查流域境内林分类型的基础上,选择立地条件类型相对一致的不同林分类型分别设置临时标准地23块。标准地面积有100 m×100 m、50 m×50 m和25 m×25 m 3种,以标准地内至少包含100株林木为准进行林分调查(参照2003年颁布《森林资源规划设计调查技术规定》),调查林分包括小叶杨柠条混交林、华北落叶松(*Larix principis-*

rupprechtii Mayr.) 白榆 (*Ulmus pumila* L.) 混交林、油松纯林、油松沙棘混交林、小叶杨林带(4行1带)、小叶杨纯林、柠条纯林、桑 (*Morus alba* L.) 杏 (*Prunus armeniaca* L.) 混交林等8个林分类型,最后筛选出8块作为固定标准地;同时在每个标准地内设若干个2 m×2 m的小样方,分别收集每个小样方内的枯落物,在不破坏原有结构的情况下,收集在密封袋内,称取鲜质量,取样(鲜质量的1/5)带回室内烘干(在60~80℃时烘8~10 h),测定其干质量,枯落物烘干后用浸泡法测定其持水性能,重复3次。一般认为枯落物浸水24 h后的持水量,为枯落物的最大持水量,这时的持水率为最大持水率^[15],主要计算公式为:

$$(1) W_0 = M_0 - M_d$$

$$(2) R_0 = W_0 / M_d \times 100\%$$

$$(3) W_{h \max} = M_{24} - M_d$$

$$(4) R_{h \max} = W_{h \max} / M_d \times 100\%$$

$$(5) R_{s \max} = R_{h \max} - R_0$$

$$(6) W_{sv} = (0.85 R_{h \max} - R_0) \times M_d$$

式(1)~(6)中: W_0 为枯落物自然含水量; $W_{h \max}$ 为枯落物最大持水量; W_{sv} 为枯落物有效拦蓄水量($t \cdot hm^{-2}$); M_0 为枯落物自然状态下的单位储量; M_d 为枯落物单位面积蓄积量; M_{24} 为枯落物吸水饱和和单位质量($t \cdot hm^{-2}$); R_0 、 $R_{h \max}$ 、 $R_{s \max}$ 分别为枯落物自然含水率,最大持水率,最大拦蓄水率(%)。

选择代表性地段挖土壤剖面,分层(0~10、10~20、20~40 cm)采集土样测定土壤含水量等土壤物理性质^[16],重复3次。计算土壤饱和蓄水量、土壤非毛管持水量、土壤毛管蓄水量^[17]。主要计算公式:

$$\text{土壤密度}(g \cdot cm^{-3}) = \text{环刀内干土质量} / \text{环刀}$$

容积;

$$\text{最大持水量}(g \cdot kg^{-1}) = (\text{浸水} 12 \text{ h 环刀内湿土质量} - \text{环刀内干土质量}) / \text{环刀内干土质量} \times 1000;$$

$$\text{最小持水量}(g \cdot kg^{-1}) = (\text{置沙} 48 \text{ h 环刀内湿土质量} - \text{环刀内干土质量}) / \text{环刀内干土质量} \times 1000;$$

$$\text{毛管持水量}(g \cdot kg^{-1}) = (\text{置沙} 2 \text{ h 环刀内湿土质量} - \text{环刀内干土质量}) / \text{环刀内干土质量} \times 1000;$$

$$\text{非毛管孔隙度} = 0.1 \times (\text{最大持水量} - \text{毛管持水量}) \times \text{土壤密度} / \text{水的密度};$$

$$\text{毛管孔隙度} = 0.1 \times \text{毛管持水量} \times \text{土壤密度} / \text{水的密度};$$

$$\text{总孔隙度} = \text{非毛管孔隙度} + \text{毛管孔隙度};$$

$$\text{土壤涵蓄水量}(mm) = \text{土壤饱和含水量}(mm) - \text{土壤含水量}(mm);$$

$$\text{土壤有效涵蓄水量}(mm) = \text{土壤毛管最大持水量}(mm) - \text{土壤含水量}(mm)$$

2.2 多元统计分析方法

在SAS软件系统下,利用典型相关分析方法^[18-20],选择出影响涵养水源功能的林分因子,以便对不同林分类型水源涵养功能高低的量化界定提供依据。

3 结果与分析

3.1 枯落物层涵蓄水功能与林分因子关系分析

以枯落物层涵蓄水分的指标(枯落物现存量 y_1 、最大持水率 y_2 、最大持水量 y_3 、有效拦蓄水量 y_4 、有效拦蓄水率 y_5)为一组合 v ,形成枯落物涵蓄水分因子(表1);以表2中的12个因子为另一组合 u ,形成林分因子,研究2类因子间的典型相关关系。

表1 不同林分类型枯落物持水能力

标准地 编号	林分类型	主要树种		枯落物现存量 /($t \cdot hm^{-2}$)	自然含水 率/%	最大持水量 /($t \cdot hm^{-2}$)	最大持水 率/%	有效拦蓄水能力	
		平均树 高/m	平均胸 径/cm					有效拦蓄 水率/%	有效拦蓄水量/ ($t \cdot hm^{-2}$)
1	小叶杨柠条混交林	4.8	9.6	3.469 5	7.08	66.13	337.2	347.89	9.70
2	油松沙棘混交林	4.3	6.8	1.248 0	3.92	62.83	318.1	117.07	3.33
3	华北落叶松白榆混交林	6.8	10.0	4.853 6	22.90	66.60	346.1	427.50	13.17
4	小叶杨林带(4行1带)	6.5	9.8	2.749 0	21.34	59.40	242.3	119.71	5.08
5	小叶杨纯林	5.6	8.6	3.259 0	25.34	91.80	282.9	139.64	7.01
6	油松纯林	4.5	7.8	2.114 0	12.40	67.30	343.0	213.02	5.90
7	桑杏混交林	4.5		0.874 3	7.55	62.95	316.0	54.61	2.28
8	柠条纯林	2.4		1.210 8	16.91	33.30	331.3	222.53	3.20

注:油松沙棘混交密度分别为1 293、1 347株· hm^{-2} ;华北落叶松白榆混交密度分别为692、309株· hm^{-2} ;桑杏混交密度分别为447、595株· hm^{-2} ;测定年份为2009年,下同。

在枯落物层涵蓄水分因子 v 与林分因子 u 的 5 对典型变量中,前 3 对典型变量在 0.01 和 0.05 水平达极显著或显著,因此,用前 3 对典型变量进行相关分析。在第 I 对典型变量林分因子的线形组合 u_1 中,与胸径、群落结构呈负相关,相关系数分别为 -0.542 6 和 -0.370 0,与年蓄积生长量、冠层厚度呈正相关,相关系数分别为 0.492 9、0.464 7;在枯落物层涵蓄水分因子的线形组合 v_1 中,与枯落物现存量呈正相关,相关系数为 0.016 4,与有效拦蓄水率呈负相关(-0.097 0)。因此,第 I 对典型变量 u_1 与 v_1 相关,主要表现在胸径、年蓄积生长量、冠层厚度、群落结构与枯落物现存量、有效拦蓄水率间密切相关。在第 II 对典型变量 u_2 中,与年蓄积生长量、

冠幅、公顷蓄积量、郁闭度呈负相关,相关系数分别为 -0.806 8、-0.674 6、-0.617 9、-0.587 2,而与地被物盖度呈正相关(0.660 4);而 v_2 的线形组合中,与有效拦蓄水率负荷量最大(0.889 5),其次是最大持水率(0.882 0)、有效拦蓄水量(0.693 5),均呈现正相关,说明第 II 对典型变量主要描述枯落物有效拦蓄水率、最大持水率、有效拦蓄水量与年蓄积生长量、冠幅、地被物盖度、公顷蓄积量、郁闭度之间的相关关系。在第 III 对典型变量 u_3 中,与胸径、地被物盖度均呈正相关(0.734 7、0.677 6),而 v_3 的线形组合中,与最大持水量呈正相关(0.732 7),两组因子间的相关主要表现在胸径、地被物盖度与最大持水量存在密切正相关关系。

表 2 枯落物层涵蓄水分典型变量和与典型变量有关林分因子的相关系数

项目	典型变量										
	I		II		III		IV		V		
	0.763 5**		0.562 3*		0.350 8*		0.264 8		0.210 8		
	S_1	R_1	S_2	R_2	S_3	R_3	S_4	R_4	S_5	R_5	
枯落物层涵蓄水指标	现存量 y_1	-3.334 3	0.016 4	0.296 3	0.437 0	-0.091 0	-0.155 6	0.388 7	0.885 6	-3.466 5	-0.016 0
	最大持水率 y_2	0.052 3	-0.002 8	0.018 8	0.882 0	0.017 0	0.446 9	-0.010 6	-0.149 4	-0.185 0	0.007 3
	最大持水量 y_3	-0.204 9	0.013 6	-0.034 2	-0.391 4	0.077 8	0.732 7	0.034 2	0.556 6	-0.009 8	-0.000 5
	有效拦蓄水量 y_4	4.365 0	-0.011 5	0.007 8	0.693 5	-0.141 2	-0.038 3	0.094 8	0.719 0	9.272 6	0.022 4
	有效拦蓄水率 y_5	-0.100 7	-0.097 0	-0.000 2	0.889 5	0.001 1	-0.054 6	0.000 8	0.442 0	-0.071 8	0.032 6
林分因子	树高 x_1	0.026 1	0.027 1	1.219 0	-0.460 4	-0.824 8	0.220 8	2.239 6	0.854 6	-0.776 1	-0.090 3
	胸径 x_2	-0.581 0	-0.542 6	-0.094 8	0.107 9	0.333 0	0.734 7	-0.111 7	0.304 2	0.065 6	0.248 3
	公顷蓄积量 x_3	0.014 9	0.288 4	-0.019 8	-0.617 9	0.010 9	0.495 8	-0.011 5	0.534 9	0.023 1	0.055 8
	郁闭度 x_4	-1.068 4	0.177 7	-0.949 5	-0.587 2	1.160 7	0.347 1	-1.189 5	0.210 6	-3.898 7	-0.677 3
	年蓄积生长量 x_5		0.492 9		-0.806 8		0.204 3		0.251 9		-0.030 2
	地被物盖度 x_6	0.024 4	0.302 2	0.030 1	0.660 4	0.012 3	0.677 6	0.011 2	-0.115 7	-0.009 9	-0.006 6
	冠层厚度 x_7		0.464 7		0.269 0		0.138 1		0.832 2		0.009 8
	冠幅 x_8		-0.066 4		-0.674 6		-0.151 9		0.698 7		-0.171 2
	群落结构 x_9		-0.370 0		0.212 8		0.077 7		-0.488 8		0.756 9
	下木盖度 x_{10}		0.262 8		-0.037 4		0.113 6		-0.695 4		0.658 1
	土壤厚度 x_{11}										
	腐殖质厚度 x_{12}										

注: S 为典型变量系数; R 为原始变量与典型变量的相关系数。

从枯落物层涵蓄水分功能与林分因子的典型相关分析可知:枯落物层涵蓄水分能力主要受胸径、年蓄积生长量、冠层厚度、冠幅、群落结构、地被物盖度、公顷蓄积量、郁闭度等林分因子的影响。由表 1 可知:8 种林分类型枯落物层有效拦蓄量由大到小的排序为:华北落叶松白榆混交林 > 小叶杨柠条混交林 > 小叶杨纯林 > 油松纯林 > 小叶杨林带 > 油松沙棘混交林 > 柠条纯林 > 桑杏混交林。枯落物最大持水量和最大持水率变化范围分别为 33.3 ~ 91.8 t · hm⁻² 和 242.3% ~ 346.1%,有效拦蓄量和有效拦

蓄率变化范围分别为 2.28 ~ 13.17 t · hm⁻² 和 54.61% ~ 427.5%。

3.2 土壤层涵蓄水分功能与林分因子的关系分析

以土壤层涵蓄水分的指标(饱和蓄水量 y_1 、涵蓄降雨量 y_2 、非毛管持水量 y_3 、毛管蓄水量 y_4 、有效涵蓄量 y_5)为一组合 v ,形成土壤层涵蓄水分因子(表 3);以表 4 中的林分因子为另一组合 u ,研究 2 类因子间典型相关关系。

由表 4 可知:2 类组合间的 4 对变量中,前 3 对典型变量达显著水平,因此,用前 3 对典型变量进行

相关分析。第Ⅰ对典型变量线形组合 u_1 中,与公顷蓄积量、年蓄积生长量、郁闭度、胸径呈正相关,相关系数分别为0.372 4、0.350 6、0.317 3、0.275 0;在土壤层涵蓄水分因子的线形组合 v_1 中,与非毛管持水量呈较高的负相关(-0.001 6),与有效涵蓄量、毛管蓄水量呈正相关,相关系数分别为0.001 2、0.001 0。因此,第Ⅰ对典型变量 u_1 与 v_1 相关,主要表现在公顷蓄积量、年蓄积生长量、郁闭度与非毛管持水量、有效涵蓄量、毛管蓄水量间的密切相关。在第Ⅱ对典型变量的线形组合 u_2 中,与公顷蓄积量的相关性最大,相关系数为0.827 5,其次是年蓄积生长量(0.767 7)、冠幅(0.749 0)、树高(0.592 1),均呈正

相关,而土壤层涵蓄水分因子的线形组合 v_2 中,与有效涵蓄量、涵蓄降雨量(-0.008 6)负荷量最大,其次是毛管蓄水量(-0.006 0),均表现为负相关,说明第Ⅱ对典型变量主要描述土壤有效涵蓄量、涵蓄降雨量、毛管蓄水量与公顷蓄积量、年蓄积生长量、冠幅、树高之间的关系。在第Ⅲ对典型变量 u_3 的组合中,与冠幅、树高、公顷蓄积量呈负相关,相关系数分别为-0.307 8、-0.200 7、-0.168 1;土壤层涵蓄水分因子线形组合 v_3 中,与有效涵蓄量、涵蓄降雨量呈负相关,相关系数分别为-0.745 6、-0.675 4,与非毛管持水量呈正相关,相关系数为0.859 4。

表3 不同林分类型林地土壤蓄水能力

标准地 编号	林分类型	土层深度 /cm	自然含水量 /mm	非毛管持水量 /mm	饱和蓄水量 /mm	涵蓄降雨量 /mm	毛管蓄水量 /mm	有效涵蓄量 /mm
1	小叶杨柠条混交林	0~10	14.70	6.37	47.51	32.81	41.14	26.44
		10~20	19.94	1.57	46.92	26.98	45.35	25.41
		20~40	27.96	3.92	95.99	68.04	92.08	64.12
2	油松沙棘混交林	0~10	10.49	4.90	44.08	33.59	39.18	28.69
		10~20	15.27	3.43	46.92	31.65	43.49	28.23
		20~40	36.09	6.07	95.80	59.71	89.73	53.64
3	华北落叶松白榆混交林	0~10	12.46	6.37	49.30	36.83	42.93	30.47
		10~20	14.01	2.84	48.22	34.21	45.38	31.37
		20~40	32.47	7.25	98.40	65.93	91.15	58.68
4	小叶杨林带	0~10	4.40	3.72	50.84	46.44	47.12	42.72
		10~20	6.81	1.96	47.31	40.50	45.35	38.54
		20~40	22.59	3.72	94.23	71.65	90.51	67.92
5	小叶杨纯林	0~10	7.98	2.25	43.59	35.60	41.34	33.35
		10~20	12.64	1.96	49.17	36.53	47.21	34.57
		20~40	27.86	6.27	103.64	75.78	97.37	69.51
6	油松纯林	0~10	6.90	1.57	47.70	40.81	46.14	39.24
		10~20	10.22	1.18	50.64	40.42	49.47	39.24
		20~40	21.95	6.27	105.01	83.05	98.74	76.78
7	桑杏混交林	0~10	6.21	1.86	43.59	37.38	41.73	35.51
		10~20	12.54	3.13	44.57	32.03	41.43	28.90
		20~40	25.94	4.51	88.35	62.41	83.85	57.91
8	柠条纯林	0~10	2.12	3.13	36.93	34.81	33.79	31.67
		10~20	2.81	2.84	36.24	33.44	33.40	30.60
		20~40	6.63	6.66	63.87	57.24	57.21	50.58

研究表明:土壤层涵蓄水分主要受树高、胸径、公顷蓄积量、郁闭度、年蓄积生长量、冠幅等林分因子的影响。由表3和图1可知:8种不同林分类型土壤层有效涵蓄量、涵蓄降雨量、毛管蓄水量表现出基本相同规律,土壤层有效涵蓄量为油松纯林>小叶杨林带>小叶杨纯林>桑杏混交林>华北落叶松白榆混交林>小叶杨柠条混交林>柠条林>油松沙棘

混交林;而非毛管持水量有所不同,表现为华北落叶松白榆混交林>油松沙棘混交林>柠条林>小叶杨柠条混交林>小叶杨纯林>桑杏混交林>小叶杨林带>油松纯林。造成林地土壤非毛管持水量和有效蓄水能力差异的原因主要有:一是林地土壤的总孔隙度较大,但其非毛管孔隙度较小;二是各林分样地土壤的容质量的差异。

表4 土壤层涵蓄水分典型变量和与典型变量有关林分因子的相关系数

项目	典型变量								
	I		II		III		IV		
	0.684 5*		0.487 6*		0.383 5*		0.3619		
	S_1	R_1	S_2	R_2	S_3	R_3	S_4	R_4	
土壤层涵蓄水分指标	饱和蓄水量 y_1	87.146 0	0.000 5	196.658 0	-0.004 0	-0.738 2	-0.415 8	-0.053 7	0.848 5
	涵蓄降雨量 y_2	-305.240 0	0.000 8	6.175 1	-0.008 6	-0.583 4	-0.675 4	-0.069 1	0.195 5
	非毛管持水量 y_3	217.493 2	-0.001 6	-203.200 0	0.005 0	1.703 4	0.859 4	0.184 2	0.489 9
	毛管蓄水量 y_4	-87.110 7	0.001 0	-196.440 0	-0.006 0	0.633 7	-0.669 9	0.087 2	0.650 7
	有效涵蓄量 y_5	305.257 3	0.001 2	-6.268 0	-0.008 6	0.626 9	-0.745 6	0.035 8	0.094 1
林分因子	树高 x_1	-1.637 8	-0.165 0	0.885 7	0.592 1	5.515 7	-0.200 7	0.919 4	0.747 5
	胸径 x_2	-0.185 9	0.275 0	0.259 5	-0.200 8	1.076 7	0.075 5	0.029 3	-0.835 7
	公顷蓄积量 x_3	0.038 9	0.372 4	-0.012 7	0.827 5	-0.188 8	-0.168 1	-0.016 0	0.368 9
	郁闭度 x_4	1.442 1	0.317 3	-2.065 2	-0.179 1	-6.891 3	0.026 5	0.010 9	-0.845 5
	年蓄积生长量 x_5	-0.479 7	0.350 6	0.829 8	0.767 7	5.159 2	-0.115 3	0.222 6	0.214 1
	地被物盖度 X_6	0.013 7	0.238 1	-0.007 2	-0.164 3	0.080 3	0.101 8	0.025 1	0.931 9
	冠层厚度 x_7		0.268 5		-0.206 0		0.111 5		-0.842 7
	冠幅 x_8		-0.120 0		0.749 0		-0.307 8		-0.279 4
	群落结构 x_9		0.262 7		-0.216 5		0.099 8		-0.853 0
	下木盖度 x_{10}		0.270 6		-0.218 4		0.111 7		-0.855 9
	土壤厚度 x_{11}								
	腐殖质厚度 x_{12}								

注:1. S 典型变量系数;2. R 原始变量与典型变量的相关系数。

3.3 枯落物层、土壤层综合涵蓄水分功能与林分因子的关系

为了进一步了解枯落物层、土壤层涵蓄水分功能与林分因子的关系,枯落物层采用有效拦蓄水量因子,土壤层采用有效蓄水量因子以及林地蓄水量两种情况与林分因子进行典型相关分析。

当以枯落物有效拦蓄水量(y_1)和土壤层有效蓄水量(y_2)为一组合 v (表5),以表6中的12个林分因子为另一组合 u ,对这2组因子间进行典型相关分析。

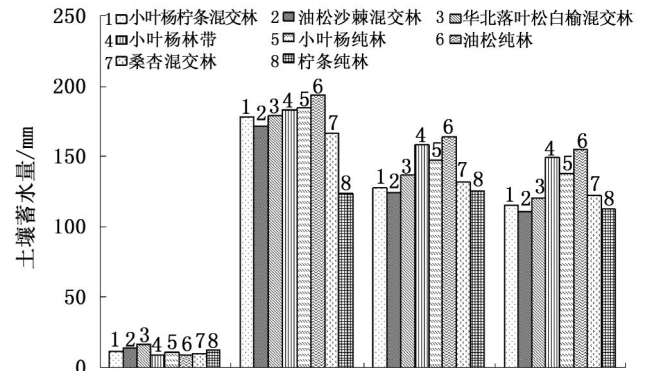


图1 不同林分类型土壤层蓄水能力的比较

表5 不同林分类型林地蓄水量

标准地编号	林分类型	枯落物层		土壤层		林地蓄水量/mm
		有效拦蓄水量/mm	比例/%	有效蓄水量/mm	比例/%	
1	小叶杨柠条混交林	0.97	0.83	116.0	99.17	117.0
2	油松沙棘混交林	0.33	0.30	110.6	99.70	110.9
3	华北落叶松白榆混交林	1.32	1.08	120.5	98.92	121.8
4	小叶杨林带	0.51	0.34	149.2	99.66	149.7
5	小叶杨纯林	0.70	0.51	137.4	99.49	138.1
6	油松纯林	0.59	0.38	155.3	99.62	155.9
7	桑杏混交林	0.23	0.19	122.3	99.81	122.6
8	柠条纯林	0.32	0.28	112.9	99.72	113.2

注:林地蓄水量 = 枯落物层有效拦蓄水量 + 土壤层有效蓄水量。

由表6可知:2对典型变量在0.05水平显著,表明2组因子间存在密切的相关关系。第I对典型变量林分因子线形组合 u_1 中,与下木盖度相关性最大

(0.618 5),其次是胸径(-0.605 1)和冠幅(0.521 2),下木盖度、冠幅均表现为正相关,而胸径呈负相关。在枯落物和土壤层涵蓄水分因子线形组

合 v_1 中, 负荷量最大的是土壤层有效拦蓄水量 (0.745 6), 呈正相关。因此, 第 I 对典型变量 u_1 与 v_1 相关主要表现在下木盖度、胸径、冠幅与土壤层有效蓄水量间的密切相关。在第 II 对典型变量林分因子的线形组合 u_2 中, 与郁闭度相关性最大 (0.831 7), 其次是公顷蓄积量 (0.817 2)、下木盖度

(0.652 5)、胸径 (0.644 7), 均表现正相关; 而枯落物层和土壤层涵蓄水分因子线形组合 v_2 中, 与枯落物有效拦蓄水量负荷量最大 (0.906 0), 说明枯落物层和土壤层涵蓄水分主要受郁闭度、公顷蓄积量、下木盖度、胸径、冠幅的影响较大。

表 6 枯落物层和土壤层涵蓄水分典型变量和与典型变量有关林分因子的相关系数

项目		典型变量			
		I		II	
		0.704 5*		0.682 3*	
		S_1	R_1	S_2	R_2
枯落物层和土壤层 涵蓄水分因子	有效拦蓄水量 y_1	-0.506 8	-0.423 3	0.567 0	0.906 0
	有效涵蓄水量 y_2	0.087 7	0.745 6	0.041 0	0.666 4
林分因子	树高 x_1	0.024 7	-0.189 1	0.004 9	0.049 7
	胸径 x_2	-0.007 1	-0.605 1	-0.004 0	0.644 7
	郁闭度 x_3	-0.140 9	-0.484 7	0.260 3	0.831 7
	公顷蓄积量 x_4	1.326 9	0.069 4	0.681 3	0.817 2
	地被物盖度 x_5	0.091 9	0.232 4	0.031 2	-0.507 5
	年蓄积生长量 x_6	-0.454 7	0.266 7	-0.085 9	-0.513 0
	下木盖度 x_7		0.618 5		0.652 5
	群落结构 x_8		-0.058 8		0.475 7
	冠幅 x_9		0.521 2		0.367 4
	冠层厚度 x_{10}		0.086 0		-0.474 1
	土壤厚度 x_{11}				
	腐殖质厚度 x_{12}				

注: 1. S 典型变量系数; 2. R 原始变量与典型变量相关系数。

当以林地总的蓄水量, 即枯落物有效拦蓄水量、土壤层有效涵蓄水量之和作为林地蓄水量 (y_1) 为一组因子, 林分因子为另一组因子时, 对 2 组因子间做典型相关分析。结果表明: 林地总的蓄水量与地被物盖度相关性最大 (0.462 6), 其次为公顷蓄积量 (0.315 5), 均呈正相关关系。

4 结论与讨论

赤峰市敖汉旗大五家流域不同林分类型涵养水源功能的研究表明, 枯落物层和土壤层涵蓄水分的各项因子均不同程度的与树高、胸径、公顷蓄积量、年蓄积生长量、郁闭度、地被物盖度、下木盖度、群落结构、冠幅、冠层厚度 10 个因子存在相关关系, 是影响该区涵养水源功能的主要林分因子, 可将这些林分因子作为该区不同林分类型枯落物层和土壤层涵蓄水分功能的评判因子。

林分枯落物层涵蓄水分主要受胸径、年蓄积生长量、冠层厚度、冠幅、群落结构、地被物盖度、公顷蓄积量、郁闭度的影响, 典型变量的系数反映了枯落物现存量随胸径、郁闭度的增大而增加的趋势, 而有效拦蓄水量却呈减少的趋势。这主要由于胸径和树

高反映林地的生产力, 当林木个体高大、粗壮, 郁闭度又高的情况下, 林下植物种类少且盖度较低, 枯落物现存量较少, 林下土壤和枯落物含水量较高, 枯落物有效拦蓄水量相应的减少。

林分土壤层涵蓄水分主要受树高、胸径、公顷蓄积量、郁闭度、年蓄积生长量、冠幅的影响。典型变量的系数反映了非毛管持水量、有效涵蓄量、涵蓄降雨量、毛管蓄水量随公顷蓄积量、郁闭度、年蓄积生长量的增大而减小。这主要由于林分郁闭度大, 林木个体生长迅速, 林下植被盖度相对低, 枯落物现存量相对较少, 土壤有机养分回归和改良土壤的作用减弱, 土壤密度大、孔隙度降低, 造成土壤层涵蓄水功能的减弱。枯落物有效拦蓄水量和土壤层有效涵蓄水量主要受郁闭度、公顷蓄积量、下木盖度、胸径、冠幅的影响。林地总的蓄水量主要受地被物盖度、公顷蓄积量的影响。

树高、胸径、蓄积量是反映林分生长状况的因子, 间接影响林分的涵养水源功能; 郁闭度、地被物盖度、下木盖度、群落结构、冠幅是反映林分生态状况的因子, 直接影响林分的涵养水源功能。随着林分的生长, 单位面积蓄积量增加, 林分内枯落物现存

量增加,最大持水量、有效拦蓄水量也相应的增大,但随着单位面积蓄积量的增加,导致林分内水热条件的变化,林内的光照在单位面积蓄积量达到一定范围后大幅减弱,从而降低了枯落物层的分解速度,大量枯落物处于半分解层,使枯落物层的水分蒸发变慢,自然含水率升高,有效拦蓄水量自然下降。林分涵养水源功能与林分因子的关系是一个复杂的问题,影响涵养水源功能的林分因子还有树种组成、起源、林龄、生物量、土壤结构等因子^[9],本文在研究中虽然选取了土层厚度和腐殖质厚度,但典型相关性较小,这主要是该地区土层厚度、腐殖质厚度差异较小的缘故。本文主要是根据现有调查观测数据得出的初步研究结果,没有考虑林冠层和灌草层截持水量的情况,如何促进影响涵养水源功能的林分因子增强其涵养水源功能还需进一步研究。

参考文献:

- [1] 薛立,李燕,屈明,等. 火力楠、荷木和黎蒴林的土壤特性及涵养水源的研究[J]. 应用生态学报,2005,16(9):1623-1627
- [2] 郝占庆,王力华. 辽东山区主要森林类型林地土壤涵蓄水性能的研究[J]. 应用生态学报,1998,9(3):237-241
- [3] 罗跃初,韩单恒,王宏昌,等. 辽西半干旱区几种人工林生态系统涵养水源功能研究[J]. 应用生态学报,2004,15(6):919-923
- [4] 李凌浩,林鹏,王其兵,等. 武夷山不同林龄甜槠林水文学效应的比较研究[J]. 应用生态学报,1998,9(1):18-22
- [5] 杨吉华,张光灿,张永涛,等. 石质山地不同树种幼林涵养水源功能的研究[J]. 山东农业大学学报,1998,29(3):356-364
- [6] 耿玉清,王保平. 森林地表枯枝落叶层涵养水源作用的研究[J]. 北京林业大学学报,2000,22(5):49-52
- [7] 马维伟,王辉,王修华. 甘南尕斯海不同湿地类型土壤物理特性及其水源涵养功能[J]. 水土保持学报,2012,26(4):194-198
- [8] 罗柳娟,韦理电,何斌,等. 尾巨桉和厚荚相思人工林水源涵养功能研究[J]. 华南农业大学学报,2012,33(2):220-224
- [9] 杜燕,王威,郑小贤. 北京山区水源林结构与功能关系研究[J]. 林业资源管理,2011(4):59-65
- [10] 王威,郑小贤,宁杨翠. 北京山区水源涵养林典型森林类型结构特征研究[J]. 北京林业大学学报,2011,33(1):60-63
- [11] 余新晓,王春玲,牛丽,等. 流域防护林体系对位配置[M]. 北京:科学出版社,2010
- [12] 张晓明,余新晓,武思宏,等. 黄土区森林植被对坡面径流和侵蚀产沙的影响[J]. 应用生态学报,2005,16(9):1613-1617
- [13] 秦富仓,余新晓,张满良,等. 小流域林草植被控制土壤侵蚀机理研究[J]. 应用生态学报,2005,16(9):1618-1622
- [14] 曾思齐,欧阳君祥. 马尾松低质低效次生林分类技术研究[J]. 中南林学院学报,2002,22(2):13-16
- [15] 张峰,彭祚登,安永兴. 北京西山主要造林树种林下枯落物的持水特性[J]. 林业科学,2010,46(10):6-13
- [16] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海科学技术出版社,1980:33-45
- [17] 孙艳红,张洪江,程金花,等. 缙云山不同林地类型土壤特性及其水源涵养功能[J]. 水土保持学报,2006,20(2):106-109
- [18] 裴喜春,薛河儒. SAS及应用[M]. 北京:中国农业出版社,1997:159-163,139-146
- [19] 唐守正. 多元统计分析法[M]. 北京:中国林业出版社,1991:99-120
- [20] 林少宫. 多元统计分析及计算程序[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1999:55-69