

华北落叶松人工林林分密度对枯落物层持水能力的影响

王 骄 洋, 王 卫 军, 姜 鹏, 谷 建 才

(河北农业大学, 河北 保定 071000)

摘 要:以木兰林管局华北落叶松人工林为研究对象,采用四分法对不同林龄不同密度的华北落叶松人工林枯落物持水能力进行研究。结果表明:20,30,40,50 a华北落叶松人工林,对应的林分最佳密度分别为2 500,1 800,1 000,800株/hm²时,枯落物最大持水量和有效持水量均达到最大。随着林分密度的增加,枯落物层最大持水量和有效持水量呈先增加后减小的趋势。以枯落物的持水能力随林分密度的变化规律和林木生长规律的相似关系,编制华北落叶松人工林枯落物持水能力密度控制图,为冀北山地华北落叶松水源涵养林的密度管理提供数据参考和理论依据。

关键词:华北落叶松;林分密度;枯落物层;持水能力

中图分类号:S714.7

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2013)06-0066-05

Impact of Stand Density of the North-China Larch on the Water Retention Capacity of Litter Layer

WANG Jiao-yang, WANG Wei-jun, JIANG Peng, GU Jian-cai

(Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000, China)

Abstract: *Larix principis-rupprechtii* plantation of Mulan Forestry Management Bureau was selected as study case. Water holding capacities of litter in *Larix principis-rupprechtii* plantations with different ages and different densities were studied based on quartering method. The results showed that the optimal stand densities were 2 500, 1 800, 1 000, 800 plants/hm² for 20, 30, 40, 50 years of *Larix principis-rupprechtii* plantations, respectively, maximum and effective water-holding capacity reached to maximum for litter. With the density increase, maximum and effective water holding capacity increased and then decreased. A similar relationship with stand density variation and tree growth law of water holding capacity of litter, preparation of water holding capacity density control diagram of *Larix principis-rupprechtii* plantation litter, can offer essential data reference and basis for the water conservation forest density management of *Larix principis-rupprechtii* in North Mountain of Hebei.

Key words: North-china larch; stand density; litter layer; water-holding capacity

枯枝落叶层是指土壤上方所有已死植物体,是森林生态系统的特有层,在水源涵养、水土保持方面发挥着主导作用^[1]。枯枝落叶层的持水性能取决于枯落物的组成、数量和分解程度^[2]。人工林的林木自然分化和稀疏规律与天然林不同,个体间的竞争能力比较接近,如果林分密度过大,容易导致林内个体生长不良,影响其水源涵养功效^[3]。对林分密度过大的水源涵养林,应该通过适时、适量的间伐,进行合理的密度调控^[4]。合理的经营密度是提高林分生产力的重

要途径,可有效提高林分稳定性,获得较大的生态和经济效益^[5]。

目前木兰林管局的大面积华北落叶松人工林由于受不合理造林技术与粗放管理技术的影响,较多林分开始出现生长衰退、生态功能降低的现象,因此,合理调控密度已成为保证林分稳定生长和高效功能的关键技术^[6]。迄今为止,有关华北落叶松的研究,多集中在速生丰产用材林培育技术方面,涉及水源涵养林的研究较少,尤其缺乏合理造林密度与成林密度的

研究^[7]。为此,以华北落叶松林为研究对象,综合分析不同林龄(20,30,40,50 a)华北落叶松林分密度对枯落物持水量变化的影响,探索其密度合理性,并编制华北落叶松人工林枯落物持水能力密度控制图,以期为冀北山地华北落叶松水源涵养林的密度管理提供数据参考和理论依据^[8]。

1 研究区概况

以河北省面积最大的木兰围场国有林场管理局为研究地区,位于滦河上游地区,地理坐标为 116°32′—118°14′E,41°35′—42°40′N,东西长 128 km,南北宽 96 km,总经营面积 102 666.7 hm²,属于中温带向寒温带过渡、半干旱向半湿润过渡的山地气候,具有水热同季,冬长夏短、四季分明、昼夜温差大的特征。平均气温-1.4~4.7℃,极端最高气温 38.9℃,极端最低气温-42.9℃;无霜期 67~128 d;年均降水量 380~560 mm,主要集中在 7—9 月,占全年降水量的 78%;年均蒸发量 1 462.9~1 556.8 mm,平均相对湿度 63%;平均日照为 2 832 h,日照百分率为 64%;太阳辐射总量为 127.4×4.187~133.9×4.187 kJ/cm²。研究区海拔介于 1 000~1 200 m,随着海拔的升高,山地生物及气候条件发生相应的变化。主要土壤类型有棕壤、褐土、风砂土、草甸土、沼泽土、灰色森林土和黑土 7 类,研究区主要为棕壤土^[9]。主要乔木树种有白桦(*Betula platyphylla*)、油松(*Pinus*)、华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii*)、山杨(*Pobulus davidiana*)、蒙古栎(*Quercus mongolica*)、五角枫(*Acer elegantulum*)、榆树(*Ulmus pumila* L.)等;灌木主要有山杏(*Prunus armeniaca*)、沙棘(*Hippophae rhamnoides* Linn.)、胡枝子(*Lespedeza bicolor* Turcz.)、绣线菊(*Spiraea salicifolia* L.)等;草本植物主要有披针叶碱草(*Elymus dahuricus* Turcz.)、蒿类等^[10]。

2 研究方法

2.1 样地调查

华北落叶松大量分布在冀北山地的半阳坡和半阴坡,于 2012 年 7 月在河北省围场县木兰围场内选择立地条件、林下灌草层植物类型相似、林龄不同(20,30,40,50 a)的华北落叶松林分进行调查。各林龄分别设不同林分密度的样地 8 块,共设样地 32 块,样地大小为 30 m×30 m。分别调查样地所在的地理坐标、海拔、坡度、坡向、坡位;以及样地内的树种组成、林龄、平均树高、平均胸径、公顷株树、枯落物厚度^[11]。

表 1 研究区样地立地条件

林龄/a	坡度/ (°)	坡向	海拔/ m	土层厚 度/cm	土壤 类型
20	28	SW	1180	50	棕壤
30	24	SW	1190	50	棕壤
40	31	SW	1170	55	棕壤
50	22	SW	1200	60	棕壤

2.2 枯落物层持水量的测定

用四分法在样方的枯落物中取样品 200~500 g,称其重量(W_1 ,g),然后置于烘箱中在 85℃下烘干至恒重后称重(W_2 ,g),计算枯落物自然持水率(W_r ,%)。再将烘干后的枯落物装入纱布袋中置于水中浸泡 24 h,然后取出将其空干(以无水滴滴下为标准)后称重(W_3 ,g),用以计算枯落物的最大持水率(W_m ,%)。然而在自然条件下,山地森林的坡面上一般不会出现较长时间的浸水,实际持水量约为最大持水量的 85%左右,也就是有效持水率(W_s ,%)。通过推算枯落物的贮量计算枯落物最大持水量(t/hm^2)及有效持水量(t/hm^2)^[12]。

$$W_r = [(W_1 - W_2) / W_2] \times 100\%$$
$$W_m = [(W_3 - W_2) / W_2] \times 100\%$$
$$W_s = 0.8 \times W_m - W_r$$

3 结果与分析

3.1 不同林龄枯落物层持水能力随林分密度的变化

华北落叶松人工林不同林龄,经营密度下枯落物层持水能力见图 1—8。

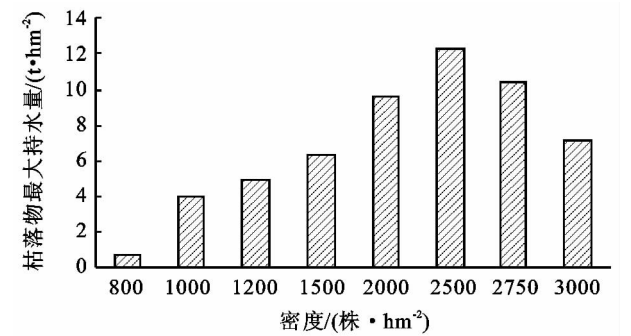


图 1 20 a 华北落叶松林经营密度与枯落物最大持水量的关系

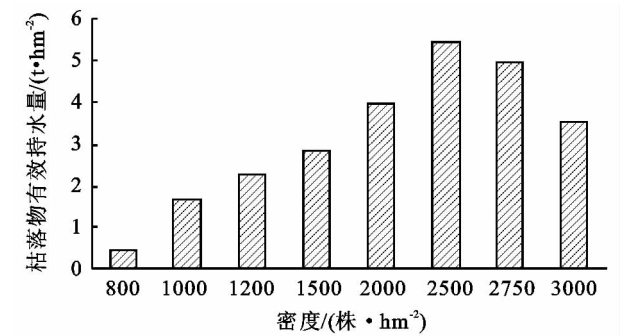


图 2 20 a 华北落叶松林经营密度与枯落物有效持水量的关系
20 a 华北落叶松人工林为幼龄林,经营密度不

同,林地枯落物持水量的变化较大。林分密度为 2 500 株/hm² 时,枯落物最大持水量和有效持水量均达到最大,分别为 12.32 t/hm² 和 5.44 t/hm²。当林分密度小于 2 500 株/hm² 时,枯落物层持水能力随林分密度的增加而增大,当林分密度大于 2 500 株/hm² 时,落物层持水能力随林分密度的增加有所减小。

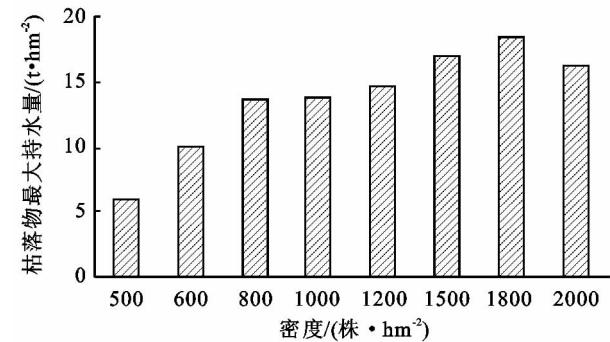


图 3 30 a 华北落叶松林经营密度与枯落物最大持水量的关系

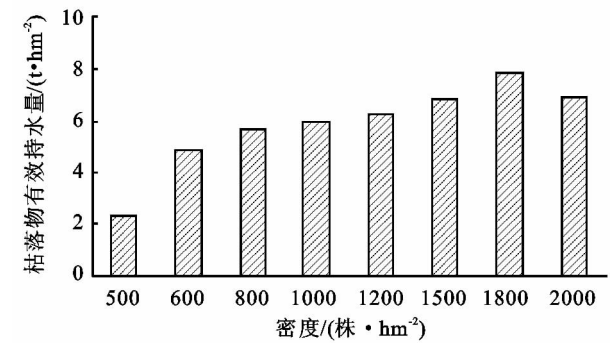


图 4 30 a 华北落叶松林经营密度与枯落物有效持水量的关系

30 a 华北落叶松人工林为中龄林,随着林分经营密度变化,林地枯落物最大持水量的变化趋势较明显。林分密度为 1 800 株/hm² 时,枯落物最大持水量和有效持水量均达到最大,分别为 18.41 t/hm² 和 7.82 t/hm²。当林分密度小于 1 800 株/hm² 时,枯落物层持水能力随林分密度的增加而增大,当林分密度大于 1 800 株/hm² 时,落物层持水能力随林分密度的增加有所减小。

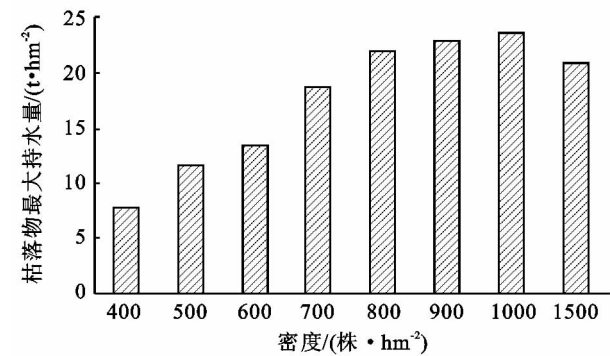


图 5 40 a 华北落叶松林经营密度与枯落物最大持水量的关系

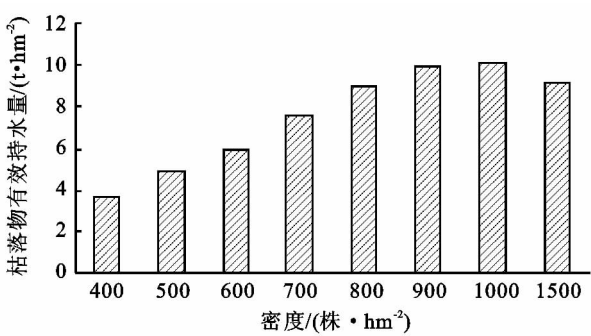


图 6 40 a 华北落叶松林经营密度与枯落物有效持水量的关系

40 a 华北落叶松人工林已经接近成熟,随着林分经营密度变化,林地枯落物最大持水量的变化趋势较明显。林分密度为 1 000 株/hm² 时,枯落物最大持水量和有效持水量均达到最大,分别为 23.56 t/hm² 和 10.12 t/hm²。当林分密度小于 1 000 株/hm² 时,落物层持水能力随林分密度增加而增大,当林分密度大于 1 000 株/hm² 时,落物层持水能力随林分密度增加有所减小。

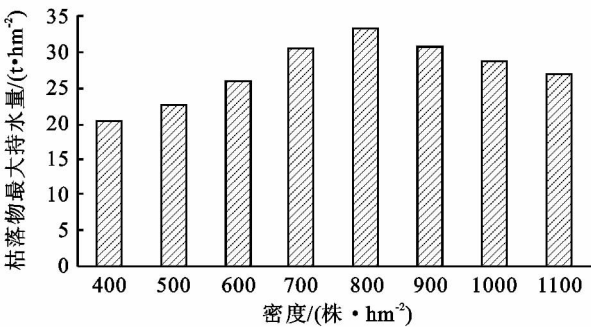


图 7 50 a 华北落叶松林经营密度与枯落物最大持水量的关系

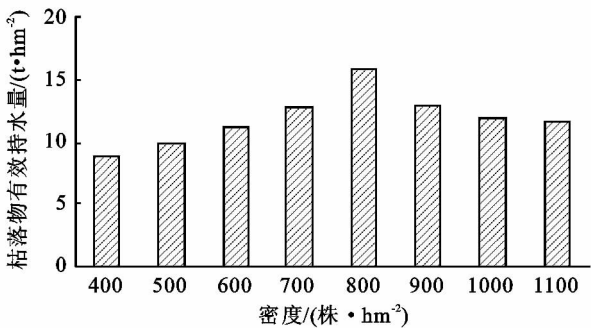


图 8 50 a 华北落叶松林经营密度与枯落物有效持水量的关系

50 a 华北落叶松人工林已经成熟,随着林分经营密度变化,林地枯落物最大持水量的变化趋势较明显。林分密度为 800 株/hm² 时,枯落物最大持水量和有效持水量均达到最大,分别为 33.19 t/hm² 和 15.88 t/hm²。当林分密度小于 800 株/hm² 时,落物层持水能力随林分密度增加而增大,当林分密度大于 800 株/hm² 时,落物层持水能力随林分密度增加而减小。

3.2 枯落物层水源涵养能力随密度变化

枯落物层持水能力随林分密度的变化规律与林木生长规律一致,通过建立等树高线、等直径线、最大密度线、自然稀疏线、蓄积量与枯落物层持水量关系的模型,编制华北落叶松人工林枯落物持水能力密度控制图^[12]。

根据密度对单产和材种规格的影响,有以下几种数学模型。

- 等树高线:
 $V=a_{11} \times H^{b_{11}} \times N - a_{12} \times H^{b_{12}} \times N^2$ 记为模型 1
- 等疏密度线:
 $V=K_p \times N - (k_3 - 1)$ 记为模型 2
- 自然稀疏线:
 $V=K_5 \times (N_0 - N) \times N_0^{-K_3}$ 记为模型 3
- 等直径线:
 $V=a \times D^b \times N^c$ 记为模型 4

用 SPSS 20 软件,通过非线性回归分析,可求得参数,具体公式如下:

- 等树高线:
 $V=2.3402 \times 10^{-5} \times H^{3.5986} \times N - 1.5931 \times 10^{-10} \times H^{5.03269} \times x^2$ 记为模型 5
- 等疏密度线(疏密度分别从 0.4 到 1):
 $V=101831.4233 \times N^{-1.509326472}$
 $V=255307.8374 \times N^{-1.509326472}$
 $V=566351.1021 \times N^{-1.509326472}$
 $V=1172893.688 \times N^{-1.509326472}$
 $V=2371946.905 \times N^{-1.509326472}$
 $V=5002714.05 \times N^{-1.509326472}$
 $V=18991324.68 \times N^{-1.509326472}$ 记为模型 6

- 自然稀疏线:
 $V=102643732.8 \times (N_0 - N) \times N_0^{-2.509326472}$ 记为模型 7
- 等直径线:
 $V=0.000423 \times D^{2.085862} \times N^{0.970966}$ 记为模型 8

式中: V ——林分蓄积量(m^3/hm^2); D ——林分平均胸径(cm); H ——林分平均高(m); N ——林分密度($\text{株}/\text{hm}^2$); N_0 ——初始林分密度($\text{株}/\text{hm}^2$)。

根据枯落物最大含水量和林分蓄积量的调查数据,拟合关系式为

落叶松: $Y=11.844 \times \ln(V) - 32.398$ 记为模型 9

式中: Y ——林分枯落物最大含水量(t/hm^2); V ——林分蓄积量(m^3/hm^2)。

华北落叶松人工林枯落物水源涵养功能关系相关模型。

由模型 5 和模型 9 可得等树高线模型为:
 $Y=11.844 \times \ln(a_{11} \times H^{b_{11}} \times N - a_{12} \times H^{b_{12}} \times N^2) - 32.398$ 记为模型 10

由模型公式 6 和模型 9 可得等疏密度线模型为:
 $Y_{(0.4)}=11.844 \times \ln(101831.4233 \times N^{-1.509326472}) - 32.398$

$Y_{(0.5)}=11.844 \times \ln(255307.8374 \times N^{-1.509326472}) - 32.398$

$Y_{(0.6)}=11.844 \times \ln(566351.1021 \times N^{-1.509326472}) - 32.398$

$Y_{(0.7)}=11.844 \times \ln(1172893.688 \times N^{-1.509326472}) - 32.398$

$Y_{(0.8)}=11.844 \times \ln(2371946.905 \times N^{-1.509326472}) - 32.398$

$Y_{(0.9)}=11.844 \times \ln(5002714.05 \times N^{-1.509326472}) - 32.398$

$Y_{(1)}=11.844 \times \ln(18991324.68 \times N^{-1.509326472}) - 32.398$ 记为模型 11

由模型 7 和模型 9 可得自然稀疏线模型为:
 $Y=11.844 \times \ln(102643732.8 \times (N_0 - N) \times N_0^{-2.509326472}) - 32.398$ 记为模型 12

由模型 8 和模型 9 可得等直径线模型为:
 $Y=11.844 \times \ln(0.000423 \times D^{2.085862} \times N^{0.970966}) - 32.398$ 记为模型 13

式中: Y ——林分含水量(t/hm^2); D ——林分平均胸径(cm); H ——林分平均高(m); N ——任意林分密度($\text{株}/\text{hm}^2$); N_0 ——初始密度($\text{株}/\text{hm}^2$)。

根据模型 10—13,在 Origin 8.0 中,绘制华北落叶松人工林枯落物层水源涵养能力密度控制图(图 9)。

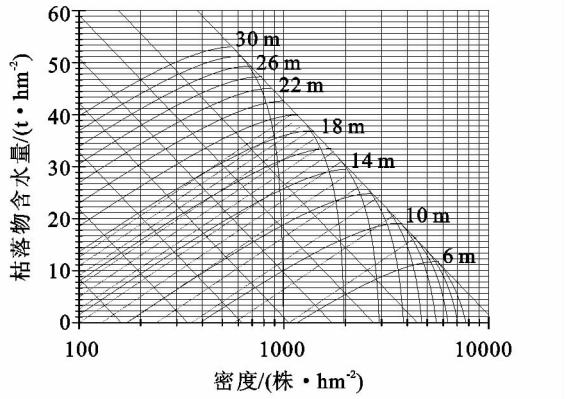


图 9 华北落叶松人工林枯落物层水源涵养能力密度控制图
注:等树高线为斜向右上方的实线,单位为 m;等直径线为斜向右上方的虚线,单位为 cm;等疏密度线为斜向右下的实线,自然稀疏线为向下的抛物线,单位为株/ hm^2 。

4 结论与讨论

通过综合分析不同林龄的华北落叶松人工林经

营密度对枯落物层持水能力的影响,结合华北落叶松人工林枯落物持水能力密度控制图得出:

(1) 华北落叶松人工林适宜初植密度。华北落叶松属于长寿树种,在研究区立地环境下培育的水源涵养林,至林分成熟阶段,密度应该控制在 $800 \sim 1\,000$ 株/ hm^2 。研究区华北落叶松人工林 15 a 左右开始修枝,20 a 华北落叶松人工林最佳密度为 $2\,500$ 株/ hm^2 ,此密度可作为华北落叶松人工林的初植密度。

(2) 华北落叶松人工林不同林龄的经营密度。华北落叶松人工林下枯落物最大持水量和有效持水量均达到最大时 20 a 的林分经营密度为 $2\,500$ 株/ hm^2 ,30 a 的林分经营密度为 $1\,800$ 株/ hm^2 ,40 a 的林分经营密度为 $1\,000$ 株/ hm^2 ,50 a 的林分经营密度为 800 株/ hm^2 。随着林分密度的增加,枯落物层最大持水量和有效持水量的变化呈现先增后减的趋势。

(3) 通过建立等树高线、等直径线、最大密度线、自然稀疏线、蓄积量与含水量关系的模型,可以编制不同林分的水源涵养功能密度控制图。华北落叶松人工林枯落物层水源涵养能力密度控制图在产量预估、资源调查、林木间伐等方面使用方便,对生产实践及调控森林水源涵养功能具有重要意义,可为华北落叶松人工林经营管理提供新的途径。

参考文献:

- [1] 徐学华,于树峰,崔立志,等.冀北山地华北落叶松人工

林水源涵养功能分析[J].水土保持研究,2009,16(5):162-166.

- [2] 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.
- [3] 高岗.以水源涵养为目标的低功能人工林更新技术研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2009.
- [4] 张光灿,周泽福.五台山华北落叶松水源涵养林密度结构与生长动态[J].中国水土保持科学,2007,5(1):1-6.
- [5] 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.
- [6] 李军,田超,杨新兵.河北省木兰林管局典型森林类型枯落物水文效应研究[J].水土保持研究,2011,18(4):192-196.
- [7] 史晓巍.水源涵养林功能指标与结构指标的定量模拟[D].哈尔滨:东北林业大学,2007.
- [8] 王晶,莫非,段文标,等.六盘山南坡不同密度华北落叶松水源林生长过程比较[J].应用生态学报,2009,20(3):500-506.
- [9] 鲁绍伟,刘凤芹,余新晓,等.北京山区不同密度油松结构与功能研究[J].水土保持研究,2008,15(2):117-120.
- [10] 周国相.经营密度对杨桦次生林土壤含水量及林分生长量的影响[J].林业勘察设计,2012,1(1):88-90.
- [11] 齐记,史宇,余新晓,等.北京山区主要树种枯落物水文功能特征研究[J].水土保持研究,2011,18(3):73-77.
- [12] 贾志军,王富,甄宝艳,等.不同生态修复措施下桃林口水库水源涵养区枯落物的蓄水保水效益[J].水土保持研究,2012,19(3):136-139.

(上接第 58 页)

参考文献:

- [1] 韩永刚,杨玉盛.森林水文效应的研究进展[J].水土保持研究,2008,15(6):105-107.
- [2] 龚固堂,陈俊华,黎燕琼,等.四川盆地四种柏木林分类型的水文效应[J].生态学报,2011,31(10):2716-2726.
- [3] 刘硕.青海省大通县主要造林树种枯落物水文效应研究[J].亚热带水土保持,2010,22(4):13-16.
- [4] 白岗栓,侯喜录,张占雄.油松—沙棘混交模式对生境和油松生长的影响[J].林业科学,2006,42(8):37-43.
- [5] 田育新,李锡泉,吴建平,等.小流域森林生态系统林地土壤渗透性能研究[J].水土保持研究,2006,13(4):173-175.
- [6] 赵荣慧,胡承海,孔祥君,等.中国辽西地区油松针阔混交林生态效益的研究[J].生态学报,1983,3(4):341-348.

- [7] 王龙,宋维峰,杨寿荣,等.广西龙脊梯田区森林枯落物水文效应研究[J].水土保持研究,2011,18(6):84-88.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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):196-201.
- [12] 胡淑萍,余新晓,岳永杰.北京百花山森林枯落物层和土壤层水文效应研究[J].水土保持学报,2008,22(1):146-150.