DOI:10.19789/j.1004-9398.2016.02.017

我国森林生态系统水量调节研究综述

马文静 王晓燕* 耿润哲
(首都师范大学资源环境与旅游学院,北京 100048)

摘 要

森林水源涵养功能受到了越来越多人的关注. 研究不同水文层水量调节过程对森林水源涵养具有重要意义. 本文在总结我国不同尺度森林水源涵养研究的基础上指出目前研究的主要方向: 小尺度上,通过野外监测实验研究森林水量调节过程; 大尺度上,利用遥感、GIS 技术及水源涵养评估模型等技术评估森林生态系统水源涵养功能. 研究为明确森林植被各水文层的水文作用以及不同尺度下水文过程,开发基于物理过程的水文模型及评价森林生态系统的水量调节功能提供重要基础.

关键词: 森林生态系统,水文层次,水源涵养.
中图分类号: S715.5

随着全球水资源需求量不断增加与水环境不断恶化,水资源紧缺成为引人关注的全球性问题. 森林通过对降雨的拦截和贮存作用,改变了降雨的分配过程,缓和了地表径流,增加了土壤径流和地下径流,起到了调蓄洪水、增加枯季径流等作用[1]. 本文总结了利用小尺度的野外试验,研究影响水文层水量调节的林冠特征、气象、地形等因素,林截留模型建立以及评估水源涵养功能的方法,认为环境因素对森林生态系统水量调节起关键因素. 进而指出了加强森林生态系统不同水文层水量调节的环境因素及其对水量调节的内在机理研究,特别是从小尺度水量调节过程到大尺度森林生态系统水源涵养功能的研究,为我国森林生态系统对降水的分配、截流、贮存效应的综合定量监测及森林资源价值的核算和管理提供科学依据.

1 小尺度森林水文层研究

我国对森林水文层的研究多采用小尺度上开展野外试验,研究不同林种类型、地形、气象、水文、土壤条件下森林各水文层水量调节过程,分析影响水文层水量调节因素及水量调节过程,建立经验模型、理论模型等与实验结果进行比较,研究不同区域模型适用性.

收稿日期: 2014-07-15
* 通讯作者

1.1 冠层截流

大气降雨进入森林生态系统的第一次水量分配层是林冠层,它可以起到削减雨滴动能和截留降雨的作用[2]. 冠层将大气降水分配为林内降水、树干茎流和林冠截留三部分. 林外降雨等于截留损失、茎流量和林内降雨的总和. 一次降水过程中透流量所占比重最大,茎流量次之,截留量最小[3].

1.1.1 影响林冠截留的因素

林冠截留降雨过程复杂,截留量大小受很多因素的影响. 我国目前在小尺度上开展了很多相关研究,涉及了油松林、马尾松林、杉木林、山杨林、杉阔混交林、冷云杉林、温带落叶阔叶林、亚热带常绿阔叶林、热带雨林等林种类型[4]. 小尺度上的研究多基于野外观测实验探讨降雨、林冠特征、气象等因素对林冠截留的影响[5-8],研究总结如表1.

1.1.2 林冠截留模型

建立截留模型预测林冠截留效应,是林冠截留研究走向实际应用的关键. 国外在林冠截留方面的研究已经从定性单因素的研究发展到通过模型探讨林冠截留的过程与机理的深入阶段[4]. 我国目前对冠层截留的研究多处于定性实验与现象揭示阶段,考虑降水特征及林分郁闭度等影响因素,缺乏对过程与机理的深入研究,多因素动态定量研究也比较少.

我国很多学者通过野外实验对不同地区降雨事件下林冠截留模型进行研究,主要包括经验模型、半

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1 影响林冠截留过程的因素

影响因素		主要认识
降水特征	降雨强度	降雨量相似时,降雨强度越大,截留量和截留率越小[8,9]
	降雨量	截流量一般随降雨量增加而增加,截留率与之相反[10]
林冠特性	林种类型	叶型越大、越粗糙,截留量越大[11];常绿树种较大,落叶树种次之;天然林较大,人工林次之[12]
	枝叶量及其空间分布	枝叶量多少决定林冠最大截留能力,空间分布决定对中小雨量的截留能力[3,13]
	郁闭度	一般郁闭度越大,林冠层吸收降水的能力也越大,截留量增加,透流率减小[3,5,8,14]
	冠幅面积、胸径等	截留量随冠幅面积、胸径的增大而增大[5,15,16]
	冠层覆盖度、枝叶层厚度	冠层覆盖度、枝叶层厚度与穿透雨率呈现负相关关系[2]
	树干分枝角度	树干分枝角对树干茎流和穿透雨量均有较大影响[2,3]
气象因素	季节风速等	季节变化对林冠截留的影响主要体现在降雨形态和性质上,不同季节的温度、湿度和太阳辐射对雨前树干枝叶干燥程度的影响也不同,其中,雨季林冠截留量最大,气象因子主要通过影响水分的蒸散发影响截留过程[3,5,13,17,18]

理论模型、理论模型,不同模型在含义、优缺点方面的比较如表 2.

表 2 林冠截留模型比较

模型	模型含义	优点	缺点
经验模型	截留量与降雨量之间主要有直线模型($Ic = a + bP$)[2];幂指数模型($Ic = a.p^b$)[19];对数模型($Ic = a.\ln P + b$)[5] 穿透雨量与降雨量主要呈线性关系($Tc = a + bP$)[4,12,20-22] 穿透率和茎流率与降水量多为指数[23]和对数关系[4] 树干茎流与降雨量关系主要是直线关系($Sc = a + bP$)[18,24,25] 茎流率与降水量多为幂指数和对数关系[26,27]	模型形式简单,便于理解	不具有代表性,参数不具有生态意义,不能外延推广使用;不能反映截留与各个生态因子之间的综合关系只考虑了影响林冠截留的主要因子;精度不如其他模型好,需要较多实测数据提高其精度
半理论模型	模型中容易处理的部分采用理论模型,难以处理的部分采用经验模型[18,28,29]	实用性强,精度相对较高	经验参数的确定还需要实测数据拟合得到
理论模型	基于林冠截留动态过程的物理描述、严谨的推理过程和坚实的数量基础所建立的模型,与经验模型相比所涉及的参数多具有生态学意义[2,3]	将过程与机理紧密联系,物理意义明确,涵盖面广,实用性强,误差最小	模型相对复杂,不易理解;模型建立存在一些限制条件

表中:Ic 为林冠截量,Tc 为透雨量,Sc 为树干茎流,P 为大气降雨量,a、b 为经验系数

1.2 枯枝落叶层截留

降水通过林冠层到达地表枯枝落叶层. 枯落物层是森林群落结构的一个重要层次,具有防止击溅侵蚀、抑制土壤水分蒸发、降低径流流速、抵抗冲刷、蓄水、保水等作用,另外,枯枝落叶层还能通过改善地表层土壤物理性状和抑制土壤蒸发等起到间接的蓄水作用[30-35],因此,了解枯落物层的实际截留过程和影响枯枝落叶层截留的因素尤为重要.

在小尺度上多采用浸泡法研究影响枯枝落叶层截留的林种特性、气象因素、地形因素以及枯落物层的持水过程. 如,研究发现油松、地被竹枯落物截留量与降雨量符合幂函数关系[36,37]. 结合定位观测法研究人工油松林枯枝落叶的截流量及其截留的动态过程[14],研究林地不同时期凋落量及凋落速率的数学模型[31]. 祁连山云杉和圆柏林的研究表明枯落物累积量与时间之间存在三次多项式关系[35]. 三峡库区森林类型枯落物持水量随时间变化过程研究[38]. 还有学者对枯落物未分解层和半分解层研究发现,持水量与浸泡时间之间符合对数函数关系,拟合结果与实测值吻合较好(见表 3).

表 3 影响枯枝落叶层截留过程的因素

影响因素	研究结论
枯落物平均现存量	枯落物平均现存量越大,截留量越大[37]
林种类型	枯落物最大持水量从林种类型来说,阔叶林 > 针叶林 > 草丛,从林冠结构的复杂程度来说,混交林 > 纯种林[30,38,39]
枯落物分解程度	一般半分解层的持水能力最强[30,40]
郁闭度	一般郁闭度越大,地表枯落物蓄积越大,持水量增大,但持水率降低[35]
降雨量	当雨量小于一个临界值时,降雨被全部吸收;大于临界值时,枯落物出现下渗水,但尚未饱和;降雨量再增至一定值,持水饱和达到稳定阶段,持水量增加的过程较降水量增加缓慢[35,41]
坡度	在坡地上,枯落物持水量减小,坡度影响随降雨量增加而增加[30]
坡向	阳坡枯枝落叶持水量较阴坡大[30,42]

1.3 土壤层蓄水

土壤层是森林水文效应的第三层,与冠层截留和枯枝落叶层截留相比水源涵养量最大[43],森林可以改善土壤物理性状,增加土壤非毛管孔隙

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

度,提高土壤渗透性,加快地表水与地下水之间的转化,增强土壤的蓄水能力,因此,森林生态系统是大气降水的主要蓄存库和调节器,对整个水文循环具有重要作用. 在较小尺度上多采用环刀法、烘干法等方法研究影响土壤层蓄水的相关因素及入渗过程. 如黄进等[44]研究发现 Horton 入渗方程对研究区土壤入渗过程拟合效果较好,有很好的适用性; 研究影响土壤层蓄水的相关因素(见表 4) ,为综合监测土壤层的截留效应、建立土壤层截留模型提供依据.

表 4　土壤层蓄水的影响因素

影响因素	研究结论
土壤层物理性质	同种类型土壤容重越小、总孔隙度和毛管孔隙度越大,其饱和持水率越高,土壤调蓄洪水能力越大[45]; 非毛管孔隙度对土壤渗漏速率的相关性高于土壤容重、有机质含量等其他理化因子[44]
林种类型	不同林种土壤蓄水能力乔木林优于灌木,优于草地,阔叶林优于针叶林[46-49]
土层厚度	一般表层土壤的蓄水能力最强,土层越深, 土壤蓄水能力越弱[50]
土壤类型、土壤含水量	暗棕壤有效蓄水能力小于棕壤[48]
坡向	阴坡土壤蓄水能力优于阳坡[51]; 上坡部位土壤含水量高于下坡部位[52]

2　大尺度森林水源涵养评估

森林通过林冠层、枯枝落叶层,土壤层对大气降水进行重新分配和有效调节,发挥着森林生态系统特有的水文功能. 随着小尺度上截留过程研究的不断成熟,在大尺度计算森林水源涵养量,评估生态系统水源涵养功能的研究不断增加,为我国进一步开展森林水量调节的机理研究,计算森林水源涵养量,评估森林水源涵养功能打下基础. 随着计算机和“3S”技术的发展,基于“3S”技术的森林水源涵养价值计量和基于模型的计量方法成为一种趋势. 在大尺度上森林水源涵养研究主要有以下几个方面:

1) 森林生态系统水源涵养的空间格局研究,张彪等[53]采用区域水量平衡法和土壤蓄水能力对北京森林水源涵养的功能进行评估,进而分析不同森林类型和区位下森林涵养水源功能的差异. 吴丹等[54]评估了泰和县森林生态系统水源涵养量及其空间分布格局,表明不同林种水源涵养量大小依次为: 杉木林 > 马尾松林 > 湿地松林 > 阔叶林 > 毛竹林 > 灌木林 > 混交林 > 经济林.

2) 研究大尺度上影响森林水源涵养的环境因素,如,何淑霞等[55]研究发现森林水源涵养功能主要受水、热气候因素影响,不因该地区降雨量、蒸发量的变化而变化,是一个受多因素影响的复杂综合的调节过程.

3) 根据区域下垫面情况和水文变化利用模型评估区域森林生态系统水源涵养量,主要研究如,余新晓等[56]应用 InVEST 模型,综合考虑气候、地形、土壤、植被、土地利用等因素,分析北京山区不同森林类型水源涵养功能. 王晓学等[11]利用元胞自动机相关理论,结合森林水源涵养效应的多尺度特征,提出了基于元胞自动机的森林水源涵养量计算模型,模拟不同尺度上森林水源涵养动态特征,为森林水源涵养从小尺度向流域、景观尺度的推广提供有效途径.

目前森林水源涵养的计算方法主要有土壤蓄水能力法、综合蓄水能力法、林冠截留剩余量法、水量平衡法和多因子回归法,其计算公式、优缺点比较如表 5.

表 5　常用水源涵养计量方法比较

计算方法	计算公式	优点	缺点
土壤蓄水能力法[1]	水源涵养量 = 土壤层厚度 × 非毛管孔隙度	方法简单,可操作性强	忽略森林蒸散及林冠、枯落物等作用层对水文循环的调节作用
综合蓄水能力法[57]	水源涵养量 = 降雨量 × 截留率 + 枯落物现存量 × 最大持水能力计算 + 土壤毛管孔隙度 × 土壤厚度	比较全面,可比较不同作用层拦蓄降水功能,对降水充沛的小区域适用性较好	需大量实测数据,计算复杂,结果反映的理论上的最大蓄水量
林冠截留剩余量法[11]	水源涵养量 = 降雨量 - 林冠截留量	计算简单	忽略了森林蒸散和地表径流影响,结果大于实际涵养水量
水量平衡法[53]	水源涵养量 = 降水量 - 森林蒸发 - 其他消耗	简单、使用最多,适用于小的研究区域	森林蒸散发量计算较难,忽略区域降水量、森林蒸散发和地表径流的空间差异性,不适于半干旱地区
多因子回归[43]	水源涵养量 = A × 经度 + B × 纬度 + C × 海拔 + D × 森林覆盖率 + … + P(式中: A、B、C、D、P 为回归系数)	准确、全面、方法简单,便于理解,多用于小区域	需大量观测数据确定回归系数,实用性差,模型难以扩展应用

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3 研究展望

3.1 空间尺度

空间异质性是生态系统中非常重要的一个结构属性,它与许多生态学现象密切相关,对生态系统的功能和过程有重要影响. 环境因子的空间异质性与水源涵养格局有很大的关联性. 植被的空间格局对水源涵养有重要影响,植物的空间格局常常与地形因素、土层厚度、表层基岩的位置、土壤养分和光照及水分环境等的空间异质性有紧密联系. 由于地理要素(如地形地貌、植被条件、土壤类型、植被类性)的空间异质性和水文气象(如降水、蒸发散、径流等)的时空异质性,在小尺度上的研究结论往往难以上推至更大尺度. 在单株尺度上,冠层结构是影响林冠的截留的主要因素. 在坡面尺度上,林冠截留主要与郁闭度、冠层厚度有关. 流域尺度上,森林水量调节量主要与流域地形、林源、林龄、土壤类型和质地、枯落物厚度等有关. 区域尺度上,森林类型是影响林冠截留和枯落物层截留的主要因素.

以环境空间异质性特点为基础,通过分析影响森林各植被层水量调节的相关因素,结合 GIS 等处理空间数据的方法研究森林水量调节过程可能对水量调节研究提供新的思路. 加强森林冠层截留、枯枝落叶层截留、土壤层蓄水与各个影响因子之间的综合分析,研究各层截留分配的时间、空间异质性和内在机理,将小尺度与大尺度研究结合,实现森林水量调节由点到面的转化.

3.2 时间尺度

目前我国关于水源涵养的研究很多,但是对不同尺度下影响水量调节过程的分析还有待进一步提高. 对于一次降雨事件,森林水量调节量主要受降水特征、郁闭度、降雨前不同层次持水状态以及邻近单元间水量交换特点的影响. 在季节尺度上,森林水量调节量主要受降水季节变化、蒸散发量和叶面积变化等因素影响. 在长时间尺度上,物候变化、气候变化、人类活动等影响森林水量调节功能[11]. 研究不同时间尺度下影响森林生态系统水量调节的环境因素,将为我国森林水源涵养功能研究提供科学依据.

参 考 文 献

[1] 张彪,李文华,谢高地,等. 森林生态系统的水源涵养功能及其计量方法[J]. 生态学杂志,2009,28(3):529-534.

[2] 李振新,郑华,欧阳志云,等. 岷江冷杉针叶林下穿透雨空间分布特征[J]. 生态学报,2004,24(5):1015-1021.

[3] 董世仁,郭景. 华北油松人工林的透流,干流和树冠截留[J]. 北京林业大学学报,1987,9(1):58-68.

[4] 鲍文,包维楷,何丙辉,等. 森林生态系统对降水的分配与拦截效应[J]. 山地学报,2004,22(4):483-491.

[5] 王艳红,宋维峰,李财金. 不同森林类型林冠截留效应研究[J]. 亚热带水土保持,2008,20(3):5-10.

[6] 孙庆艳,余新晓,杨新兵,等. 密云水库集水区防护林不同树种林冠截留研究[J]. 中国水土保持科学,2009,7(3):73-78.

[7] 卢俊峰,马钦彦,刘世海,等. 北京密云油松人工林林冠降水截留特征研究[J]. 北京林业大学学报,2005,27(2):129-132.

[8] 杨立文,李昌哲. 林冠对降雨截留过程的研究[J]. 河北林学院学报,1995,10(1):7-12.

[9] 张金池,卢义山. 苏北海堤防护林冠层截留降水特性研究[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,1996,20(1):17-21.

[10] 卫正新,李树怀. 不同林地林冠截留降雨特征的研究[J]. 中国水土保持,1997(5):19-21.

[11] 王晓学,沈会涛,李叙勇,等. 森林水源涵养功能的多尺度内涵、过程及计量方法[J]. 生态学报,2013,33(4):1019-1030.

[12] 张一平,王馨,刘文杰. 热带森林林冠对降水再分配作用的研究综述[J]. 福建林学院学报,2004,24(3):274-282.

[13] 范世香,蒋德明. 两种不同林分截留能力的比较研究[J]. 应用生态学报,2000,11(5):671-674.

[14] 赵鸿雁,吴钦孝. 油松人工林林冠层的水文作用[J]. 中国水土保持,1993(2):40-43.

[15] 杨立文,石清峰. 太行山主要植被枯枝落叶层的水文作用[J]. 林业科学研究,1997,10(3):283-288.

[16] 谢锦忠,傅懋毅,马占兴,等. 丛生竹林生态系统的水文效应研究——Ⅱ. 麻竹林林冠对降水的截持作用[J]. 竹子研究汇刊,2003,22(1):13-22.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[17] 刘永敏，王彦辉. 毛竹林林内雨、冠层截留与降水的关系研究 [J]. 竹子研究汇刊，1993，12(2)：55－62.
[18] 王佑民. 我国林冠降水再分配研究综述(Ⅰ) [J]. 西北林学院学报，2000，15(3)：1－7.
[19] 刘世海，余新晓. 北京密云水库库区水源涵养林冠层水文特征研究 [J]. 林业科学，2005，41(1)：194－197.
[20] 王晓燕，鲁绍伟，杨新兵，等. 北京密云油松人工林林冠截留模拟 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版)，2012，40(2)：85－91.
[21] 薛建辉，郝奇林，吴永波，等. 3 种亚高山森林群落林冠截留量及穿透雨量与降雨量的关系 [J]. 南京林业大学学报(自然科学版)，2008，32(3)：9－13.
[22] 巩合德，王开运，杨万勤，等. 川西亚高山原始云杉林内降雨分配研究 [J]. 林业科学，2005(1)：198－201.
[23] 卫三平，王力，吴发启. 黄土丘陵沟壑区刺槐林冠的水文特征 [J]. 南京林业大学学报(自然科学版)，2008，32(1)：43－48.
[24] 张志永，张卓文，陈玉生，等. 5 种主要森林类型涵养水源能力比较研究 [J]. 福建林学院学报，2005，25(2)：171－175.
[25] 李吉跃，翟洪波，魏晓霞. 油松栓皮栎混交林降雨及其再分配过程研究 [J]. 北京林业大学学报，2006，28(3)：154－157.
[26] 欧阳惠. 森林林冠截留效益计量的研究 [J]. 科技通报，2001，17(4)：25－31.
[27] 肖洋，陈丽华，余新晓，等. 北京密云水库油松人工林对降水分配的影响 [J]. 水土保持学报，2007，21(3)：154－157.
[28] 刘家冈，万国良，张学培，等. 林冠对降雨截留的半理论模型 [J]. 林业科学，2000，36(2)：2－5.
[29] 张光灿，刘霞，赵玫. 树冠截留降雨模型研究进展及其述评 [J]. 南京林业大学学报，2000，21(1)：67－71.
[30] 王佑民. 中国林地枯落物持水保土作用研究概况 [J]. 水土保持学报，2000，14(4)：108－113.
[31] 苏宁虎. 林地枯落物最佳蓄积量确定方法的探讨 [J]. 生态学报，1988，8(2)：147－154.
[32] 赵鸿雁，吴钦孝，刘向东，等. 森林枯枝落叶层抑制土壤蒸发的研究 [J]. 西北林学院学报，1992，7(2)：14－20.
[33] 吴长文，王礼先. 林地坡面的水动力学特性及其阻延地表径流的研究 [J]. 水土保持学报，1995，9(2)：32－38.
[34] 韩冰，吴钦孝，刘向东，等. 林地枯枝落叶层对溅蚀影响的研究 [J]. 防护林科技，1994(2)：7－10.
[35] 闫文德，张学龙，王金叶，等. 祁连山森林枯落物水文作用的研究 [J]. 西北林学院学报，1997，12(2)：8－15.
[36] 刘向东，吴钦孝，赵鸿雁. 黄土高原油松人工林枯枝落叶层水文生态功能研究 [J]. 水土保持学报，1991，5(4)：87－92.
[37] 刘国华，张金池，林树燕，等. 4 种地被竹枯落物的水文特征及其截持降雨过程研究 [J]. 水土保持通报，2012，32(2)：105－113.
[38] 程金花，张洪江，史玉虎，等. 三峡库区几种林下枯落物的水文作用 [J]. 北京林业大学学报，2003，25(2)：8－13.
[39] 杨吉华，柳凯生，宫锐，等. 山丘地区森林保持水土效益的研究 [J]. 水土保持学报，1993，7(3)：47－52.
[40] 刘伦辉，刘文耀，郑征. 滇中山地主要植物群落水土保持效益比较 [J]. 水土保持学报，1990，4(1)：36－43.
[41] 马雪华. 四川米亚罗地区高山冷杉林水文作用的研究 [J]. 林业科学，1987，23(3)：253－265.
[42] 张理宏，李昌哲，杨立文. 北京九龙山不同植被水源涵养作用的研究 [J]. 西北林学院学报，1994，9(1)：18－21.
[43] 温远光，刘世荣. 我国主要森林生态系统类型降水截留规律的数量分析 [J]. 林业科学，1995，31(4)：289－298.
[44] 黄进，张金池，杨会. 桐庐生态公益林主要森林类型水源涵养功能综合评价 [J]. 中国水土保持科学，2010，18(3)：46－50.
[45] 杨钙仁，苏晓琳，蔡德所，等. 植被变化对人工林地蓄水功能的影响 [J]. 中国水土保持，2012(3)：18－21.
[46] 刘向东，吴钦孝，苏宁虎. 六盘山林区森林树冠截留、枯枝落叶层和土壤水文性质的研究 [J]. 林业科学，1989，25(3)：220－227.
[47] 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)：14－18.
[48] 高人，周广柱. 辽宁东部山区几种主要森林植被类型土壤矿质层蓄水能力分析 [J]. 沈阳农业大学学报，2003，34(1)：31－34.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

[49] 袁春明,郎南军,孟广涛,等. 长江上游云南松林水土保持生态效益的研究[J]. 水土保持学报,2002,16(2):87-90.
[50] 李红云,杨吉华,鲍玉海,等. 森林不同水文层次蓄水功能的研究[J]. 水土保持研究,2006,12(5):175-177.
[51] 郭立群,王庆华,周洪昌,等. 滇中高原区主要森林类型林地土壤蓄水功能[J]. 云南林业科技,1999(1):27-32.
[52] 秦永胜,余新晓,张志强,等. 密云水库上游水源保护林试验示范区土壤水分动态初步研究[J]. 北京林业大学学报,1998,20(6):69-74.
[53] 张彪,李文华,谢高地,等. 北京市森林生态系统的水源涵养功能[J]. 生态学报,2008,28(11):5619-5624.
[54] 吴丹,邵全琴,刘纪远. 江西泰和县森林生态系统水源涵养功能评估[J]. 地理科学进展,2012,2(21):330-336.
[55] 贺淑霞,李叙勇,莫菲,等. 中国东部森林样带典型森林水源涵养功能[J]. 生态学报,2011,31(12):3285-3295.
[56] 余新晓,周彬,吕锡芝,等. 基于 InVEST 模型的北京山区森林水源涵养功能评估[J]. 林业科学,2012,48(10):1-5.
[57] 胡国红,彭培好,王玉宽,等. 基于 GIS 的长江上游森林生态系统水源涵养功能[J]. 安徽农业科学,2008,36(21):8919-8921.

An Overview of Research on Forest Water Conservation in China

Ma Wenjing Wang Xiaoyan Geng Runzhe

(College of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048)

Abstract

More and more people begin to pay close attention to Water Conservation Function of forest. Study the regulation process of different hydrological layer and canopy interception model have an important meaning in water conservation forests. This paper summarizes the research on Water Conservation Function of Forest in Multi-Scale in our country, pointing out: in small scale, studying the hydrological processes with experimental research; in large scale, evaluating the water regulation process of forest ecosystems with remote sensing, GIS technology and the evaluation model. Provide the basis for correct evaluation on hydrological effect of the forest vegetation hydrology layers, development hydrological model based on physical processes, studying on the hydrological processes at different scales, evaluating on the water regulation process of forest ecosystems.

Key words: forest ecosystems, hydrology layer, forest water conservation function.

通讯作者 王晓燕,(1967-),女,博士,教授/博士生导师,从事非点源污染及流域水质管理等方面的研究. E-mail: cnuwxy@sohu.com.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net