

纸坊沟流域人工刺槐林生长状况 与土壤水分条件研究

杨新民 杨文治 马玉玺

(中国科学院西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
水利部

摘要 本文对安塞纸坊沟小流域不同土地类型刺槐林生长状况进行了分析,并且分析了林地水分生态环境对刺槐生长的影响。分析结果认为,该流域水土流失严重,刺槐应营造水土保持林为主,但在水分条件较好的沟谷地和沟坡地可营造部分用材林,以解决当地木林短缺的矛盾;同时,应加强林地的管理,提高土壤水分的利用率。

关键词 刺槐生长 土壤水分 生态环境

Study on the condition growing of the man-made Locust Woodland and moisture eco-environment in the small watershed of Zhifangou

Yang Xinmin Yang Wenzhi Ma Yuxi

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica
and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract It analyses the dynamic growing of man-made Locust woodland of different types of land, the effects of moisture eco-environment on the forest land growth in the small watershed of Zhifangou in Ansai County. The results shows that watershed is a serious soil and water loss place, should build the soil and water conservation forestry system, but material forest should be built in better moisture condition of the hillside and gully slope land, to solve a contradiction of timber shortage in the locality; at the same time, should be give more effective management to woodland, raising the usage rate of soil moisture.

Key words the dynamic growing of locust soil moisture ecological environment

安塞纸坊沟小流域地处半干旱的陕北黄土丘陵区沟壑区第二副区。据多年研究,区内人工林地土壤水分经常处于亏缺状态,水分生态条件成为影响林木生长的主要因子;尤其是本区暴雨频

繁,水土流失严重,地下水埋藏很深,土壤水分成为林木生理需水的主要来源。掌握本地区的土壤水分生态条件和林木生长的规律、对于分析本地区的宜林性,以及合理地布设造林工程有一定的理论意义和实用价值。

1 自然概况和研究方法

纸坊沟是延河支流杏子河的一级支沟,流域面积 8.27km^2 ,属暖温带半干旱气候区;年日照总时数为 2415h ,年辐射总量为 $493\text{kJ}/\text{cm}^2$,年平均气温 8.8°C , $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温为 3733.5°C , $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温为 3160.2°C ,1986—1990年5年平均输沙模数为 $8190\text{t}/\text{km}^2$,年输沙总量为 6.55t 。多年平均降水量为 549.1mm ,降水年变率大,枯水年只有 300mm 左右,丰水年可达 700mm 以上,且降水年内分配不均,7—9月降水占全年降水量的 61.1% ,年蒸发量达 1463mm ,土壤为黄绵土。其土壤的机械组成与土壤水分物理特征见表 1、2。

表 1 土壤机械组成

(不同粒径单位:mm)

采土地点	>0.25	0.25—0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.005—0.001	<0.001	<0.01	质地
梁崩地	0.30	18.70	59.00	6.20	6.80	9.00	22.00	轻壤土
沟坡地	0.11	18.40	57.10	7.74	6.48	9.86	22.08	轻壤土

表 2 土壤水分物理特征

土层深度 (cm)	比重	平均容重 (g/cm^3)	平均总孔隙度 (%)	凋萎湿度		田间持水量		有效水含量		充气孔隙 (%)	备注
				(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)		
0—50	2.61	1.26	51.72						28.54	测定地点	
50—100	2.70	1.28	52.59	5.1	131.6	18.4	474.7	13.3	343.1	29.04	为崩坡地
100—200	2.70	1.33	50.74							26.27	

树木生长的测定采用每木调查法,在不同的地貌部位选择标准地,作木检尺,并选出标准木作树干解析;同时采用土钻法取土,用烘干法测定其土壤含水量。为了查清林地的土壤水动态变化,我们自 1980 年开始进行了连续 11 年的定位观测,每月定期打钻取土测定土壤水分的变化。

2 结果分析

2.1 不同地貌部位的刺槐林生长状况与土壤水分条件

通过对不同土地类型刺槐林生长的调查(表 3),生长于沟谷地的刺槐林长势最好,其单株胸径 14 年生达 13.4cm ,树高达 12.9m ,虽然每公顷仅 795 株,但其蓄积量却达到 $64.5\text{m}^3/\text{hm}^2$,是所调查的几种土地类型中最高的一种;生长于沟坡地的刺槐次之,虽然其密度是沟谷地刺槐林的 3 倍,但是其蓄积量只有 $55.8\text{m}^3/\text{hm}^2$,较沟谷地减少了 13.5% ;生长在梁崩地的刺槐林生长势最差,其蓄积量只有 $39.6\text{m}^3/\text{hm}^2$,较沟谷地刺槐林减少 38.6% 。

表 3 纸坊沟流域 14 年生人工刺槐林生长调查

土地类型	海拔(m)	坡向	坡度	密度(株/ hm^2)	盖度(%)	生长势	胸径(cm)	树高(m)	蓄积量(m^3/hm^2)
梁崩地	1280	S15°E	7°	2863.5	75.6	差	6.6	8.4	39.6
沟坡地	1250	N10°E	26°	2283.0	62.5	良	8.6	10.1	55.8
沟坡地	1250	S15°E	25°	1482.0	50.2	良	8.7	10.1	45.8
沟谷地	1200	—	13°	795.0	30.0	优	13.4	12.9	64.5

分析其产生的原因,我们认为这与土壤水分条件的优劣有着密切的关系。梁崩地处于地形较高的部位,风力较强,土壤蒸发强烈,造成土壤水分大量蒸发丢失,而沟坡地除接受降水就地入渗

外,还有来自地形上部径流入渗的补给,因而土壤水分条件较好;而沟谷地又是坡面径流的汇集外,加上地形狭窄,长年日照时间短,温度较低,因此水分无效消耗较少,土壤水分较为丰富。据蒋定生^[2]在流域内对降水在坡面上的再分配规律的研究:旱季,在坡面的中部土壤湿度较大,2m土层内的水分储量达388.2mm,相当于田间持水量的85.8%,而坡顶土壤湿度最小,2m土层内的储水量为323.7mm,相当于田间持水量的71.5%,并且在1.5—2.0m有一干层,土壤湿度为9%—12%,相当于田间持水量的49.0%—62.5%;雨季末,由于坡面上降雨再分配的影响,呈现出自坡顶至坡脚土壤湿度越来越大的趋势,其中坡顶2m土层内的储水量为354.4mm,坡中为387.6mm,坡脚为416.5mm。

从1989年生长季末对林地土壤水分的测定(表4)分析,1989年降水量是540mm,为平水年,这一年经生长季强烈耗水之后,沟谷地土壤水分仍保持在较高的水平,0—4m土层土壤储水量达466mm,尤其是1m以内土层,土壤含水量已接近田间持水量的水平,1m以下土层土壤水分亏缺较大。沟坡地0—4m土层土壤储水量为364.5mm,较沟谷地减少了21.9%,但沟坡地与梁崩地的土壤储水量却相差不多,这主要是与刺槐林的生长状况有较大的关系。由于沟坡地刺槐林的生物产量较大,必然要消耗更多的水分,此沟坡地的水分储量要较梁崩地高,其水分条件要优于梁崩地。

表4 不同土地类型刺槐林地土壤水分对比

土层深度 (cm)	梁 崩 地		沟 坡 地		沟 谷 地	
	储水量(mm)	亏缺量(mm)	储水量(mm)	亏缺量(mm)	储水量(mm)	亏缺量(mm)
0—50	60.4	55.5	62.4	53.5	86.9	29.0
50—100	50.4	67.4	46.7	71.1	59.5	58.3
100—200	94.4	150.3	94.4	150.3	110.4	134.3
200—300	83.8	160.9	87.8	156.9	103.7	141.0
300—400	71.8	172.9	73.2	171.5	106.4	138.3
0—400	360.8	607.0	364.5	603.3	466.9	500.9

从上述分析可以看出,不同地形部位土壤水分的分布状况与林木生长量的变化是一致的,水分条件越好,林木的生物产量越高。尤其是沟谷地,虽然其光、热条件不如坡地和梁崩地,但是,其生物产量却比二者高的多,由此可以看出,在本区土壤水分条件对林木生长是极其重要的,并成为限制林木生长的主要因素,一旦水分供需矛盾得到缓解,林木的生长状况将大为改观。

2.2 降水量对刺槐生长动态的影响

以上从地貌部位的不同而导致了土壤水分的差异方面,分析了土壤水分对刺槐生长的影响。根据我们对本流域刺槐根系的调查,本地区刺槐具有主根不明显而侧根较发达的特点,侧根的垂直分布深度达7m以下,水平延伸可达5m左右,土壤水分正是在林地强烈蒸发蒸腾作用下被消耗。刺槐林的用水深度已超过5m,参与水分循环的活跃层大致在20—120cm,强烈用水层在300—450cm之间,这与根系分布的密集区基本吻合^[1]。据研究^[3],各年经夏秋土壤水分蓄积期,土壤水分可得到一定补偿,但是随着降水量的不同,土壤水分补偿的深度存在着明显差异,在少雨年,仅1m以上土层土壤水分可得到部分补偿,在降水较多的年份,其恢复能力在2.5m左右;3m以下土层土壤湿度常处于5%左右,已接近凋萎湿度。若按5m用水层计算,刺槐林地土壤水分累积亏缺量达723.7—931.4mm。土壤深层储水对林木生理需水的调节作用逐渐丧失,使之只能依赖上层土壤储水来维持生长,而上层土壤储水量又随降水量的变化而变化,这必然对树木的生长产生一定的影响。

从定位观测资料(表5)分析,根据刺槐的生长过程曲线(见图1)可以看出,1979年以前,此

刺槐林尚处于幼龄期,1979年以后进入壮龄期,并且到目前为止,其长势并未减退,仍然处于旺盛生长阶段。从总的生长过程分析,在幼龄期,材积增长速度逐渐加快,但进入中壮龄期后,其材

表5 水分条件及刺槐生长动态

年份	降水量 (mm)	材积 (cm ³)			0~2m 土壤含水量(%)		
		总生长量	连年生长量	平均生长量	4月20日	10月21日	变化量
1976	597.5	10	10	10	—	—	—
1977	566.1	130	120	70	—	—	—
1978	645.0	480	350	160	—	—	—
1979	454.7	1590	1110	400	—	—	—
1980	364.0	3230	1640	650	10.62	9.20	-1.42
1981	537.2	4380	1150	730	10.41	14.60	4.19
1982	424.4	5450	1470	780	12.37	11.80	-0.57
1983	702.7	6920	1470	870	12.11	18.35	6.24
1984	503.6	8420	1500	940	13.54	14.51	0.97
1985	666.8	10120	1700	1010	8.71	15.12	6.41
1986	360.3	12320	2200	1120	10.62	6.90	-3.72
1987	402.5	14480	2160	1210	7.47	7.54	0.07
1988	729.2	16250	1770	1250	6.80	11.00	4.20
1989	543.2	18930	2680	1350	12.05	7.09	-5.04
1990	559.0	21240	2310	1400	10.19	8.17	-2.02

积连年生长量出现了上、下波动的现象,这是因为幼龄期树木个体较小,水分供需矛盾不突出,而进入中壮龄期后,树木个体增大,耗水强烈,水分供需矛盾加剧,出现材积连年生长量随年降水量的变化而上、下波动的现象,但二者的变化并不同步。从刺槐生长进程分析,1976—1978年为丰水年,材积增长速度逐步提高,但并未达到高峰;而在1979—1980年,连续两年干旱的情况下,材积连年生长量却出现了第一次高峰,峰值达1640cm³,但连续的干旱对刺槐的生长也产生了强烈的抑制作用,在1981年又一少雨年的情况下,刺槐材积连年生长量由1640cm³下降到1150cm³,较1980年减少30%。但这一年土壤水分却得到部分补偿,1981年生长季末土壤含水量由1980年的9.2%提高到14.6%;土壤水分条件的改善为翌年刺槐的生长提供了较好的条件,因此在

1982年降水与1981年大致相同的情况下,材积增长速度又逐步回升,连年生长量由1150cm³提高到1470cm³;自1983—1985年又遇丰水年,这三年总计降水1873.1mm,平均年降水量达到624.4mm,刺槐材积增长速度逐步上升;这一时期土壤水分得到较大的恢复,生长季末土壤水分含量保持在14.51%—18.35%之间,已接近田间持水量的水平,土壤水分的恢复促进了林木的生长,因此在1986—1987两年大旱的情况下,材积连年生长量却又出现了高峰,峰值高达2160cm³,伴随着材积量的迅速提高,土壤水分却被强烈消耗,1986年、1987年两年生长季末的土壤含水量下降到6.9%和7.54%,土壤水分严重亏缺,对刺槐的生长产生强烈的抑制作用,因此在1988年降水量高达729.2mm的条件下,材积连年生长量下降到1770cm³,较1987年减少

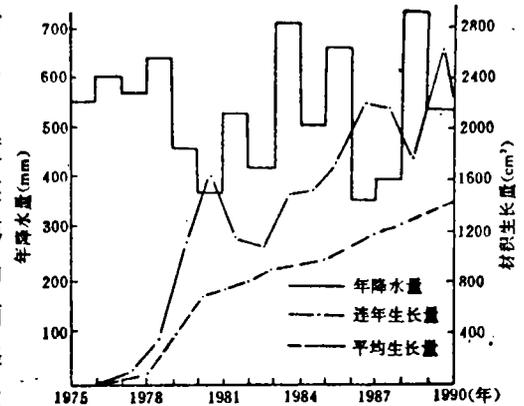


图1 刺槐材积生长量与年降水量动态

18.1%,但1988年生长季末土壤水分却得到一定补偿,土壤含水量由1987年的7.54%提高到11.0%,1989—1990年为平水年,降水量分别为543.2mm和559.0mm,这两年材积连年生长量又出现迅速回升。

从上述分析可以看出,该流域林木的生长与土壤水分有着直接的关系,生长季初土壤含水量越高,材积生长速度越快,同时又伴随着土壤水分的强烈消耗,从而导致土壤水分亏缺加剧;土壤水分的进一步亏缺又抑制了材积生长量的提高。刺槐可以靠当年雨季恢复的土壤水分或通过根系下延吸收深层土壤储水以及调节蒸腾强度和生长量来维持其生长。材积生长高峰常出现在丰水年后的枯水年中,低谷出现在枯水年后的丰水年中,即材积生长量滞后于降水量,材积连年生长量随水分条件的变化而上、下波动,但其总的趋势是上升的。

本地区虽然水分资源较为贫乏,但是,水分的无效消耗量却较大,据1989年的测定^[4],其年水分利用率只有46%左右。从土壤水分的季节变化分析,经夏秋土壤水分蓄积期,2m以上土层土壤水分得到一定补偿;但是,经春季融冻、土壤水分强烈丢失期,土壤水分毛管运行强烈,加之春季随气温上升,空气受热不均,易形成地方性气旋,风力加强,引起土壤水分的大量无效消耗掉,如1983年、1985年两年,降水量分别为702.7mm和666.8mm,2m土层土壤含水量经夏秋土壤水分蓄积期,分别达到了18.35%和15.12%;但是至翌年,经春季融冻、土壤水分强烈丢失期,其土壤含水量下降到13.54%和10.62%,分别下降了26.2%和29.8%;而丰水年后的枯水年,正遇刺槐材积生长的高峰年,土壤水分不仅得不到补偿,反而被大量消耗,致使土壤干旱加剧。并且随林龄的增加,年生物量日趋提高,所消耗的水分也越来越多,土壤水分日愈减少,这对林木的后期生长将带来不利的影响。

2.3 刺槐生长与水分条件经验式的确立

根据以上的分析,我们选择刺槐连年生长量为因变量,树龄、年降水量、生长期(4—10月)降水量、生长初、末期2m土层土壤储水量等为自变量,进行多元逐步回归分析,选择 $F_2 = 3.59$ 的显著水平检验作为标准,确定每个变量的引入或剔除,经计算运算得出刺槐生长与水分条件经验式为:

$$Y = 7.71X_1^2 - 1.303X_2 + 1552.464$$

式中: Y ——连年生长量(cm^3/a); X_1 ——树龄(a); X_2 ——生长期降水量(mm)。

回归方程的复相关系数 $R = 0.8989$,剩余标准差 $S = 246.3088$,回归方程的最终 F 计算值 $FF = 14.72 > F_2 = 0.01 = 9.55$ 。由方程的 R 值和 F 值可以判定,该回归方程的关系是极显著的。由上式分析,树龄及生长期降水量与材积连年生长量有显著关系,并且材积生长逐年以指数形式迅速增长,但是材积生长又受到水分条件的制约。这表现在材积连年生长量与生长期降水量呈负相关关系,材积生长速度随降水量的变化而上下波动,从生物学的意义上来解释,进一步证明了材积生长量滞后于降水量的规律性。

3 结 语

综上所述,本地区的水分供需矛盾非常突出,林木生长随水分生态环境的变化而变化,随着林木的生长,土壤水分生态环境日趋恶化,尤其是深层土壤水分消耗强烈,其对林木生长的调节作用逐渐丧失,土壤向干燥化发展。但是,本区降水尚能满足中龄刺槐生长的需要,因此在本区营造刺槐林基本是适宜的。又由于降水在坡面上的再分配的影响,造成不同地貌部位的水分条件差

3.4.3 提高了单位土地面积生产力 过去单一的农业经营,每亩粮食产量仅150—200kg,价值不过150—200元,扣除每亩化肥、农药、籽种、管理费等费用投资,平均70元,每亩纯收入为80—130元,产投比2.1:1—2.8:1,林农复合植被类型林改变了单一农业经营,粮食产量平均提高5%—6%,林木本身也产生一定经济价值,每亩总经济价值955.29元,扣除投资140元,纯收入平均为815.29元,产投比5.2:1。

3.4.4 节约土地,充分利用土地资源 据合阳调查,林农复合植被林具有高的农业生产效益及农业经济效益,作物的增产量超过由于林木占地和占地而造成的减产量之和,林木占地比例3%—4%,就可起到好的作用。在澄城县、韩城等地调查结果,地埂林,林农比3:7,间作林林农比台塬上部为4:6,台塬下部为3:7,塬平地和平川地为(2—2.5)~(8—7.5),经济产值高。

4 结 论

1. 渭北旱塬林农复合植被主要类型有地埂林、间作林、林带林网林,路渠林、块、片状混农经济林,混农林综合植被林。

2. 渭北旱塬林农复合植被具有一定的生态效益,降低风速28.21%,能够调节空气温度,春秋具有增温效应,夏季具有降温效应,能够提高空气相对湿度3.51%—4.53%,土壤含水量平均提高9.04%,水面蒸发平均减弱29.31%。农田内净辐射增加15.33%,总辐射增加6.82%,散射辐射增加12.05%,反射辐射降低17.33%,直接辐射减少3.75%。农田内热量平衡各分量的变化,辐射差额和土壤热通量分别增加15.78%和30.39%,蒸发耗热通量及湍流热通量随不同季节,作物长势的不同而有变化。林农复合植被能够减少土壤冲刷量,控制水土流失。调查结果平均土壤冲刷量减少78.78%,冲刷表面积减少52.13%,平均截雨量增加19.75%,地埂毁坏率减少8.82%。

3. 渭北旱塬林农复合植被类型具有一定的经济效益,小麦平均增产6.8%,每亩林农总产值955.29元,产投比为5.2:1。

参考文献

- 1 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.水土保持学报,1992年,第4期
- 2 王忠林.渭北旱塬混农林综合体系小气候效应研究.西北林学院学报,1993年,第2期
- 3 宋兆民主编.黄淮海平原综合防护林体系生态经济效益研究.北京农业大学出版社,1990年
- 4 周泽生.黄土高原林—草复合生态系统初期效益研究.陕西林业科技,1991年,第1期
- 5 王忠林.渭北塬面农田防护林带的农业经济效益及其合理的农林用地比例初步研究.陕西林业科技,1988年第4期

(上接第35页)

异来营造不同的林种。本地区水土流失严重,应以营造水土保持为主,但在水分条件较好的沟谷地和沟坡地可营造部分用材林,以解决当地木材短缺的矛盾。同时,应加强林地的管理,减少水分的无效消耗,提高水分的利用率,达生态效益、经济效益二者的统一。

参考文献

- 1 马玉玺等.黄土高原刺槐生长动态研究.水土保持学报,1990,Vol.4(2):P26—32
- 2 蒋定生等.降水在凸一凹形坡上再分配规律初探.水土保持通报,Vol.1.7,(1):P45—50
- 3 杨新民等.黄土丘陵区人工林地土壤水分平衡初探.林业科学,Vol.25,(6)P549—553
- 4 杨文治等主编.黄土高原区域治理与评价.科学出版社,第6章,P241—297