

晋西刺槐和油松人工林的耗水量特征

玉 宝^{1,2}, 王百田^{2*}

(1. 国家林业局管理干部学院, 北京 102600; 2. 北京林业大学水土保持学院, 北京 100083)

摘要:以山西省方山县和吉县的刺槐和油松人工林为研究对象,根据调查样地、解析木和气象资料,估算了其耗水量。结果表明:(1)人工林耗水量随林龄增加而增大,达一定林龄后将超过降水量。这个林龄对于位于阳坡的方山县刺槐林为15年;位于半阳坡的吉县刺槐林和油松林分别为5年和23年。(2)在现降水条件下,人工林耗水量达不到需水量,存在着水分不足的胁迫。研究区生长季各月份按耗水量从高至低的排序为:7月,6月,8月,5月,9月,10月,现降水条件限制了人工林需水量及其在生长季内的合理分配。因此,有必要根据现降水条件结合经营目标调控不同生长阶段的林分密度。

关键词:刺槐;油松;人工林;耗水量;晋西

中图分类号:S715 文献标识码:A

Water Consumption Characteristics of Black Locust and Pitch Pine Plantation in Western Shanxi

YU Bao^{1,2}, WANG Bai-tian²

(1. State Academy of Forestry Administration, Beijing 102600, China;

2. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: This research analyzed the data of forest stand, sample trees and meteorological condition for plantation of *Robinia pseudoacacia* and *Pinus tabulaeformis* in Fangshan County and Ji County of Shanxi Province, to investigate the water-consumption. The results showed: (1) The water-consuming quantity of plantation increases with increasing forest age. The water-consumption will exceed the precipitation when the stand reaches a certain age. It is 15 years for the plantation of sunny slope *Robinia pseudoacacia* in Fangshan County; 5 years for the half-sunny slope *Robinia pseudoacacia* plantation and 23 years for the plantation of half-sunny slope *Pinus tabulaeformis* in Ji County. (2) Under the current precipitation condition, the water-consumption can't reach its required level, there is insufficient water stress. The order of water-consumption quantity in growing season from high to low is Jul, Jun, Aug, May, Sep and Oct. The precipitation condition limits the plantation's demand on water and its rational distribution during growing season. Therefore, it is necessary to control or regulate the stand density in different growth stages with a consideration of the management objectives and the precipitation input.

Key words: *Robinia pseudoacacia*; *Pinus tabulaeformis*; plantation; water consumption; western Shanxi province

在干旱半干旱地区,林木生长与水分的关系 水分利用效率^[5-6]、蒸腾系数^[7]、耗雨系数^[8]等研究主要是围绕着蓄水量^[1]、蒸腾耗水量^[2-4]、进行的。但林分生长与耗水量的关系^[9-10],尤其

收稿日期:2010-05-24

基金项目:林业公益性行业科研专项(200704031)

作者简介:玉 宝(1976—),男,蒙古族,内蒙古通辽人,博士,从事生态环境建设技术研究. E-mail:nmlyb8@sina.com

*通讯作者:王百田(1958—),男,汉族,教授,从事林业生态工程教学与研究.

是林分生长、密度与耗水量的关系研究甚少^[11]。因此,有必要深入研究人工林的耗水规律,这对调控林分密度结构、提高水分利用效率、防止林地干化^[12]、提高人工林的生产力和生态效益都具有重要意义。

本文选择山西省方山县和吉县的主要造林树种刺槐(*Robinia pseudoacacia* Linn.)、油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)人工林,研究其耗水量,以便为干旱半干旱地区的人工林抚育经营、密度调控提供理论依据和相关技术基础。

1 研究区概况

研究区位于山西省方山县和吉县境内,同属吕梁山脉的黄河中游黄土丘陵沟壑区。

方山试验地位于峪口镇(37°36′58″N,111°02′55″E),属典型黄土丘陵沟壑地貌,平均海拔1 200 m。属暖温带大陆性季风气候,年均气温7.3℃,极端高温35.6℃,极端低温-25.3℃,≥10℃积温2 819.7℃。年降水量416 mm,6—9月降水量占全年的70%以上。根据气象资料,年蒸发量1 864.6 mm,干燥度1.3,无霜期140天。土壤为中壤质黄绵

土,由黄土母质直接发育形成,土壤密度1.2 g·cm⁻³,pH值8.0~8.4。森林植物地带属森林草原灌丛植被区。

吉县试验地位于蔡家川流域(35°53′10″N,110°27′30″E)。为典型黄土高原残垣沟壑区侵蚀地形,海拔904~1 592 m。属暖温带大陆性气候,年均气温10.6℃,极端高温38.1℃,极端低温-20.4℃,≥10℃积温3 357.9℃。年降水量479.05 mm,主要集中于7—9月,占全年降水量的59.5%。根据气象资料,年蒸发量1 677.5 mm,无霜期172天,年均风速1.76 m·s⁻¹。土壤为褐土,普遍呈碱性。森林植物地带属于暖温带半湿润地区的半湿生落叶阔叶林与森林草原地带。

2 研究方法

2.1 样地调查

共设置59块方形样地(表1)。根据地形、地貌和林分密度变化,样地面积有所不同,如15 m×20 m、20 m×20 m、20 m×25 m等,进行样地内每木检尺,在每个样地选择1株平均木进行树干解析。利用TSAP-Win年轮分析仪,完成交叉定年。

表1 样地基本情况

地区	树种	林龄/a	林分密度/(株·hm ⁻²)	坡向	坡度/(°)	样地数
方山县	刺槐	15~25	833~3 333	阳坡、半阳坡	—	13
	油松	17~25	1 375~4 489	半阳坡、阴坡	15~20	8
吉县	刺槐	11~18	833~2 000	阳坡、半阳坡	—	29
	油松	34~40	929~13 000	阳坡、半阳坡、阴坡	20~30	9

2.2 林分耗水量估算

林分耗水量是指在任意土壤水分条件下的林木蒸腾和林地蒸发的总和。通过计算各阶段潜在蒸散量,再利用林木耗水系数修正,可得到林分耗水量^[13-16]。公式为: $ET_{ci} = K_{ci} \cdot ET_{oi}$ 。式中, ET_{ci} 为林分耗水量(mm); ET_{oi} 为潜在蒸散量(mm); K_{ci} 为林分耗水系数。

考虑不同林龄、密度、坡向的林分耗水量的差异,本研究采用了较典型的坡向、林龄和具有代表性的特定密度的林分,估算了其耗水量。如方山县刺槐林(林龄23年、密度833株·hm⁻²、阳坡),油松林(林龄23年、密度1 733株·hm⁻²、半阳坡);吉县刺槐林(林龄17年、密度1 111株·hm⁻²、半阳坡),油松林(林龄36年、密度1 833株·hm⁻²、半阳坡)等。另外,试验地人工林无抚育间伐等经营措施。

在样地调查时,未发现伐桩以及枯立木、枯倒木等自然稀疏现象。因此可忽略自然稀疏问题,可以认为这些人工林自造林截止样地调查,林分密度几乎没有变化,仍保持初植密度的状态。

2.2.1 潜在蒸散量 根据研究区气候特点和刺槐及油松的生物学、生态学特征,将林木主要的生长季节5—10月作为估算潜在蒸散量的时间段(表2)。采用桑斯维特公式(Thornthwaite formula)计算潜在蒸散量: $ET_{oi} = 16K_d(10T_i/I)^a$ 。

其中: $I = \sum_{i=1}^{12} (T_i/5)^{1.514}$; $a = 6.75 \times 10^{-7} I^3 - 7.71 \times 10^{-5} I^2 + 1.792 \times 10^{-2} I + 0.49239$ 。式中: ET_{oi} 为某月的潜在蒸散量(mm); T_i 为该月平均气温(℃); K_d 为平均昼长改正系数^[17],以每月30天、每天12 h作标准,各地各月的时间改正值见表3; I 为

热效应指标,等于12个月的总和,当 $T_i \leq 0$ ℃时, $(T_i/5)^{1.514}$ 和 ET_{oi} 取值为0^[15-16]。实际计算时采用了当地各年份生长季的气象数据,气象资料由方山县和吉县气象局提供。

表2 研究区生长季的平均潜在蒸散量 mm

地区	月份						合计
	5	6	7	8	9	10	
方山县	93.0	121.6	136.3	114.1	71.4	32.4	568.7
吉县	98.3	129.6	144.2	124.9	77.9	39.3	614.2

表3 研究区平均昼长时间改正系数 K_d 值

地区	纬度	各月份 K_d 值											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
吉县	36° N	0.85	0.86	1.03	1.10	1.22	1.23	1.25	1.17	1.04	0.96	0.85	0.82
方山县	37° N	0.84	0.86	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	0.96	0.85	0.81

2.2.2 耗水系数 耗水系数为林木实际耗水量和潜在耗水量的比值。由于研究区实地测定数据有限,本研究根据魏天兴等^[14]、王百田等^[15]、张晓明等^[18]在同一研究区相同树种的定位观测、水量平衡原理、桶栽试验等方法得出的单株及林分耗水量实测数据,结合其年龄、参照林分密度,建立了刺槐和油松林分耗水系数模型(表4)。模型相关指数分别为0.927,0.748。经检验,模型分别在0.01和0.05水平上显著,模型有效。考虑到不同坡向的耗水差别,为提高模型的通用性,耗水量数据选用了阳坡、半阳坡和阴坡等不同坡向的综合数据,而未采用单一坡向的数据。

表4 研究区刺槐和油松林分耗水系数模型

树种	模型	R^2	F值	显著水平
刺槐	$K_{ci} = 0.60876A^{0.07691}$	0.927	127.767	5.116E-07
油松	$K_{ci} = 0.00885A + 0.52864$	0.748	11.888	0.026

注: K_{ci} 为年均耗水系数; A 为林木年龄。

2.3 统计分析

使用 Excel 软件处理相关数据。使用 SPSS13.0 软件建立模型及进行检验等统计分析。

3 结果与分析

3.1 林分生长季耗水量

随着林龄增加,刺槐林和油松林生长季耗水量

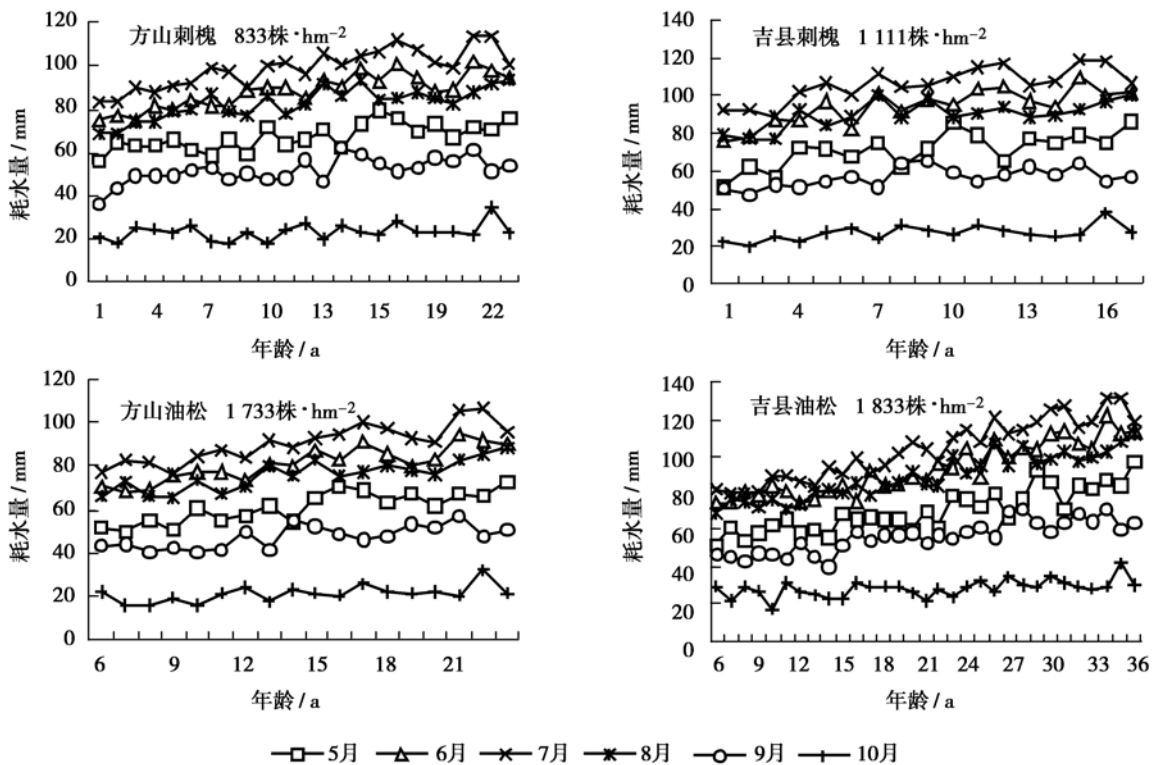


图1 不同年龄刺槐和油松人工林的生长季各月耗水量

也增大(图1)。但由于研究区降水量年际变化较大,个别相邻林龄耗水量出现波动现象。本研究估算的吉县刺槐林耗水量较王百田等^[15]、张晓明等^[16]研究得出的耗水量偏高。其主要原因是造林时间不同,年龄虽相同而年份不同,不同年份温度和降水量的差异导致其耗水量也不同。

王百田等^[15]、张晓明等^[16]估算的相同林龄的吉县刺槐林和油松林需水量明显大于本研究估算的耗水量。说明研究区人工林耗水量还达不到需水量水平,现降水条件限制了蓄水量,远不能满足林木正常生长所需水分。

3.2 耗水量在各月份的分配

研究区人工林耗水量在生长季各月份的分配普遍规律为7月份最多,10月份最少。将生长季各月份按耗水量从大到小的排序为:7,6,8,5,9,10(图1、表5)。

王百田等^[15]、张晓明等^[16]研究得出吉县相同林龄的刺槐林和油松林其生长季各月份按需水量从大到小的排序分别为:8,9,7,6,10,5和7,8,5,9,6,10。与本研究得出的生长季耗水量各月份的分配有所不同,说明现降水条件很大程度上影响了人工林需水量在生长季各月份的分配。

表5 年内生长季耗水量及各月份组成

地区	树种	林龄/ a	林分密度/ (株·hm ⁻²)	坡向	平均胸径/ cm	平均高/ m	耗水量/ mm	生长季耗水量各月份组成/mm					
								5	6	7	8	9	10
方山县	刺槐	23	833	阳坡	10.7	8.7	440.7	76.3	94.5	100.5	93.1	53.6	22.8
	油松	23	1 733	半阳坡	9.9	6.3	416.6	72.1	89.4	95.0	88.0	50.6	21.5
吉县	刺槐	17	1 111	半阳坡	7.1	8.3	477.8	86.3	101.2	105.9	100.2	57.2	27.1
	油松	36	1 833	半阳坡	11.7	7.3	534.9	96.6	113.2	118.5	112.2	64.0	30.3

3.3 耗水量与降水量的对比

在晋西半干旱地区,由于降水量少,远不能满足林分正常生长所需水量,也限制了由林木蒸腾和林地蒸发组成的耗水量,如刺槐和油松林的5月份耗水量始终大于其降水量(图1、表6)。

随林龄增加,人工林生长季的耗水量逐渐超过其降水量(图2)。方山县阳坡刺槐林生长季的耗水量大于降水量时的林龄为15年(耗水量452.5 mm,

胸径7.2 cm,树高7.5 m);吉县半阳坡刺槐林和油松林对应林龄分别为5年(耗水量440.4 mm,胸径3.5 cm,树高5.0 m)和23年(耗水量461.3 mm,胸径5.5 cm,树高5.8 m);而方山县位于半阳坡林龄23年的油松林生长季的耗水量(416.6 mm,胸径9.1 cm,树高5.8 m)却小于其降水量(图1、图2表6)。说明不同立地条件和不同树种的林分耗水量有较大不同。

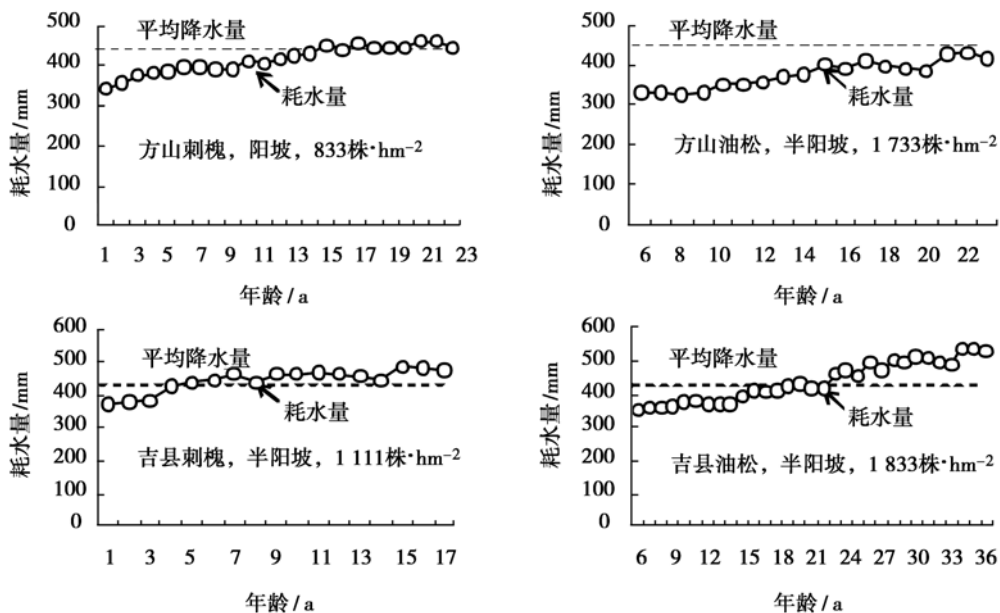


图2 刺槐和油松林生长季的耗水量与平均降水量的比较

表6 研究区生长季平均降水量 mm

地区	5月	6月	7月	8月	9月	10月	合计
方山县	38.7	71.7	115.9	110.9	71.7	35.0	443.9
吉县	40.6	57.6	118.7	97.4	76.3	43.3	434.0

4 结论与讨论

研究区人工林在生长季的耗水量随林龄增加而增大,达一定林龄后将超过其降水量。这个林龄为:方山县阳坡刺槐林15年;吉县半阳坡刺槐林和油松林分别为5年和23年。但5月份耗水量始终大于其降水量。研究区人工林在生长季各月份耗水量从大到小的排序为:7月,6月,8月,5月,9月,10月。对于不同坡向的林分耗水量规律还需深入探讨。

在现降水条件下,研究区人工林耗水量还达不到需水量。现降水条件远不能满足林木正常生长所需水分,限制了人工林需水量及其在生长季内的合理分配。因此必须根据降水条件合理配置造林密度,结合经营目标确定不同生长阶段的合理密度,并对其进行动态调控,才能充分发挥人工林的各种效益和增强林木的稳定性。

参考文献:

- [1] 马义虎,陈丽华,余新晓. 晋南人工刺槐林需水量计算及分析[J]. 水土保持研究,2005,12(6):89-91
- [2] Lagergren F, Lindroth A. Transpiration response to soil moisture in pine and spruce trees in Sweden[J]. Agricultural & Forest Meteorology,2002,112(2):67-85
- [3] 熊伟,王彦辉,徐德应. 宁南山区华北落叶松人工林蒸腾耗水规律及其对环境因子的响应[J]. 林业科学,2003,39(2):6-12
- [4] 武思宏,毕华兴,朱清科,等. 晋西黄土区主要造林树种耗水量测算与分析[J]. 干旱区研究,2006,23(4):550-557
- [5] 王佑民,王忠林. 黄土高原沟壑区混农林的结构及其防护效益研究[J]. 水土保持学报,1992,6(4):54-59
- [6] 王克勤,王斌瑞,王震洪. 金矮生苹果水分利用效率研究[J]. 生态学报,2002,22(5):723-728
- [7] 郭连生,田有亮. 4种针叶幼树光合速率、蒸腾速率与土壤含水量的关系及其抗旱性研究[J]. 应用生态学报,1994,5(1):32-36
- [8] 魏天兴,朱金兆. 黄土区人工林地水分供耗特点与林分生产力研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1999,5(4):45-51
- [9] 张建军,张岩,张波. 晋西黄土区水土保持林地的土壤水分[J]. 林业科学,2009,45(11):63-69
- [10] 郭忠升. 半干旱区柠条林利用土壤水分深度和耗水量[J]. 水土保持通报,2009,29(5):69-72
- [11] 陈丽华,余新晓. 晋西黄土地区合理造林密度的确定[J]. 林业科技通讯,1995(1):22-23
- [12] 王力,邵明安,李裕元. 陕北黄土高原人工刺槐林生长与土壤干化的关系研究[J]. 林业科学,2004,39(1):84-91
- [13] 王斌瑞,王百田,张府娥,等. 黄土高原径流林业技术研究[J]. 林业科技通讯,1996(9):13-21
- [14] 魏天兴,余新晓,朱金兆,等. 黄土区防护林主要造林树种水分供需关系研究[J]. 应用生态学报,2001,12(2):185-189
- [15] 王百田,贺康宁,史常青,等. 节水抗旱造林[M]. 北京:中国林业出版社,2004
- [16] 张晓明,余新晓,武思宏,等. 黄土高原主要造林树种需水定额计算与分析[J]. 水土保持研究,2008,15(1):36-40
- [17] 王治国. 山西省生态用水态势与可持续性评价研究[D]. 北京:北京林业大学,2007
- [18] 张晓明,余新晓,张学培,等. 晋西黄土区主要造林树种单株耗水量研究[J]. 林业科学,2006,42(9):17-23