

元谋干热河谷人工林地的水分 输入与土壤水分研究*

李 昆 陈玉德

摘要 通过1992年3月~1994年5月对赤桉—山毛豆人工幼林地的观测,在雨季降水平均481 mm,比多年平均值少17%的条件下,林木未出现萎蔫和死亡,全年土壤平均含水量在11%以上,在最干的3~5月份,土壤水分也能满足林木存活;水分输入后被林冠截留部分约占总降水量的10%,地表流失量仅占3%左右,大部分水分渗入土壤。在无任何地下水补给,天然降水作为唯一水分来源的情况下,干热河谷地区的营林和植被恢复应采取以获取最大的水分输入为主的整地、造林措施。

关键词 干热河谷、人工林、水分

我国西南地区横断山脉河谷海拔1500 m以下地区,由于受亚热带季风和地形的影响,来自海洋的暖湿气流在这儿产生焚风效应,雨量少而气温高,被称之为“干热河谷”。元谋盆地低山丘陵区即位于该区,这是我国长防林工程建设的重点和造林难度最大的地区之一。

自60年代后期起,有关科研单位和生产部门就在此陆续展开了内容广泛的造林试验,先后在造林树种选择、造林方法、整地措施等方面做了许多工作,总结出一系列成功的经验和失败的教训,并指出土壤干旱是这一地区造林困难的主要原因^[1]。这些地区气候炎热干旱,而且同步,其气候特点表现出雨季、旱季之分,雨季(6~10月)仍出现小旱,即间歇性干旱;旱季前期(11月~翌年2月)雨量虽少,但气温不高,蒸发量小,土壤仍较湿润,对林木影响不大;旱季末期(3~5月)气温迅速升高,蒸发量增大,土壤温度随之升高,湿度逐渐降低,并影响至土壤深层,若抗旱能力差,根系分布浅的树种,将难以度过旱季。因此,研究大气降水及其为林木利用的水分问题,对于充分有效地利用有限的大气降水,为该地区的营林和植被恢复工作服务,具有理论和实践意义。本文即针对这一问题,就1992年3月~1994年5月间对这一地区主要的人工林类型,赤桉—山毛豆林地的试验研究结果总结报道如下。

1 试验区基本情况

元谋盆地低山丘陵区,是典型的干热河谷类型区。其气候特点:四季不明显,干湿季差异大,年平均气温21.9℃,年平均相对湿度56%,年平均降水613.9 mm,其中6~10月份的降水量占年降水量的92%,11~翌年5月份的降水量仅占8%,而5月份的降水量占旱季降水总量的45.2%,年蒸发量达3944.7 mm,年干燥度为2.8。

1995-06-02 收稿。

李昆助理研究员,陈玉德(中国林业科学研究院资源昆虫研究所 昆明 650216)。

* 本项目为1991~1994年云南省应用基础研究基金青年基金资助项目“元谋干热河谷区人工林地水分循环及造林树种抗旱机理研究”内容之一。喻占仁、崔永忠、张志钧、郑德蓉、刘秀贤等参加了部分工作,谨此致谢。

试验地设置于元谋县城西北部,距县城4 km的小横山,海拔1 157 m南坡中下部,坡度14.5度,坡面较完整;土壤为燥红土,微酸性,土层深0.8~1.0 m;植被是以扭黄茅(*Heteropogon contortus* L.)为主的旱生草本植物,有少量生长较差的坡柳(*Dodonaea viscosa* Jacq.),人工林为1991年6月定植的赤桉(*Eucalyptus camaldulensis* Dehnl) 3 300株/hm²与山毛豆[*Tophrosia candida* (Roxb.) DC.] 6 675穴/hm²混交林,整地方式为撩壕,每株赤桉约施3 kg垃圾肥+100 g普钙,林地总面积70 hm²。

2 材料与方 法

2.1 材 料

在试验区各置一台虹吸式自记雨量器和人工观测雨量器。在有代表性的林地内,选择植株大小均匀、整齐的地块作标准地,内置7个(20 cm×200 cm)穿透水承接器,观测时间为1992年和1993年的6月1日~10月31日。

于每月下旬选择晴天在附近选定的样地内用土钻采集土样,每个样重复3~6次,土样采自20~25 cm、40~45 cm、60~65 cm 3个土层深处,烘干法测定水分。此项工作自1992年3月始至1994年5月止。

2.2 方 法

在未造林地和造林地内各建两个面积为110 m²的封闭径流观测场,场内坡度14.5°,于每次降水停止后即观测记录清池。

以普查之平均值,各选择3株赤桉和山毛豆观测其干流,在其树干基部固定胶管,再导引干流入塑料壶(瓶)内,也是雨后观测记录清理。

上述两项工作于1992年和1993年连续观测了两个雨季,植株生长状况则在每年的5月和12月进行观测。

蒸腾速率和环境因子测定采用Li-1600稳态气孔计,称重用千分之一电子天平MD-200型。

3 结果与分析

3.1 观测期间的自然降水和特点

元谋盆地由于地势闭塞,海拔较低,东、西、南三面有高山,自东南和西南方向来的暖湿气流到此已是强弩之末,越山后下沉,产生焚风效应,不仅使盆地降水减少,还吹干热风,更加剧了干热程度。据元谋县气象站多年的观测统计结果,全年平均降雨量613.9 mm,雨季平均开始期在6月3日,从11月到翌年5月长达7个月的干旱中,5月份的降水占整个旱季降水量的45.2%,全年最高月均温也在5月,雨季开始后气温开始回落,其关系如图1。

本试验1992年和1993年两个雨季的观测(表1),其结果在这一期间的降水

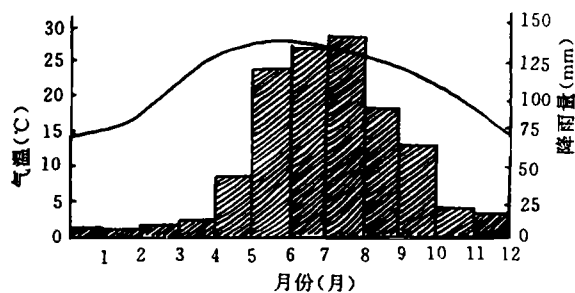


图1 元谋气温与降水关系图

仅占当地多年观测平均值的 82.3%和 82.6%,属雨水偏少年份。1993 年雨季更是来迟,6 月份降水仅为多年平均值的 39.8%。但是,就一般情况而言,每年 5 月都会有 40~50 mm 的降水发生,旱情也可由此而得以缓解。在工作的 3 a 中,1992 年 5 月降水 44.3 mm,1993 年 5 月降水 40.2 mm,1994 年 5 月降水 47.5 mm。所以,当地老百姓在农事活动中形成了 5 月中、下旬耕种旱地的习惯。林木若渡过了 3~5 月上旬的最干旱期,存活和生长就有了保障,在一定程度上也可反应其栽培林木对这一地区的生态适应性,而这一阶段的土壤水分状况也反映了全年的最低水平。在两年降水量低于多年平均值近 17%的小旱年份测定的结果,对于接近或高于多年平均值的年份,若没什么特殊性,其树木越过旱季是没问题的了。

表 1 元谋盆地 5~10 月降水量

(单位:mm)

月 份	5	6	7	8	9	10	合计
当地气象站多年观测结果	41.4	115.2	135.1	140.9	88.5	62.7	583.8
本试验观测结果							
1992 年	44.3	82.7	114.0	85.9	52.9	100.1	480.5
1993 年	40.2	45.8	121.1	143.2	55.4	76.3	482.0

3.2 大气降水的分配

干热河谷地区的营林及植被恢复工作,如同大多数林业工作一样,只能依靠有限的大气降水,而林子一旦长起来,又将起到下垫面的作用反过来影响降水的分配。

表 2 两年透流情况观测结果

(单位:mm)

林地类型	时 间	总降水	林冠 穿透水	干 流		树冠 截留	林内 降水	透流量	透流系数 (%)		
				山毛豆	赤桉						
造 林 地	6 月	1992 年	82.7	78.2	0.70	0.30	3.50	79.2	2.8	3.5	
		1993 年	45.8	40.1	1.20	0.60	3.90	41.9	0.8	1.9	
	7 月	1992 年	114.6	96.0	1.20	0.50	16.9	97.7	4.2	4.3	
		1993 年	121.1	94.8	2.10	1.10	23.1	98.0	2.8	2.9	
	8 月	1992 年	85.9	79.1	1.30	0.50	5.00	80.9	4.7	5.8	
		1993 年	143.2	130.2	2.70	2.10	8.20	135.0	2.6	1.9	
	9 月	1992 年	52.9	49.6	0.90	0.30	2.10	50.8	0	0	
		1993 年	55.4	50.0	1.10	0.70	3.60	51.8	0.6	1.2	
	10 月	1992 年	100.1	95.9	1.50	1.10	1.60	93.3	0.9	1.0	
		1993 年	76.3	64.8	3.00	1.80	6.70	69.6	1.0	1.4	
	(合计)	1992 年	436.2	398.8	5.6	2.7	29.1	401.9	12.6	3.1	
		1993 年	441.8	379.9	10.1	6.3	45.5	396.3	7.8	2.0	
	未 造 林 地	6 月	1992 年	82.7						2.3	2.8
			1993 年	45.8						1.4	3.0
		7 月	1992 年	114.6						3.1	2.7
			1993 年	121.1						4.0	3.3
		8 月	1992 年	85.9						4.9	6.7
			1993 年	143.2						2.7	1.9
9 月		1992 年	52.9						0	0	
		1993 年	55.4						2.1	3.8	
10 月		1992 年	100.1						2.4	2.4	
		1993 年	76.3						1.4	1.8	
(合计)		1992 年	436.2						12.7	2.9	
		1993 年	441.8						11.6	2.6	

从1992~1993年两个雨季的观测结果来看(表2),首先,在所观测地区,由于雨季气温仍较高,地面容易干燥,连续的强度较大的降水比较少,故在人工林地大气降水变成地表迳流流失的数量并不多,两年分别为3.1%和2.0%。由于大规模的工程整地,造林当年地表植被及土表遭到破坏,林下空旷,因而造林地的土壤流失较未造林地大。其次,在人工林以赤桉3330株/hm²和山毛豆6675株/hm²配置的情况下,定植1a后冠层截流量为6.67%,次年达10.30%。当然,这与降雨状况密切相关。从树种来看,山毛豆树冠开阔,枝叶量大,叶面粗糙多毛而截留量大;赤桉则干直冠小,枝叶量小而下垂,叶面角质层厚光滑而截留量较小。这在采用大规模工程整地造林的地区,在不影响主栽树种的前提下,适当配置一定数量的速生而截留作用大的灌木树种,有利于林地的迅速覆盖,降低雨滴对地面的直接打击,减少水土流失。但是,树冠截留量大,就意味着渗入土壤的降水减少。在元谋干热河谷区无什么地下水补给,大气降水渗入土壤的多寡,决定了土壤水分状况。因此,造林以后的经营管理也必须围绕水分问题开展工作。

试验区燥红土下,大多是粘性很重而不透水的变性土层(当地称膨涨土),林地内虽有一定量的降水变成地下迳流渗入100cm以下的土层,但1991年12月对定植仅半年的赤桉根系的调查结果表明,定植半年后主根系分布深度已达186cm,整个雨季降水又仅400~600mm,完全可被滞留于土层中,为植物所利用。因此,可以认为,除了冠层截留及地表迳流的大气降水外,基本都被土层吸收贮藏并为植物所利用。而在试验期间,进入林地土壤的大气降水,两个雨季平均是388.9mm,而空地则为426.2mm,空地比林地多了37.3mm,几乎多了10%的降水渗入了土壤层。

3.3 土壤水分状况

元谋盆地中低山丘陵区的干旱,实质上是季节性干旱。在雨季,土壤水分对植物来说是充足的,关键是雨季的降水有多少能贮存于土壤中以备来年旱季利用。在试验观测的两年零3个月中(1992年3月~1994年5月),虽然雨季降水约为多年平均值的83%,但土壤水分都没低到导致植物萎蔫和死亡的程度。观测结果(表3),总的来说有如下几个特点。

表3 年土壤水分变化情况

(单位:%)

林地类型	土层(cm)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
造林地	20~25	9.62	10.55	9.74	9.63	12.49	10.00	9.87	16.16	10.71	12.94	11.55	10.29
	40~45	9.67	10.39	10.55	10.39	11.96	10.04	11.23	15.59	11.26	12.69	11.33	9.86
	60~65	11.04	11.50	12.51	12.02	11.35	10.96	13.52	14.04	11.95	13.13	12.17	10.28
未造林地	20~25	9.19	10.13	10.65	9.23	9.34	11.26	13.02	21.16	14.54	14.34	14.27	12.25
	40~45	12.09	12.85	12.96	12.13	14.11	13.46	15.29	22.57	17.61	16.46	15.25	14.62
	60~65	12.87	13.06	13.63	13.76	16.82	15.40	17.64	18.85	18.60	14.30	16.30	14.38

(1)无论林地还是空旷地,土壤水分的季节变化基本与气候变化规律一致,只是含水量变幅空旷地大于林地。Magan和Chail的研究认为:当土壤可利用水分充足时,特别在大气湿度低的情况下,桉树消耗土壤水分较多,而当土壤干旱时,桉树有一种适应性的降低耗水保持土壤水分的机制^[2]。对赤桉的测定结果也表明,随着土壤含水量的不同,蒸腾强度也相差较大(见图2)。W·拉夏埃尔对此也曾论述到,周期性干旱地区的乔木和灌木的叶子,在干旱期间丧失的水分仅及雨季丧失量的10%~33%^[3]。据此可认为是林木作用的结果,导致了林地土壤水

分季节变化小于空旷地。

(2)无论是空旷地还是林地,11月~翌年7月表土层土壤都比较干燥。虽然5~7月不断有降水发生,因受天气状况的影响,表土层含水量极不稳定,雨后这层土壤含水量可达15~20%,但若连续3d无雨,则可降到10%左右或更低。

(3)若按雨季、旱季来考察各季节间及上下土层间的土壤水分状况(表4),可看到林地土壤水分在同一季节,上下层土壤含水量的绝对值变动未超过1%;同层不同季节间比较则在1.5%左右;空旷地上中层间变动达2%以上,中下层间则未超过1%;季节间变动在2.72%~4.63%。

表4 全年干、湿季土壤含水量及差值

(单位:%)

林地类型	土层(cm)	全年平均	旱季平均	湿季平均	干湿季差值(绝对值)
造林地	20~25	11.12	10.39	11.96	1.57
	40~45	11.25	10.49	12.02	1.53
	60~65	13.05	11.45	12.80	1.35
未造林地	20~25	12.45	10.13	14.76	4.63
	40~45	14.95	13.13	16.77	3.64
	60~65	14.47	14.13	16.85	2.72

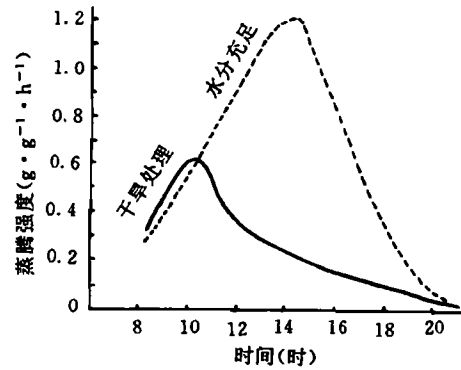


图2 干湿处理赤桉蒸腾强度比较

当然,土壤水分状况还受到坡向的影响。

1992年4月对西北坡和南坡造林地土壤含水量测定的结果,40~45cm层土壤含水量绝对值,西北坡比南坡高1.83%~3.02%。另外,破箐烂沟、坡度陡峭处土壤也不易保住水分。因此,在目前经济技术诸多因素还不能满足需求的前提下,干热河谷地区的营林和植被恢复工作,先集中力量于水分条件较好的阴坡、半阴坡或坡面较完整、土层深厚的阳坡地段,可收到事半功倍的效果。

3.4 土壤水分的季节变化与林木生长

如何有效地利用有限的天然降水,关系这一地区迅速绿化,从整体上改善生态环境。虽然所测得的结果表明,未造林地的土壤水分含量大于造林地,但土壤水分作为一种资源却不能用来改造自然,创造另一种更合理更完善的环境,实际是对这种资源的极大浪费。

两年的观测结果(表5)表明,定植后的第1个旱季植株高生长虽只占全年生长量的7.8%,但地径增长率却达到32.4%。随着植株长大,旱季的土壤水分就满足不了植株生长了,而在水分条件较好的林地中(株行距3m×3m,穴植),第2个旱季(1992年12月~1993年5月)高生长量虽也仅占6.6%,但径生长仍占31.1%。说明土壤水分在严重制约生长,否则,赤桉一年四季都可生长。到雨季3330株/hm²的林地(1993年5月~1993年12月)又恢复了较

表5 赤桉不同造林密度旱湿季生长情况

(单位:cm)

密度(株/hm ²)	项目	1991~92年旱季				1992年湿季				1992~93年旱季				1993年湿季			
		1991-12	1992-05	净增长	增长率(%)	1992-12	净增长	增长率(%)	1993-05	净增长	增长率(%)	1993-12	净增长	增长率(%)	1993-12	净增长	增长率(%)
3330	株高	179.00	193.00	14.00	7.80	304.00	111.00	57.50	316.00	12.00	3.90	397.00	31.00	9.81			
	地径	2.38	3.15	0.77	32.40	3.95	0.80	25.40	4.02	0.07	1.80	5.17	1.15	28.60			
1112	株高	162.00	194.00	32.00	19.80	317.00	123.00	63.40	338.00	21.00	6.60	416.00	78.00	23.10			
	地径	2.27	3.10	0.83	36.60	3.79	0.69	22.26	4.97	1.18	31.10	6.00	1.12	22.54			

高的增长水平,高生长近 1.00 m,径生长达 1.15 cm。到 1993 年底,每公顷生物量达 62 574 kg (风干重),以 1 m 厚土层,土壤容重 1.604 g/cm³ 概略计算至 5 月份的贮水量,林地为 191 357.25 t/hm²,未造林地为 215 417.2 t/hm²,贮水量差值与生物量(风干重)获取比为 384.5 : 1,而重要的是通过林木的作用,提高了林地的空气湿度,此生态效应在该地尤为重要。

4 结 论

(1)撩壕整地的工程林地在定植当年,土壤流失量相对比未造林地稍高,第二年起,随着林木的覆盖和地被物的恢复而降低。但总的来说,在这一地区由于降水量不大,在地形完整而土层深厚的地方,宿根性草本植物(如扭黄茅)易于生长,故降水流失量不大,迳流系数为 3% 左右,近 90% 的降水渗入了土壤。

(2)这一地区土壤最干时期是 3~5 月初,但是,3~7 月间表土层都比较干燥,降水时可暂时提高,不久即又恢复原有干燥程度。8~10 月土壤湿度较大,11 月~翌年 2 月由于气温较低,蒸发量小,土壤湿度也较高。

(3)各层土壤含水量干湿季间的差值,空旷地较大,林地则较小,反映了林木对土壤水分状况的影响。

(4)土壤水分对很多树种的生产力均是关键因素^[4]。选择适宜树种、适宜种源,是解决元谋干热河谷区营林和植被恢复的有效途径。而造林预整地,保持一定深度的疏松土壤,酌情施基肥,促进苗木根系生长,起到“以肥调水”的作用,是保证林木存活与生长的重要措施。及时的修枝、疏伐,可保持相对的稳定,并可逐步提高林地生产力。

参 考 文 献

- 1 王福光,杜天理,雷彻虹. 试论我国西南地区干热河谷荒山造林问题. 造林论文集. 北京:中国林业出版社,1987,45~49.
- 2 Magan B. Hari Srivastava and Chhail Bihari Lal. Biomass plantation and farm forestry: choice of *Eucalyptus* species: Environmentalist versus foresters. *Indian Journal of Forestry*, 1989, 12(4): 247~254.
- 3 W·拉夏埃尔(李博,张陆德,岳绍先译). 植物生理生态学. 北京:科学出版社,1985. 203~209.
- 4 徐化成,易宗文. 华北低山区土壤水分季节变化与林木生长的关系. *林业科学*, 1979, (2): 97~104.

Study on Input of Water Regime and Soil Water Content in the Plantation of the Yuanmou Dry and Hot River Valley

Li Kun Chen Yude

Abstract Through two years' observation, it was found out that no trees ever withered or died in the young *Eucalyptus manildnlensis* × *Tophroria candida* plantation when the mean precipitation was 17% less than that of the normal years. Even if in the driest season from March to May, soil water content could meet the need of the young trees. In terms of water input loss, the loss of crown-intercepting water amounts to 10% of the total precipitation, while surface run-off only 3%. In the dry and hot river valley areas where there is no subterranean water available and rainfall is the only water source, afforestation and plant vegetation recovery should aim at obtaining the most water input.

Key words dry and hot valley, plantation, water regime

Li kun, Assistant Professor, Chen Yude (The Research Institute of Economic Insects, CAF Kunming 650216).

Pt 菌根剂新闻发布会在京隆重举行

10月5日上午,中国林科院林研所菌根中心高科技新产品——*Pt* 菌根剂新闻发布会在中国林科院隆重举行。参加新闻发布会的有新华社、人民日报(海内版)、光明日报、中国科学报、经济日报、中国环境报、科技日报、农民报、中国林业报共9家中央级新闻单位。中央电台、北京人民广播电台等向发布会征集了有关材料。发布会由中国林科院林研所所长张守攻研究员主持。中国林科院副院长熊耀国研究员到会祝词。菌根中心主任花晓梅副研究员就*Pt* 菌根剂的科研、推广情况作了全面介绍并回答了记者的提问。发布会还组织与会者参观了*Pt* 菌根的展览和产品实物。会议自始至终在热烈的气氛中进行。

Pt 菌根剂及其使用技术是中国林科院菌根中心又一项新的科研成果。已在全国近20个省(区)、市得到较大面积的推广。该产品明显的促生效果引起了社会各界的广泛关注。本次发布会旨在使林业生产、教学、科研部门全面了解该项成果,进一步推广林木菌根化技术,使科研成果尽快转化为生产力。

(中国林业科学研究院林业研究所 李 祎)