不同经营措施对天然次生林枯落物层水源涵养能力的影响

曹云生[1,2]，赵艳玲[1,3]，梁文俊[4]

〔1.中国矿业大学(北京) 地球科学与测绘工程学院，北京 100083；2.北京市工程咨询公司，北京 100083；3.中国矿业大学(北京) 土地复垦与生态重建研究所，北京 100083；4.山西农业大学，山西 太谷 030800〕

摘　要：[目的] 探究不同经营措施对天然次生林枯落物层水源涵养能力的影响，确定最有利于提高枯落物层的水源涵养能力经营措施，为该地区天然次生林的健康经营提供理论依据和参考。[方法] 通过采取现场测量与室内浸泡法测定枯落物层蓄水指标的变化来分析 5 种经营措施的作用，并设置未采取经营措施的样地作为对照，对林分的各项水源涵养指标进行评价。[结果] ①经过改造措施后枯落物蓄积量均高于未改造的林分，改造 4 a 后枯落物蓄积量与改造之前相比增长 27%～39%。②实施经营措施后 2 a 枯落物层最大持水量增长率为 4.61%～9.30%，改造后 2 a～4 a 增长率为 6.31%～7.66%。③改造后 2 a 与改造后 4 a，枯落物自然持水量排序均为：引入灌木＞封山育林＞团状择伐＞带状皆伐＞抚育间伐＞未改造，改造 2 a 后增长率在 0.61%～29.68%之间，改造 4 a 后增长率在 1.82%～31.91%之间。④经过改造，枯落物层有效拦蓄量 2 a 后增长率为 3.67%～8.08%；改造后 2 a～4 a 增长率为 4.51%～5.95%。[结论] 实施经营措施的林分枯落物层蓄水指标均高于未改造林分，其中引入灌木的经营措施对林分枯落物蓄水能力的影响最明显。

关键词：经营措施；天然次生林；枯落物；水源涵养

文献标识码：A　　**文章编号**：1000-288X(2019)03-0186-05　　**中图分类号**：S727.21

文献参数：曹云生，赵艳玲，梁文俊.不同经营措施对天然次生林枯落物层水源涵养能力的影响[J].水土保持通报，2019，39(3)：186-190. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2019.03.031；Cao Yunsheng，Zhao Yanling，Liang Wenjun. Effects of different management measures on water conservation capacity of litter layer of natural secondary forest[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation，2019，39(3)：186-190.

Effects of Different Management Measures on Water Conservation Capacity of Litter Layer of Natural Secondary Forest

Cao Yunsheng[1,2], Zhao Yanling[1,3], Liang Wenjun[4]

〔1. *College of Earth Science and Surveying Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing* 100083, *China*; 2. *Beijing Engineering Consulting Company, Beijing* 100083, *China*; 3. *Institute of Land Reclamation and Ecological Reconstruction, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing* 100083, *China*; 4. *Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi* 030800, *China*〕

Abstract: [Objective] The effects of different management measures on water conservation capacity of litter layer of natural secondary forest were studied, and the management measures that are most conducive to improving the water source conservation capacity of litter layer are determined in order to provide theoretical basis and reference for the healthy management of natural secondary forest in this area. [Methods] Field measurement and indoor immersion method were used to analyze the change of water storage index in the litter layer, and to analyze the effects of five different kinds of management measures. The plots without

收稿日期：2018-11-18　　**修回日期**：2018-11-22

资助项目：国家自然科学基金项目“基于森林空间结构的华北落叶松人工林种子萌发及幼苗成活机制研究”(31500523)

第一作者：曹云生(1985—)，男(汉族)，山东省淄博市人，博士，主要从事生态环境工程与植被恢复技术研究。E-mail：cys888cys888@163.com。

通讯作者：赵艳玲(1976—)，女(汉族)，河北省献县人，博士，教授，主要从事土地复垦与生态重建及 3S 技术应用等研究。E-mail：zhaoyl7677@163.com。

management measures were set as the control, the water conservation of the stand was adopted, and the water conservation indicators were evaluated. [Results] ① After the transformation measures, the accumulation of litter was higher than that of the unmodified stands, and the amount of litter accumulated after 4 years was increased by 27%～39% compared with that before the transformation. ② After the implementation of the management measures, the growth rate of the maximum water holding capacity of the 2 a litter layer was 4.61%～9.30%, and the growth rate of 2 a to 4 a after the transformation was 6.31%～7.66%. ③ After 2-year and 4-yearr transformation, the natural water holding capacity of litter was: introduction of shrubs > closure of hills for afforestation > squash selective cutting > strip clear cutting > tending and thinning > unreconstructed. The growth rate after the 2-year transformation was 0.61%～29.68%, while the growth rate after the 4-year transformation was 1.82%～31.91%. ④ After the transformation, the effective growth rate of the litter layer after 2 years was 3.67%～8.08%, and the growth rate after 2-4 years was 4.51%～5.95%. [Conclusion] The water storage index of the litter layer in the forest with the implementation of management measures was higher than that in the unreformed forest stand. The management measures of shrubs introduced had the most obvious influence on the water storage capacity of litter.

Keywords: management measures; natural secondary forest; litter; water conservation

枯落物层是森林生态系统中不可或缺的一环,它不仅能够为微生物提供必需的能量来源,还可以截留降水、减缓降雨速度和涵养水分[1]。有研究证明通过不同的营林方式,能够有效调节枯落物在水源涵养功能方面的作用。天然次生林作为冀北山地主要的林分类型,由于受到不科学的经营措施与人为干扰等影响,该林分类型出现了生长衰退、水源涵养功能降低的现象,针对这些突出问题,对天然次生林采取不同的经营措施来增加林分的水源涵养能力。国内对天然次生林的水文研究有一定的基础,但是内容主要涉及地被物持水特征、土壤入渗等方面,对经过抚育措施后天然次生林的水文效应研究报道较少。本文拟通过对河北省木兰林管局北沟林场的天然次生林实施 5 种不同经营措施,并通过测定枯落物层蓄积量、最大持水量、有效拦蓄量等指标的变化来分析 5 种经营措施的作用,从而确定哪种措施最有利于枯落物层的水源涵养能力的提高,以期为该地区天然次生林的健康经营提供理论依据和参考[2-3]。

1　研究区概况

研究区位于冀北山地木兰围场国有林场管理局(41°35′—42°37′N,116°48′—118°20′E),该地区山峦起伏、沟壑纵横,海拔高度约为 750～1 829 m。属于寒温带向中温带过渡大陆性季风型山地气候。具有春季偏旱、冬长夏短、四季分明、昼夜温差大的特征。年降水量为 400～500 m,主要集中在 7—9 月。研究区内土壤类型主要是黄棕壤和黑棕壤。研究区内主要乔木树种有主要乔木树种有华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、云杉(*Picea asperata*)、黑 桦 (*Betula dahurica*)、山 杨(*Populus davidiana*)、蒙古栎(*Quercus mongolica*)、白桦(*Betula platyphylla*)等。

试验地设置在木兰围场国有林场管理局北沟林场北沟作业区,2014 年在试验区内选择了 6 块天然次生林,采取抚育间伐、团状择伐、带状皆伐、引入灌木、封山育林 5 种经营措施的标准样地与一块未采取措施的对照标准样地,在林内设置大小 100 m×100 m 的标准大样地,在样地选择时尽可能的选择林龄、立地条件和林分郁闭度相近的林分,并调查林分的基本情况[4-6](详见表 1)。

表 1　试验标准地概况

经营措施	林分密度/(株·hm^{-2})	树高/m	坡度/(°)	海拔/m	胸径/cm
抚育间伐	830	10.9	11	1 200	15.24
团状择伐	840	10.8	13	1 200	16.05
带状皆伐	835	12.1	12	1 230	16.35
引入灌木	825	11.5	14	1 210	15.10
封山育林	830	11.3	15	1 190	15.08
未改造	820	10.6	13	1 170	14.86

2　研究方法

2.1　经营措施与样地设置

合理的林分结构对林木的健康生长有着非常重要的作用,因此采取科学的抚育措施来提高林分的结构合理性是必要的。本文采取 5 种经营措施来对天然次生林进行改造,分别为:抚育间伐、团状择伐、带状皆伐、引入灌木、封山育林。抚育间伐是将去掉林内的枯枝与枝下多余的活枝,并伐去霸王树、枯死与

病的林木。团状择伐是林分密度比较高的地方开出孔径为 15 m 的林分天窗，并在林内引入 2 a 生的针叶树种或灌木。带状皆伐是根据坡面的方向自上而下的采伐出 20 m 到 25 m 的通道，在皆伐的通道内栽植针叶树种，最好为 2 a 生的树苗。引入灌木是选择当地生长状况较好的灌木进行引入，主要以毛榛(*Corylus mandshurica*)和胡枝子(*Lespedeza bicolor*)为主，多以种子播种为主。封山育林是对试验林分采取全封闭的措施，禁止人为因素的干扰[7-9]。

在 2014 年 5 月选取合适的大样地后并采取经营措施，并在样地内四个角与中心位置选择 5 个大小为 1 m×1 m 的小样方，在 2014 年、2016 年与 2018 年对枯落物层进行取样调查。

2.2 枯落物层持水指标测定

枯落物一般采取现场测量与室内浸泡的方法进行测定，枯落物按照分解程度分为未分解层与半分解层，测量完厚度后要尽快并保持原状将枯落物带回实验室进行称重，采用室内浸泡法测量计算枯落物各项指标，枯落物不同时间段持水量为每次称重所得枯落物湿重与其烘干重的差值，该值与浸水时间的比值即为枯落物的吸水速率。通常认为枯落物浸水 24 h 后的持水量为最大持水量，与其相对应的持水率为最大持水率。采用有效拦蓄量来反映枯落物对降雨的实际拦蓄情况[10-12]。

$$W=(0.85R_m-R_0)M$$

式中：W——有效拦蓄量(t/hm^2)；R_m——最大持水率(%)；R_0——自然含水率(%)；M——枯落物储量(t/hm^2)。

3 结果与分析

3.1 不同经营措施对枯落物蓄积量的影响

枯落物是林内水循环的重要组成部分，能够减少地面水分蒸发、阻截地表径流和减小降雨对地面的冲刷强度，有效的保持水源。林分的枯落物蓄积量主要与枯落物摄入量和输出量有关。

由图 1 可知，天然次生林枯落物层蓄积量在 4 a 内都有了一定程度的提高，呈现了增长的趋势。林分改造后 2 a 与改造后 4 a 枯落物蓄积量大小排序一样：带状皆伐>封山育林>团状择伐>抚育间伐>引入灌木>未改造，改造 4 a 后枯落物蓄积量与改造之前相比增长率在 27%～39%之间，实施经营措施的 5 个样地内枯落物蓄积量均高于未改造的样地，因此经营措施对林分枯落物蓄积量的增长是有一定作用的，其中带状皆伐并引入针叶幼苗对枯落物的积累是最明显的，主要是因为通过改造林分形成了异龄复层林分，提高了林内新陈代谢的速度，充分的利用了阳光，从而增加了枯落物的增加。

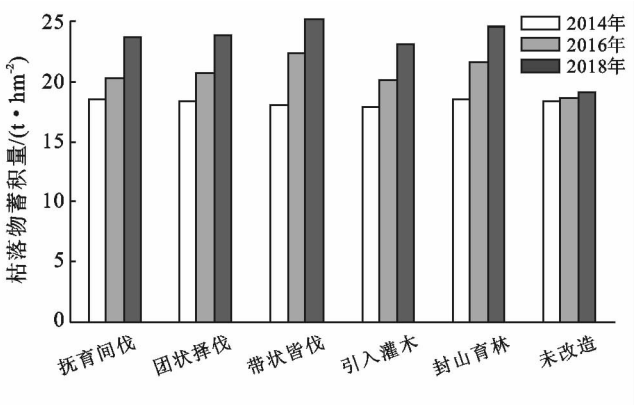


图 1 不同经营措施对枯落物蓄积量的影响

3.2 不同经营措施对枯落物层最大持水量的影响

枯落物层的最大持水量能够反映林分枯落物层持水的潜力，是林分水循环中重要的一环，是反映枯落物层水源涵养能力的重要指标之一。最大持水量受到很多因子的影响，例如林分的树种组成、林龄、空间结构与枯落物分解状况等等。

由图 2 可知，5 块样地内枯落物层最大持水量经过改造都有增长，改造后 2 a 枯落物层最大持水量增长率为 4.61%～9.30%，改造后 2～4 a 增长率为 6.31%～7.66%，两个阶段都比未改造的 1.47%，2.75%的增长率要高。改造后 2 a，枯落物层最大持水量由大到小排序为：引入灌木>封山育林>带状皆伐>团状择伐>抚育间伐>未改造，说明采取的经营措施对枯落物的积累与分解有一定的促进作用，能够有效的提高最大持水量。改造后 4 a，林分枯落物层最大持水量由大到小排序为：引入灌木>带状皆伐>封山育林>团状择伐>抚育间伐>未改造，这与 2 a 时的变化规律有所不同，其中带状皆伐经过一段时间超过了封山育林的最大持水量，主要是由于带状皆伐引入了针叶树种，林分形成合理的异龄复层的空间结构，增强了林分的生态功能，增加了林分的稳定性，增强了林分的内部的新陈代谢，促进枯落物层的分解速度，从而提高了枯落物的最大持水量。5 种经营措施中，引入灌木措施是对枯落物层最大持水量是最有利的，能够有效的增加林分水源涵养功能。枯落物层最大持水率在一定程度上反映了其蓄水能力，枯落物的蓄积量与枯落物层的结构在一定程度上影响了枯落物层最大持水率，经过改造后枯落物的最大持水率都有了一定程度的降低，这是由于经过改造林分枯落物蓄积量迅速增加，而且改造后枯落物层的结构受到了一定的影响导致最大持水率有所下降，但是幅度都不大。

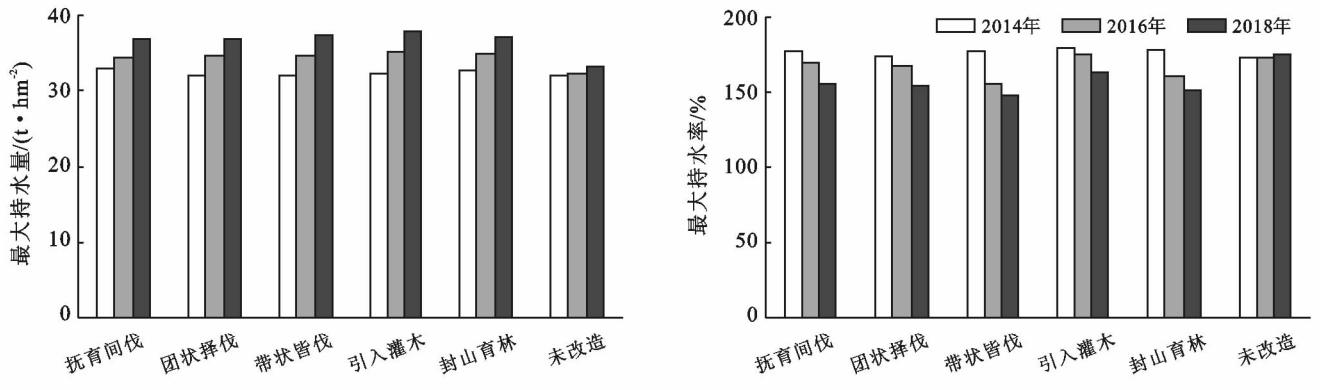


图 2　不同经营措施对枯落物最大持水量、最大持水率的影响

3.3　不同经营措施对枯落物层自然持水量的影响

自然持水量反映了枯落物平常状态下的涵养水分的能力,是衡量枯落物水源涵养能力的重要指标之一,自然持水量影响因素比较多,包括枯落物蓄积量、分解状态与气候环境等。

由图 3 可知以看出,实施经营措施的林分枯落物层自然持水量都比未改造的枯落物层高,改造后 2 a,自然持水量由大到小排序为:引入灌木>封山育林>团状择伐>带状皆伐>抚育间伐>未改造,增长率在 0.61%～29.68%之间,改造 4 a 后,自然持水量由大到小排序为:引入灌木>封山育林>团状择伐>带状皆伐>抚育间伐>未改造,增长率在 1.82%～31.91%之间。自然持水率采取措施的 5 块样地均呈现了不同程度的增加,而未改造的样地则稍有减小,但是变化幅度都不太大,这与枯落物蓄积量变化、当年的气候有关系。

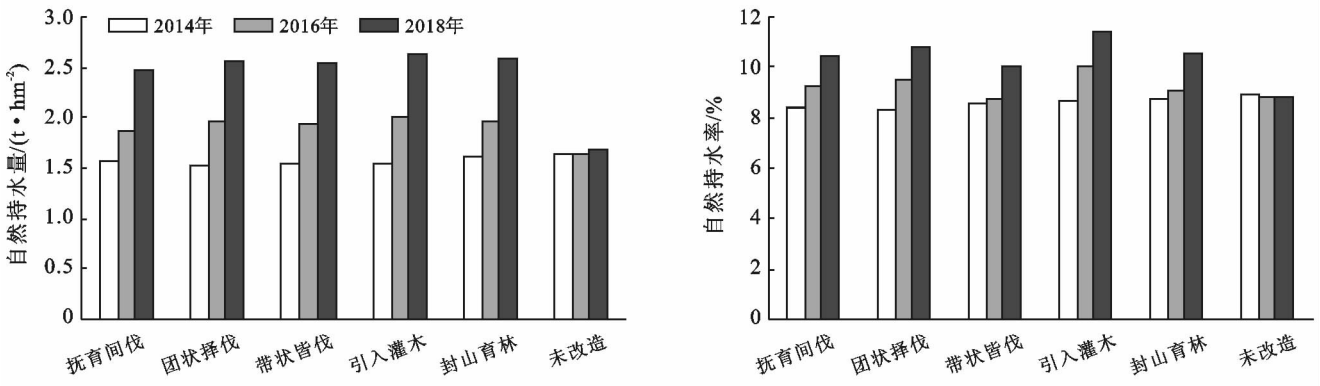


图 3　不同经营措施对枯落物层自然持水量、自然持水率的影响

3.4　不同经营措施对枯落物层有效拦蓄量的影响

最大持水量在一定程度上反映了枯落物层的水源涵养能力,但是不够准确,而有效拦蓄量比最大持水量更接近真实涵养能力,较准确的反映枯落物层对降雨的真实拦蓄能力。

由图 4 可知,改造后 2 a,枯落物层的有效拦蓄量都有了提升,2 a 之后有限拦蓄量提高了 14.02%～34.62%,均比对照组有所提升,持水量大小排序为:带状皆伐>孔状择伐>引进灌木>封育恢复>修枝抚育,带状皆伐抚育最大,为未封禁的 1.25 倍,四年之后,有效拦蓄量相比 2010 年增加 26.26%～54.65%,第 3,4 a 的增长速率相比 1,2 a 的增长率升高,说明在短期之内抚育措施有一定的有限性,2～4 a 之后涵养水源的效果会更加增强。

由图 4 可知,5 块样地内枯落物层有效拦蓄量经过改造都有增长,而未改造的样地有效拦蓄量有了一定程度的降低,改造后 2 a 枯落物层有效拦蓄量增长率为 3.67%～8.08%,改造后 2～4 a 增长率为 4.51%～5.95%。

改造后 2 a,枯落物层有效拦蓄量由大到小排序为:引入灌木>封山育林>带状皆伐>团状择伐>抚育间伐>未改造。改造后 4 a,林分枯落物层最大持水量由大到小排序为:引入灌木>带状皆伐>封山育林>抚育间伐>团状择伐>未改造,这与 2 a 时的变化规律有所不同,其中带状皆伐经过一段时间超过了封山育林的有效拦蓄量,而抚育间伐超过了团状择伐。枯落物层有效拦蓄率都有所下降,但是变化幅度不大。

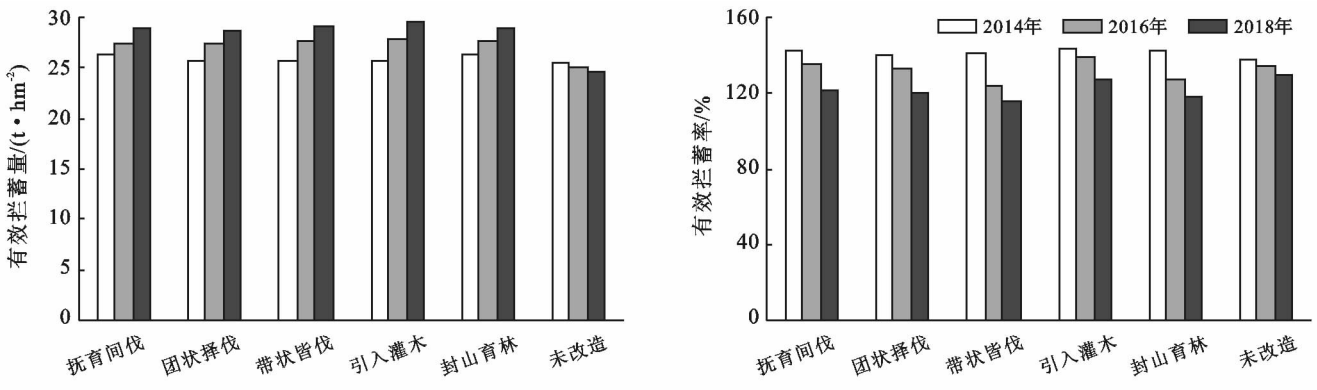


图 4 不同经营措施对枯落物有效拦蓄量、有效拦蓄率的影响

4 结 论

天然次生林经过改造措施后枯落物蓄积量均高于未改造，改造 4 a 后枯落物蓄积量与改造之前相比增长 27%～39%；实施经营措施后 2 a 枯落物层最大持水量增长率为：4.61%～9.30%，最大持水量由大到小排序为：引入灌木＞封山育林＞带状皆伐＞团状择伐＞抚育间伐＞未改造；改造后 2～4 a 增长率为 6.31%～7.66%，最大持水量由大到小排序为：引入灌木＞带状皆伐＞封山育林＞团状择伐＞抚育间伐＞未改造。

实施经营措施的林分枯落物层自然持水量都比未改造的枯落物层高，改造后 2 a，增长率在 0.61%～29.68%之间，改造 4 a 后，自然持水量增长率在 1.82%～31.91%之间；经过改造，枯落物层有效拦蓄量 2 a 后增长率为 3.67%～8.08%，由大到小排序为：引入灌木＞封山育林＞带状皆伐＞团状择伐＞抚育间伐＞未改造，改造后 2～4 a 增长率为 4.51%～5.95%，由大到小排序为：引入灌木＞带状皆伐＞封山育林＞抚育间伐＞团状择伐＞未改造。

[参 考 文 献]

[1] 鲁绍伟，陈波，潘青华，等. 北京山地 7 种人工纯林枯落物及土壤水文效应[J]. 内蒙古农业大学学报：自然科学版，2013，34(5)：53-59.

[2] 田超，杨新兵，李军等. 冀北山地阴坡枯落物层和土壤层水文效应研究[J]. 水土保持学报，2011，25(2)：97-103.

[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.

[4] 杨振奇，秦富仓，李晓琴，等. 砒砂岩区主要造林树种枯落物及林下土壤持水特性[J]. 水土保持学报，2017，31(3)：118-122.

[5] 鲁绍伟，陈波，潘青华，等. 北京松山 5 种天然纯林枯落物及土壤水文效应研究[J]. 内蒙古农业大学学报：自然科学版，2013，34(3)：65-70.

[6] 赵雨森，韩春华，张宏光，等. 阿什河上游小流域主要林分类型土壤水文功能研究[J]. 水土保持学报，2012，26(2)：201-208.

[7] 吴强，楚聪颖，张鹏，等. 滦河上游 7 种典型林分类型水土保持功能[J]. 水土保持学报，2015，29(5)：41-44.

[8] 赵阳，余新晓，吴海龙，等. 华北土石山区典型森林枯落物层和土壤层水文效应[J]. 水土保持学报，2011，25(6)：149-150.

[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] 剪文灏，李淑春，陈波，等. 冀北山区三种典型森林类型枯落物水文效应研究[J]. 水土保持研究，2011，18(5)：144-147.

[11] 梁晓娇，王树力. 阿什河源头不同类型红松人工林枯落物及其土壤水文特性[J]. 水土保持学报，2017，31(1)：140-145.

[12] 张伟，杨新兵，张汝松，等. 冀北山地不同林分枯落物及土壤的水源涵养功能评价. 水土保持通报，2011，31(3)：208-212.