

晋西黄土区主要造林树种合理林分密度计算与分析*

武思宏,朱清科,余新晓,张学培

(北京林业大学 水土保持学院,教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室,北京 100083)

摘 要:黄土丘陵沟壑区水土保持林合理林分密度的确定须遵循“量水植树”的基本原则。依据水量平衡原理,在无地表径流,无土壤的深层渗漏,降水资源得以充分利用的情况下,林分在某一生长季内对降水资源的消耗量应小于或等于降水总量,根据上述原理分别计算了晋西黄土区蔡家川流域刺槐和油松林的合理林分密度取值。通过观测 2002 年和 2003 年生长季时段内林龄为 13 a 不同密度刺槐纯林和林龄为 17 a 不同密度油松纯林林地的土壤含水量动态变化,得到受水分胁迫威胁最小的刺槐、油松林分密度与依据公式计算得出的刺槐和油松林的合理林分密度相一致,说明该文提出的计算方法计算黄土区刺槐和油松的合理林分密度具有较好的适用性,且该方法简单易行,参数获取方便,值得在黄土区进一步推广应用。

关键词:合理林分密度确定;主要造林树种;土壤水分;黄土区

中图分类号:S725.6 文献标识码:A 文章编号:1005-3409(2008)01-0083-04

Calculation and Analysis of Proper Stand Density of
Main Afforestation Species in Western Shanxi of Loess Plateau

WU Si-hong,ZHU Qing-ke,YU Xin-xiao,ZHANG Xue-pei

(Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Combating Desertification,Ministry of Education,College of Soil and Water Conservation,Beijing Forestry University,Beijing 100083,China)

Abstract :Determine the proper stand density of soil and water conservation forest in Loess area should obey on the rule of “afforestation amount based on precipitation”. According to water balance principle ,under fully use precipitation and without runoff and soil deeply percolation ,the amount of water consumption of stand during growing season should be smaller or equal to precipitation amount .Basis on that principle ,the value of proper stand density of *Robinia pseudoacacia* and *Pinus tabulaeformis* was calculated in Caijiachuan watershed .Based on the observation data of soil water dynamic changes of 13-old *Robinia pseudoacacia* with different stand density and 17-old *Pinus tabulaeformis* with different stand density during growing season in 2002 and 2003 ,the value of stand density with best anti-arid abilities of *Robinia pseudoacacia* and *Pinus tabulaeformis* forest was the same as the calculated value of stand density according to the formula. This result show that this formula has good application on calculation the proper stand density in Loess area. Besides ,the parameters of this formula are easy to get. Therefore ,this method to calculate proper stand density in Loess area should be popularized further more.

Key words :proper stand density ;main afforestation species ;soil water ;Loess area

1 引言

林分密度是形成合理空间结构的基础,也是林木个体生长发育空间大小的决定性因子,在黄土区显得尤为重要,因为林分密度直接影响着林分健康状况、质量、稳定性、生产结构和林分的生产力,同时林分密度也是影响投资和抚育管理强度的重要因素^[1-4]。林分密度管理是林业的核心问题之一,林业主要靠的是自然生产力,即通过合理的密度管理来充分利用环境。正确利用合理密度理论与技术,通过对群体生产结构的调控,发挥群体对现有环境资源充分利用潜力,从而提高生产力和对外界干扰的抵抗力,增加稳定性。通过配置合理的群体结构维持林地水分平衡和生长的稳定性,而林分密度的合理是林分结构的基础和核心^[2,4]。

目前国内外已出现不少林分密度控制管理方法^[5-10],主

要可分为采用林木分级的定性控制法和根据密度与生长的各种关系,编制各种生长收获图、表以及采用现代优化技术的定量控制方法。陈光彩^[11]利用克拉夫特 1884 年提出的林木生长分级法对麻池背油松林分生长机构进行了研究;张彩琴^[12]采用变分法和最优控制理论得到人工林林分密度最优控制策略的数学模型;解开宏^[13]依据杉木林生长因子的规律,编制了杉木人工林林分密度控制图。但针对黄土区独特自然气候环境的主要造林树种的合理林分密度确定方法报道较少。这是由于黄土区降水量少,时空分布严重不均,黄土又深厚疏松,水分在土壤中再分配作用明显,水分成为制约黄土区生态环境建设的“瓶颈问题”。

因此,在黄土区确定林分密度的基础是降水资源环境容量。所谓降水资源环境容量是指无灌溉条件以及地下水补

* 收稿日期:2006-12-29
基金项目:林业科学技术研究项目(2003-045-L45)
作者简介:武思宏(1981-),女,北京人,硕士,主要从事数字流域与森林水文研究。

充土壤水分,并能维持区域生态平衡及水量平衡的前提下,一定的降水资源所能容纳的树木种类及其数量。这个数量体现在林分结构上就是某一树种在不同发育阶段的林分密度或单位面积林地上所能容纳的最大林木株数。黄土丘陵沟壑区水土保持林合理林分密度的确定必须遵循“量水植树”的基本原则。这个原则体现在林分结构上就是以水量平衡为前提确定适宜的林分密度,将水资源的承载力合理化,从而形成稳定持续发展的林分结构。为黄土区植被恢复和生态重建提供理论依据。

2 研究地区和研究方法

2.1 研究区概况

研究区位于黄土高原西南部的山西吉县蔡家川嵌套流域(36°00′ - 36°05′ N,110°45′ - 110°47′ E),多年平均年降水量 575.9 mm,降水量年际变化较大,且季节分配不均匀,集中于 7 - 9 月。属于暖温带、半湿润地区,为落叶阔叶林与森林草原地带。土壤为褐土,黄土母质。流域内营造防护林的主要树种有刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)和侧柏(*Platycladus orientalis*)等乔木。经济林树种主要有苹果(*Malus pumila*)、杏树(*Armeniaca vulgaris*)和梨树(*Pyrus hopeiensis*)等。

2.2 研究方法

2.2.1 合理林分密度的确定方法

该文提出的黄土区合理林分密度确定方法,依据降水量平衡原理,在无地表径流,无土壤的深层渗漏,降水资源得以充分利用的情况下,林分在某一生长季内对降水资源的消耗量应小于或等于降水总量。用公式表达为:

$$T_1 \times N + E \times A = P \times A \tag{1}$$

式中: T_1 ——林木单株蒸腾需水量($\text{m}^3/\text{株}$); N ——单位面积林地林木株数($\text{株}/\text{hm}^2$); E ——林地土壤蒸发量(mm); P ——降雨量(mm); A ——单位林地面积(m^2),通常 A 取 1 hm^2 ($10\ 000\text{ m}^2$)。

考虑到林木耗水定额数据是计算林分密度的基础,而且该数据均都是以 mm 为单位,可将上述理论公式转换为

$$T_2 \times N = P \times A \tag{2}$$

表 2 刺槐、油松树冠投影面积

指标	刺槐				油松			
林龄/a	2	3	5	7	13	17~19	19~20	25~28
林冠投影面积/ m^2	0.3641	0.6719	1.2875	1.9031	3.7499	2.3239	2.5294	3.4884

不同龄级刺槐、油松耗水定额(ET)的确定:首先计算各阶段潜在蒸散量 ET_a ;然后利用具体林木的植物系数 K_a 修正,便可得到该林木的耗水定额 ET 。计算公式如下:

不同生长阶段耗水量(ET) =
潜在蒸散量(ET_a) × 植物系数(K_a) (6)

植物系数和潜在蒸散量是计算林木耗水的关键性数据。其中潜在蒸散量(ET_a)可以根据桑斯维特法或彭曼法来计算;确定植物系数首先要有植物需水量数据(ET_a),这个数据是通过对林木充分灌水条件下测定的,以充分灌水保证林木生长发育不受水因子的限制,其次用公式: $K_a = ET_a/ET_a$ 计算出植物系数。表 3 和表 4 是依据公式(6)计算得到的刺槐和油松各月耗水量。

式中: T_2 ——单株林木所需水分营养量($\text{m}^3/\text{株}$),其中包括林地蒸发和林木蒸腾; N ——单位面积林地林木株数($\text{株}/\text{hm}^2$); P ——降雨量(mm); A ——单位林地面积(m^2)。

$$T_2 = \frac{ET \times D}{n} \tag{3}$$

式中: ET ——林木需水定额(mm); n ——郁闭度,在黄土高原一般取 0.6; D ——林冠投影面积(m^2),可用下列适用于黄土高原地区的统计公式算得,公式中 A 为林龄。

$$D_{\text{刺槐}} = 0.3078A - 0.2515 \tag{4}$$

$$D_{\text{油松}} = 0.1370A - 0.1421 \tag{5}$$

2.2.2 土壤水分动态变化测定

2002 年和 2003 年用土钻法测定林龄为 13 a 不同密度刺槐纯林和林龄为 17 a 不同密度油松纯林林地的土壤含水率,即在生长季(4 - 10 月)每月上旬和中旬分别测定不同密度的油松和刺槐纯林 0 - 20、20 - 40、40 - 60、60 - 80 和 80 - 100 cm 5 层土壤含水率,每次测定时每个层次 2 个重复。不同密度刺槐和油松纯林林分结构特征见表 1。

3 结果与分析

3.1 刺槐、油松合理林分密度确定

3.1.1 单株水分营养量计算

利用公式(4)、(5),可计算出不同龄级刺槐、油松的树冠投影面积(D),其结果见表 2,随着林龄的增长,刺槐林冠的增长幅度大于油松。

表 1 不同密度刺槐和油松纯林林分结构特征

林分类型	林龄/a	主要树种	栽植方式	平均树高/m	平均胸径/cm	枝下高/m	密度/(株· hm^{-2})
刺槐林 1	13	刺槐	水平阶	5.68	5.44	2.13	1800
刺槐林 2	13	刺槐	水平阶	8.40	8.55	2.95	1200
刺槐林 3	13	刺槐	水平阶	7.60	7.99	3.30	1600
刺槐林 4	13	刺槐	水平阶	7.20	8.50	2.71	900
油松林 1	17	油松	水平阶	4.47	6.93	0.90	1800
油松林 2	17	油松	水平阶	4.21	5.23	0.85	2200
油松林 3	17	油松	水平阶	4.60	7.01	0.93	1500
天然次生林	-	山杨、油松	-	-	-	-	-

表 3 刺槐耗水定额 mm

树种	林龄/a	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	合计
刺槐	2	41.8	45.6	70.2	110	83	40.05	390.65
	3	40.85	48.0	71.55	112.5	85	40.95	398.85
	5	39.9	50.4	74.25	115	90	41.85	411.4
	7	39.9	69.6	105.3	160	100	54.9	529.7
	13	38.95	85.2	129.6	190	120	70.2	633.95

表 4 油松耗水定额 mm

树种	林龄/a	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	合计
油松	17~19	65.2	98.2	77.7	142.3	109.4	85.8	43.3	653.5
	19~20	69.8	88.1	85.4	143.4	110.2	83.7	46.5	658.7
	25~28	74.4	92.6	74.9	147.7	109.7	86.3	38.4	655.6

用表 2、3、4 中的数据,通过公式(3),可算出不同龄级刺

槐、油松所需水分营养量(T_2),其结果见表 5、6。

表 5 刺槐所需水分营养量 m³

树种	林龄/a	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	合计
刺槐	2	0.0253	0.0277	0.0427	0.0668	0.0503	0.0243	0.2370
	3	0.0458	0.0538	0.0802	0.126	0.0952	0.0458	0.4467
	5	0.0857	0.1082	0.1593	0.2468	0.1932	0.0898	0.8828
	7	0.1265	0.2208	0.334	0.5075	0.3172	0.1742	1.6802
	13	0.2435	0.5325	0.81	1.1875	0.750	0.4387	3.9622

表 6 油松所需水分营养量 m³

树种	林龄/a	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	合计
油松	17~19	0.2525	0.3803	0.301	0.5512	0.4237	0.3323	0.1677	2.5312
	19~20	0.2943	0.3713	0.360	0.6045	0.4645	0.3528	0.1960	2.7768
	25~28	0.4325	0.5383	0.4355	0.8587	0.6378	0.5018	0.2233	3.8117

3.1.2 林木密度确定

以山西省吉县为例计算不同龄级刺槐、油松的适宜密度。林分的适宜密度与当地的气候条件和土壤条件有着密切的关系,特别是当地的降雨条件,因为我国的森林几乎都是以水养林为主,不可能实现大面积的灌溉。在黄土高原地区,水资源严重缺乏,成为造林成活率、成材率的限制性因子,水因子的限制作用已经体现在前面所述的公式中,表 7 是吉县 20 多年来的平均降雨量。

表 7 吉县 1957 - 2000 年降雨量平均值 mm

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
降雨	4.3	7.9	18.3	37.8	40.8	56.7	146.0	104.0	92.4	43.7	19.5	4.5	575.9

利用表 5、6、7 中的数据,运用公式(2): $T_2 \times N = P \times A$, 计算出不同龄级刺槐、油松的合理密度 N ,见表 8 和 9。

表 8 刺槐密度 株/hm²

树种	林龄/a	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	平均
刺槐	2	16125	20469	34192	15569	18370	17984	20405
	3	8908	10539	18205	8254	9709	9542	10826
	5	4761	5240	9165	4214	4783	4866	5478
	7	3225	2568	4371	2049	2913	2507	2878
	13	1676	1065	1803	876	1232	996	1221

表 9 油松密度 株/hm²

树种	林龄/a	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	平均
油松	17~19	1497	1073	1884	2649	2455	2781	2606	2060
	19~20	1284	1099	1575	2415	2239	2619	2230	1878
	25~28	874	758	1302	1700	1631	1841	1957	1368

以上是在月降雨量和林木不同生长发育阶段耗水特性控制下的合理林分密度,为了保证林木在任何一段时间内有充足的水分营养供应,不至于出现林木凋萎、枯死的现象,所以选择所有密度中的最小值,其结果见表 10。

表 10 刺槐、油松最佳密度 株/hm²

指标	刺槐					油松		
林龄/a	2	3	5	7	13	17~19	19~20	25~28
密度(株)/hm ²	15569	8254	4214	2049	876	1497	1284	874

3.2 不同密度刺槐、油松土壤水分变化动态分析及合理林分密度选取

林地的土壤水分动态变化可以反映出林木的生长是否受到水分的抑制和胁迫,对比不同密度同类树种的土壤水分动态变化情况,可以得到最适宜当地生长的林分密度。因此该方法可以验证该文提出的林分密度确定方法的合理性及准确性。

结合蔡家川流域现有林分结构类型,在 2002 年和 2003 年连续 2 a 分别观测了生长季时段内林龄为 13 a 不同密度刺槐纯林和林龄为 17 a 不同密度油松纯林林地的土壤含水

率,相应的林分结构特征见表 1。图 1 和图 2 分别为林龄为 13 a 不同密度刺槐纯林和林龄为 17 a 不同密度油松纯林林地的土壤含水量变化图。

刺槐 1 的密度为 1 800 株/hm²,刺槐 2 的密度为 1 200 株/hm²,刺槐 3 的密度为 1 600 株/hm²,刺槐 4 的密度为 900 株/hm²;油松 1 的密度为 1 800 株/hm²,油松 2 的密度为 2 200 株/hm²,油松 3 的密度为 1 500 株/hm²。2002 年降水量为 443.2 mm,2003 年降水量为 697 mm。

从 2002 年和 2003 年生长季时段内的土壤含水量看,不同密度的刺槐和油松林地土壤含水量均呈现出随林分增大,土壤含水量降低的趋势。刺槐 4 的土壤含水量在对比刺槐林中最高,说明其水分亏缺最少;油松 3 的土壤含水量在对比油松林中最高,说明其水分亏缺也最少。依据黄土丘陵沟壑区水土保持林合理林分密度必须遵循“量水植树”的基本原则,刺槐 4 和油松 3 的林分密度更适合其在黄土区健康生长,较少受到水分胁迫的影响。刺槐 4 的密度为 900 株/hm²,油松 3 的密度为 1 500 株/hm²,两者的密度与通过公式(1)计算得出的刺槐和油松的合理林分密度取值基本一致,说明应用公式(1)计算黄土区刺槐和油松的合理林分密

度具有较好的适用性,且该方法简单易行,参数获取方便,值得在黄土区进一步推广应用。

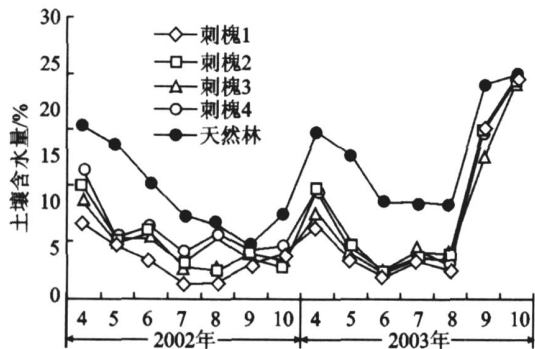


图 1 林龄 13 a 不同密度刺槐纯林土壤含水量变化

得在黄土区进一步推广应用。

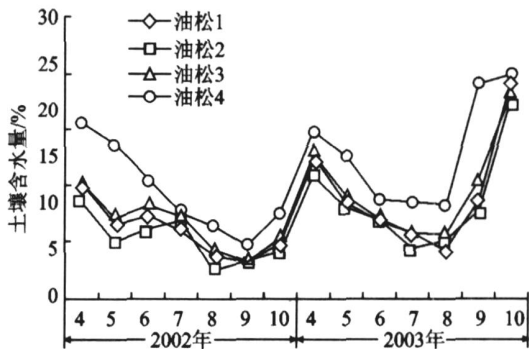


图 2 林龄 17 a 不同密度油松纯林土壤含水量变化

4 结 论

(1)黄土丘陵沟壑区水土保持林合理林分密度的确定必须遵循“量水植树”的基本原则。依据水量平衡原理,在无地表径流,无土壤的深层渗漏,降水资源得以充分利用的情况下,林分在某一生长季内对降水资源的消耗量应小于或等于降水总量,根据上述原理分别计算了晋西黄土区蔡家川流域刺槐和油松林的合理林分密度取值。2 a 生刺槐林分密度应为 15 569 株/hm²,3 a 生刺槐林分密度应为 8 254 株/hm²,5 a 生刺槐林分密度应为 4 214 株/hm²,7 a 生刺槐林分密度应为 2 049 株/hm²,13 a 生刺槐林分密度应为 876 株/hm²;17~19 a 生油松林分密度应为 1 497 株/hm²,19~20 a 生油松林分密度应为 1 284 株/hm²,25~28 a 生油松林分密度应为 874 株/hm²。

(2)水分是黄土区生态重建和植被恢复的重要限制因子。在 2002 年和 2003 年连续 2 a 分别观测了生长季时段内林龄为 13 a 不同密度刺槐纯林和林龄为 17 a 不同密度油松纯林林地的土壤含水量动态变化,刺槐 4 和油松 3 的林分密度更适合其在黄土区健康生长,较少受到水分胁迫的影响。刺槐 4 的密度为 900 株/hm²,油松 3 的密度为 1 500 株/hm²,两者的密度与通过公式(1)计算得出的刺槐和油松的合理林分密度取值基本一致,说明应用公式(1)计算黄土区刺槐和油松的合理林分密度具有较好的适用性,且该方法简单易行,参数获取方便,值得在黄土区进一步推广应用。

参考文献:

[1] 高加民,唐安亮.正确认识造林密度问题[J].林业勘查设计,2003,125(1):13.

[2] 王迪生.关于林分密度研究[J].林业资源管理,1994(1):67-71.

[3] 张新海,黄启河,邵新建.谈造林密度的控制[J].黑龙江生态工程职业学院学报,2006,89(1):22.

[4] 吴立东,赵玉珍,王建华.影响造林密度的因素分析[J].林业勘查设计,2004,12(1):29.

[5] 张惠光.福建柏林分密度控制图的研究[J].福建林业科技,2006,33(4):41-44.

[6] 林小梅.闽东柳杉人工林林分密度控制图的研究[J].福建林业科技,2002,29(3):75-77.

[7] 林武星,叶功富,徐俊森,等.木麻黄防护林不同造林密度综合评价研究[J].防护林科技,2004,60(3):1-3.

[8] 盛炜彤.杉木林的密度管理与长期生产力研究[J].林业科学,2001,37(5):2-9.

[9] 叶功富,涂育合,林瑞荣,等.杉木人工林不同密度管理定向培育大径材[J].北华大学学报:自然科学版,2005,6(6):545-549.

[10] 陈东来,刘丽华,张景兰.林分密度的新指标-冠积指数[J].东北林业大学学报,2003,31(5):15-17.

[11] 陈光彩,郝士成,李怡,等.麻池背油松天然林林分生长结构的研究[J].山西林业科技,2004(4):10-13.

[12] 张彩琴,郝敦元,李海平.人工林林分密度最优控制策略的数学模型[J].东北林业大学学报,2006,34(2):24-26.

[13] 解开宏.广南县杉木人工林林分密度控制图的编制[J].林业调查规划,2006,31(3):37-41.

(上接第 82 页)

[6] 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.

[7] 刘发民,张应华,仵彦卿,等.黑河流域荒漠地区梭梭人工林地土壤水分动态研究[J].干旱区研究,2002,19(1):27-31.

[8] 吴文强,李吉跃,张志明,等.北京西山地区人工林土壤水分特征的研究[J].北京林业大学学报,2002,24(4):

51-55.

[9] 王孟本,李洪建.黄土高原人工林水分生态研究[M].北京:中国林业出版社,2001.

[10] 王孟本,柴宝峰,李洪建,等.黄土区人工林的土壤持水力与有效水状况[J].林业科学,1999,35(2):7-14.

[11] 张小泉,张清华,毕树峰.太行山北部中山幼林地土壤水分研究[J].林业科学,1994,30(3):193-200.