

北京市 3 个区域油松枯落物保水功能对比分析

张向峰¹, 王玉杰², 刘敏¹

(1. 中国电力工程顾问集团西南电力设计院, 四川成都 610021; 2. 北京林业大学水土保持学院, 北京 100083)

摘要: 调查了北京密云水库、八达岭林场和十三陵林场油松林枯落物储量调查, 研究了其枯落物持水特性, 得到了 3 个区域油松林枯落物总储量、最大持水量、最大持水率和有效拦蓄量等水文特征参数。结果表明, 油松枯落物总储量、最大持水量均表现为: 八达岭林场 > 十三陵林场 > 密云水库上游, 最大持水率、平均吸水率、有效拦蓄量均表现为: 十三陵林场 > 八达岭林场 > 密云水库上游; 3 个区域油松林枯落物保水功能均比较差, 尤其是密云水库; 降雨量小于临界值时, 八达岭林场油松林枯落物保水性能最好; 降雨量大于临界值时, 十三陵林场油松林枯落物保水性能最好。十三陵林场油松林枯落物保水功能优于其它两个区域。

关键词: 油松; 枯落物; 保水功能; 北京市

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)02-0311-04

中图分类号: S715

DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2014.02.063

Water Conserving Function of *Pinus Tabulaeformis* Litters in Three Regions of Beijing City

ZHANG Xiang-feng¹, WANG Yu-jie², LIU Min¹

(1. Southwest Electric Power Design Institute, China Power Engineering Consulting Group, Chengdu, Sichuan 610021, China; 2. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Gross litter reserves and hydrological characteristic parameters, such as the maximum water capacity, maximum water holding rate and modified interception amount, were studied through the water holding experiment and litter reserves survey on *Pinus tabulaeformis* forest stands in the Miyun Reservoir, Badaling Forestry Center and Shisanling Forestry Center in Beijing City. Results showed that the three regions, in order of decreasing gross litter reserve and maximum water capacity, were Badaling Forestry Center, Shisanling Forestry Center and Miyun Reservoir. In addition, the maximum water holding rate, average water absorption rate and modified interception amount were the highest in Shisanling Forestry Center, followed by Badaling Forestry Center, and the lowest in Miyun Reservoir. However, the water conserving function of *Pinus tabulaeformis* litter was relatively poor in the three regions, especially in the Miyun Reservoir. When rainfall is less than the critical value, the water conserving function of litter was best in Badaling Forestry Center; when rainfall is larger than the critical value, the water conserving function was best in Shisanling Forestry Center. The water conserving function of *Pinus tabulaeformis* in Shisanling Forestry Center was better than other two regions.

Keywords: *Pinus tabulaeformis*; litter; water conserving function; Beijing City

随着北京地区经济快速发展,其生态环境压力越来越大,尤其是水资源短缺问题。水土保持林在解决水资源短缺问题中扮演着重要的角色,且在控制水土流失、防治洪水灾害、改善生态环境条件、促进社会和谐发展起着非常重要的作用。枯落物层作为水土保持林的重要组成部分,具有很好的透水性和吸水性,是实现水土保持林保水功能的主要作用层,其透水

性、吸水性与其自身积累量、含水量和分解程度等因素有关^[1-2]。林地枯落物层是由林木及林下植被凋落下来的茎、叶、花、枝条和残体等形成的一层地面覆盖层^[3-5]。

油松是我国北方广大地区最主要的造林树种之一,适应性强,根系发达,是非常好的水土保持林树种,在北京地区保持水土方面起着非常重要的作用。

收稿日期: 2013-05-13

修回日期: 2013-05-22

资助项目: 国家林业公益性行业科研专项“退耕还林等林业工程生态效益评价研究”(201304308)

作者简介: 张向峰(1985—),男(汉族),山西省长治市人,助理工程师,主要从事为水土保持工作。E-mail: z651584211@163.com。

目前,国内外许多学者针对不同区域进行了大量研究,在枯落物的凋落量、截持降水、增强土壤入渗和防止土壤侵蚀等方面都取得了一定的成果^[6-8],但由于枯落物保水功能随区域、树种和自然条件等因素的变化而变化,因此枯落物保水功能研究任重道远。本研究选取北京密云水库上游、八达岭林场和十三陵林场中油松进林枯落物进行了定量研究,研究结果可为

北京地区森林生态系统健康经营、评价以及水资源保护提供科学理论依据。

1 研究区概况

研究区域位于北京市郊区,包括密云县密云水库上游、延庆县境内八达岭林场和昌平区境内十三陵林场 3 个区域。研究区域概况详见表 1。

表 1 研究区域概况

项目	密云水库上游	八达岭林场	十三陵林场
研究地点	密云县密云水库以东 5 km 处	延庆县境内	昌平区境内
地貌类型	丘陵地貌	中山地区	低山丘陵区
气候类型	暖温带大陆性季风气候	暖温带大陆性季风气候	暖温带大陆性季风气候
温度	年均气温 7.8℃,最高月(7月)平均气温 23℃,最低月(1月)平均气温 -9℃,无霜期 150 d	年均气温 10.8℃左右,最高月(7月)平均气温 27℃,最低月(1月)平均气温 -7℃,无霜期 160 d	年均气温 11.8℃,全年≥10℃积温为 4 200℃,无霜期 80~203 d
降雨	年均降雨 669 mm,主要集中在 6—9 月份	年均降雨量 454 mm,主要集中在 7—8 月份	年均降雨量 631 mm,主要集中在 6—8 月份
土壤类型	山地淋溶褐土	褐土、碳酸盐褐土、淋溶褐土	山地褐土
主要植物种类	油松、刺槐、侧柏、杨树、板栗、荆条、多花胡枝子、丛生隐子草、旱生卷柏	油松、刺槐、侧柏、落叶松、元宝枫、蒙古栎、黄栌、荆条、茜草、大油芒	油松、侧柏、黄栌、刺槐

2 研究方法

2.1 枯落物储量调查

综合考虑地形地貌条件、植被类型以及其它因素,选择具有代表性的油松林样地作为试验区,各研究区域分别设置 1 个 20 m×20 m 的标准样地

(表 2),在每个标准样地内随机选取 4 个 1 m×1 m 样方。用钢卷尺测量枯落物层的总厚度、未分解厚度和半分解(划分标准:未分解层是由当年植物凋落物组成;半分解层为有机残体部分已被分解,但还没有分解彻底。),分层取出原状枯落物带回实验室进行称重和 85℃烘干后称重。

表 2 样地基本情况

研究区域	土层厚度/cm	坡度/(°)	坡向	树龄/a	海拔/m	郁闭度/%
密云水库上游	25	45	N	30	325	50
八达岭林场	28	10	S	36	703	49
十三陵林场	44	25	NE	27	155	50

2.2 枯落物持水量的测定

枯落物层的持水量和吸水速率采用室内浸泡法测定。在烘干后的未分解层、半分解层中分别称量 3 个样品,样品重量均为 100 g。将称量的样品分别浸泡于水中后,分别测定其在 0.25,0.5,1,2 和 4 h 的重量变化,重复 3 次,取平均值。

2.3 枯落物最大持水量和持水率的测定

枯落物在清水中浸泡 24 h 后取出,静置 5 min,至枯落物不滴水为止,迅速称量枯落物湿重量,然后自然风干,测定风干重量。每层重复 3 次,取平均值。计算公式为:

$$M_0 = M_{24} - M$$

式中: M_{24} ——枯落物浸泡 24 h 后枯落物重量均值(g); M ——风干后枯落物重量均值(g); M_0 ——枯落物最大持水量(g)。

$$R_{\max} = M_0 / M$$

式中: R_{\max} ——最大持水率(%)。

2.4 枯落物有效拦蓄量的测定

有效拦蓄量可用来估算枯落物对降雨的实际拦蓄量。计算公式^[9]为:

$$W = (0.85R_{\max} - R_a)M$$

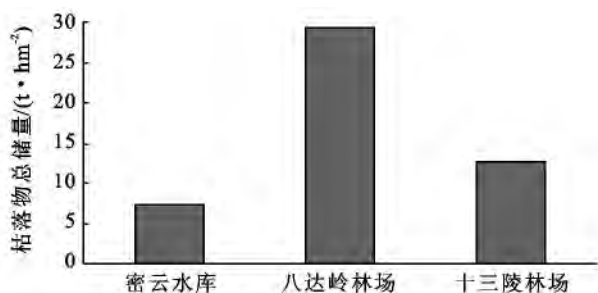
式中: W ——有效拦蓄量(t/hm²); R_{\max} ——最大持水率(%); R_a ——平均自然含水率(%); M ——枯落物蓄积量(t/hm²)。

3 结果与分析

3.1 不同区域枯落物储量

枯落物储量在评价森林保水功能时具有非常重要的地位,也是判断枯落物保水功能的重要指标。对北京地区密云水库上游、八达岭林场和十三陵林场油松林枯落物储量调查表明(图 1),枯落物总储量表现为:八达岭林场(29.2 t/hm^2) $>$ 十三陵林场(12.5 t/hm^2) $>$ 密云水库上游(7.2 t/hm^2),枯落物未分解储量由大到小依次为:八达岭林场 $>$ 十三陵林场 $>$ 密云水库上游,枯落物分解储量由大到小依次为:十三陵林场 $>$ 八达岭林场 $>$ 密云水库上游。

通过 SPSS 17.0 方差分析和图 1 可以得出,密云水库、十三陵林场油松林枯落物总储量、未分解储量与八达岭林场之间差异性非常显著($p < 0.01$),密云



水库油松林枯落物总储量、未分解层储量、半分解层储量与十三陵林场之间差异性显著($p < 0.05$),而 3 个区域的半分解层枯落物储量存在一定差异性。从图 1 可以看出,密云水库、十三陵林场均表现出半分解层储量要比未分解层储量大,而八达岭林场侧表现出相反的规律,这主要是因为八达岭林场油松树龄相对较高,每年新增枯落物凋落量相对较高,且地势相对平缓,枯落物流失量相对较少。

彭云等人^[10]研究认为相同森林类型随着年龄的增长,枯落物总储量呈增长趋势。而本研究结果中密云水库油松树龄虽然比十三陵林场油松树龄高,但枯落物总储量却小于十三陵林场。分析样地情况,可以看出出现这种情况主要是因为密云水库坡度相对较高(高达 45°),枯落物很容易流失,因此导致其枯落物总量相对较低。

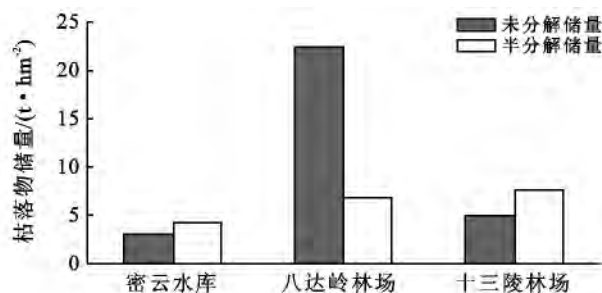


图 1 不同区域枯落物总储量和各层次储量

3.2 不同区域枯落物的持水能力

通常,人们把枯落物浸水 24 h 的持水量和持水率作为枯落物最大持水量和最大持水率,且枯落物最大持水量和最大持水率常作为判断枯落物保水功能的重要指标。图 2 为不同区域枯落物最大持水量和最大持水率。由图 2 可以看出,最大持水量表现为:八达岭林场(61.4 t/hm^2) $>$ 十三陵林场(20.5 t/hm^2) $>$ 密云水库(8.3 t/hm^2),最大持水率表现为:十三陵林场(260%) $>$ 八达岭林场(192%) $>$ 密云水库上游(116%)。根据我国多年来研究成果表明,我国森林枯落物层的最大持水量平均为 41.8 t/hm^2 ,最大持水率平均为 309.54% ^[8]。3 个区域与我国均值对比可以看出,最大持水量只有八达岭林场达到了均值,其它两个地区小于均值,且相差比较大,尤其是密云水库,仅为均值的 20% ;3 个区域的最大持水率均小于我国均值,尤其是密云水库,仅为均值的 37% 。

通过 SPSS 17.0 方差分析和图 2 可以得出,八达岭林场的油松林枯落物最大持水量与其它两个地区之间差异性极为显著($p < 0.01$),而 3 个地区的最大持水率差异性显著($p < 0.05$)。

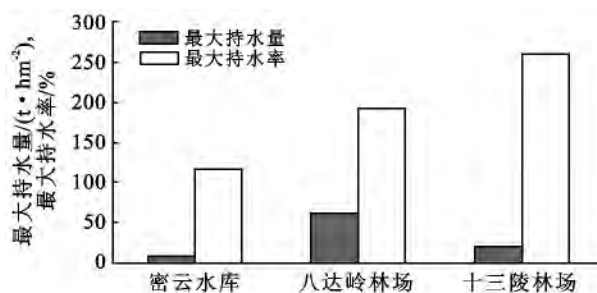


图 2 不同区域枯落物最大持水量和最大持水率

3.3 不同区域枯落物吸水能力

由于山区森林多位于山坡,基本不具备较长时间的浸水条件,且多数情况降雨历时小于 4 h,且这个时段也是枯落物吸水的最重要时段,因此,研究枯落物此时段吸水能力具有着非常重要的实际意义。枯落物吸水能力常常作为枯落物保水功能的重要指标,而枯落物吸水速率常常用来反映枯落物吸水能力情况。

由表 3 可以看出,3 个区域枯落物未分解层、半分解层吸水量与浸泡时间存在着显著的线性相关关系。3 个区域枯落物未分解层和半分解层吸水量均随着时间增加而增大,吸水量与浸泡时间存在一定关

系。枯落物吸水速率表示单位时间内枯落物的持水量,枯落物吸水速率对于评价森林对不同强度降雨的保水功能有着非常重要的意义。3 个研究区域未分解层枯落物在 4 h 时段内平均吸水速率大小顺序为:八达岭林场>密云水库>十三陵林场,半分解层枯落物大小顺序表现为:十三陵林场>密云水库>八达岭林场,枯落物平均吸水速率大小顺序表现为:十三陵

林场>八达岭林场>密云水库。另外,由表 3 可以看出密云水库与八达岭林场枯落物吸水速率相差不大。

通常,未分解层枯落物最先开始吸水,如果降雨量未渗透过未分解层时,吸水能力由未分解层来决定,那么八达岭林场油松枯落物吸水能力最优;如果降雨量渗透到半分解层时,吸水能力由未分解层和半分解层来决定,那么十三陵林场吸水能力最优。

表 3 不同区域未分解层和半分解层枯落物吸水特征值

研究区域	未分解层			半分解层			V
	关系式	r^2	v	关系式	r^2	v	
密云水库	$y=85.21x+1332$	0.91	85.21	$y=67.94x+1435$	0.92	67.94	76.58
八达岭林场	$y=97.23x+881$	0.94	97.23	$y=56.72x+1382$	0.91	56.72	76.98
十三陵林场	$y=81.24x+306$	0.95	81.24	$y=89.16x+465$	0.91	89.16	85.20

注: v 为 4 h 时段内不同层次枯落物平均吸水速率, V 为 4 h 时段内枯落物总的平均吸水速率。

3.4 不同区域枯落物拦蓄能力

枯落物有效拦蓄量是反映枯落物层对降雨的实际拦蓄情况,因此,有效拦蓄量常用来反映枯落物的真实拦蓄能力,也是判断枯落物保水功能的重要指标。有效拦蓄量是反映枯落物对一次降水拦蓄的真实指标,其与枯落物数量、水分状态、降雨特性等有关^[11-12]。图 3 为不同区域枯落物拦蓄量。由图 3 可以看出,3 个区域拦蓄量存在差异,通过 SPSS 17.0 方差分析,得出 3 个区域拦蓄量存在极显著的差异性($p<0.01$)。

枯落物拦蓄量表现为:十三陵林场(26.8 t/hm^2)>八达岭林场(9.9 t/hm^2)>密云水库(1.2 t/hm^2),且密云水库拦蓄量不到十三陵林场的 5%,这主要是因为密云水库区域空气湿度相对较高,枯落物自然含水量相对较高,且枯落物储量也非常小。

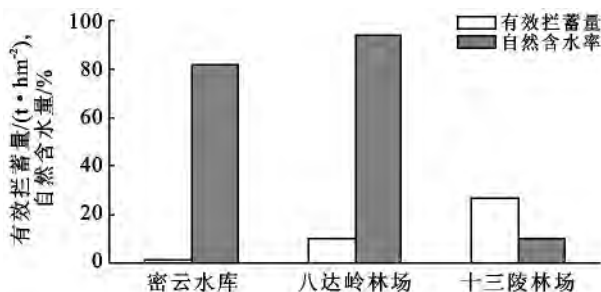


图 3 不同区域枯落物自然含水率和拦蓄量

4 结论

枯落物层保水功能是森林生态系统水分循环中的重要部分,森林枯落物保水特性的研究对森林健康经营和区域水资源的保护具有着重要的意义^[13-15]。

一般情况下,森林枯落物保水功能是通过枯落物储量、最大持水量、最大持水率、吸水速率和拦蓄量 5 个重要指标来研究分析。通过对北京地区 3 个区域油松林枯落物保水功能的定量分析,得出枯落物总储量由大到小依次为:八达岭林场(29.2 t/hm^2)>十三陵林场(12.5 t/hm^2)>密云水库上游(7.2 t/hm^2),最大持水量表现为:八达岭林场(61.4 t/hm^2)>十三陵林场(20.5 t/hm^2)>密云水库(8.3 t/hm^2),最大持水率由大到小表现为:十三陵林场(260%)>八达岭林场(192%)>密云水库上游(116%),枯落物平均吸水速率由大到小表现为:十三陵林场>八达岭林场>密云水库,枯落物拦蓄量由大到小表现为:十三陵林场(26.8 t/hm^2)>八达岭林场(9.9 t/hm^2)>密云水库(1.2 t/hm^2)。

总的来说,3 个区域油松林枯落物保水功能均比较差,尤其是密云水库;降雨量小于某一范围时,八达岭林场油松林枯落物保水性能最好;降雨量超过某一范围时,十三陵林场油松林枯落物保水性能最优;3 个区域比较而言,十三陵林场油松林枯落物保水功能要优于其它两个区域。

[参 考 文 献]

- [1] 王兵,王燕,赵广东. 江西大岗山三种主要植被类型枯落物水文性能研究[J]. 水土保持研究, 2008, 15(6): 197-199.
- [2] 莫菲,于澎湃,王彦辉,等. 六盘山华北落叶松林和红桦林枯落物持水特征及其截持降雨过程[J]. 生态学报, 2009, 17(3): 2868-2876.
- [3] 徐学华,崔立志,王锡武,等. 不同经营措施对冀北山地华北落叶松林枯落物持水性能的影响[J]. 水土保持研究, 2010, 17(3): 157-161.

(下转第 319 页)

赋权法,借助协调发展度模型对金华市 1998—2011 年的环境质量变化与经济协调发展的协调关系进行了定量研究,有助于金华市根据环境状况及经济发展制定合理的协调发展政策。

(2) 从研究结果可以看出,金华市 1998—2011 年经济取得了巨大的发展,经济地位不断增强。但也应该清楚地看到,该市从 2003 年开始由原来的经济环境同步型转变为环境滞后型。随着经济的加速发展,金华市的环境承载力已经遭到破坏,其波动变化将影响到该市的可持续发展。这说明金华市经济的发展付出了环境的巨大代价。

随着金华市深入实施“工业强市”战略,新一轮的经济腾飞即将出现,认识和把握金华市过去 14 a 的环境经济协调发展情况对金华的发展颇为重要。当今,金华市要实现环境与经济协调发展,必须依托科学技术的支撑作用,遵循循环经济的理念,保护生态环境。

[参 考 文 献]

- [1] 李艳,曾珍香,武优西,等. 经济—环境系统协调发展评价方法研究及应用[J]. 系统工程理论与实践,2003(5): 54-58.
- [2] 黄海峰. 珠三角地区环境与经济协调发展研究及 GIS 技术应用[D]. 北京:中国科学院,2006.
- [3] 李雪铭,李婉娜. 1990 年代以来大连市人居环境与经济协调发展定量分析[J]. 经济地理,2005,25(3): 383-390.
- [4] 金华市统计局,国家统计局金华调查队. 金华统计年鉴(2012)[M]. 北京:中国统计出版社,2012.
- [5] 李倩,鞠美庭,邵超峰,等. 基于复杂系统理论的天津市环境与经济关系分析[J]. 环境科学研究,2013,26(1): 109-114.
- [6] 王振波,方创琳,王婧. 1991 年以来长三角快速城市化地区生态经济系统协调度评价及其空间演化模式[J]. 地理学报,2011,66(12): 1657-1668.
- [7] 王辉,郭玲玲,宋丽. 辽宁省 14 市经济与环境协调度的时空演变研究[J]. 干旱区资源与环境,2011,25(5): 35-40.
- [8] 张晓东,朱德海. 中国区域经济与环境协调度预测分析[J]. 资源科学,2003,25(2): 1-6.
- [9] 刘鸿亮,曹凤中. 21 世纪经济与环境协调发展全新思维模式的建立[J]. 环境科学研究,2006,19(4): 148-153.
- [10] 廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系:以珠江三角洲城市群为例[J]. 热带地理,1999,19(2): 171-177.
- [11] 封毅,阎伍玖,崔灵周,等. 芜湖市经济与环境协调发展类型评价研究[J]. 水土保持通报,2007,27(6): 211-215.
- [12] 刘辉,任建兰. 山东省区域环境与经济发展协调关系分析[J]. 烟台师范学院学报:自然科学版,2006,22(1): 54-58.
- [4] 叶海英,赵挺宁,赵陟. 半干旱黄土丘陵沟壑区几种不同人工水土保持林枯落物储量及持水特性研究[J]. 水土保持研究,2009,16(1): 121-125,130.
- [5] 顾宇书,邢兆凯,韩友志,等. 浑河上游 4 种典型林分类型枯落物持水特征[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2013,37(1): 31-36.
- [6] 郭汉清,韩有志,白秀梅. 不同林分枯落物水文效应和地表糙率系数研究[J]. 水土保持学报,2010,24(2): 179-181.
- [7] 刘建立,王彦辉,管伟,等. 宁南山区华北落叶松林枯落物水文特征研究[J]. 水土保持学报,2009,29(6): 20-23.
- [8] 王士永,余新晓,贾国栋,等. 北京山区主要人工林枯落物水文效应[J]. 中国水土保持科学,2011,9(5): 42-47.
- [9] 陈波,杨新兵,赵心苗,等. 冀北山地 6 种天然纯林枯落物及土壤水文效应[J]. 水土保持学报,2012,26(2): 196-202.
- [10] 彭云,丁贵杰. 不同林龄马尾松林枯落物储量及其持水性[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2008,32(4): 43-46.
- [11] 张卫强,李召青,周平,等. 东江中上游主要森林类型枯落物的持水特性[J]. 水土保持学报,2010,24(5): 130-134.
- [12] 陈波,孟成生,赵耀新,等. 冀北山地不同海拔华北落叶松人工林枯落物和土壤水文效应[J]. 水土保持学报,2012,26(3): 216-221.
- [13] 龚伟,胡庭兴,王景燕,等. 川南天然常绿阔叶林人工更新后枯落物层持水性研究[J]. 水土保持学报,2006,20(3): 51-55.
- [14] 卢洪健,李金涛,刘文杰. 西双版纳橡胶林枯落物的持水性能与截留特征[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2011,35(4): 67-73.
- [15] 张焜,张洪江,程金花. 重庆四面山 4 种类型天然林枯落物水文效应[J]. 东北林业大学学报,2013,41(3): 43-45.

(上接第 314 页)