

人工油松林蒸腾耗水及 林地水分动态特征的研究

刘增文 王佑民

(西北林学院)

提 要

本文通过对渭北旱塬区20龄人工油松林的测定表明:1989年在整个生长季节中的总蒸腾耗水量为242.96mm,占同期降水量的72.3%。气温是影响油松蒸腾的主要气象因子,其次为空气湿度,光照强度只对一龄针叶有较大的影响。油松根系的吸水范围可达1.80m以下,在生长季节,尤其是欠水年,林地土壤有效水支出大于收入,而且在生长盛期土壤水分一直处于难效状态,表现出对林木生长的抑制作用。

关键词:油松 蒸腾 土壤水分

一、研究目的和意义

渭北旱塬地处黄土高原沟壑区,这里塬高沟深、地形破碎、水土流失十分严重,干旱缺水是影响该区林木生长的主要因子。油松是旱塬主要水土保持树种之一,不但在保持水土,涵养水源等方面有着重要的作用,而且能够提供优质的木材,因此很受当地群众的欢迎。为了深入了解和认识人工油松林的水分利用特点及其林地水分动态特征,我们于1989年采用固定标准地定位观测的方法测定了油松的蒸腾情况及其林地水分含量的变化,期望能为更好地营造和管理人工油松林提供理论依据。

二、标准地概况及观测研究方法

标准地(20m×20m)选于淳化县英烈林场海拔1300m的阳坡上。林下土壤为山地褐土,林龄20年,林分密度3133株/ha,平均胸径10.46cm,平均树高7.08m。

1989年的4~10月,用快速称重法测定油松各龄针叶的蒸腾强度。在标准地内选定3株标准木,取其树冠中部的针叶进行测定,然后3株进行平均。每旬测定一天,每天测定6~7次,每次间隔2h。此外,逐月调查标准木各龄针叶的生物量,以此推算林木的总蒸腾耗水量。

在测定蒸腾的同时,用土钻取土,以烘干法对油松林地的8个层次的土壤含水率进行了测定,并选取邻近荒草地作为对照。

三、人工油松林的蒸腾耗水特点

(一) 油松的蒸腾强度及其影响因子

油松的蒸腾耗水主要是通过生长于其上的3种针叶进行的。1龄针叶是新生长出来的叶子,

由于其生命力最旺盛，所以随着生长过程的推进,其蒸腾强度不断增大。2 龄针叶在整个生长

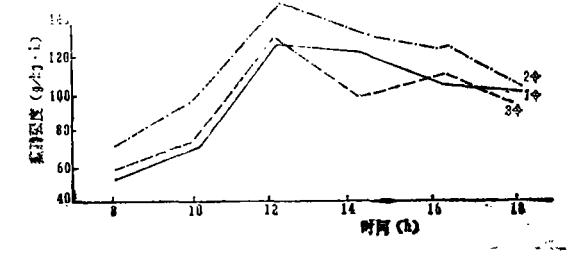


图1 6月8日油松各龄针叶蒸腾强度日变化

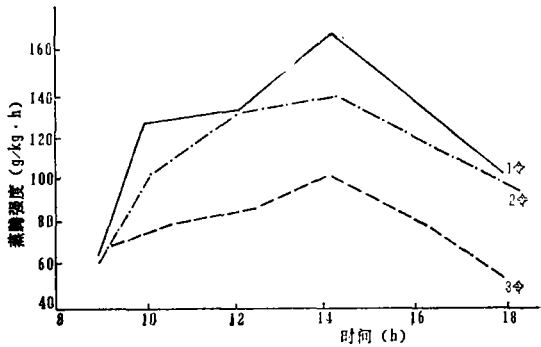


图2 9月15日油松各龄针叶蒸腾强度日变化

季节相对比较稳定，蒸腾强度的变化不是很大。而3 龄针叶则随着生长推进逐渐枯死、凋落。由于各龄针叶处于它们各自不同的生长发育阶段，所以表现出的蒸腾强度也有较大的差异，见图1、图2。在生长初期，1 龄针叶和3 龄针叶的蒸腾强度基本相近，相对都较低，2 龄针叶的蒸腾强度则高于1、3 龄。而到了生长后期，1 龄针叶的蒸腾强度达最大，2 龄次之，3 龄针叶最低。

由于林木的蒸腾主要是通过气孔进行的，所以凡是影响气孔的开启与关闭的因子都将影响到林木的蒸腾。我们对影响气孔开关的气温、空气湿度、光照等因子进行研究，结果表明，这些因子均对油松的蒸腾有不同程度的影响，并呈指数关系变化（见表1）。此外，根据偏相关检验结果，各因子对油松蒸腾的影响大小顺序为：气温>空气湿度>光照强度。其中，光照强度只对1 龄针叶有较显著的影响，对2、3 龄针叶的影响则很小。

表1 油松针叶蒸腾强度与各因子的相关模型

叶龄 (年)	相 关 模 型	线性转换时的复相关系数 R及各因子偏相关检验F
1	$E = e^{15.9382t + 1.7431P - 41015L^{0.1449}}$	$R = 0.8491^{**}$ $Ft = 24.65^{**}$ $Fp = 18.28^{**}$ $FL = 7.87^{**}$
2	$E = e^{19.7835t + 1.8084P - 4.6603}$	$R = 0.7621^{**}$ $Ft = 20.97^{**}$ $Fp = 19.41^{**}$
3	$E = e^{14.0873t + 1.8347P - 3.4343}$	$R = 0.7664^{**}$ $Ft = 27.53^{**}$ $Fp = 13.45^{**}$

注：E——蒸腾强度（g/kg.h）； t——气温（℃）； P——空气相对湿度（%）；
L——光照强度（Lux）、Ft、Fp、FL分别为t、P、L的相关检验值；
●●表示检验结果极显著。

（二）生长季节内油松的总蒸腾耗水

测定蒸腾强度是为了计算林木在一定时段内的蒸腾耗水量，它是森林水量平衡中的一个重要输出项，具有重要的水文学意义和生态学意义。其计算公式为：

$$E_w = \sum_{i=1}^3 (E_i \cdot W_i) \cdot L \times 10^{-7}$$

式中: E_w ——蒸腾耗水量 (mm); i ——叶龄; E_i ——各龄针叶的蒸腾强度 (g/kg·h); L ——蒸腾历时, 按昼夜时数和天数累计, 并减去昼间降雨时数; W_i ——各龄针叶的生物量 (鲜重·kg)

据此我们计算得出生长季节人工油松林逐月蒸腾耗水量(见表2)。

表2 生长季节人工油松林蒸腾耗水量统计表

月 份	鲜 叶 量 (t/ha)	上 旬	中 旬	下 旬	小 计	降水量(mm)
		(耗 水 量 mm)				
5	9.2737	5.30	6.55	10.71	22.56	17.9
6	11.5608	17.97	16.04	24.09	58.10	50.0
7	16.2916	10.12	20.41	17.91	48.44	63.9
8	16.6676	23.08	10.18	12.87	46.13	105.2
9	15.9783	15.37	13.68	5.95	35.00	80.7
10	15.0071	11.68	10.35	10.70	32.73	19.6
合 计			c		242.96	337.3

表2表明, 油松在1989年的整个生长季节当中(5~10月)总蒸腾耗水达242.96mm, 占同期降水量的72.03%, 即在总降水输入中, 约有2/3以上的降水由于林木蒸腾耗散而输出。在不同生长季节, 林木的蒸腾耗水量与蒸腾强度的变化规律一致, 即6月份耗水量剧烈, 耗水量达8.10mm, 而生长初期(5月)和生长末期(10月)较低, 分别为22.56mm和32.73mm。

四、人工油松林地的土壤水分特点

(一) 土壤水分的垂直分布及季节动态

由于受大气降水、土壤蒸发和植物根系吸水等因素的影响, 土壤水分一直处于变化之中。油松林地由于受林木根系的强烈吸水作用的影响, 致使土壤水分特征与草地有明显不同。图3和图4反映了人工油松林地0~180cm土层水分垂直分布的特点和在生长季节(4月~9月)的变化动态。

1. 林地土壤水分垂直分布特点

据李凯荣等(1989年)对淳化刺槐林地土壤水分特征的研究, 该区刺槐林地土壤水分的垂直分布从上到下可分为微弱利用层、利用层、补充调节层和微弱调节层等4个层次。由于本文测定深度(0~180cm)的局限, 可将人工油松林地的土壤水分垂直分布划分为两个层次, 即土壤水分微弱利用层和林木根系利用层。(1)土壤水分微弱利用层(0~20cm)。该层土壤水分主要受降水等气象因子的影响, 地面蒸发是水分的主要输出项, 干湿变化十分剧烈。土壤含水量的变化范围为11.68%~20.56%; (2)林木根系利用层(20~180cm)。土壤水分主要受降水和林木根系耗水的影响。与草地土壤水分的垂直分布(图5)比较可以看出, 林

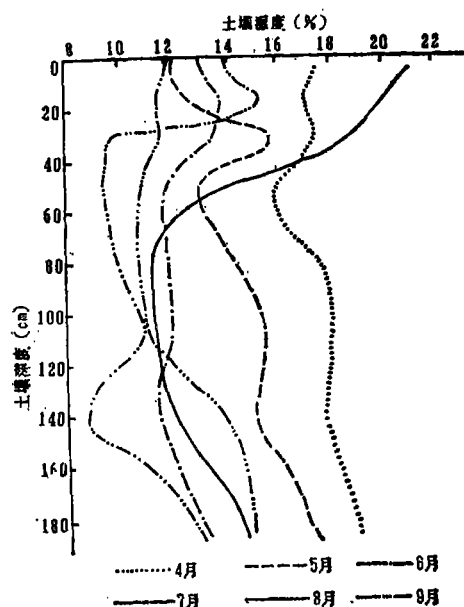


图3 人工油松林地土壤水分垂直分布

2. 土壤水分的季节动态

由图3及图4可以看出, 1989年生长季开始之前, 土壤含水量较高, 0~20cm为17.23%, 20~180cm为17.65%, 这与1988年雨季降雨量高(593mm)有关。进入生长季节后, 土壤水分急剧消耗, 至7月中旬, 20~180cm根系利用层土壤湿度达到最低点, 仅有10.29%。在两个强烈吸收层、含水量下降到9.44%和8.78%。一直到8月份, 由于降雨较多(8月降水105.2mm)土壤水分才有所恢复, 其中60cm以上恢复较多, 下层较少。9月份上层又剧烈消耗, 120cm以下有所增加。0~20cm土层的水分受天气影响, 变化频繁。

由以上分析可以看出, 1989年由于是欠水年, 雨季较迟, 土壤水分强烈消耗期从5月开始一直延续到7月, 8~9月降雨增多, 土壤水分虽有补偿, 也只是较7月有所提高, 就整个剖面而言, 尚未恢复到9月份的水平。

(二) 人工油松林地土壤水分的有效性

土壤水分中只有凋萎湿度以上的水分才对林木生长有效。为了进一步认识土壤水分对林木的有效程度, 可将土壤有效水划分为3个等级, 即难效水(凋萎到生长阻滞持水量, 约为田间持水量的60%)、中效水(田间持水量60%~80%)和易效水(田间持水量的80%以上)。

据此, 我们对人工油松林地土壤水分进行有效性分析。表3表明: 1989年4~5月, 在生长季节初期, 林地土壤水分处于中效状态, 而在生长盛期则一直处于难效状态。8月份虽然有较多的降雨, 土壤含水量亦未能达到田间持水量的60%。到了生长季节末期, 蒸腾耗水虽然减弱, 但土壤含水量反而有所下降, 充分反映出本区土壤水分的干旱性质。人工油松林地的土壤水分长期处于生长阻滞含水量以下, 无疑会对油松的生长产生影响。

(三) 人工油松林地土壤有效水贮量盈亏分析

由表4、表5看出, 4月份0~180cm土壤有效贮水加上生长季节降雨量为559.4mm, 5~9月生长季节林地耗水总量为458.2mm, 其中蒸腾量占耗水总量的45.9%, 占同期降雨量的

地20~180cm的整个土壤水分随季节变化的幅度均较大, 变化范围在10.29%~17.65%之间, 说明人工油松林地林木根系吸水范围深达1.80m以下。此外, 从图3中还可以看出, 在40~60cm和130~150cm处分别出现两个土壤水分强烈吸收层, 这可能与林木吸收根系的分布特点有关。

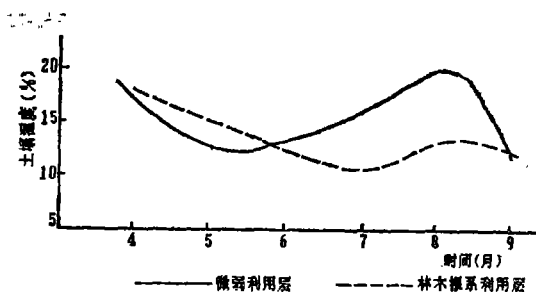


图4 人工油松林地土壤水分季节动态

表3 人工油松林地土壤水份有效性与分析

层 次		4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
林微弱 木根利 系用层 (0—20cm)	湿度 (%)	17.23	12.19	13.50	14.73	20.56	11.68
	占田间持水量 (%)	76.17	53.89	59.68	65.12	90.89	51.64
	有效程度	中效	难效	难效	中效	易效	难效
林利 木用 根系层 (20—180cm)	湿度 (%)	17.65	15.03	12.45	10.29	13.15	12.21
	占田间持水量 (%)	78.03	66.46	55.05	45.49	58.13	53.98
	有效程度	中效	中效	难效	难效	难效	难效

注：田间持水量为22.62%

表4 人工油松林地 (0~180cm) 土壤有效水贮量

月 份	4 月	生 长 季 节				
		5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
总贮水量 (mm)	397.53	332.36	283.84	243.47	320.42	257.02
有效贮水量 (mm)	241.71	176.54	128.02	87.65	164.60	101.20
蒸腾耗水量 (mm)		22.56	58.10	48.44	46.13	35.00
蒸腾量占有效贮水量 (%)		12.8	45.4	55.3	28.0	34.6

66.2%。9月份土壤有效贮水量较4月下降了140.5mm,即1989年土壤有效水经过生长季节损失了41.9%。亏损部分由非生长季节的降水和丰水年降水补充。淳化平均降雨量600mm,非生长季节田间耗水量又较少,故总的看来,本区油松林地土壤水分是平衡的。但生长季节,尤其是欠水年,土壤有效水的支出大于收入。

五、荒草地(对照)土壤水分特征

我们测定了邻近荒草地的土壤水分状况,由于没有林木的耗水作用,荒草地的土壤水分不仅在数量上高于林地(高于林地17.15%~15.22%),而且表现出与林地不同的垂直分布特征,见图5。

(一) 荒草地土壤水分的垂直分布及季节动态

韩仕峰等(1989年)对黄土区裸地土壤水分垂直层次划分为速变层、活跃层、次活跃层和相对稳定层。^[1]由于我们测定深度的局限,在所测定范围内荒草地土壤水分垂直分布可划分出3个层次:

表 5 1989年人工油松林地 4～9月土壤有效水（0～180cm）盈亏变化

有效水贮量 (mm)		5～9月降雨量 (mm)	5～9月田间耗水量 (mm)			土壤有效 水盈亏量
4 月	9 月		耗水总量*	蒸 腾 量	蒸腾占耗水总量 (%)	
241.7	101.2	317.7	458.2	210.2	45.9	-140.5

注：田间耗水总量指 5～9月 0～180cm 土层水分的总支出量，包括蒸腾，蒸发、树冠截留地表径流及渗漏水等。

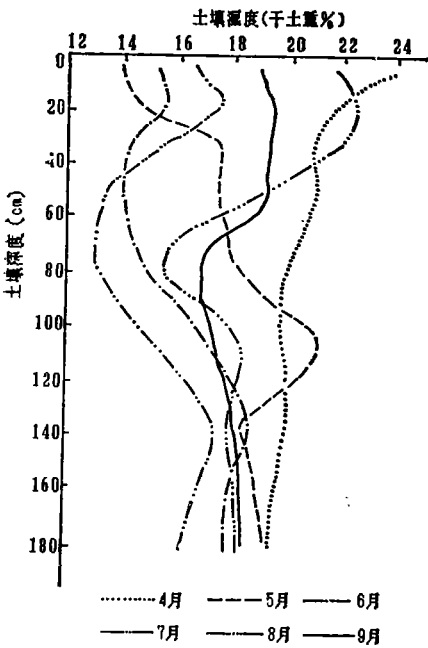


图 5 荒草地土壤水分垂直分布

- 1. 速变层(0～20cm)由于受降雨及蒸发的影响而表现为干湿变化剧烈，土壤含水量变化范围14.16%～23.19%。
- 2. 活跃层(20～120cm)该层为杂草根系对水分的主要吸收区域，受其影响土壤水分变化十分活跃，变化范围14.40～20.52%。
- 3. 次活跃层(120～180cm)受活跃层的影响，土壤水分仍有一定程度的变化，变化范围17.13%～19.98%。

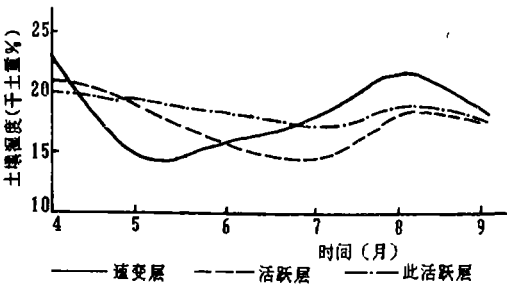


图 6 荒草地土壤水分季节动态

草地土壤水分的季节动态与林地的规律大致相同（见图 6）。速变层在 4～5 月为强烈耗水期，并于 5 月中旬达到最低值（湿度为 14.16%），6 月以后逐渐恢复，到 8 月份湿度达 22.22%。活跃层和次活跃层在 4～7 月为强烈耗水期，并于 7 月中旬达最低点（湿度分别为 14.40% 和 17.13%），8 月以后才逐渐有所恢复。

（二）荒草地土壤水分的有效性分析

表 6 表明：欠水年的 1989 年，速变层、活跃层和次活跃层在土壤湿度最低时的湿度分别达到田间持水量的 62.60%、63.66% 和 75.73%，均达到中效水平。雨季土壤湿度可达田间持水量的 98.23%、81.79% 和 80.33%，均大于 80% 而达到易效水平。可见，荒草地土壤水分条件还是比较好的，把这部分水分用于林木生长不仅可控制水土流失，而且可为社会提供木材产品。

表6 荒草地土壤水分有效性分析

层 次		4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
速 变 层 (0~20cm)	湿度 (%)	23.19	14.16	15.48	17.28	22.22	19.25
	占田间持水量 (%)	102.52	62.60	68.44	76.39	98.23	85.10
	有效程度	富 余	中 效	中 效	中 效	易 效	易 效
活 跃 层 (20~120cm)	湿度 (%)	20.52	18.80	15.32	14.40	18.50	17.83
	占田间持水量 (%)	90.72	83.11	67.73	63.66	81.79	78.82
	有效程度	易效	易效	中效	中效	易效	中效
次 活 跃 层 (120~180cm)	湿度 (%)	19.98	18.93	18.45	17.13	18.17	18.23
	占田间持水量 (%)	88.33	83.69	81.56	75.73	80.33	80.59
	有效程度	易效	易效	易效	中效	易效	易效

六、结 论

1. 在渭北旱塬区, 1989年整个生长季节(5~10月) 20龄人工油松林的蒸腾耗水量可达242.96mm, 占到同期降水量的72.03%。气温是影响油松蒸腾的主要气象因子, 其次为空气湿度, 光照强度只对1龄针叶的蒸腾有较大的影响, 对2、3龄针叶则影响较小。

2. 油松根系的吸水范围深达1.8m以下, 在此范围, 可将人工油松林地土壤水分垂直分布划分为根系微弱利用层(0~20cm)和利用层(20~180cm)。

3. 按照土壤水分对林木生长的有效性原理分析, 油松林地土壤水分除在生长初期处中效水平外, 在整个生长盛期一直处于难效状态, 长期处于生长阻滞含水量以下。林地土壤的有效贮水经过生长季节损失了41.9%, 说明在生长季节, 尤其是欠水年, 土壤有效水的支出大于收入。

4. 荒草地(对照)土壤水分的垂直分布从上到下可划分为速变层(0~20cm)、活跃层(20~120cm)和次活跃层(120~180cm)。土壤水分的季节动态规律与林地大致相同, 而且荒坡地土壤水分含量较林地高。

(上接第97页)

沙棘林土层储水基本处于波动性的平衡之中。

4. 根据立地条件进行不同利用方向的抚育, 形成了良好的沙棘水保林、果用林、小径材林和薪炭、放牧兼用林, 可提高土壤含水率、水分利用率, 进而加速了植被建造。

本研究仅是15龄前的沙棘林净初级生产量和耗水量动态。据国内外资料报导, 沙棘生命周期长达数十年。在15龄以后, 从中龄到老龄团状林, 各阶段的产量和水分特性如何? 有待今后进行长期定位观测、研究, 以掌握沙棘从定居到旺盛生长, 再到衰败各阶段的有关规律, 并提出提高生产力和水分利用率的有效措施。