

上黄试区灌木树种蒸腾特征 及土壤水分变化初探

魏冠东

侯庆春

(宁夏固原县科委) (中国科学院
水利部西北水土保持研究所)

提 要

本文论述了旱柳、柠条和沙棘的蒸腾强度,及其与林地土壤水分的关系。结果表明:柠条和沙棘由于其它因子的限制作用,土壤水分利用不充分。因此,尚有生产潜力没有发挥出来。建议采取有效经营措施改善水分利用状况,提高林地生产力。

关键词: 黄土高原 柠条 沙棘 旱柳 蒸腾强度

水分是植物体最多的成份,是植物生命活动所不可缺少的,因而是植物生长环境中最重要的影响因子之一。在黄土丘陵半干旱区造林的成败与否,植物体内和土壤中的水分状况成了决定性的因素。为了评估黄土丘陵半干旱区的主要灌木林树种——柠条和沙棘的水分蒸腾特征及其对水分的利用能力,1988~1989年,我们对柠条、沙棘、旱柳的蒸腾特征及其林地土壤水分的动态作了定位观测研究,探讨了其对水分的利用和降水的生产潜力,为在半干旱黄土丘陵区营造大面积灌木林提供科学依据。

一、林地基本情况

研究观测地位于固原上黄试区,柠条和沙棘均系1985年直播造林,于1987年移栽至试验研究观测地;旱柳是1987年扦插造林。坡向为东坡,坡度为 12° ,坡位为崩坡中上部。整地方式为水平阶整地,造林密度柠条为12株/穴 \times 330穴/亩;沙棘为2株/穴 \times 330穴/亩;旱柳为330株/亩。林地盖度为0.4~0.7,生长势一般。

二、试验方法

(一) 蒸腾的测定 1989年5月15日~10月1日,采用感量为千分之一的扭力天平,用快速称重法对供试3龄植株的上部和中部叶片进行蒸腾强度的测定。观测时,将从植株体上剪下的叶片迅速称重,之后间隔2 min,再迅速称重,记录其蒸腾失水量。每组叶片重复3次。每月1日和15日测定2次,若遇阴雨天可顺延,每天测定时,从早晨7 h开始,每隔2 h测定一次,至下午19 h结束。同时也对试验地的气象因子风速、风向、温度、大气湿度、蒸发、地表温度、天气状况进行了观测。

(二) 土壤水分值的测定 土壤水分值的测定是和蒸腾的测定同步进行,即每月观测2次,分别在每月1日和15日进行。深度为300 cm,每隔20 cm取一观测值,均采用美国产CPN—503型

水分中子仪直接观测。

(三) 生物量的测定 生长季结束时, 作了一次生物量的测定。取生长势居中的 20 穴生长株, 剪取地上部分称其鲜重, 然后自然风干, 称其风干重, 根据下式求算每 1 ha 风干生物量。

$$\text{每 1 ha 地上部分生物量 (kg/ha)} = 20 \text{ 穴风干重 (kg)} \times 330 / 20 \times 15$$

三、结果及分析

(一) 不同树种的蒸腾特征 树种不同, 其形态结构与生理状况不同, 因此, 蒸腾强度也不同。但不同的植物蒸腾却有一个共同特征, 就是在其年生长周期中, 生长季开始 (4 月中下旬至 5 月上旬) 及生长季结束 (9 月下旬至 10 月上旬) 时, 蒸腾强度较小, 而生长旺季 (6、7、8、9 月), 蒸腾强度较大。蒸腾强度的日变化规律是: 清晨较小, 随着气温的升高, 蒸腾强度逐渐增大, 至 11~15h 达当日蒸腾最高值, 下午随着气温的下降又逐渐降低。树种不同, 蒸腾强度变化的节律也不同。柠条在其生长季 (6、7、8、9 月, 下同) 中的平均蒸腾强度为 $0.513 \text{ g/g} \cdot \text{h}$ (即 1 g 鲜叶在 1h 内蒸腾散失 0.513 克水), 整个生长季中蒸腾强度的平均日变幅为 $0.231 \sim 0.712 \text{ g/g} \cdot \text{h}$, 总变幅为 $0.078 \sim 1.463 \text{ g/g} \cdot \text{h}$ 。蒸腾强度的日变化具有很强的规律性, 清晨 7~9 h, 蒸腾强度较小, 平均值为 $0.231 \text{ g/g} \cdot \text{h}$, 9~17h 达全天的蒸腾高峰, 蒸腾强度的平均变幅为 $0.455 \sim 0.712 \text{ g/g} \cdot \text{h}$, 11~15h 达最大值, 为 $0.675 \sim 0.712 \text{ g/g} \cdot \text{h}$, 下午 17~19h, 随着气温的降低, 蒸腾强度也随之减小, 均值为 $0.305 \text{ g/g} \cdot \text{h}$ 。沙棘在整个生长季中的平均蒸腾强度为 $0.405 \text{ g/g} \cdot \text{h}$, 平均日变幅为 $0.183 \sim 0.568 \text{ g/g} \cdot \text{h}$, 总变幅为 $0.073 \sim 0.945 \text{ g/g} \cdot \text{h}$ 。旱柳在生长季中的平均蒸腾强度为 $0.543 \text{ g/g} \cdot \text{h}$, 其平均日变幅为 $0.326 \sim 0.873 \text{ g/g} \cdot \text{h}$, 总变幅为 $0.109 \sim 1.827 \text{ g/g} \cdot \text{h}$ 。据观察, 蒸腾强度的日变化节律与测定时的太阳辐射强度、气温、大气湿度、风速及天气状况等密切相关。3 个树种在生长季中蒸腾强度的平均日变化规律见图 1。

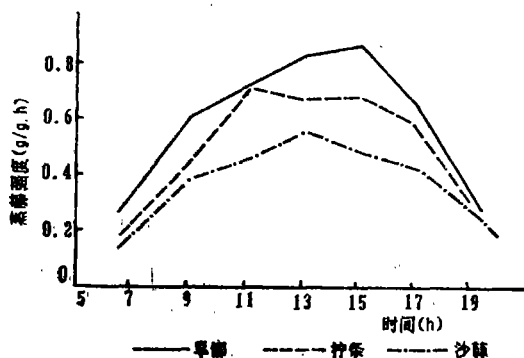


图 1 柠条、沙棘、旱柳蒸腾强度的日变化

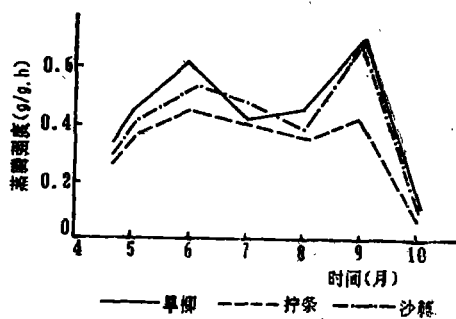


图 2 柠条、沙棘、旱柳蒸腾强度的月变化

各树种在 4 月中下旬展叶开始生长后, 5 月份便维持较高的水分蒸腾状态, 柠条为 $0.410 \text{ g/g} \cdot \text{h}$, 沙棘为 $0.350 \text{ g/g} \cdot \text{h}$, 旱柳为 $0.453 \text{ g/g} \cdot \text{h}$, 在整个生长季中, 第 1 次蒸腾高峰出现在 5 月下旬至 6 月份, 柠条、沙棘、旱柳蒸腾强度分别为 $0.526 \text{ g/g} \cdot \text{h}$ 、 $0.440 \text{ g/g} \cdot \text{h}$ 和 $0.618 \text{ g/g} \cdot \text{h}$ 。第 2 次蒸腾高峰出现在 8 月下旬至 9 月份, 而气温较高的 7、8 月份蒸腾强度并不是整个生长季中的最高值。这可能与抗旱植物的生理特性有关。这也和 7、8 月份的日蒸腾强度最高值并未出现在温度最高的 13h 左右相一致。3 个树种蒸腾强度的月变化见图 2。

(二) 柠条、沙棘的蒸腾耗水量及其对土壤水分的有效利用 植物通过根系吸收的水分, 绝

大部分通过蒸腾散失到大气中去。在整个生长季中,柠条、沙棘失水约为100mm左右。生长初期,由于叶量较少,气温较低,蒸腾强度也较小,故通过蒸腾散失的水分也较少。柠条、沙棘林地蒸腾失水分别为3.98mm和5.18mm,随着植株的增长,叶量增加,蒸腾失水随之增大,9月份分别达46.79mm和29.83mm,在生长季逐月中分别达到最高值。整个生长期内柠条和沙棘林地蒸腾失水分别占同期降水的38%和39.03%(见表1),仅在九月份,蒸腾失水略大于同期降水量,但这种干旱情况的出现并未对灌木林的正常生长产生不良影响。因为柠条和沙棘具有庞大的根系,据测定,4年生柠条和沙棘的根系入土深可达3.5~4m以上,因此,它们可以凭借自己庞大的根系,充分吸收利用土壤深层储水,以满足蒸腾的需要。

表1 柠条、沙棘蒸腾水量计算表

项目		单株鲜叶量 (g)		亩鲜叶量 (kg)		平均蒸腾强度 (g/g·h)		亩蒸腾量 (kg/亩·月)		折合降水 (mm)		同期降 水 量 (mm)	占同期降水 (%)	
		柠条	沙棘	柠条	沙棘	柠条	沙棘	柠 条	沙 棘	柠条	沙棘		柠条	沙 棘
月 份	5	4.39	40.17	17.38	26.51	0.410	0.350	2 651.5	3 451.9	3.98	5.18	18.8	21.17	27.55
	6	11.03	100.94	43.68	66.62	0.526	0.440	8 271.0	10 552.7	12.40	15.83	46.2	26.84	34.26
	7	17.69	161.89	70.05	106.85	0.469	0.401	12 221.9	15 938.6	18.33	23.91	57.4	31.93	41.66
	8	20.70	189.44	81.97	125.03	0.388	0.363	11 831.5	16 883.6	17.75	25.32	106.9	16.76	23.91
	9	21.88	200.23	86.64	132.15	0.671	0.418	31 192.1	19 886.2	46.79	29.83	27.1	172.66	110.07

表2 柠条、沙棘的耗水量及水分生产率

树 种	土壤水分总耗量 (mm)	蒸腾耗水量 (mm)	干物质(地上) 年增长量 (kg/亩)	蒸腾系数	耗水系数	水分有效 利用系数	水分生产率 (g/m ² ·mm)
柠 条	283.4	99.25	73.20	904.0	2 581.2	0.35	0.387
沙 棘	288.8	100.07	97.50	684.3	1 974.8	0.35	0.506

表2所示柠条、沙棘对水分的利用情况,由表中可以看出,单位面积沙棘林地的地上干物质年增加量大于柠条林地,但3m深层水分(据测定,4~5年生柠条和沙棘98%以上的根系分布在3m深土层以内)的消耗量两者基本相同。柠条每生产1g地上干物质需消耗2 581.2g水(即耗水系数),其中蒸腾耗水904.0g(蒸腾系数),沙棘每生产1g地上干物质需消耗1 974.8g水,其中蒸腾耗水684.3g。经进一步测算,平均1m²的柠条林地每消耗1mm降水可生产0.387g地上干物质(水分生产率),而沙棘林地则为0.506,较柠条林地高,沙棘林的耗水系数和蒸腾系数也明显低于柠条林。由此看出,沙棘林地的土壤水分生产率高于柠条林。因此,造林时,可以适当密植以提高柠条对土壤有效水的充分利用,增加生产力,提高地上干物质的累积。

(三) 生长季土壤水分动态与降水量的关系 4月中下旬,林分刚开始萌动进入生长,此时气温较低,叶量小,故蒸发及蒸腾量也较少,而前期土壤又有较多的储水,因而,土壤含水量高,随着气温的升高,植株体的增大,蒸腾及地面蒸发也随之增大,到5月中下旬至6月上中旬的第1次蒸腾高峰时,土壤含水量迅速降低,由初期的9%降至6.6%,6月份开始进入雨季后

虽然降水量偏大,但同时也进入高温季节,空气湿度低,而蒸腾及蒸发又大,土壤含水量没有较大的提高,仅在6月中旬及8月上旬两次较大的降水(每次降水量都大于30mm)后,土壤含水率才略有回升,而8月份是全年降水量最多的月份,月降水106.9mm,几乎占全年降水的1/3,

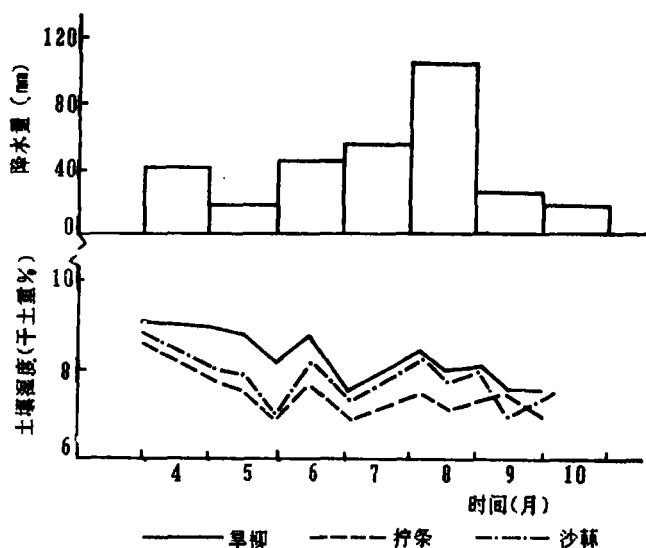


图3 生长季中不同林地土壤水分的动态变化

且中下旬又有两次强度较大的降水过程,但从图3中可以看出,土壤含水率并未有明显的增加。也可能与8月中下旬至9月上中旬的蒸腾高峰有关。进入10月份林分基本停止生长,蒸腾及蒸发且迅速减小,同时降水也减少,因而土壤水分才进入缓慢的恢复期。纵观各种林分生长期中300cm土壤水分含量均值的动态变化图,可以看出曲线总呈下降趋势,而沙棘林与柠条林的曲线较为接近,并和其蒸腾总水量接近相一致,而旱柳林地的水分含量较其它两种林地高,这可能

由于其植株体小,根量也较少,蒸腾水量少引起的。

四、初步结论

经过对宁南黄土丘陵区的主要灌木树种—柠条和沙棘的蒸腾特征,对土壤水分的利用情况的系统研究,初步得出如下结论:

1. 半干旱丘陵区的水分因子并不是灌木树种柠条和沙棘生长的主要限制因子,在整个生长季内,两个树种蒸腾耗水只占同期降水的40%,特别生长后期,正值当地雨季,降水较多,土壤储水量增大,(整个生长季中300cm深土层平均含水量大于6.6%),供水充足,能充分保证它们的蒸腾耗水,从理论上证明柠条和沙棘是半干旱黄土丘陵区适宜的灌木树种,且加上具有其它用途,如放牧、蜜源等。宜在荒山、荒坡大面积造林中应用。

2. 柠条、沙棘、旱柳的蒸腾强度都是随着光照强度和温度的增大而增大,在日变化中,以11~15时分别达最高值,下午次之,清晨最小。在整个生长季中,蒸腾高峰值分别出现在6月份和8月中下旬至9月上中旬。月平均气温最高的7月份并不是全生长季中蒸腾强度最大的月份。这可能与阴雨天多及极端气温高有关。从而也证明沙棘和柠条是一种抗旱性很强的灌木树种。

3. 两种灌木林的耗水系数都较高,水分有效利用系数低,沙棘蒸腾系数和耗水系数都较柠条低,水分生产率较柠条林地高,而柠条林地耗水量大,水分生产率低。说明其未能充分地利用有效降水增加生产率。据我们试验,亩施3.5~4 kg磷肥,柠条生长量较不施肥林地增长50%以上,且第2年仍有较大幅度的增长。因此,可以通过以肥调水来改善林地水分的利用状况,提高生产力。另外,还可以通过增加造林密度,改鱼鳞坑整地为水平阶、水平沟整地,改穴播为开沟播种等措施来增大郁闭度,提高光合效率,增加生物产量。