

飞播沙打旺草地蒸腾与产量和土壤含水量关系的研究

李代琼 梁一民 从心海 曹淑定 何增运

(中国科学院西北水土保持研究所) (吴旗林业站)

在半干旱的黄土区,水分是决定植物群落生产力的主导因子。水分收入与支出,对植物的生存有着决定性的意义,而蒸腾是植物水分支出的重要指标之一。为研究飞播沙打旺(*Astragalus adsurgens*)草地的效益,估价该草地质量与生产力,1980年我们对飞播沙打旺草地及对照荒山植被优势种的蒸腾进行了定位观测,对沙打旺草地蒸腾强度、蒸腾耗水量的变化及其与产量、土壤含水量的关系作了初步研究。

一、试验区的自然条件

本试验设于陕西吴旗县王洼子公社、铁边城公社(属国营铁边城林场施业区)和新寨公社,有铁边城人工撒播试验区以及白石咀、王洼子、新寨等飞播区。试验区为洛河河源梁峁状丘陵沟壑区,海拔1,365—1,650米,梁峁起伏,沟壑纵横。梁峁坡为深厚的黄土复盖,沟坡部分地段有老黄土出露,水土流失严重,土壤干旱。植被属干草原类型,主要植物有本氏羽茅(*Stipa bungeana*)、地椒(*Thymus mongolicus*)、冷蒿(*Artemisia frigida*)、无茎委陵菜(*Potentilla acaulis*)、阴坡多铁杆蒿(*Artemisia gmelinii*)。气候干冷多风,温差变化大。据当地气象资料,年平均气温7.5℃,绝对最低温度-27℃。1975—1980年平均降水量为391.9毫米,7—9三个月降雨占全年降水量的60—70%,且多阵性暴雨。早霜9月上、中旬,晚霜5月中、下旬,无霜期120天左右。全年盛行偏西北风,常伴有黄沙浮土,冬季尤甚。

二、试验内容及方法

1980年6—10月,每月1日、11日、21日在人工撒播5年生沙打旺草地及封禁6年的对照荒山,用快速称重法测定沙打旺和荒山植被优势种地椒、冷蒿、无茎委陵菜、铁杆蒿的蒸腾强度。每天测定时间从7时至19时,隔1—2时测一次,每次3—6个重复。快速称重法是使用扭力天平称重。把沙打旺植株上、中、下各层复叶剪下后,用凡士林封住切口,迅速置于天平上称重。第一次称重读数在剪叶后一分钟内完成,以后每隔二分钟

称一次。用5—6分钟内失水重量和鲜叶重，换算成每小时每克鲜叶的蒸腾水量，即蒸腾强度。每小时还测定气温、大气湿度、风速等。与此同时，在同一标准地进行产草量、生长量及土壤含水量的测定。9—10月还测定各播区产量及土壤含水量。然后根据所测蒸腾强度与产量，计算沙打旺与荒山植被蒸腾耗水量。

三、试验结果及分析

(一) 沙打旺与荒山植被优势种蒸腾强度及其日变化与季节变化

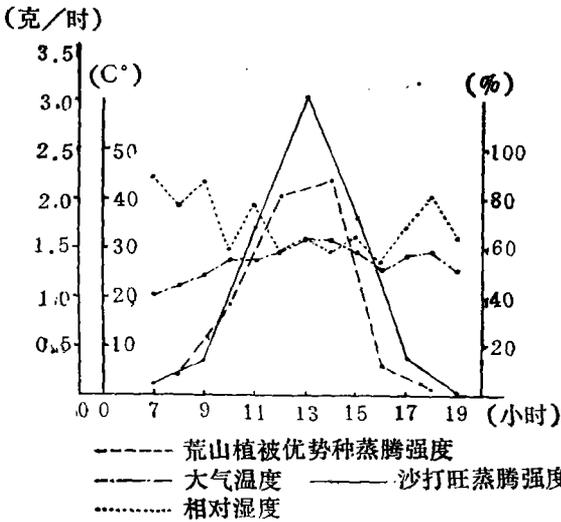
通过试验观测，沙打旺在生长季节中，平均蒸腾强度为0.609克/时(即1克鲜叶，1小时蒸腾0.609克水)。清晨蒸腾强度小，7时平均蒸腾强度为0.106克/时，9时为0.263克/时，11时增为1.040克/时，13时达最大值，为1.426克/时，14时以后逐渐下降，15时为0.840克/时，17时为0.490克/时，19时以后蒸腾很微弱，为0.095克/时，是日变化中最低值。荒山植被优势种生长季中平均蒸腾强度为0.565克/时，8时为0.146克/时，10时为0.569克/时，12时达最大值，为1.324克/时，14时为0.960克/时，16时为0.493克/时，18时为0.265克/时，19时是最低值，为0.066克/时(见表1和图1)。图1所示为7月11日测定的沙打旺与荒山植被优势种蒸腾强度日变化。沙打旺蒸腾强度最大值在13时，为

表1 沙打旺与荒山植被优势种蒸腾强度日变化和季节变化

时	月 份		六 月		七 月		八 月		九 月		十 月	
	蒸腾强度 (克/时)		沙打旺	荒山 植被	沙打旺	荒山 植被	沙打旺	荒山 植被	沙打旺	荒山 植被	沙打旺	荒山 植被
7—9	0.271	0.282	0.107	0.204	0.075	0.135	0.077	0.109	0	0		
9—11	0.373	0.626	0.539	0.671	0.153	0.486	0.138	0.652	0.113	0.410		
11—13	1.392	1.000	1.614	1.893	0.790	1.533	0.902	1.634	0.516	0.559		
13—15	1.536	1.050	2.026	1.650	1.937	1.034	1.292	0.715	0.339	0.350		
15—17	1.374	0.800	1.537	0.479	0.447	0.498	0.669	0.434	0.194	0.252		
17—19	1.216	0.600	0.621	0.296	0.274	0.221	0.270	0.103	0.089	0.105		
19	0.282	—	0.108	0.152	0.060	0.100	0.025	0.011	0	0		
平均蒸腾强度(克/时)	0.920	0.726	0.930	0.764	0.534	0.572	0.482	0.523	0.180	0.239		
日平均气温(℃)	28.4		27.7		24.6		19.9		14.9			
日平均相对湿度(%)	52.8		60.8		69.9		58.4		80.3			
日平均风速(米/秒)	0.61		0.81		1.14		1.49		0.72			

注①荒山植被优势种蒸腾强度，系地椒、冷蒿、无茎委陵菜、铁杆蒿的蒸腾强度平均值。

②19时以后蒸腾很微弱，未进行测定。



横坐标(小时)应是(时)

图1 7月11日沙打旺与荒山植被优势种蒸腾强度日变化

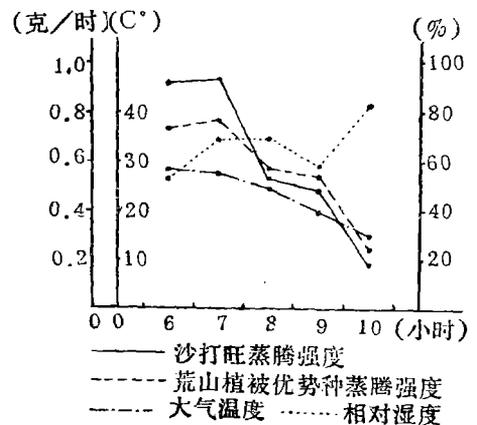
荒山植被优势种6月平均蒸腾强度0.726克/时,7月为0.764克/时,8月为0.572克/时,9月为0.530克/时,10月为0.239克/时。蒸腾强度的季节变化除与植物本身生长发育有关外,还与环境因子,如土壤水分、气温、大气湿度,风速等因素有关(表1和图2)。从测定结果表明,沙打旺和荒山植被优势种蒸腾强度日变化和季节变化均为单峰曲线,属中旱生植物蒸腾的特点。

(二) 蒸腾与产量、土壤含水量的关系

蒸腾耗水量是研究植物由于蒸腾消耗水分的多少,它是蒸腾量和绿色部分产量的乘积。由于沙打旺与荒山植被优势种蒸腾强度具有日变化和季节变化,因而日蒸腾量(即一克鲜叶,一日蒸腾的水分克数)和月蒸腾量(即一克鲜叶,一月蒸腾的水分克数)亦有不同。沙打旺平均日蒸腾量为7.050克/克·日,平均月蒸腾量为152.900克/克·月。最高在6、7月,分别为253.920克/克·月、234.360克/克·月。荒山植被优势种平均日蒸腾量为6.470克/克·日,平均月蒸腾量为139克/克·月,最高值亦在6、7月,分别为200.380克/克·月、192.50克/克·月。绿色部分产量亦因各草种生长发育节律以及生态因子的影响而有不同。沙打旺和荒山植被以7、8月绿色部分产量最高。从表2中看出,沙打旺和荒山植被蒸腾耗水量最大值在7月,分别为172.22和30.05毫米,最低值在10月,分别为8.19和1.26毫米。生长季蒸腾耗水总量,沙打旺为443.89毫米,荒山植被为85.08毫米。与蒸腾耗水量有关的

3.060克/时(亦为生长季中的最大值),而荒山植被优势种蒸腾强度最大值在14时,为2.180克/时。

蒸腾强度亦具有明显的季节变化。沙打旺在4月下旬返青后进入营养期。6月枝叶生长较快,植株平均高24.1厘米,最高45厘米,平均蒸腾强度0.920克/时。7月进入生长盛期,枝叶繁茂,生长快,平均株高54.1厘米,最高105厘米,蒸腾强度达最大值,0.930克/时。8月下旬进入开花期,平均株高68.5厘米,最高112厘米,蒸腾强度0.534克/时。9月为开花盛期,平均株高78.6厘米,最高124厘米,平均蒸腾强度0.482克/时。10月为成熟期,部份结实,蒸腾强度下降到最低值,0.180克



横坐标(小时)应是(月)

图2 沙打旺与荒山植被优势种蒸腾强度季节变化

表 2

沙打旺及荒山植被生长季节蒸腾耗水量

年 月	沙 打 旺		荒 山 植 被	
	吨/公顷	毫 米	吨/公顷	毫 米
1980.6	791.25	79.13	240.15	24.02
1980.7	1722.15	172.22	300.45	30.05
1980.8	1164.30	116.43	202.50	20.25
1980.9	679.20	67.92	95.04	9.50
1980.10	81.90	8.19	12.60	1.26
总 计	4438.80	443.89	850.07	85.08

因素作如下分析：

1. 蒸腾耗水量与产量的关系。从图3、图4看出，在生长发育的各阶段和整个生长季节中，沙打旺绿色部分产量较荒山植被高，蒸腾耗水量亦大。沙打旺从4月下旬返青后，6月叶量有显著增加，为3.12吨/公顷，8月形成最高产量，为7.90吨/公顷，10月下降为4.55吨/公顷；荒山植被7月达最高值，为1.56吨/公顷，10月下降为0.53吨/公顷。

表3、表4及图5所示1—6年生沙打旺及封禁1—6年荒山植被产量与蒸腾耗水量。2年生沙打旺地上部分干物质产量为1.916吨/公顷，蒸腾耗水量为188.36毫米。4年生达最高产量，为6.64吨/公顷，蒸腾耗水量亦达最高值，为507.74毫米。1—6年生沙打旺6年总产量(干重)为19.537吨/公顷，蒸腾耗水总量为1671.45毫米。封禁2年荒山植被地上部分产量为0.285吨/公顷，蒸腾耗水量为32.81毫米；封禁6年达最高产量，为0.815吨/公顷，蒸腾耗水量为82.88毫米。封禁1—6年荒山植被6年总产量(干重)为3.069吨/公顷，蒸腾耗水总量为337.97毫米。6年生飞播沙打旺6年总产量(干重)为封禁6

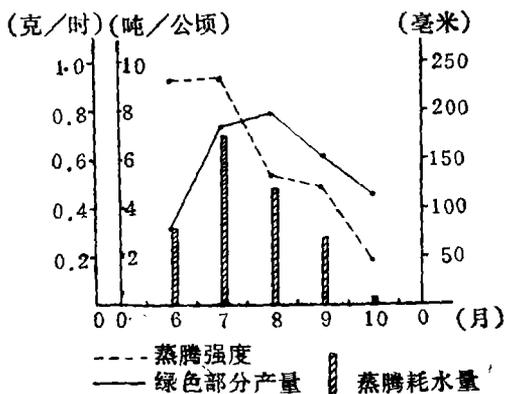


图3 沙打旺蒸腾强度、蒸腾耗水量与绿色部分产量关系

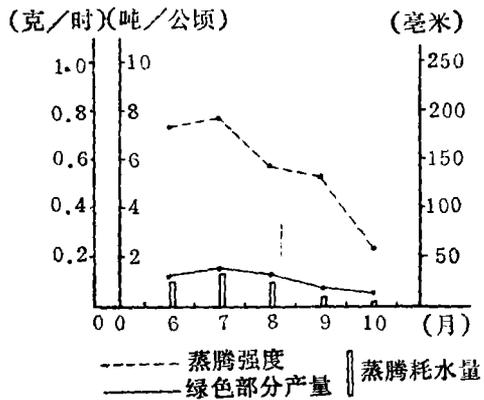


图4 荒山植被蒸腾强度、蒸腾耗水量与绿色部分产量关系

表 3

沙打旺蒸腾耗水量与产量

生长年限	产量(吨/公顷)		绿色部分产量 (吨/公顷)	蒸腾耗水量		蒸腾系数	播区名称
	鲜重	干重		吨/公顷	毫米		
1 年	0.231	0.081	0.185	51.05	5.11	630.25	人工撒播地
2 年	5.475	1.916	2.464	1883.59	188.36	983.08	新寨
3 年	8.850	3.100	3.717	2841.72	284.17	916.68	三谷窑
4 年	18.975	6.640	6.640	5077.37	507.47	764.67	王洼子
5 年	15.000	5.250	5.700	4357.76	435.78	830.05	白石咀
6 年	7.275	2.550	3.270	2502.85	250.29	981.50	人工撒播地

(1) 2—6年生沙打旺, 年蒸腾量均用所测人工撒播试验地五年生沙打旺年蒸腾量表示, 为764.52克/克·年。一年生年蒸腾量为276.24克/克·年(8、9、10三个月的蒸腾量)。

(2) 沙打旺草地中天然植被未统计在内。

表 4

荒山植被蒸腾耗水量与产量

封禁年限	产量(吨/公顷)		绿色部分产量 (吨/公顷)	蒸腾耗水量		蒸腾系数
	鲜重	干重		吨/公顷	毫米	
1 年	0.450	0.163	0.315	218.92	21.89	1343.07
2 年	0.787	0.285	0.472	328.06	32.81	1151.09
3 年	1.500	0.543	0.900	625.47	62.55	1151.88
4 年	1.500	0.543	0.930	646.32	64.63	1190.28
5 年	1.988	0.720	1.050	732.06	73.21	1016.75
6 年	2.25	0.815	1.193	828.75	82.88	1016.87

注: 1—6年荒山植被年蒸腾量, 均用封禁6年荒山植被年蒸腾量表示, 为694.97克/克·年

年荒山植被总产量的6.37倍, 蒸腾耗水量为4.95倍。由此看出, 一般生产干物质越多, 蒸腾耗水量越大。

沙打旺草地虽比荒山植被蒸腾耗水量大, 但蒸腾系数(即生产1克干物质的蒸腾需水量)却比荒山植被低。从表3、表4看出, 沙打旺与荒山植被不同年限, 蒸腾系数不同。1—6年生沙打旺蒸腾系数平均值为851.04, 封禁1—6年荒山植被蒸腾系数平均值为1144.99。也就是说, 沙打旺生产1克干物质需蒸腾耗水851.04克, 荒山植被生产1克干物质需蒸腾耗水1144.99克, 沙打旺比荒山植被生产1克干物质少耗水293.95克。沙打旺产量高, 蒸腾耗水量大, 但比荒山植被耗水较经济, 有效水分利用率较高。荒山植被产量低, 蒸腾耗水量较小, 蒸腾系数高, 生产潜力大, 可进一步对荒山植被进行改造, 提高其生产力。

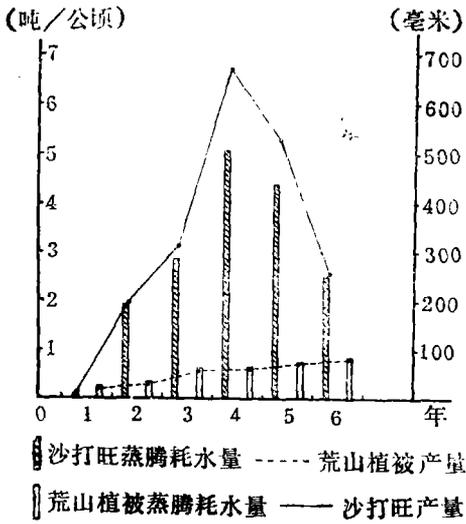


图5 沙打旺与荒山植被产量与蒸腾耗水量关系

2. 蒸腾耗水量与土壤含水量的关系。

从前述可以看出，沙打旺在生产过程中蒸腾耗水量大，特别在第四年的蒸腾耗水量已超过降雨量。沙打旺根系延伸范围广，扎根深。例如：2—3年生的沙打旺根长2—3.5米，根幅1×1.5米；4年生根长4—5米，根幅1.1×2米；5—6年生根长5—6.4米，根幅1.4×2米。这就可以吸收利用各层土壤水分，特别是上层和深层的土壤水分，所以能维持较高的产量和蒸腾耗水量。据测，沙打旺根系延伸的各层土壤含水量较低，为4—6%，而根系未达到的土层含水量较高，为9—12%以上；荒山植被根系延伸各土层含水量为7—9%。表5所示，二年生沙打旺年蒸腾耗水量累计为193.47毫米，土层3米以上土壤含水量

量为4.4—8.9%，3米以下为8.14—10.89%；封禁2年荒山植被年蒸腾耗水量累计为54.7毫米，年降雨量累计为745.4毫米。封禁2年荒山植被3米以上土壤含水量为9.32

表5 飞播沙打旺和荒山植被的蒸腾耗水量与土壤含水量

生长或封禁年限	年蒸腾耗水量累计 (毫米)		年降雨量累计 (毫米)	沙打旺根长 (米)	土壤含水量 (%)		
	沙打旺	荒山植被			土层深度 (米)	沙打旺草地	荒山植被
一年	5.11	21.89	317	0.2—0.59	0.15—0.25	10—18	
二年	193.47	54.70	745.4	2—3	2.5以上	4.40—7.70	9.32
					2.5—3	6.13—8.90	10.48
					3以下	8.14—10.89	10.56—12.65
三年	477.64	117.25	1146.6	2.8—3.5	2.5以上	4.82—5.18	7.09
					2.5—3	6.50	7.81
					3—5	7.38—9.04	7.95—8.36
四年	985.38	181.88	1560.3	4—5	3.5以上	4—7.29	9.59
					3.5—4	5—7.79	9.49
					4.5—5	6.86—8.74	9.27
五年	1421.16	255.09	1966	4—6.4	5以内	3.70—4.05	8—10.59
六年	1671.45	337.97	2352.5	4.24—5	5以内	3.70—4.13	8—11.90

—10.48%，3米以下为10.56—12.65%。6年生沙打旺年蒸腾耗水量累计为1671.45毫米，5米以内土壤含水量为3.70—4.13%。而封禁6年荒山植被年蒸腾耗水量累计为337.97毫米，年降雨量累计为2352.5毫米，5米以内土壤含水量为8—11.9%。从沙打旺和荒山植被土壤含水量对比中看出，沙打旺因有庞大的根系，能充分利用土壤有效水分，满足蒸腾耗水量的需要，干物质生产量高。

表6为沙打旺草地与荒山植被水分收支情况。沙打旺产量高，蒸腾耗水量大，而土壤蒸发、降雨流失及其它水分支出较小，因而土壤有效水分利用率较高；荒山植被产量低，蒸腾耗水量小，但土壤蒸发、降雨流失等水分支出大，有效水分利用率低。由此看

表 6 沙打旺草地与荒山植被水分收支情况

7米内土层储水量	6年降雨量累计	沙打旺6年蒸腾耗水量累计	荒山植被6年蒸腾耗水量累计
1274毫米	2352.50毫米	1671.45毫米	337.97毫米

注：(1)7米内土层为沙打旺根系延伸的范围，其储水量为估算数，系根据实测，封禁6年荒山5米内土壤储水量进行估算的(平均土壤含水量为14%，平均容重为1.3)。

(2)土壤蒸发、径流量及其它水分支出，为水分收入合计与蒸腾耗水量之差，为估算数，本年未进行实测。

出，提高荒山植被生产潜力很大，可以采取各种措施，如飞播造林种草等，迅速恢复、建造植被。在生长七、八年的沙打旺草地上续继飞播或种植沙打旺效果如何，有待进一步试验研究。

四、结论和讨论

在半干旱黄土区，影响植物生长发育和产量的主导因子是水分，而蒸腾耗水量是植物水分支出的主要指标之一。

沙打旺和荒山植被蒸腾强度和蒸腾量均具有日变化和季节的变化。蒸腾耗水量的大小取决于植物绿色部分产量和蒸腾量。6年生沙打旺地上部分干物质积累总量为19.537吨/公顷，蒸腾耗水总量为1671.45毫米；封禁6年荒山植被干物质积累总量为3.069吨/公顷，蒸腾耗水总量为337.97毫米。6年生沙打旺为封禁6年荒山植被总产量的6.37倍，蒸腾耗水总量为其4.95倍。沙打旺生产1克干物质需蒸腾耗水851.04克，荒山植被生产1克干物质需蒸腾耗水1144.99克，沙打旺比荒山植被生产1克干物质少耗水293.95克。由此看出，沙打旺在生产干物质过程中耗水较经济，水分利用率较高。

1—6年生沙打旺的根一般较荒山植被的根长2—6倍。沙打旺靠其发达的根系吸收土壤各层的水分，满足蒸腾的需要。

沙打旺能较充分地利用土壤有效水分，产草量高，提供了大量的“三料”，为当地飞播的好草种。在连续生长七、八年、已逐渐衰败的沙打旺草地上，续继再飞播或种植沙打旺，其水分与生长及其它有关情况，尚待进一步研究。荒山植被产量低，土壤有效

陕北黄龙山植被保持水土的研究

邹厚远 程积民 张玉钧

(中国科学院西北水土保持研究所)

黄龙山位于陕北黄土高原的东南部,是典型残留植被保存较好的次生林区,也是黄河中游的水源林区。它除能提供一定数量的木材外,并对周围地区的农业起着保障作用。故从生态上了解黄龙山植被保持水土的机理与作用,能为经营次生林和营造水土保持林、水源涵养林提供科学依据。

一、自然和植被概况

黄龙山位于北纬约 $35^{\circ}25'$ — $36^{\circ}04'$ 和东经 $109^{\circ}35'$ — $110^{\circ}16'$,总面积约390万亩,行政上主要在黄龙县境内。地质岩石主要是三叠纪的砂岩和页岩,其上复盖第三纪红土、老黄土和第四纪黄土。地形属黄土丘陵山地,由西北向东南倾斜,海拔1,000—1,700米。冢字梁海拔1,745米为最高峰,是黄河和洛河的分水岭。山地相对高差200—300米,东部300—500米。气候属于暖温带,年平均气温 8.6°C ,一月平均气温 -5.9°C ,七月平均气温 21.8°C ,极端最低气温 -22.5°C ,极端最高气温 36.7°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $2,977^{\circ}\text{C}$ 。年日照

水分没有被充分利用,因而生产潜力大,应对荒山植被进行改造,提高生产力。

限于试验条件,在测沙打旺与荒山植被蒸腾的同时,未对土壤蒸发及降雨流失等水分支出进行测定,因而对水分收支情况分析较粗。另外,沙打旺较荒山植被根系庞大,有较多的干物质运往根部,在用计算蒸腾系数公式时未将根部干物质计算在内,因而增大了蒸腾系数值。今后应进一步测定沙打旺地上、地下干物质量,确定其蒸腾需水量。

主要参考文献

- [1] E.M.拉甫连柯等著:“自然生长条件下的植物蒸腾的研究”,《野外地植物学》第一卷,陈昌笃、李恒、郭秀珍译,科学出版社,1965年,398—416页。
- [2] 黄银晓、林舜华:“宁夏头道湖沙地主要植物群落水分状况的研究”,《植物学报》1974年第4期355—364页。
- [3] 林舜华、黄银晓、孔令韶:“宁夏回族自治区阿拉善旗头道湖地区植物群落的生态生物学研究——植物群落动态、水分状况及主要植物化学成分的特点”,《植物生态学研究报告集》第一集,科学出版社,1978年,153—199页。
- [4] 廖国藩、姚彦臣:“羊草水分生态与土壤水分的关系的研究”,《中国草原》,1980年第3期。