

闽北不同类型毛竹林土壤水分时空变化规律

刘蔚漪^{1,2}, 范少辉², 刘希珍², 官凤英²

(1. 西南林业大学 竹藤研究所, 云南 昆明 650224; 2. 国际竹藤中心 竹藤科学与技术重点实验室, 北京 100102)

摘要: [目的] 揭示不同林分土壤空间和不同位点上的水分时空变化规律, 旨在为毛竹林合理经营提供科学依据。[方法] 采用野外定点观测法, 以闽北地区竹杉混交林(Ⅱ)、毛竹纯林(Ⅲ)、竹阔混交林(Ⅳ)3种不同类型毛竹林为研究对象, 杉木纯林(Ⅰ)和常绿阔叶林(Ⅴ)为对照开展试验。[结果] 各林分的土壤含水量的季节变化基本与研究区域的降雨和蒸发季节变化一致, 每月平均土壤含水量在 22.98%~37.88% 之间, 年均土壤含水量排序为: 常绿阔叶林(31.95%)>竹杉混交林(30.46%)>竹阔混交林(30.10%)>杉木纯林(29.78%)>毛竹纯林(29.31%)。空间垂直变化上, 常绿阔叶林地各层土壤含水量之间差异显著($p<0.01$), 随着土壤层深度的增加土壤含水量逐渐降低, 但是其他林分不同土层土壤含水量之间的差异不显著。[结论] 林分类型和土层深度对土壤含水量的共同作用有差异, 但未达到显著水平, 林内降雨量是影响土壤含水量的直接因子。

关键词: 闽北地区; 毛竹林; 土壤水分; 时空变化

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)04-0059-05

中图分类号: S152.7

DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2015.04.013

Spatiotemporal Changes of Soil Water Content Under Different Types of *Phyllostachys Edulis* Forests in Northern Fujian Province

LIU Weiyi^{1,2}, FAN Shaohui², LIU Xizhen², GUAN Fengying²

(1. Institute of Bamboos, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224, China;

2. International Centre for Bamboo and Rattan, Key Laboratory of Bamboo and Rattan, Beijing 100102, China)

Abstract: [Objective] The temporal and spatial variation of soil moisture was revealed under different bamboo forest stands in order to provide the scientific basis for the sustainable management of *Phyllostachys edulis* forests. [Methods] Based on the field test, three typical *P. edulis* forests (*P. edulis* and *Cunninghamia lanceolata* mixed forest, *P. edulis* pure forest and *P. edulis* and broad-leaved tree mixed forest) in northern Fujian Province were investigated in comparison with *C. lanceolata* pure forest and evergreen broadleaved forest. [Results] The seasonal changes of soil moisture content were consistent with the rainfall and evaporation. Monthly average soil moisture content ranged from 22.98% to 37.88%, and broad-leaved tree mixed forest had the largest mean annual soil moisture content of 31.95%, and followed by *P. edulis* and *C. lanceolata* mixed forest, *P. edulis* and broad-leaved tree mixed forest, *C. lanceolata* pure forest and *P. edulis* pure forest (30.46%, 30.10%, 29.78, and 29.31%, respectively). The moisture contents of different soil layers of evergreen broadleaved forest had significant differences ($p<0.01$) in the soil profiles, and the soil moisture contents decreased with soil depth, however, the moisture contents of other forest types had no significant differences in the soil profile. [Conclusion] The impacts of forest types and soil depth on soil moisture contents were different, but did not reach significant levels, and the precipitation in the forest canopy was the direct factor influencing soil moisture contents.

Keywords: the north area of Fujian Province; *Phyllostachys edulis*; soil water; spatial and temporal change

收稿日期: 2014-06-13

修回日期: 2014-06-23

资助项目: “十二五国家科技支撑课题”竹藤资源高效培育技术与示范”(2012BAD23B04); 国家自然科学基金项目(31160154); 云南省竹藤科学创新团队建设项目(2008OC001); 西南林业大学人才引进项目(01102-111306)

第一作者: 刘蔚漪(1982—), 女(汉族), 云南省耿马县人, 博士, 讲师, 主要从事竹林培育及生态研究。E-mail: liuweiyi@icbr.ac.cn。

通信作者: 官凤英(1974—), 女(蒙古族), 吉林省前郭县人, 博士, 副研究员, 主要从事竹林经营管理研究。E-mail: guanfy@icbr.ac.cn。

土壤水是土壤的最重要组成部分之一。水分条件在很大程度上决定着土壤的形成与发育,也决定着土壤的性质。土壤水分在流域内的分布、储存以及在土壤中的传输与运移是影响森林流域产流机制的重要环节,对森林土壤水分的分布、运动规律研究一直是水文学家密切关注的重大课题^[1-2]。关于毛竹林土壤层水分的研究主要集中在水源涵养功能方面,目前主要有两种不同的结论,有学者认为毛竹纯林的水源涵养功能更优,毛竹林地具有较好的水分渗透性能^[3-5],也有研究者认为混交林的土壤储水量比毛竹纯林的更大^[6-8]。目前,关于竹林土壤层水分的动态研究未见报道。本研究选取毛竹纯林、竹杉混交和竹阔混交林 3 种不同类型的毛竹林为研究对象,以杉木林和常绿阔叶林做对照,对不同林分土壤层的水分的时空变动情况进行了 1 a 的定期观察,以揭示不同林分土壤空间,不同位点上的水分时空变化规律,旨在为合理经营毛竹林提供科学依据,使其在发挥经济效益的同时更好地发挥其水源林的生态效益。

1 材料与方法

1.1 研究地概况及样地设置

试验地设在福建省顺昌县洋口国有林场,顺昌县地处福建省西北部,是我国第一批“十大竹子之乡”之一。该区地理坐标为 117°30′—118°14′E, 26°39′—27°12′N,属亚热带海洋性季风气候,年平均气温 18.7℃,最高温 40.3℃,最低温 -6.8℃,≥10℃的年平均积温 5 388~5 659℃,无霜期 305 d,雨日 164 d,年平均降雨量 1 568 mm,日照 1740.7 h,海拔 240~400 m,土壤类型为红壤或山地红壤,土层深厚,土壤肥沃^[9]。

该区常见的植被群落有毛竹人工林、竹杉混交林、竹阔混交林、秃杉(*Taiwania flousiana*)人工林、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)人工林、木荷(*Schima superba*)人工林、马褂木(*Liriodendron chinensis*)人工林、马尾松(*Pinus massoniana*)人工林等。各林分样地基本情况详见表 1。

表 1 研究区各林分概况

林分	起源	林龄/a	林分密度/ (株·hm ⁻²)	平均胸径/ cm	平均树高/ m	郁闭度/ %	坡度/ (°)	坡向
I	人工林	34	1 050	23.48	18.09	0.67	29	WN
II	人工林	22	3 363	9.59	9.48	0.75	27	WN
III	人工林	17	3 688	9.10	13.06	0.77	28	WN
IV	次生林	12	3 118	9.47	12.34	0.76	29	WN
V	次生天然林	53	1 513	15.89	14.10	0.85	32	W

注: I 为杉木纯林, II 为竹杉混交林, III 为毛竹纯林, IV 为竹阔混交林, V 为常绿阔叶林。下同。

1.2 指标测定

1.2.1 大气降水测定^[9] 采用雨量筒收集法,在各标准地内随即放置 10 个直径为 20 cm 的雨量筒,收集穿透雨,在林外空旷地安放 5 个雨量筒作为对照。每次降雨后,同时测算降雨量。为了避免灌木及草本植物对收集的影响,定期对周边的灌草进行清理。

1.2.2 土壤持水量的测定^[10] 环刀法测定土壤容重、总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、最大持水量、毛管持水量、非毛管持水量。

1.2.3 土壤含水量测定 用取土钻在固定样地外相同立地条件上定期取样,带回实验室用烘干法测定土壤含水量。每月定时(1, 11, 21 日)在各标准地外侧,按照坡度上中下取 3 个点,用土钻分层取土。由于毛竹竹林的地下系统中,74.6% 的根系分布于 0—30 cm 的土层中,79.1% 的竹鞭分布于 10—40 cm 的土层中。底层土壤中所含石砾较多,考虑到混交林中的杉木和其他灌木根系分布的更深,故将观测深度定为 60

cm,测定分层次为 0—20 cm, 20—40 cm, 40—60 cm; 每次取样时间定于清晨。采用 3 次平行测定,取其算术平均值,其平行差值不得大于 1%。

2 研究结果

2.1 土壤持水能力

土壤持水力是评价不同植物群落下的土壤涵养水源及调节水分循环的一个重要指标^[11],而林地蓄洪作用主要反映在非毛管孔隙水的贮存能力上。对不同林分不同层次土壤最大持水量、毛管贮水量和非毛管贮水量研究表明,各林分土壤最大持水量、毛管贮水量和非毛管贮水量随土层增加而降低,同一土层不同林分各因子差异极显著。由表 2 可知,各林分土壤毛管贮水量为 815.56±70.78~985.33±90.90 t/hm²,并随土层深度的增加而减弱,平均毛管贮水量排序为:常绿阔叶林(976.59 t/hm²)>杉竹混交林(957.93 t/hm²)>毛竹纯林(937.89 t/hm²)>竹阔

混交林(909.30 t/hm²)>杉木纯林(862.00 t/hm²)。土壤最大持水量排序为:常绿阔叶林(1 125.70 t/hm²)>竹阔混交林(1 100.60 t/hm²)>杉竹混交林(1 050.60 t/hm²)>毛竹纯林(1 015.10 t/hm²)>杉木纯林(1 008.87 t/hm²)。平均非毛管贮水量排序为:竹阔混交林(173.6 t/hm²)>常绿阔叶林(149.00 t/hm²)>杉木纯林(146.81 t/hm²)>杉竹混交林(92.70 t/hm²)>毛竹纯林(77.30 t/hm²)。

表2 研究区不同林分土壤持水性能指标

林分	土层/cm	总孔隙度/%	最大贮水量/(t·hm ⁻²)	毛管孔隙度/%	毛管贮水量/(t·hm ⁻²)	非毛管孔隙度/%	非毛管贮水量/(t·hm ⁻²)
I	A ₁	46.47±0.17	1 093.60±55.23	37.78±0.19	888.22±78.10	36.10±0.12	205.33±10.07
	A ₂	39.90±1.01	1 005.80±109.26	35.00±0.37	882.22±91.45	33.84±1.89	123.56±19.33
	A ₃	36.06±0.80	927.20±46.10	31.73±0.99	815.56±70.78	30.03±1.24	111.56±20.00
	平均	40.81	1 008.87	34.84	862.00	33.32	146.81
II	A ₁	43.94±1.12	1 054.00±98.43	38.51±1.09	926.00±71.60	35.47±1.74	128.00±15.78
	A ₂	43.70±0.99	1 057.80±82.06	39.85±1.89	967.11±82.11	36.29±2.19	90.67±10.78
	A ₃	42.13±0.89	1 040.00±100.56	39.72±0.78	980.67±81.98	37.06±1.24	59.33±8.82
	平均	43.26	1 050.60	39.36	957.93	36.27	92.70
III	A ₁	44.05±0.27	1 043.40±100.79	40.12±1.11	951.44±80.70	38.16±0.77	92.00±10.59
	A ₂	40.01±0.09	1 023.60±65.99	36.97±0.96	945.78±91.02	36.33±0.19	77.78±9.20
	A ₃	37.71±0.98	978.40±37.20	35.25±0.78	916.44±94.82	34.54±2.00	62.00±7.39
	平均	40.59	1 015.10	37.45	937.90	36.34	77.30
IV	A ₁	56.46±2.11	1 165.40±92.31	47.33±1.11	979.33±71.43	44.54±0.91	186.00±10.78
	A ₂	51.83±1.90	1 139.80±91.24	43.84±0.98	964.89±78.69	42.67±1.01	174.89±10.88
	A ₃	42.01±3.00	996.60±92.34	35.27±1.01	836.67±69.52	33.42±2.14	160.00±7.04
	平均	50.1	1 100.60	42.15	927.00	40.21	173.6
V	A ₁	51.4±1.99	1 126.60±100.11	43.90±2.11	962.00±95.88	41.98±2.09	164.67±13.54
	A ₂	50.87±3.01	1 135.20±101.28	44.16±0.44	985.33±90.90	37.20±1.02	149.78±12.15
	A ₃	47.87±1.89	1 115.20±99.91	42.10±0.29	982.44±91.58	35.84±0.21	132.67±10.05
	平均	50.05	1 125.70	43.13	976.60	36.52	149.00

注:A₁,A₂,A₃分别为0—20 cm,20—40 cm,40—60 cm土层。下同。

2.2 土壤水分动态变化

2.2.1 气象因子的月变化

降水、气温、光照强度和蒸发量等气象因子的季节性变化,会引起土壤水分发生相应变化。植物的生长具有季节性,随着季节的变化植物对土壤水分的利用和植被覆盖地表的情况随之变化,对土壤水分含量也有一定影响^[12]。由气象资料分析可知,研究区域内2009年9月至2010年9月的总降雨量2 588.5 mm,2010年2—8月降雨量明显多于其他月份,占全年降雨量的83.25%。研究区域气温度年变化不大,从5—10月气温都在20℃以上,7—12月日照时数较多,这几个月的日照时数可达全年的72.42%,因此,1,2,4及6月份蒸发量相对较小。

2.2.2 土壤水分月变化

通过2009年9月至2010年9月的连续观察,不同林分土壤水分年变化情况如图1所示。土壤含水量的季节变化基本与研究区域的降雨和蒸发季节变化一致。由于2009年10月的降雨量最小,仅为5.5 mm,各林分的土壤含水量均有所减少。月平均土壤含水量为22.98%~37.88%,说

明试验区全年的土壤含水量较高,并且分布均匀,林地的水源涵养功能较好。余新晓等^[13]将黄土地区防护林生态系统的土壤水分季节变化分为4个时期,即土壤水分消耗期、土壤水分积累期、土壤水分消退期和土壤水分稳定期。研究区由于全年降雨充沛,气温变化小,土壤含水量并未出现4种明显的变化期,但是从图1可以看出,各林地的土壤含水量先经过一个水分的积累期,土壤含水量持续增加,到达一个峰值后,进入消退期,土壤含水量持续降低。毛竹纯林从头年10月开始,到次年3月,土壤水分含量连续上升,3月出现最高值,之后开始出现下降的趋势,竹杉混交林土壤水分含量从头年10月开上升,到次年5月达到峰值,之后持续下降,竹阔混交林、常绿阔叶林及杉木纯林土壤含水量的变化情况与毛竹纯林一致。这是因为进入10月后,气温开始下降,植物生长缓慢,根系吸水微弱,地面蒸散减小,土壤水分的消耗很小,再加上每月都有降雨的补给,雨水渗入地下,在重力势和基质势的作用下,向下运动,在根际区不断积累,土

壤含水量持续增加。3—9 月份,虽然有大量的降雨补给,但气温回升,植物处于生长期,根系开始活动,土壤水分大量被蒸散、蒸腾消耗,土壤含水量不断减少。

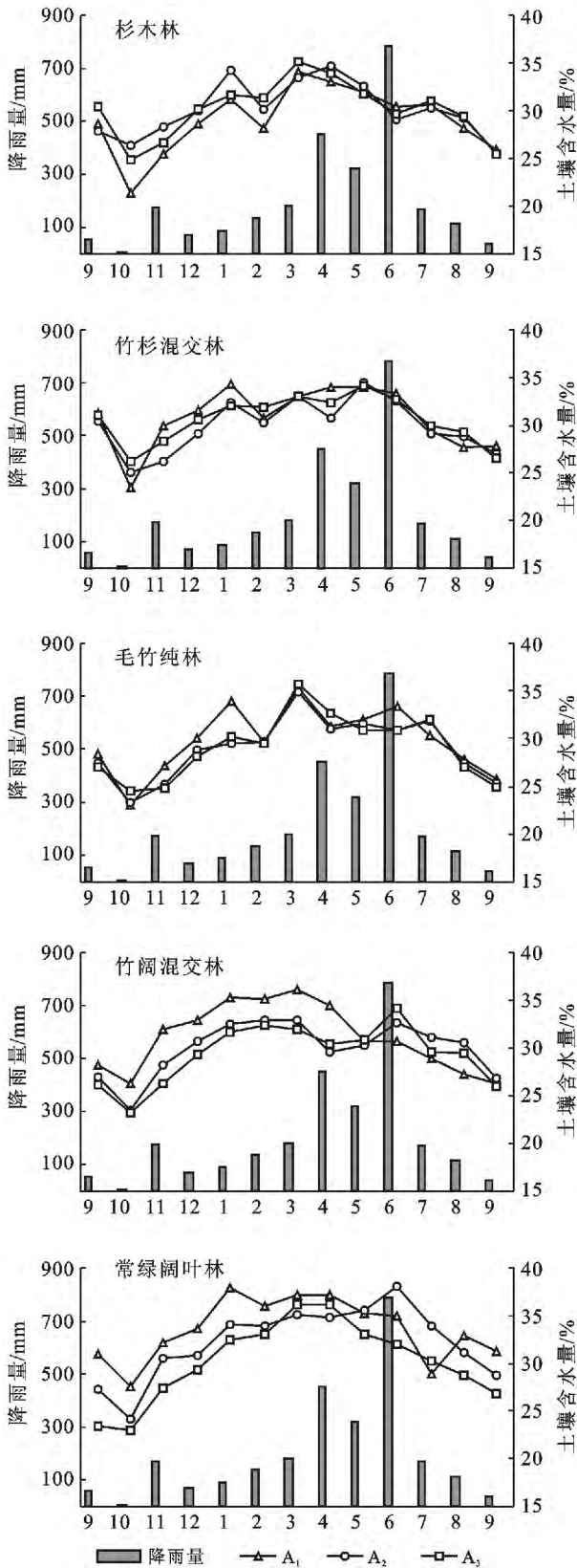


图 1 研究区 2009 年 9 月至 2010 年 9 月不同林分降雨量及土壤含水量的季节变化

由图 1 还可看出,不同林分之间,常绿阔叶林的土壤含水量最高,竹杉和竹阔混交林其次,杉木纯林高于毛竹纯林,此规律和各林分的土壤渗透性能规律一致^[14],说明土壤的含水量与渗透性有关。不同林分的不同土层之间的土壤含水量变化规律也有差异。水分积累期,毛竹纯林、竹阔/竹杉混交林表层土的含水量大于深层土的含水量,进入消退期后,表层土含水量小于深层的含水量。可能是因为毛竹一般在 3—5 月出笋成竹,6—7 月新竹生长旺盛,8—10 月行鞭排芽,根系活动很大,因此,毛竹纯林、竹阔混交林及竹杉混交林均出现地下 40—60 cm 层的土壤含水量高于地表 0—20 cm 层土壤含水量的情况。在土壤含水量的增长期,杉木纯林情况相反,而进入消退期后,3 个土层的土壤含水量相差也不大。常绿阔叶林随着土层的增大,土壤含水量减少,但在 6 月降雨量最大时,20—40 cm 层土壤含水量大于 0—20 cm 层的土壤含水量,可能是因为阔叶林地的土壤渗透性能较好,降雨进入土层后,致使深层土壤含水量增大。

2.3 土壤水分垂直分布变化规律

土壤水分的垂直变化规律主要受向下的入渗再分配和向上的蒸发过程所支配,而这两个过程又受到土壤物理性质和气候特征、植被类型等多种因素的影响,并且各种因素也是随着时空变化而变化。对不同林分、不同层次土壤含水量全年的数据进行方差分析(表 3)及多重对比(表 4),结果表明,不同林分之间差异极显著,尤其是常绿阔叶林和毛竹纯林之间差异极显著,杉木纯林、竹杉混交林及竹阔混交林差异显著;除常绿阔叶各层土壤含水量之间差异显著外,其它林分不同土层土壤含水量之间的差异不显著,林分类型和土层深度对土壤含水量的共同作用有差异,但未达到显著水平。

表 3 不同土层土壤含水量分析表

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
林分间	389.44	4.00	97.36	5.59	0.00
土层间	47.26	2.00	23.63	1.36	0.26
林分×土层	263.65	8.00	32.96	1.89	0.06
误差	7 043.12	404.00	17.43		
总变异	7 743.47	418.00			

表 4 不同林分间土壤含水量多重比较

林分	V	IV	II	I	III
均值	32.86 ^{aA}	30.48 ^{bAB}	29.27 ^{bcB}	28.24 ^{bcB}	28.07 ^{cB}

注:不同小写字母表示差异显著($p < 0.05$),不同大写字母表示差异极显著($p < 0.01$)。

3 结论与讨论

(1) 研究区各林分土壤最大持水量、毛管贮水量和非毛管贮水量随土层增加而降低,同一土层不同林分各因子差异极显著。各林分土壤毛管贮水能力随土层深度的增加而减弱,平均毛管贮水量排序为:常绿阔叶林(976.60 t/hm²)>杉竹混交林(957.93 t/hm²)>毛竹纯林(937.90 t/hm²)>竹阔混交林(927.00 t/hm²)>杉木纯林(862.00 t/hm²)。

(2) 各林分的土壤含水量的季节变化基本与研究区域的降雨和蒸发季节变化一致,各林地的土壤含水量先经过一个水分的积累期,土壤含水量持续增加,到达一个峰值后,进入消退期,土壤含水量持续降低。试验区全年的土壤含水量较高,水源涵养功能较好。月平均土壤含水量在22.98%~37.88%之间,并且分布均匀,其中常绿阔叶林的土壤含水量最高,竹杉和竹阔混交林其次,杉木纯林高于毛竹纯林,年均土壤含水量排序为:常绿阔叶林(31.95%)>竹杉混交林(30.46%)>竹阔混交林(30.10%)>杉木纯林(29.78%)>毛竹纯林(29.31%)。说明除常绿阔叶林外,混交竹林的水源涵养功能要优于毛竹纯林,这与前人研究结果类似^[15],并且也符合研究前期的结论^[16]。

(3) 常绿阔叶各层土壤含水量之间差异显著,常绿阔叶林内土壤层随深度的增加土壤含水量逐渐降低,这和Singhl等^[17]及杨新民^[18]的研究结果一致,但是其它林分不同土层土壤含水量之间的差异不显著,林分类型和土层深度对土壤含水量的共同作用有差异,但未达到显著水平,但是分析夏季土壤各层的含水量,差异显著,这可能和季节的温度变化有关。另外,无论是哪种林分,均是表层土壤含水量时间变化最剧烈,而随着土壤深度的增加,水分含量逐渐稳定,这也间接地反映了林内降雨量输入对土壤各层水分交换动态变化剧烈程度的影响。

[参 考 文 献]

- [1] 程金花,张洪江,余新晓,等.贡嘎山冷杉纯林地被物及土壤持水特性[J].北京林业大学学报,2002,24(3):45-49.
- [2] 陈东立,余新晓,廖邦洪.中国森林生态系统水源涵养功能分析[J].世界林业研究,2005,18(1):49-54.
- [3] 曹群根.毛竹林水文效应的初步研究[J].竹类研究,1989,8(2):24-45.
- [4] 萧江华.重视发挥竹林的生态功能效益[J].绿色中国(A版),2001(1):31-34.
- [5] 王彦辉,刘永敏.江西省大岗山毛竹林水文效应研究[J].林业科学研究,1993,6(4):373-379.
- [6] 郑郁善,洪伟.毛竹经营学[M].福建 厦门:厦门大学出版社,1998:52-64.
- [7] 廖军,薛建辉,施建敏.竹阔混交林的水文效应[J].南京林业大学学报:自然科学版,2002,26(4):6-10.
- [8] 丁新新,洪伟,陈建忠,等.不同经营模式下毛竹林土壤水分物理性质比较[J].水土保持研究,2009,16(3):74-83.
- [9] 刘蔚漪,范少辉,刘广路,等.闽北不同类型毛竹林冠层降水再分配特征[J].南京林业大学学报:自然科学版,2011,35(4):1-6.
- [10] 张昌顺,范少辉,漆良华,等.闽北典型毛竹林土壤微团聚体分形特征研究[J].水土保持学报,2008,22(6):170-175.
- [11] 余新晓,陈丽华,黄土地区防护林生态系统水量平衡研究[J].生态学报,1996,16(3):238-245.
- [12] 巩合德,张一平,刘玉洪,等.哀牢山常绿阔叶林土壤水分动态变化[J].东北林业大学学报,2008,36(1):53-54.
- [13] 余新晓,张建军,朱金兆,等.黄土地区防护林生态系统土壤水分条件的分析与评价[J].林业科学,1996,32(4):289-296.
- [14] 张昌顺,范少辉,官凤英,等.闽北毛竹林的土壤渗透性及其影响因子[J].林业科学,2009,45(1):36-42.
- [15] 李延成,程传民,杨吉华.新泰市土门林场不同混交林枯落物层持水性能的研究[J].山东大学学报:理学版,2007,42(1):1-7.
- [16] 刘蔚漪,范少辉,漆良华,等.闽北不同类型毛竹林水源涵养功能研究[J].水土保持学报,2011,25(2):92-96.
- [17] Singhl J S, Milehunas D G, Lauenmth W K, Soilwater dynamics and vegetation patterns in a semiarid grassland [J]. Plant Ecology, 1998,134(1):77-89.
- [18] 杨新民.黄土高原灌木林地水分环境特性研究[J].干旱区研究,2001,18(1):8-13.