

黄土高原沟壑区刺槐林 水分动态与生产力的研究

刘 康 陈一鸮

(西北植物研究所)

提 要

本文通过研究表明, 中龄刺槐蒸腾强度日变化随环境条件变化呈单峰和双峰曲线两种类型。蒸腾耗水量占同期降水量的44.1%~53.3%。刺槐林地300cm土壤剖面水分分布可划分为土壤水分活跃层, 土壤水分利用层和土壤水分补充调节层三个层次。土壤水分季节动态特征是湿润年干、湿季明显; 而欠水年土壤水分干、湿季不明显。同时作者认为, 阳坡、半阳坡中龄刺槐林生产力与水分生产率均不同, 在林业生产中应区别对待。

关键词: 刺槐林 林地生产力 蒸腾耗水量 土壤水分

刺槐 (*Robinia pseudoacacia L.*) 是黄土高原地区主要的水土保持造林树种。刺槐适应性强, 生长快, 材质坚硬, 热值较高且叶子营养丰富, 除作防护林外, 还是很好的用材林、薪炭林和饲料林。仅渭北高原沟壑区就有刺槐成林0.95万ha^[1]。由于该区干旱缺水是限制林木生长发育和分布的主要因子, 研究刺槐林水分消耗特征, 林地土壤水分动态及生产力, 对合理经营木, 提高生产力, 充分发挥林地经济、生态效益有重大意义。

一、试验区概况与研究方法

长武县王东沟试验区地处黄土高原沟壑区, 海拔975~1 225m, 年平均气温9.1℃, 年均降水量584.1mm, 其中7~9月份占54.6%, 夏初秋末多阴雨, 夏季多暴雨, 降水年际间变异大。属暖温带落叶阔叶林带北缘, 雨热同期, 年平均蒸发量1 552.4mm, 无霜期171天。

王东沟流域现有刺槐林239.7ha, 其中成林占52.2%, 主要分布于上、中游沟坡地段。土壤以林草黄壤土和红色土为主。标准地立地条件和林分生长状况见表1。

表1 标准地概况与林分生长状况

坡 向	坡 度 (°)	土 壤	土壤容重 (g/cm ³)	林 龄 (年)	密 度 (株/ha)	平均胸径 (cm)	平均树高 (m)
阳 坡	40	黄 壤 土	1.15	17	2 200	6.0	2.9
半 阳 坡	31	黄 壤 土	1.25	18	1 924	8.4	10.9

生长季内, 每半个月选一代表天气, 用快速称重法测量刺槐蒸腾强度日变化, 从7h至

19h, 每 2 小时测一次, 3 个重复。同时测量标准木叶量以求得单株刺槐日蒸腾耗水量。在测定同时, 分别测定林内气温、空气相对湿度和光照强度。

逐月用土钻取300cm土层土壤, 分11个层次。在105℃下烘干求土壤湿度, 并选荒草地作对照。

林地地上部分净初级生产量的测定方法见1980年《陕西林业科技》第1期24~25页。

二、研究结果与讨论

(一) 刺槐林蒸腾耗水特征

1. 刺槐蒸腾强度特征及影响因子。植物蒸腾强度大小受自身生理生物学特性与环境因素的综合影响。刺槐蒸腾强度日进程有两种形式(图1), 在水分条件较好情况下呈单峰曲线。清晨气温低、光照弱、蒸腾强度小, 随太阳升高, 光照、气温急剧上升, 空气湿度下降, 刺槐蒸腾强度也迅速增大, 在11~15h出现最高值, 以后又开始逐步下降。在较干旱条件下, 刺槐蒸腾强度

日变化为双峰。第一高峰出现于11~13h, 此后在高温、高光照和低湿度的影响下, 叶子含水量急剧下降, 蒸腾强度降低, 经过一段时间的恢复后, 于17h出现第二次高峰。

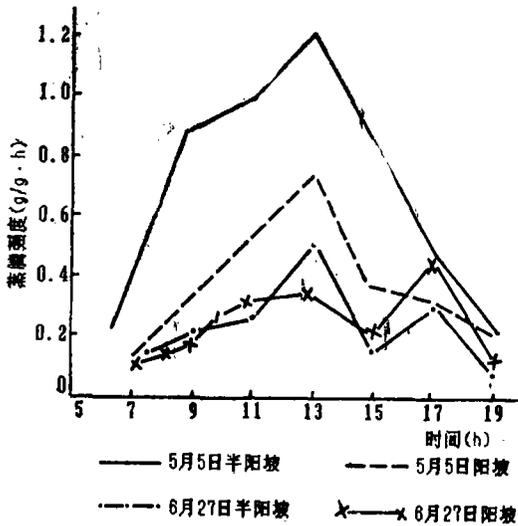


图1 刺槐蒸腾强度日变化曲线

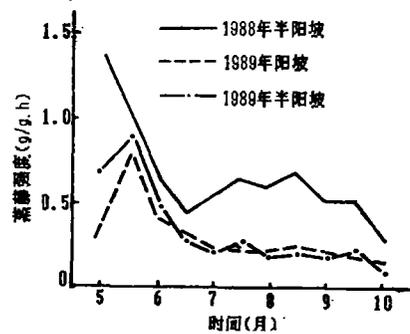


图2 刺槐蒸腾强度季节变化

刺槐蒸腾强度季节变化为三峰型曲线(图2), 高峰期分别在5月上中旬, 7月下旬至8月上旬和9月上旬。1988年与1989年蒸腾强度季节变化略有差异, 前者明显高于后者。阳坡与半阳坡刺槐蒸腾强度季节动态相似, 阳坡生长初期蒸腾强度低于半阳坡, 在雨季则高于半阳坡。

刺槐蒸腾强度与气象因子之间多元回归分析表明, 在丰水的1988年, 蒸腾强度与各因子之间有以下关系:

$$E = 0.557 \cdot T^{0.6041} \cdot S^{0.3701} \cdot P^{-0.5176} \quad R = 0.799$$

$$F = 34.188 > F_{0.01}$$

式中: T—气温, S—光照强度, P—相对湿度。

其中以光照强度对蒸腾强度影响最大 ($F_s = 84.55$)。在1989年, 由于土壤水分较差, 多高温、高光照天气, 刺槐叶子气孔开关主要受水分条件制约, 与气象因子关系不密切。在生长季内, 除初期叶子发育不完善, 蒸腾强度略高, 其它时节, 阳坡、半阳坡刺槐蒸腾强度变化均较平缓。

2. 刺槐生长季节蒸腾耗水量。蒸腾耗水量是蒸腾强度、叶量与蒸腾时间的函数, 计算公式

为:

$$E_w = E \times W \times T \times 10^{-7}$$

式中: E_w —生长季节刺槐林蒸腾耗水量 (mm); E —刺槐的蒸腾强度 ($g/g \cdot h$), 以代表天气所测值作为一段时间的平均值; W —刺槐叶量 (t/ha), 逐月测定; T —蒸腾时间, 扣除降雨时间。

由此计算出各月刺槐蒸腾耗水量 (表2), 可见由于年度间气候差异及地形条件不同, 刺槐蒸腾耗水量变化于334.4~192.3mm之间, 占同期降雨量的44.1%~54.8%。蒸腾耗水量在1988年以8月最大为116.0mm, 而1989年则明显降低, 且以6~7月份最大。蒸腾耗水高峰期与降水高峰一致。

表2 刺槐林逐月蒸腾耗水量

年 度	坡 向	月 份 (耗水量: mm)						总 计
		5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10月 (上旬)	
1988年	半阳坡	53.2	47.5	61.5	116.0	47.8	8.4	334.4
1989年	阳 坡	27.6	43.6	42.9	42.0	31.2	5.0	192.3
1989年	半阳坡	32.0	38.4	60.2	49.2	43.2	9.6	232.6

(二) 刺槐林土壤水分分布与动态

1. 林地土壤剖面水分分布特征。林木根系在土壤中分布不同, 造成不同层次土壤水分分布的差异 (图3)。根据各层土壤水分的变异系数, 可将土壤剖面划分为三个层次: (1) 土壤水分活跃层 (9~40cm), 主要受气候条件影响, 变异较大。阳坡土壤水分变化于20.0%~8.1%之间, 半阳坡变动于23.5%~10.7%, 对林木生长发育影响不大; (2) 40~120cm为土壤水分利用层, 是刺槐根系集中区。土壤水分变异最大, 最低值出现于7月中旬, 最高值1988年在雨季, 1989年则在生长初期, 土壤湿度阳坡1989年变动于12.3%~5.9%, 半阳坡1988年为24.0%~8.9%, 1989年则为19.0%~7.1%; (3) 土壤水分补充调节层 (120~300cm), 该层土壤水分变化较小, 半阳坡1988年变动于15.2%~7.5%, 1989年为15.2%~8.0%, 阳坡变动于11.8%~5.7%。在林木强烈耗水季节及偏早年份可向林木供水, 雨季可贮存部分入渗降水。该层贮水多少在干旱季节和年份对林木生长发育有重大影响。

作为对照的荒草地土壤水分分布与林地有一定差异, 土壤水分活跃层为0~60cm, 次活跃层则下延到60~150cm, 相对稳定层较深, 各层土壤湿度均高于林地。这主要受荒地水分消耗少, 降水入渗深的影响。

2. 刺槐林地土壤水分动态与气候干、湿季变化的关系。受气候干、湿变化和林木耗水作用的影响, 年度内刺槐林地土壤水分动态有以下特点:

在生长初期, 因冬春雨雪的补充, 土壤湿度较高。5月中旬后随林地蒸腾蒸发量增大, 而同期降水较少, 土壤湿度急剧下降。300cm土层土壤湿度在6月上、中旬出现低值。进入雨季, 土壤水分得到补充, 在8月中旬出现土壤湿度第二个高峰。9月下旬后, 降水减少, 蒸发加大, 林地土壤湿度出现第2个低值。冬季至翌年春季, 土壤蒸发微弱, 加上雨雪补充, 土壤湿度有不同程

度的恢复。在降水丰沛的1988年，土壤水分动态与气候干湿度变化相应，有明显干、湿季之分。林地年度间总耗水量为664.1mm,300cm土层土壤贮水较生长初期增加了61.3mm。而在偏旱的1989年，降水高峰间隔长，多晴朗天，林地土壤水分消耗大，雨季仅0~40cm土层水分得到补充，下层土壤水分仍不断消耗使生长年度内土壤水分无明显的干、湿季之分。

从刺槐林地土壤水分亏缺程度分析，丰水年半阳坡年度末土壤水分为饱和持水量的72%，阳坡仅59.1%，降水偏少年，阳坡、半阳坡则分别占57%和61.5%。表明半阳坡刺槐处于土壤水分较适宜与亏缺交替环境中，而阳坡则土壤水分严重亏缺。丰水年半阳坡林地水分消耗少于同期降水量，林地可贮存部分水分，而欠水年则高于降水量，有效地利用了前期土壤贮水，阳坡林地一般土壤水分年度都基本平衡，水分消耗与同期降水量相当。反映了半阳坡刺槐林地有较强的自我调节功能，保证林木生长的正常需水，而阳坡林地则处于被动的依赖降水多少状态，林地水分条件在较低水平上维持平衡，从而限制了林木的生长。

(三) 刺槐林地生产力与水分利用

由于阳坡、半阳坡刺槐林水分条件的差异，影响着林地的生产力与水分利用。18龄半阳坡刺槐林平均树高10.9m，平均胸径8.4cm，而17龄阳坡刺槐林平均树高为9.2m，平均胸径6.0cm，不同坡向生长差异显著。从刺槐树木各器官之间分配比例看，树干与树冠比，阳坡为2.6，半阳为坡3.6；树枝与叶量之比，阳坡为4.6，半阳坡是3.4；非光合器官与光合器官比，阳坡为19.3，半阳坡19.9。相比之下，阳坡刺槐树干小，树枝多而叶量偏少，光合作用能力不及半阳坡。树干解析表明，阳坡刺槐在5龄以前树高、胸径连年生长量与半阳坡相近，甚至还要高，但5龄后则明显低于半阳坡。阳坡、半阳坡刺槐平均年净生产量为4.52t/ha·a和8.054t/ha·a，二者相差1.78倍。半阳坡刺槐林水分有效利用率在1988年、1989年度分别为50.3%和36.1%，水分生产率为0.81kg/mm，而阳坡则分别为34.4%和0.54kg/mm，见表3。在欠水年阳坡水分有效利用率与半阳坡基本相似，表明干旱条件下阳坡刺槐也有较强的水分利用率，即在雨季蒸腾作用较大。但阳坡刺槐水分生产率低于半阳坡，干旱阳坡只是在较低水分条件下充分利用水分来维持低的生产力。

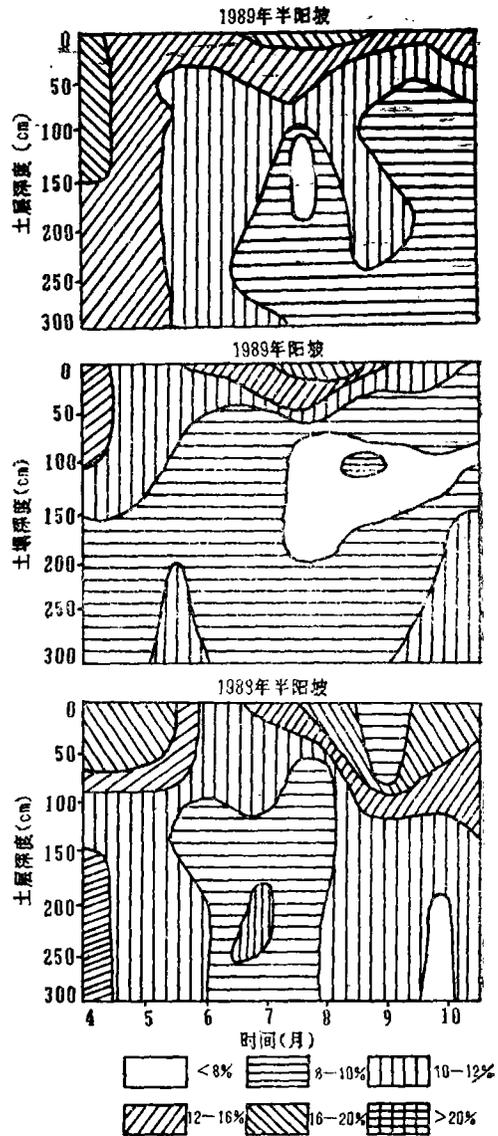


图3 刺槐林地土壤剖面水分动态

表3 刺槐林地生产力与水分利用情况

地形部位	地上部分初级生产量 (t/ha·a)	林地总耗水量 (mm)	水分有效利用率 (%)	蒸腾系数 (g干物质/g水)	水分生产率 (kg/mm)
阳坡	4.521	558.1	34.4	425	0.54
半阳坡	8.054	664.1~643.5*	30.5~36.1	415	0.81

※ 分别为1988年、1989年度数据

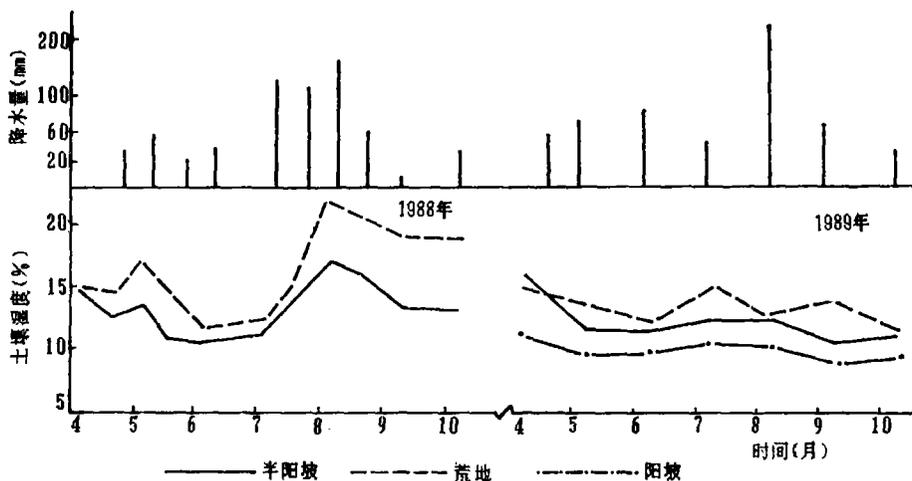


图4 刺槐林地土壤水分季节动态

刺槐林通过对水分的利用,影响和改变着生态环境,在水土保持方面有巨大作用。以降水充沛的1988年为例,年度内97.8%的降水为林地蒸腾蒸发和增加土壤贮水,仅2.2%水为地表径流。在土壤水分变异最大的6月5日至8月20日时段内,是暴雨集中期,共计降水437.8mm,其中96.2%的雨水为林地消耗和贮存,从而有效减弱了地表径流,防止和降低了土壤侵蚀,在沟坡水土保持方面有明显的生态效益。

三、结 论

1. 刺槐生长季节内蒸腾强度日变化曲线有单峰与双峰两种类型。不同年份蒸腾强度大小与季节变化有差异,在雨水丰沛年份,蒸腾强度大小与环境因子,特别是光照强度关系密切,而偏旱年份关系不明显。

2. 中龄刺槐林阳坡、半阳坡蒸腾耗水量占同期降水量的54.8%~44.1%,蒸腾耗水高峰与降水高峰基本一致。

3. 生长季内林地300cm土壤剖面水分分布可划分为土壤水分活跃层,水分利用层和土壤水分补充调节层三个层次。

4. 中龄刺槐林地土壤水分季节动态规律是湿润年份与气候干湿季变化一致,干旱年份干湿季无明显差异。半阳坡林地处于土壤水分年际间适宜与亏缺交替状态, (下转第65页)

中龄林是阴坡、半阳缓坡刺槐林的1.5倍和2.1倍。

综上所述,刺槐在幼龄阶段,单位面积生产1t干物质和1m³的木材,蒸腾耗水、林地耗水和耗雨量大于中龄林,水分生产效率低于中龄林,阳坡中龄林蒸腾耗水、林地耗水和耗雨量也大于阴坡、半阳缓坡中龄林,但水分生产效率却明显低于二者。

3. 林地水分条件与生产力

黄土高原沟壑区沟坡林地土壤水分生态条件的优劣,是生产力高低的重要标志。通过对不同立地条件刺槐林地水分有效性(见笔者黄土塬区刺槐林地水分特征一文)和供水、耗水关系分析可知,阳坡林地不论丰水年还是欠水年,土壤水分均处于亏缺状态,水分供求矛盾尖锐。阴坡、半阳缓坡刺槐林地丰水年水分适宜,水分供需关系协调,欠水年土壤水分严重不足,供求矛盾突出,刺槐生长在适宜与亏缺交替变化的水分生态环境中。半阳缓坡、阴坡与阳坡差异明显的水分条件,决定了半阳缓坡、阴坡刺槐林生产力必然高于阳坡。刺槐林木材蓄积量测定结果充分证实了这一点(表6)。从表6可知,密度大的半阳缓坡刺槐林木材总蓄积量达56.39m³/ha,年平均为3.52m³/ha,阴坡刺槐林总材积为42.86m³/ha,年均值2.68m³/ha,阳坡刺槐林总材

6 刺槐林木材蓄积量

林龄 (年)	坡向	坡度 (°)	密度 (株/ha)	总材积 (m ³ /ha)	年平均 (m ³ /ha)	测定年份材积 (m ³ /ha·a)			
						1987年	1989年	1989年	平均
14	西南	28	2 300	33.36	2.38	2.18	4.60	3.90	3.56
16	西北	27	2 300	42.86	2.68	5.48	5.67	5.63	5.59
16	东	8	3 500	56.39	3.52	7.21	7.47	7.40	7.36

积33.36m³/ha,年均值2.38m³/ha。半阳缓坡、阴坡刺槐林总材积是阳坡林的1.7倍和1.3倍,材积连年平均生长量是阳坡的1.48倍和1.13倍。中龄林阶段,刺槐年平均材积增大,阳坡林为3.56m³/ha,阴坡、半阳缓坡为5.63和7.4m³/ha,分别是阳坡林的1.6倍和2.1倍。另外,刺槐中龄林阶段的年材积生长与降雨量密切相关,丰水年材积生长量大于欠水年。

总而言之,黄土塬区千沟万壑,大部分沟壑沟深坡陡,水分条件较差,与塬面相比,生产力低下,作为农业开发困难很大,营造水土保持林不仅可以减少水土流失,而且每1ha每年可生产2~3.5m³木材,花费代价很低,这种土地及水分资源的利用是完全合理的,在黄土高原沟壑区有广泛的代表性,应进一步加速推广。

(上接第70页)

而阳坡则处于严重亏缺状况。

5. 不同坡向的刺槐林生产力,耗水量与水分生产率均有差异。半阳坡比阻坡有较高的生产力,在利用上半阳坡、阳坡可作用材林经营,而阳坡则以水土保持为主,在不影响生态效益前提下,可利用早期速生特点,对阴坡中龄刺槐林皆伐萌蘖更新,获得一定的经济效益。