

綠洲新月形沙丘
几种栽培植物的蒸騰作用

廖次康 姜羽軍



中国科学院治沙队
沙坡头試驗站

格状新月形沙丘上 几种栽培植物的蒸腾作用

植物藉蒸腾方法把水分升起，使矿物质容易进入植物体内如在本里百转校，而使有机体顺利地完成生长发育。然而在干旱气候和土地贮水又有限的条件下蒸腾作用可以成为灾害。季米里亚席夫曾用下面一句话概括了对蒸腾作用的观点：“从这个过程^中常在自然界里进行时所达到的规模说来，与其把它看做是必需的生理上的机能，倒不如把它看做是不可避免的物理上的灾害。”东部腾格里沙漠地处半荒漠地区，气候非常干燥，年降水量约170—200毫米，而在地下水埋得很深的格状新月形沙丘上沙地含水又仅在23%左右的自然条件下，对于栽培植物水分是一个限制因子。正如季米里亚席夫所说，在这种情况下强烈的蒸腾作用的确是不可避免的物理上的灾害。因此研究流沙地上的植物蒸腾作用的重要意义即在于揭发蒸腾作用的内在规律及对其影响的外在因素，从而给沙地水分平衡的研究和固沙造林工作^{中的}造林密度、植物配置等问题提供一些资料。

研究蒸腾作用的方法很多，它们可以分为下列三类：

一植物所放出的水蒸汽的收集与计算；

(二) 在蒸騰过程中植物重量变化的計称；

(三) 蒸騰时植物所吸的水量的計称。

以上三类的研究方法中，目前尚无一种是十分完善的。选择适当的研究方法对工作的关系很大，此次試驗我們选择了第二类的——种无水称重法：选于植物内一部位上切下带有数叶片的枝条，并于切口塗以凡士林，然后迅速在扭力天平上称重，经过3分钟后再次称重，两次重量之差即为3分钟内的蒸騰量，最后計称每小时每平方厘米叶面积蒸騰量的克数，是与蒸騰速率^{*}。这种方法以迅速简便而著称，但其主要缺点是对外界的促进蒸发的因素达到时，蒸騰速率在时间上下降的速度很快，显然，对于蒸騰强烈的植物是不够理想的。现以黄柳在15分钟内蒸騰变化情况为例（表1），它的蒸騰量是随时间而逐渐减弱的，在最初的几分钟内降低得比较迅速，之后就渐趋缓慢。共凡

— X — X — X — X — X — X — X — X —

* 测定叶面积的方法是把叶片先印在透光纸上，并剪下透光纸上的叶印痕，放在天平上称重，然后根据已知透光纸单位面积重量計称出它的印痕面积，即为测定的叶面积；其公式：

$$\text{叶面积} = \frac{\text{透光纸面积} \times \text{剪下的印痕重}}{\text{透光纸重}}$$

正确地計算叶面积是一项非常困难的工作，对于子蒿、油蒿等叶子细小的植物叶面积测定时，不可避免地产生一些误差。现有提出以叶重为单位而代替叶面积者，很值得考虑。为了获得正确而实用的数据，对于研究方法的研究今后还将进一步讨论。

表1 黄柳在最初15分钟内的蒸腾及变化 (5月21日测定)

测定时间(分)	蒸腾量(克/米)	每分钟间隔内的蒸腾量(克/米)
0	0	0
1	4.32	4.32
2	8.10	3.78
3	11.34	3.24
4	12.56	1.62
5	14.04	1.08
6	15.12	1.08
7	16.02	0.90
8	16.92	0.90
9	17.82	0.90
10	18.63	0.81
11	19.44	0.81
12	20.25	0.81
13	21.06	0.81
14	21.87	0.81
15	22.68	0.81

是在于离体(剪下的)枝叶的水分消耗速度超过了它的输导速度，使水分亏缺增加，引起叶子萎蔫。另一缺点是测定

的植株虽取自同一植株同一部位，但其所处环境还是相当复杂，蒸腾作用也有差别，而测定时很难从外表判断它们的差别，因此每次测定的数字不可避免地存在一定的误差。

个别气象因素对于蒸腾的影响起着重要的作用，因此在研究蒸腾作用时，必须尽可能查明个别有关因素——太阳辐射、气温、空气饱和差、风速、自由水而蒸发——对蒸腾的相对影响。由于缺乏仪器，我们在测蒸腾的时仅作了气温、饱和差和风速的测定。

我们选择了油蒿、籽蒿、沙枣、花棒和黄柳作为测定的对象，它们的栽植及生长情况见下表（表2）。

表2 用于测定的植物的栽植及生长情况

植物种类	栽植时期	栽植方法	高度(厘米)	冠幅(厘米)
沙枣	56年春季	实生苗	120	105
黄柳	全上	扦插系	117	290
油蒿	全上	野生苗	70	90
籽蒿	58年春季	实生苗	102	160
花棒	全上	实生苗	140	205

自5月21日起每10天测定一次，每次一昼夜至至今共测定了3次。下页将三次测定的各植物的蒸腾周进程列于表3。

表3

几种主要植物蒸腾强度周日进程

(单位: 克/小时/米²)

时 间	油		蒿		籽		蒿		以		枣		花		棒		黄		柳	
	V-21	VI-1	VI-1	VI-1	V-21	VI-1	VI-1	VI-1	V-21	VI-1	VI-1	V-21	VI-1	VI-1	V-21	VI-1	VI-1	VI-1	VI-1	VI-1
	绝对值	名	绝对值	名	绝对值	名	绝对值	名	绝对值	名	绝对值	名	绝对值	名	绝对值	名	绝对值	名	绝对值	名
4—5			111.94	42	99.00	21			126.56	29	81.30	19			31.09	18	7.36	7		
5—6			89.28	34	64.65	14			99.91	21	57.22	12			21.89	13	6.80	7		
6—7	97.76	16	62.13	24	98.00	21	188.17	59	107.76	25	74.85	17	119.52	61	28.88	17	40.37	39	207.25	39
7—8	56.05	9	186.82	69	87.71	19	367.84	115	270.27	62	213.81	49	222.89	113	97.51	58	112.13	108	520.83	98
8—9	290.51	48	227.27	86	363.12	79	466.83	146	368.66	85	312.46	79	125.59	64	161.54	95	142.61	137	259.59	49
9—10	449.74	74	344.83	131	623.72	92	90.91	28	498.86	115	557.23	128	182.93	93	246.53	146	239.61	213	550.12	103
10—11	443.68	73	432.10	164	518.13	113	130.52	41	467.49	108	665.11	107	134.57	69	251.64	149	205.47	198	403.22	76
11—12	625.00	103	370.37	140	387.20	84	270.27	84	388.25	90	305.23	70	136.53	70	202.35	120	168.54	162	400.00	75
12—13	605.53	100	263.85	100	460.52	100	320.00	100	433.07	100	434.78	100	196.43	100	169.13	100	103.80	100	531.91	100
13—14	642.02	106	260.66	99	318.18	68	278.12	68	290.79	48	576.44	133	121.02	62	171.87	102	117.54	113	472.63	89
14—15	270.09	45	184.61	70	419.84	91	331.32	104	358.01	92	470.58	108	116.50	59	135.56	80	100.15	96	570.65	107
15—16	289.22	48	278.28	105	266.15	58	336.73	105	195.31	45	448.99	99	137.79	70	137.33	81	94.99	92	560.34	105
16—17	313.35	52	302.04	114	421.65	92	296.70	93	359.71	83	295.63	68	166.01	85	139.33	79	97.22	94	593.82	112
17—18	284.81	47	154.18	58	278.88	61	337.08	105	300.75	69	261.96	60	66.82	24	111.73	66	103.49	100	549.74	103
18—19	403.58	70	137.61	52	330.73	72	236.36	74	311.24	72	270.88	62	95.42	49	144.23	55	91.18	88	342.10	64
19—20	244.75	40	100.25	38	245.90	53	187.50	59	62.37	14	170.94	39	95.39	49	122.66	73	73.28	71	239.36	45
20—21	75.19	12	78.12	30	99.67	22	11.14	4	69.61	16	73.71	17	19.43	10	9.82	9	9.50	9	68.65	13
21—22	0	0	40.54	15	78.74	17	36.41	11	11.79	3	76.21	18	29.42	15	0	0	14.24	14	0	0
22—23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50.00	12	0	0	0	0	0	0	0	0

由表3可见，所有被测定的植物的蒸腾作用周日进程，不管它们的旱生性程度如何，大致上是一致的：清晨4时以前蒸腾就逐渐增加，日午以后就迅速加强，达最大值后，又迅速降低，直至21—23时蒸腾作用就降低得非常微弱，以致停止；所有植物的蒸腾最大值都在中午以前出现，而黄柳出现得最早，有时在6时已达顶峰，其它植物大致开始在5时以后，而籽蒿、油蒿、花棒等生长于当地流沙或半流沙上的植物最大值出现的时间拉得很长，几乎在5—17时之间都可出现。

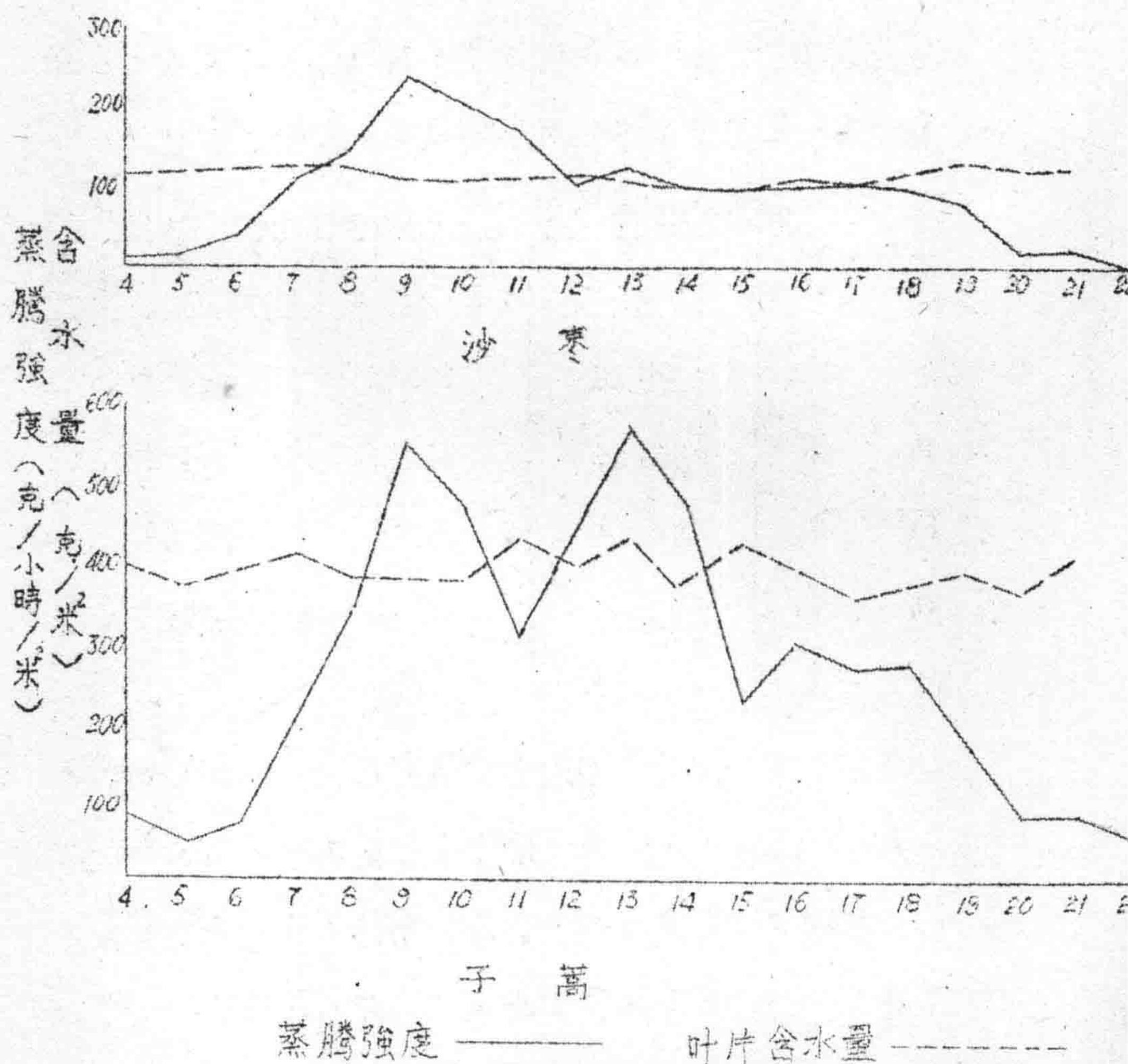
植物蒸腾的周日进程或多或少影响着叶子含水量的周日变动，与蒸腾相反，中午时间叶子的含水量一般要低于清晨。含水量最大值常^常见于清晨，最小值常出现于中午，最小值为最大值66—78%（表3）其他植物种在程度上有

表4 叶子含水量的变化范围（6月11日测定）

植物名称	每平方厘米叶面积的水量(克)		二者之比(%)
	最大值	最小值	
黄柳	262.11	186.75	71.3
沙枣	125.84	58.01	72.5
花棒	355.15	256.27	72.1
籽蒿	455.17	345.05	70.0
油蒿	625.50	418.03	66.4

可差别：蒸腾作用弱的沙枣相差得较小，油蒿、籽蒿、花

樟和黃柳等蒸騰強的植物則相差比較顯著。不論差別的大
小如何，所有植物的叶子含水量周日变化^况是很平緩的
，不像蒸騰過程那樣变化強烈（圖1），這說明植物叶子
本身起着一定的調節作用，因時能不斷地吸取水分的補給
因蒸騰而造成的虧缺。



图一 沙枣和子蒿的蒸騰作用和叶片含水量的周日变化关系

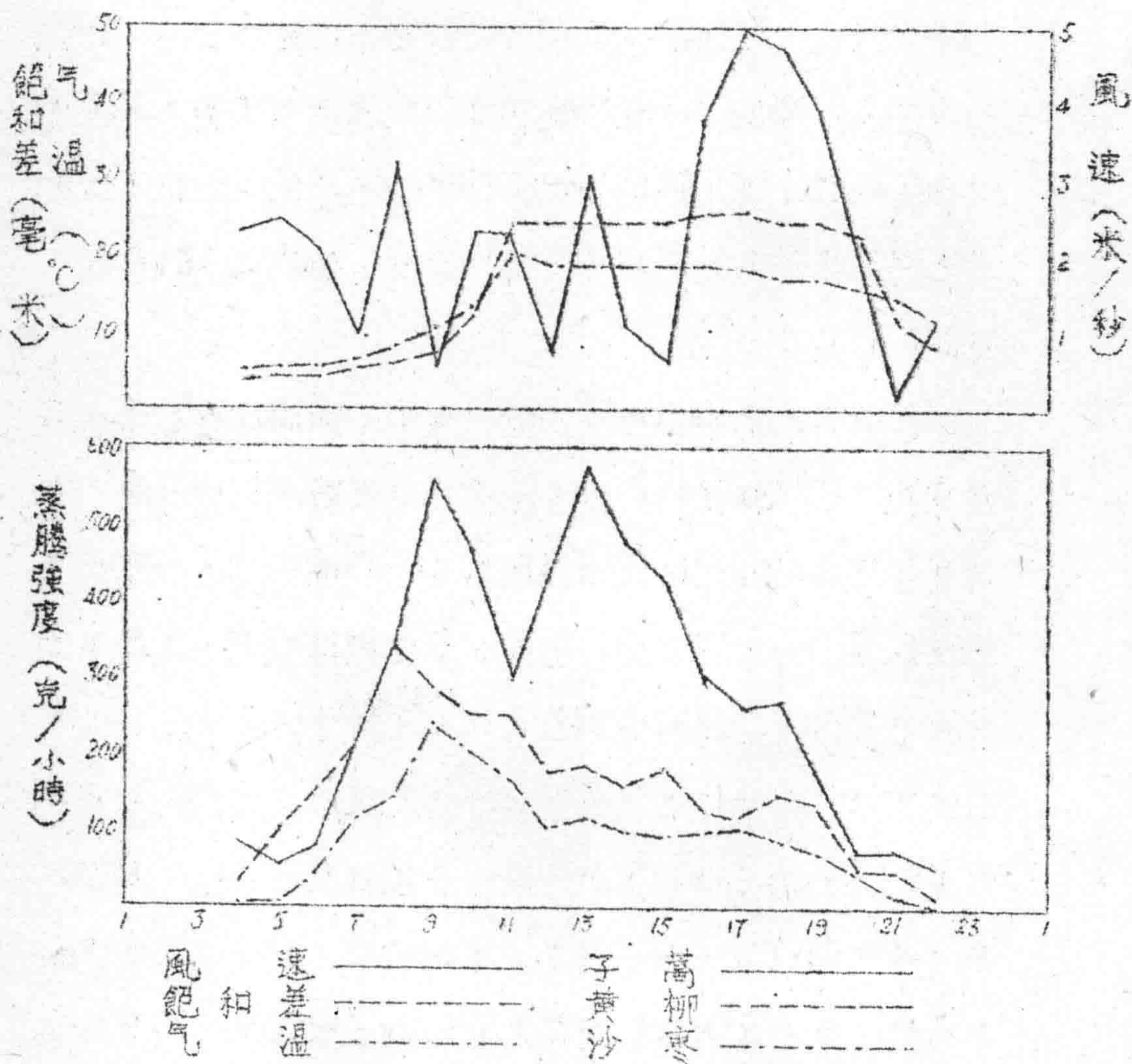
除上述规律性外必须特别指出，鄉土的沙生植物表现出极大的蒸腾强度（表5），籽蒿、油蒿、花棒的日子均强度约200克/小时/米²，它们的日最大强度有时可达600克/小时/米²左右，而黄柳只有它们的一半，沙枣则更小，仅为蒸腾强度最大的花棒的40%。可见，沙地的旱生植物并非一般人认为那样都为蒸腾较弱者，相反，有时都比中生植物要大得多。可见沙地旱生植物并非不需水分，而在于极端干旱的季节中仍能维持其正常的生命活动。

表5 各植物蒸腾作用比较 (5月24日、6月10日及7月14日三次测定)

植物名称	蒸 腾 强 度		
	日 总 计	日 最 大	日 平 均
花 棒	4729.82	593.82	197.07
油 蒿	4664.24	642.02	194.34
籽 蒿	4526.12	576.44	188.59
黄 柳	2536.16	348.36	165.25
沙 枣	1950.30	251.64	81.26

正如上述，旱生植物的蒸腾强度甚大，因此它们消耗的水分是相当可观的。表5数字指出花棒每亩由每平方厘米叶面上蒸的水分竟高达约5公斤，而沙枣虽然要小得多，日蒸腾量约2公斤。不论蒸腾强的花棒，蒸腾弱的沙枣，或是其它植物，它们所消耗水分的数量对于干旱的沙地来说都是非常惊人的。

如所周知，植物本身对蒸腾作用具有一定的调节作用。然而蒸腾作用的周日进程很大程度上是依外界气象因素的变化而转移的（图2）。因此可以说蒸腾作用本质上是是在外界因素影响下的物理的蒸发过程。



图二 蒸腾作及有关气象因子的周日进程

图2係由七月11日的测定结果，由图可以看到籽蒿的蒸腾作用的周日进程大致与各气象因素周日变化相一致，但是蒸腾的最大值往往会出现得较早（油蒿、花棒情况与籽蒿相似，于本图中未曾绘出，可参阅表3故字）。而观察到黄柳和沙枣的情况略为特殊，它们的最大值比各气象因素的最大值出现得要早得多，当各因素迅速加强时，它们却反而有所降低。这两种植物都不见流沙上的本土种，而是由外地或生境不同的地区上引进到干旱的流沙地上去的，也许为适应当地剧烈气象变化条件，植物本身就表现一种调节作用。

在所有的影响蒸腾作用的因素中，太阳辐射起着主导的作用，它不仅直接影响了蒸腾周日进程，同时引起了其它气象因素的变化，而间接地影响了蒸腾作用。可惜由于缺乏仪器，未曾对太阳辐射周日变化进行观测，然而单凭白天与黑夜之间蒸腾作用差异之大，足见其影响之巨了。我们于5月21日13时30分对处于日光及荫影下的籽蒿蒸腾作用测定的结果为：在日光下一蒸腾强度为565.66克/小时/米²，荫影下一341.11克/小时/米²，前者为后者的166%。这一事实明显地由于叶绿素强烈地吸收光能，使在日光下叶子的温度提高，这样也就引起空气饱和差加大，蒸腾作用也因而加强了。

风的加强无疑能促进蒸腾作用，但是一般情况下这种作用并不显著（表6），~~风对蒸腾之影响~~只有阵风加强，并且波动得厉害时，常促使蒸腾周因过程返幼（在这一情况在7月11日的观测中才发现，可得资料未能补入，特此附笔），风对蒸腾之影响是共作用于其它因素而间接地起作用的。其之能促进蒸腾乃在于从蒸腾表面上吹走潮湿的空气，使空气饱和差提高，以致吸取了叶内细胞间隙中的湿润空气。

测定时间	植物种类	测定时的风速 (米/秒)	蒸 腾	速 度
			绝对值(克/时)	比值 (%)
13:30	籽蒿	4.7	425.59	111
		1.0	385.80	100
11:30	沙枣	5.6	156.08	103
		0	152.67	100

通过对几种植物蒸腾率的测定，对于沙地栽培植物耗水情况已具初步概念，正如文中所述，它们的消耗是非常惊人的。大家知道，当植物覆被率还到35%时，流沙就基本上被固定，此时植物耗水若何？沙地水分是否够用，即根据沙地水分情况这类植物能否达到这样的覆被？这的确是一个令人深思的有趣的问题。我们也曾作了一个统计，（表7），由工作做得很不充分，表列数字很不成熟，仅能供作参考而已。

表 7 覆被率为35%时各植物每日每公顷的耗水量

植物名称	年令	每株冠幅 面积(米 ²)	覆被率为35%时 每公顷应栽株数	耗 水 量	
				每日每株(公升)	每日每公顷(公升)
沙 枣	3	0.14	25,000	214.53	5,363
花 棒	3	0.40	8,750	331.09	2,897
黄 柳	3	0.47	7,447	256.51	1,910
籽 蒿	2	0.19	18,421	362.09	6,670

最后必须指出，植物对水分的吸取与消耗关连着沙地水分的收入与支出，它们间的关系非常复杂，~~通过对它的~~研究只是其中的一丁主要部分，通过对它的研究只能给沙地水分平衡的研究和固沙造林工作提供某些参考资料。只有彻底弄清影响沙地水分平衡和植物水分平衡的所有的有关因子才能够正确地指导生产实践，才能够对固沙造林提出理论依据，从而作出合理的固沙造林措施。

参考文献

1. H. A. 馬克西莫夫：馬克西莫夫选集（上册），
科学出版社 1959年
2. H. A. 馬克西莫夫：植物生理学简明教程（上册）
高等教育出版社 1957年
3. K. 裴鑑、W. 辛基姆斯：植物代谢生理学实验指
导 科学出版社 1958年
4. 斯卡芬金等：植物生理学实验指导 高等教育出版
社

“格狀新月形沙丘上几种栽培植物的
的蒸騰作用”勘誤表

頁	行	誤	正
1	17	----造林 <u>工作</u> 造林密度、	----造林 <u>工作</u> ^的 中造林密度、
2	5	----无木杯重法： <u>多</u> 于植---	----无木杯重法： <u>法</u> 于植---
2-3	14-20	其 <u>原</u> 因是在于 <u>高</u> 矮 <u>下</u> 的---	----其 <u>原</u> 因是在于 <u>离</u> 体 <u>（剪下</u> 的）---
4	6	必須尽可能 <u>查</u> 时 <u>弱</u> 小---	必須尽可能去 <u>查</u> 明 <u>弱</u> 小---
8	3	，这就植物-----	，这說明植物-----
11	7	----都 <u>不</u> 是流沙上的---	----都 <u>不</u> 是流沙上的---
12	2	，风对蒸騰 <u>之</u> 影响只有	，只有 <u>陣</u> 性风加强，
		陣性风加强，	
例12	例2	，由于 <u>工</u> 作做得---	，由于 <u>工</u> 作做得---
13	8	，通过 <u>对</u> 它的---	，植物蒸騰的---

註：本報告印刷后經核對，發現有些字句上的缺欠，故作

勘誤如上。