

黑龙江省东部水源区植被土壤水源涵养功能分析

董铁狮¹, 党宏忠², 赵雨森³, 杨洪学³, 孟琳³

(1. 辽宁省林业厅 外资项目办公室, 辽宁 沈阳 110036; 2. 中国林业科学研究院
林研所, 北京 100091; 3. 东北林业大学, 黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要: 在对黑龙江省东部水源区 5 种不同植被土壤层的水分物理性质、蓄水性能、渗透性能以及土壤水分的动态变化进行定位观测分析基础上, 对各植被土壤层的水文特征进行了综合比较。结果表明, 天然林和灌丛林林地土壤水源涵养能力最强, 针叶林地一般, 云杉幼林地最差。加强对天然林资源的保护, 提高灌丛在当地林木植被资源中的比例, 加强人工针叶林林分结构的调整与抚育管理, 是提高当地森林植被系统涵养水源功能的有效途径。

关键词: 黑龙江东部; 植被; 土壤; 水源涵养

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2005)05-0028-04

中图分类号: S718.5

Water-source Conservation Function of Forest Soil in East of Heilongjiang Province

DONG Tie-shi¹, DANG Hong-zhong², ZHAO Yu-sen³, YANG Hong-xue³, MENG Lin³

(1. Liaoning Provincial Forest Department, Shenyang 110036, Liaoning Province, China; 2. Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China; 3. Northeast Forestry University, Harbin 150040, Liaoning Province, China)

Abstract: Based on analyzing soil physical properties, water-holding capacity, infiltration rate and the dynamics of soil moisture of 5 main forest types in east of Heilongjiang province, the hydraulic ecologic effects have been studied comprehensively. It was indicated that the water resource conservation function of natural forest and shrubs were better than that of the coniferous plantation and young forest. Strengthening the protection of natural forest, enhancing the structure regulation and tending management of coniferous plantation are the effective methods to improve water conservation function.

Keywords: the east of Heilongjiang province; forest; soil; water-source conservation

1 前言

森林土壤层是森林生态系统中水分界面传输的重要环节。森林生态系统中的水文过程大多是通过土壤作为媒介而发生的, 林地土壤涵养水源能力的强弱不仅对于 SPAC 系统不同界面层间物质和能量的传输与交换过程有着重要的影响, 并且直接作用到土壤水分的入渗、林地蒸散和流域产流^[1-4]。因此, 植被土壤层水文状况的变化将直接对整个区域的水文过程产生积极的响应^[5-6]。黑龙江省东部山地的水源涵养林对哈尔滨市及周边地区工农业和生活用水起着重要的保护与屏障作用。本文通过定位研究的方法, 对该地区不同植被土壤层的水文特征进行了深入分析与评价, 其结果不仅对于该地区水资源的保护和永续利用有着重要的指导意义, 同时也可作为森林植被的涵养水源机理的深化研究提供一定依据。

2 研究区概况

研究区位于东北林业大学老山人工林试验站, 地理位置东经 127°36′—127°39′, 北纬 45°23′—45°26′, 该地区属于长白山植物区系, 原始地带性顶极植被为阔叶红松林, 在遭受重大破坏后, 经演替逐渐恢复为现在的天然次生林, 是东北部地区较为典型的典型植被类型。研究区平均海拔 300 m。属大陆性季风气候, 冬长夏短; 四季分明, 年平均气温 2℃~3℃, 最高温度 32℃, 最低可达-31℃, 无霜期 120~140 d, 年降水量 600~800 mm, 年蒸发量 784.4 mm, 降雨主要集中在 7—8 月份, 全年 ≥10℃的积温为 2526℃, 地带性土壤为暗棕壤, 坡度 10°~15°。选择人工针叶林(包括红松人工林, 红松、樟子松混交林 2 种林分类型)、水曲柳天然林和天然榛子灌丛为主要对象, 以云杉幼林地作为对照。各植被类型基本情况见表 1。

收稿日期: 2005-04-04

资助项目: 黑龙江省重大科技攻关项目(GA02B601)

作者简介: 董铁狮(1978—), 男(汉族), 河北晋州人, 硕士, 主要从事林业生态工程和速生丰产林方面的工作。E-mail: hzdang@sina.com.cn.

表 1 不同植被类型样地概况

植被类型	坡度/ 坡向	坡位	土壤厚 度/cm	年龄/ a	树高/ m	胸径/ cm	郁闭度	林分及林下植被状况
红松人工林	13°/S	中上	40	35	14.69	10.71	0.95	密度 1 425 N/hm ² , 林内有少量白桦和紫椴等阔叶树种, 林下植被稀疏, 生长状况一般
针叶混交林	13°/S	中上	40	35	H/9.28 Z/12.36	H/11.34 Z/18.21	0.90	红松樟子松混交比例 3:1, 人工抚育较少, 林内伴生有少量阔叶树种, 林下植被稀疏
水曲柳天然林	3°/S	下部	60	50	20.21	27.74	0.60	密度 450, 林下植被生长茂盛, 以家榆、榛子、忍冬、丁香等灌木种类较多, 草本稀少
榛子灌丛	15°/S	中下	60	4	1.92	1.83 (地径)	0.95	多年次生天然群落, 伴生有少量旱柳、白桦和茶条槭、忍冬等小型植被, 草本稀少
幼林地(CK)	15°/ES	中下	60	2	—	—	—	林地以草本植物为主, 人为践踏和放牧影响较多

注: H 代表红松; Z 代表樟子松。

表 2 不同植被类型土壤的物理性质

植被类型	土壤厚 度/cm	容重/ (g·cm ⁻³)	孔隙度/%		
			非毛管 孔隙	毛管 孔隙	总孔隙
红松人工林	0—10	0.76	9.88	58.94	68.82
	10—20	1.22	8.15	52.60	60.75
	20—40	1.38	5.09	47.56	52.65
针叶混交林	0—10	0.95	9.17	56.82	65.99
	10—20	1.10	6.79	50.18	56.97
	20—40	1.24	6.11	50.58	56.69
水曲柳 天然林	0—10	0.55	11.88	67.66	79.54
	10—20	0.88	7.13	60.17	67.30
	20—40	1.13	6.45	48.07	54.52
榛子灌丛	40—60	1.32	4.07	40.78	44.85
	0—10	0.46	10.19	77.81	88.00
	10—20	0.92	7.81	59.65	67.46
云杉幼林地 (CK)	20—40	1.45	3.73	41.12	44.85
	40—60	1.36	3.06	44.50	47.56
	0—10	1.08	6.45	58.06	64.51
云杉幼林地 (CK)	10—20	1.23	4.75	52.12	56.87
	20—40	1.36	4.07	38.71	42.78
	40—60	1.48	4.07	38.20	42.27

3 试验设置及测定方法

降雨量观测采用虹吸式雨量计与普通雨量筒相结合 24 小时连续观测。土壤取样采用机械分层法, 分别于 5, 15, 30, 50 cm 处用 100 cm³ 环刀取样(针叶林土层较薄, 取至 40 cm, 其它相同), 采用常规方法^[7]测定土壤水分物理性质、渗透性能等指标。同时在各植被类型区内划定固定取土区, 每月 5, 15, 25 日用取土钻分层取样, 3 次重复, 烘干(105℃下 24h)后测定土壤水分状况。观测日期为 2003 年 5 月 1 日至 2003 年 10 月 1 日。

4 结果与分析

4.1 土壤物理性质及其蓄水性能分析

土壤物理性质是评价土壤水源涵养效能的重要指标之一, 直接影响土壤蓄水和保水性能, 以及水分的有效利用和植物的生长发育^[8]。

从表 2 中可以看出, 随着土壤深度的增加, 土壤容重、土壤非毛管孔隙度分别表现出渐增、渐减的变化规律。各主要森林植被都具有较高的非毛管孔隙度和较低的容重, 特别是表层(0—10 cm)土壤的非毛管孔隙度都比较高, 阔叶林都在 10% 以上, 而针叶林也接近于 10%; 在 0—20 cm 范围内阔叶林土壤容重都在 1.0 g/cm³ 以下, 而针叶林在 0—10 cm 范围内也能保持在 1.0 g/cm³ 以下, 反映了森林植被对土壤良好的改良作用。但不同植被类型土壤水分物理性质间也存在着一定的差异, 主要表现在阔叶植被下的土壤容重及孔隙状况要好于针叶植被, 并都明显优于云杉幼林地。这说明阔叶植被对土壤改良作用大, 土壤团粒结构增加, 土壤孔隙增多, 质地变得疏松, 对于水分的快速传输转化和储存起到了很好的作用。

大量实验结果表明, 土壤的蓄水性能与土壤的孔隙度(特别是非毛管孔隙度)、土层厚度有着密切的关系^[2,9-10]:

$$\text{土壤有效蓄水量}(t/hm^2) = 10\,000 \times \text{土壤非毛管孔隙度}(\%) \times \text{土壤深度}(m) \times 1.0 t/m^3$$

$$\text{土壤最大蓄水量}(t/hm^2) = 10\,000 \times \text{土壤总孔隙度}(\%) \times \text{土壤深度}(m) \times 1.0 t/m^3$$

从表 3 中可以看出, 经计算后, 不同植被之间的水分贮存能力差异较为显著, 其中水曲柳天然林和榛子灌丛水分贮存能力巨大, 其最大蓄水量和有效蓄水

量分别为 3 455.94 t/hm², 4.07 t/hm² 和 3 402.85 t/hm², 315.76 t/hm²; 幼林地最差, 其有效蓄水量仅为 275.02 t/hm²。针叶树种则稍差一些, 分析其原因, 除了针叶林内透光性较差, 影响了林下植被的大量繁殖和枯枝落叶层的分解, 不利于土壤状况的改善以外, 与局部地理环境状况(山坡的中上部土层薄, 地力条件差)也有着直接的关系。

表 3 不同植被类型土壤蓄水性能

植被类型	土壤厚度/cm	毛管持水量/(t·hm ⁻²)	土壤有效蓄水量/(t·hm ⁻²)	土壤最大蓄水量/(t·hm ⁻²)
红松 人工林	0—10	568.20	91.67	659.87
	10—20	501.78	67.91	569.69
	20—40	1011.52	122.23	1133.75
	合计	2081.50	281.81	2363.32
针叶混 交林	0—10	589.39	98.76	668.15
	10—20	525.96	81.49	607.45
	20—40	951.11	101.86	1052.97
	合计	2066.46	282.11	2348.58
水曲柳 天然林	0—10	676.58	118.84	795.42
	10—20	601.70	71.30	673.00
	20—40	961.35	129.02	1090.37
	40—60	815.67	81.49	897.15
合计	3055.30	400.65	3455.94	
榛子 灌丛	0—10	778.13	101.86	879.98
	10—20	596.47	78.09	674.57
	20—40	822.46	74.70	897.15
	40—60	890.02	61.12	951.13
合计	3087.08	315.76	3402.85	
幼林地 (CK)	0—10	580.65	64.51	645.16
	10—20	521.20	47.53	568.73
	20—40	774.18	81.49	855.67
	40—60	764.02	81.49	845.51
合计	2640.05	275.02	2915.07	

总体来看, 森林植被状况对林地土壤蓄水性能的影响显著, 土壤的有效蓄水量相当于容纳 28 mm 的降水, 但是实际情况下, 降水过程很难有足够的时间使得水分充分入渗, 因此, 土壤入渗能力的大小是影响土壤涵养水源性能强弱的另一重要指标。

4.2 土壤水分渗透性能分析

土壤渗透性是表征土壤对降水就地入渗和吸收能力的指标。在一定时间内若大气降水强度超过土壤的渗透速率时, 就会产生超渗而形成地表径流, 造成水土流失^[11-12]。一般来讲, 森林庞大的根系通过改善土壤结构, 增加重力水入渗和土壤水向根系的运动, 因而森林土壤具有比其它土地类型高的入渗率,

良好的森林土壤其土壤稳定入渗率高达 8.0 cm/h 以上^[13-14]。

从表 4 可以看出, 就土壤表层(0—20 cm)而言, 水曲柳林和榛子灌丛都表现了强大的渗透性能, 其初渗值分别达到了 34.12 mm/min 和 37.03 mm/min, 达到稳定渗透的时间也较长, 都在 60 min 左右, 这在遭遇强降水时, 可有效地遏制地表径流的形成, 从而达到涵养水源的目的。而红松林和针叶混交林则稍差一些, 但由于针叶林内通常有着较密集的冠层和较厚的枯枝落叶层, 因此对于地表径流的形成也会起到较好的阻延作用。幼林地无论在渗透速度和达到稳渗时间上都较差, 虽然土壤层有一定的蓄水能力, 但常常因超渗而形成地表径流, 造成地表冲刷, 土壤侵蚀的发生, 一旦进入河流或库塘必将造成泥沙淤积和水质的浑浊度增加。

表 4 土壤各层次渗透性能

植被类型	土壤层次/cm	渗透速度/(mm·min ⁻¹)		稳渗时间/min	渗透系数/(mm·min ⁻¹)	
		初渗速度	稳渗速度		初渗值	稳渗值
红松 人工林	0—10	21.39	9.59	48	8.84	3.96
	10—20	10.44	4.50	25	4.31	1.86
	20—40	9.51	3.99	41	3.93	1.65
针叶 混交林	0—10	13.75	7.81	49	5.68	3.23
	10—20	8.40	5.60	34	3.47	2.31
	20—40	9.34	2.72	33	3.86	1.40
榛子 灌丛	0—10	37.03	12.16	57	15.30	5.02
	10—20	24.57	7.51	54	10.15	3.10
	20—40	10.19	4.58	36	4.21	1.89
水曲柳 天然林	0—10	34.12	11.88	76	14.10	4.91
	10—20	15.53	6.62	53	6.42	2.70
	20—40	12.65	3.06	33	5.23	2.24
幼林地 (CK)	0—10	2.09	1.27	14	1.07	0.53
	10—20	0.94	0.65	19	0.39	0.27
	20—40	0.45	0.19	12	0.19	0.08

4.3 土壤水分动态变化分析

土壤水分动态指土壤水分含量随时间发生的变化, 受气象、土壤及植被类型等因素的影响较大。土壤水分的动态变化对森林生态系统涵养水源功能及林木的生长状况都有较大影响^[15-16]。通常来讲, 土壤的渗透性能越好, 土壤的水分变化就越快^[17]。在连续降雨的情况下, 土壤中的水分若能够及时的进行排散, 则可以大大增强土壤的连续持水的能力, 从而有效的把降水转入土壤, 减少地表径流^[5, 18]。

从图 1 可以看出, 在整个植物生长季内, 各植被土壤水分含量与降雨量间存在较一致的对应关系。

大致表现出高一低一高一低的年际变化规律。植物生长季初期含水量较高, 主要是该地区在 5 月份土壤正在解冻, 而植物放叶尚未完成, 蒸腾作用较弱, 使得土壤不断的融化补充水分, 所以土壤含水率稍高, 这一特点与任青山等^[19-20]研究结果相一致。6 月份, 由于降水较少, 太阳辐射和植物蒸腾作用加强, 土壤含水量持续亏缺从而达到最低值。7—8 月份, 雨季到来后, 随着降雨量增加, 土壤水分总体处于盈余状态, 含水量逐渐升高并达到最大值。9 月份以后, 雨水减少, 气候转凉, 植物代谢活动减弱, 土壤含水量逐渐开始降低。

90% 之间, 而针叶林变动范围较小一些, 一般不超过 50%, 幼林地则始终在 30% 以下。20—40 cm 之间土壤变化较为缓和, 40 cm 以下时, 土壤含水量基本保持平稳, 几乎不随降水变化而变动。

总体来讲, 阔叶树种的林分土壤含水量对降水的响应较为剧烈, 这说明由于阔叶林的土壤渗透性能较好, 从而使得降水能够较为迅速的进行分散转化, 起到了良好的理水调洪的作用, 而针叶林则相对要差些。幼林地则表现出调节能力很弱的特征, 极易产生地表径流。

5 结 论

通过对 2 种针叶林、水曲柳林、榛子灌丛以及幼林地 5 种不同植被类型土壤水分特征的对比研究可以看出:

(1) 由于植被类型的不同使得土壤水文—物理有着较明显的差异。其中水曲柳天然林和榛子灌丛对土壤结构的改善作用尤为明显, 土壤对水分的含蓄能力较强。针叶林则较为一般。云杉幼林地最差。

(2) 水曲柳林和榛子灌丛土壤的渗透性能较强, 尤其是该 2 种植被表层土壤的渗透性能尤为突出, 因此, 综合考虑其水源涵养特性及其物种特性, 建议在水源涵养型植被构建过程中, 榛子可作为土层较薄, 地力稍差地区的先期构建树种, 从而迅速发挥其水源涵养功能。

(3) 阔叶林土壤含水量变化随降水变化较为剧烈, 表现了良好的通透性, 针叶林表现居中, 云杉幼林地较差。

(4) 林地土壤层的水分特征状况仅是森林生态系统的—一个重要组成部分, 林冠层、林下植被以及枯枝落叶等同样发挥着重要的水文生态功能。要更为客观全面地评价不同区域植被的水源涵养效能, 对于整个森林生态系统水文过程的研究仍有待于不断深入和加强。

[参 考 文 献]

[1] 党宏忠, 赵雨森, 陈祥伟. 祁连山水源涵养林水分传输规律研究[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(2): 43—46.
 [2] 董铁狮, 赵雨森, 党宏忠. 黑龙江省东部地区水曲柳天然林水源涵养功能[J]. 东北林业大学学报, 2004, 32(5): 1—3.
 [3] McCulloch J G, Robinson M. History of forest hydrology [J]. J. Hydrol, 1996(176): 79—95.
 [4] 赵玉涛, 张志强, 余新晓. 森林流域界面水分传输规律研究述评[J]. 水土保持学报, 2002, 16(1): 92—95.

(下转第 36 页)

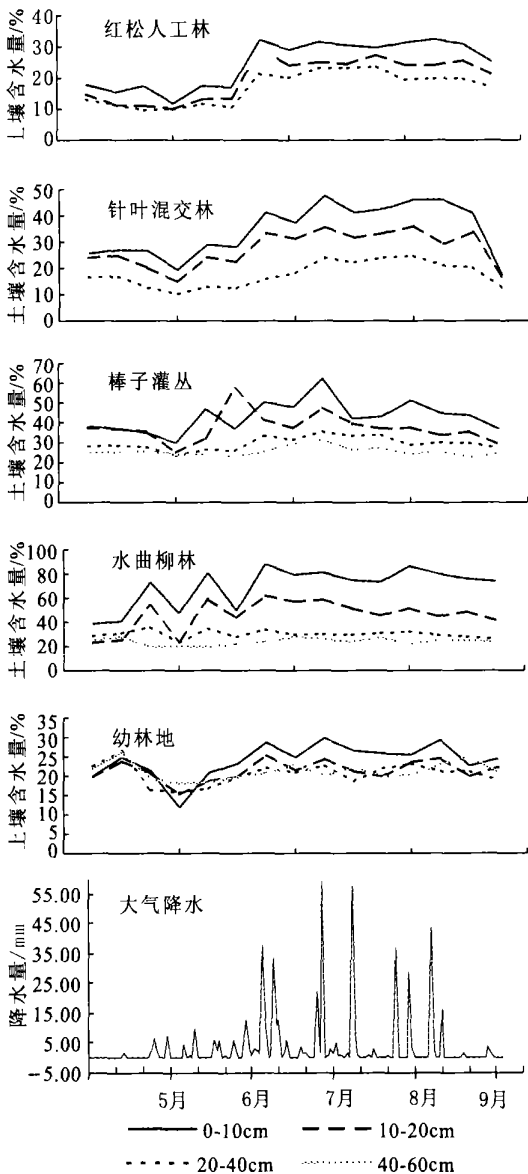


图 1 不同植被土壤水分动态变化

从垂直方向上来看, 各植被中, 表层(0—20 cm)土壤含水量受降水影响较大, 变化较为剧烈, 尤其是水曲柳林和榛子灌丛较为显著, 变动范围在 20%~

4 关于王东沟试区土地利用的建议

(1) 王东沟流域位于我国苹果种植优生区, 所产苹果质量好, 给当地带来的经济效益是种植其它作物无法相比的。现在, 应在原有果园的基础上, 根据当地实际条件适度加大果业种植规模, 加强果树管理, 提高果园的集约化经营水平, 将该区建设成为优质苹果生产基地。试区现有部分老化果园, 产量低, 品质差, 经济效益不高, 应对其进行适当砍伐, 改种其它优质品种的果树; 也可将沟坡中的闲住宅地利用为果园, 以最大限度地提高土地生产力。

另外, 现在试区内幼龄果树较多, 树体较小, 空地较多, 为了充分利用光能和土地空间, 可套种生长期短的一年生矮秆作物, 待形成果园后, 也可套种一些优良牧草, 发展养殖业。

(2) 该区林地面积较大, 占总面积的 30%, 对沟壑区的水土流失起到了重要的防止作用, 但是林地存在树种单一、灌木林少等问题^[4]。

该区防护用材林树种以刺槐为主, 刺槐虽然速生, 但产量并不高, 干形也不好, 只适宜做先锋树种, 且刺槐不适宜在陡阳坡土地上生长, 而灌木如沙棘等, 耐旱和耐瘠薄, 能较快达到郁闭, 发挥水土保持效

益, 因此应适当增加灌木林及其它适宜树种, 提高林地的生态—经济复合效益。由于试区农业、林业用地面积较大, 以及自身土地资源条件限制, 导致长期以来草地面积较小, 且主要为天然草地, 人工草很少。其中一些天然草地存在衰退现象, 建议对退化天然草地进行改良, 适当增加人工优良牧草面积^[6]。部分林网胁地、撂荒地也可以利用为草地, 这样即可为家畜提供饲草, 又能起到保持水土的作用。

[参 考 文 献]

- [1] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域——土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报, 1996, 51(6): 553—558.
- [2] 李玉山, 苏陕民. 长武王东沟高效生态经济系统综合研究[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1991.
- [3] 郝明德, 梁银丽. 长武农业生态系统结构、功能及调控原理与技术[M]. 北京: 气象出版社, 1998.
- [4] 郝明德, 李军超, 等. 长武试验示范区高效农业生态经济系统研究[J]. 水土保持研究, 2003, 10(1): 1—5.
- [5] 邹亚荣, 张增祥, 等. 中国农牧交错区土地利用变化空间格局与驱动力分析[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 222—227.
- [6] 宋桂琴, 巨仁, 等. 浅谈长武王东试区“八五”土地利用规划[J]. 水土保持通报, 1993, 13(5): 9—12.
- (上接第 31 页)
- [5] 李德生, 张萍, 张水龙, 等. 黄前库区经济林土壤水文效益研究[J]. 水土保持研究, 2004, 11(1): 141—143.
- [6] 党坤良. 秦岭火地塘林区不同林地土壤水分动态特征的研究[J]. 西北林学院学报, 1995, 10(1): 1—8.
- [7] 许本彤, 张万儒. 森林土壤定位研究方法[M]. 北京: 中国林业出版社, 1986.
- [8] 甘健民, 薛敬意, 谢寿昌, 等. 云南哀牢山常绿阔叶林下土壤涵养水能力分析[J]. 林业科技, 1997, 22(6): 9—11.
- [9] 林业部科技司编. 中国森林生态系统定位研究[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1994.
- [10] 杨海龙, 朱金兆, 毕利东. 三峡库区森林流域生态系统土壤渗透性能的研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(3): 63—69.
- [11] 朱显谟, 田积莹. 强化黄土高原土壤渗透性及抗冲性的研究[J]. 水土保持学报, 1993, 7(3): 1—10.
- [12] 庞学勇, 刘庆, 刘世权, 等. 人为干扰对川西亚高山针叶林土壤物理性质的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2002, 8(6): 583—587.
- [13] 余新晓, 于志民. 水源保护林培育经营管理评价[M]. 中国林业出版社, 2004.
- [14] 高甲荣, 肖斌, 张东升, 等. 国外森林水文研究进展述评[J]. 水土保持学报, 2001, 15(5): 5—15.
- [15] 党坤良. 秦岭火地塘林区不同林地土壤水分动态特征的研究[J]. 西北林学院学报, 1995, 10(1): 1—8.
- [16] 王兵, 崔相慧, 白秀兰, 等. 大岗山人工针阔混交林与常绿阔叶林水文动态变化研究[J]. 林业科学研究, 2002, 15(1): 13—20.
- [17] 何其华, 何永华, 包维楷. 干旱半干旱区山地土壤水分动态变化[J]. 山地学报, 2003, 21(2): 149—156.
- [18] Western A W, Grayson R B, Willgoose G R, McMshon T A. Observed spatial organization of soil moisture and its relation to terrain indices[J]. Water Resources Research, 1999, 35: 797—810.
- [19] 刘世荣, 温远光, 王兵, 等. 中国森林生态系统水文生态功能规律[M]. 中国林业出版社, 1996.
- [20] 蔡体久. 落叶松人工林水文生态功能的研究(硕士毕业论文)[D]. 东北林业大学, 1989.