

目 录

~*~*~*~*~*

<一>	前言	2
<二>	研究方法	4
<三>	結果考察及分析	7
	一、固沙植物蒸騰作用的一般特点	8
	二、固沙植物蒸騰过程的一般規律	10
	三、蒸騰、植物体内含水量和吸水力之間的相互关系	17
	四、土壤水分对植物蒸騰作用的影响	20
	五、蒸騰强度与实际耗水量之間的关系	21
<四>	摘要	23
	附：主要参考文献	24

民勤·沙坡头固沙植物蒸騰作用的初步研究

<一> 前言

在我国干旱的沙漠地区，研究各种植物的水分状况，具有重大的意义。它紧密的联系着解决许多重要的生产实践问题。例如，固定流沙，改造沙漠，经济利用水源，控制灌溉，营造林带，改造天然植被、选种抗旱植物以及在干旱气候条件下植物的栽培等。

蒸騰是极为重要水分状况指标之一。因为蒸騰过程不仅反映出植物的特性，同样也反映许多外界因素影响下，植物水分的消耗。因此对这个问题的研究，可以查明各种植物（植被）的需水程度及需水规律，从而证实个植物水分平衡的研究，进一步经济开发利用水源提出可靠的依据；同时也可为人造改造沙漠植被中确定植物复盖率，造林密度，配置方法提供科学的论据。固沙植物的蒸騰作用是不能作为植物抗旱的直接生理指标的，但这个过程与植物体内水分状况的变化，与抗旱直接有关的许多其他生理特性却有着紧密联系。因此通过对它的研究，可以揭发植物体内水分状况变化的特点，抗旱生理特性方面的差异及抗旱生理特性方面的联系，从而给选育优良的抗旱植物，提高植物的抗旱性提供理论上的依据。

因此，我们兰州大学四、五年级的同学，结合毕业及学年论文，试图在这方面作一些探讨。

结合生产实习，我们之间的同学于一九六零年九月至十月在宁夏中卫沙坡头参加了有关植物蒸騰作用的研究工作，今年我们又承担了民勤沙坡头“关于固沙植物抗旱性的研究”课题。在总的课题下，对植物的蒸騰已开展了比较全面的研究。现将所取得的资料加以整理与分析，作为此项工作的阶段性小结。

本文总结的材料来源主要是今年5—7月在民勤站工作所获得的资料，但也应用了相当一部分去年沙坡头治沙站对此问题的研究资料。去年沙

鼓头站这个研究项目很大，一部分工作是由鼓站廖志远与王勃军同志做的。此外在整理过程中还参考了地理所郑度等同志去年在民勤站进行有关这个问题的研究资料，今年我们的工作又得到了他们的有力支持。因此这篇文
章实际上是二年来许多同志集体劳动的成果。

由于我们是第一次在野外条件下进行这方面的工作，研究的方式方法也还存在着一定的问题；且时间又短，知识有限，经验缺乏；因此在对资料的分析及看法上一定会有许多片面及错误的地方，希望同志们提出批评与指导。

* 先后参考这一工作的同志有：董瑞琪、王嘉陵、张从傑（1960
沙鼓头）；董瑞琪、龙传家、步丰己、周易天、邓立发、李扶兴、肖远峰、
贾敬芳、刘曼琳（1961民勤）。

〈二〉 研究方法

在研究植物的选择上我們确定这样几点原则：

1. 天然植被中的优势植物和人工固沙造林中的主要树种。
2. 具有较强抗旱固沙能力的植物及适应沙漠地区生长具有较大经济价值的植物。
3. 各种不同生态类型的植物。

根据这样原则，去年在沙坡头我們确定了：具有近似针状分裂叶型的适应沙漠地区生长的籽蒿 (*Artemisia spinaeroclosana*)；叶变为叶卷，叶面缩小，适应新月形沙丘鏈上生长的花棒 (*Hedysarum scoparium*)；具有很大经济价值，能适应腾格里流沙上生长的主要造林树种沙枣 (*Elaeagnus angustifolia*)；及与籽蒿相类似的油蒿 (*A. ordosica*)。在民勤站我选择了：无叶型的荒漠植物梭梭 (*Holoxylon ammodendron*)；具有鳞片叶型的多枝柽柳 (*Tamarix ramosissima*)；荒漠地区唯一天然喬木树种胡杨 (*Populus diversifolia*)；具有肥厚质叶片的小灌木盐肤木 (*Nitraria tangitorum*)；毛叶白刺 (*N. roborowskii*)；及当地营造林带的主要树种之一的小叶楊 (*Populus simii*)；此外还繼續确定了沙枣、籽蒿、油蒿为研究对象。

为了在野外自然条件下能大量进行各种植物蒸腾作用的测定，我們选择了快速称重法作为研究植物蒸腾的主要方法。这个方法的原理基础是剛离体的蒸腾部分在短時間內蒸腾作用不会立刻改变，能较真实地反映出植物蒸腾部分水分丧失过程。为了验证这个方法所得資料的正确程度，我們也採用了收集植物放出的水汽而自制的蒸腾计来作比较实验(表一)是这次实验的结果：

表(一) 不同方法蒸騰強度測定值比較

1960.10.10

植 物	次 数	快速称重法測定 (mg/时)	集汽法測定 (mg/时)
沙柳 < <i>Blaea caudata angustifolia</i> >	第一次	9.88	10.60
	第二次	20.38	15.90
黃柳 < <i>Salix flaccida</i> >	第一次	21.91	22.44
	第二次	29.80	30.12
花柳 < <i>Hedysarum scoparium</i> >	第一次	30.09	21.99

这次試驗結果說明了在荒漠地区用快速称重法来測定植物蒸騰时，只要時間掌握得恰当，其測定值还是相当可靠的。

在具体測定过程中，採用了規格 50—500 毫克的轉力天平，被测材料重量按植物的不同一般在 200—400 毫克左右，从剪枝到称量間隔半分鐘左右，前后二次称重間隔三分鐘，在間隔期間，将被測材料暴露於自然環境之中。測后将材料放於鋁盒中，取出烘干，求其蒸騰強度及含水量。

在測定过程中，我們一般採用固定样地，固定样株。測定日期在去年，每隔十天进行一次，昼夜观测，並結合不定期的白天观测（每小时一次），沒有重复。今年在勤站採取了不定期的昼夜及白天測定，每两小时一次，一般有一次重复。

由於蒸騰过程主要依气象因子而轉移，为了考查气象因子与植物蒸騰

的关系及分析植物的蒸騰規律，在測定蒸騰的同时，用通風干球溫度計、風速儀、地表溫度計，記載氣溫，溫度、風速、沙面溫度、水面蒸發，有时还用点溫度計測定植物的体温，叶溫等。

測定所获得的資料根据用表格及曲綫形式表示；對於植物的蒸騰强度用蒸騰部分的表面积* ($\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{时}$) 表示或用鮮重 ($\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{时}$) 在研究过程中經常涉及到含水量的变化，为了与蒸騰强度表示相适应，我們单位面积上的含水量 (mg/cm^2) 或单位鮮重含水量 (mg/mg) 来表示含水量。

为了把各种植物的資料彼此比較方便，使各种数据更加明显起見，在我們的發表中，还运用了馬克西莫夫所提出的“蒸騰比”来表示蒸騰过程的周日进程，用李文斯頓 (1906) 提出的“相对蒸騰” (植物蒸騰与自由水面蒸發量之比較值)，来表示和比較不同植物不同生境下的蒸騰过程。

* 測量叶面积的方法是把叶片在感光紙上，然后剪下印在紙上的面积，用天平称量，然后根据已知感光紙单位表面积重量計算印痕的面积，为被測的叶面积。

由於野外大量的測定，不可能全部測量出叶面积，因此我們將測定面积的叶片烘干，求出面积与干重的系数，多次重复，算出平均系数。

在我們大量測定蒸騰之后，將材料在 $100-105^{\circ}\text{C}$ 烘三小时以其干重乘此平均系数即得出叶面积。於植物叶子的生长有变化，故必須經常校正这种系数。

〈三〉 结果的考查及分析

一、固沙植物蒸腾作用的一般特点：

民勤、沙坡头地区生长的植物具有一定的旱生特性，这些属于典型的旱生性较强的植物蒸腾量是我们研究过程中首先遇到的问题。表（一）（二）是研究植物蒸腾强度的测值，这二表的测值可以代表它们生长期的蒸腾量。

表二 沙坡头几种植物蒸腾强度 (mg/cm² /时)

表二

1960-6-21-期

植物名称	白天平均蒸腾强度	最高蒸腾强度
籽蒿 <i>Artemisia</i> <i>Sphaerocephala</i>	26.2	45.0
油蒿 <i>A. Or osica</i>	30.7	45.4
花棒 <i>Hedysarum</i> <i>Scorarium</i>	22.5	44.6
黄柳 <i>Salix flav-</i> <i>ida</i>	18.9	33.5
沙枣 <i>Elaeagnus</i> <i>angustifolia</i>	12.9	22.2

民勤几种植物的蒸腾强度 (mg/cm² /时)

表三

1960年6月16日测

植物名称	白天平均蒸腾强度	最高蒸腾强度
------	----------	--------

籽蒿	Artemisia SP	35.0	55.4
	Sphaerocephala		
油蒿	A. Ordosica	28.0	42.0
梭梭	Haloxylon am-	25.3	35.0
	modendron		
胡楊	Populus divers-	24.1	35.8
	-sifolia		
毛叶白刺	Nitraria	23.9	34.7
	roborowskii		
酸胖	N. tangutrum	17.0	28.7
多枝檉柳	Tamarix	15.6	26.2
	ramosissima		
沙棗	Elaeagnus ang	10.6	13.5
	-ustifolia		
小叶楊	Populus si-	7.2	9.3
	monii		

上表反映出这些植物具有較強的蒸騰能力。天然植被的植物，在白天单位表面积所蒸騰水分的平均值为自由水面蒸发量的40%—90%，个别植物在最高蒸騰强度时甚至超过自由水面的蒸发量。

各种植物蒸騰强度的绝对值和相对值只表示出它們耗水特点的一个方面。我们还可以从量一角度——从水分消耗速度来考察这些植物，表(四)是与表(三)相对应的一分表，它說明了水分在这些植物內周轉的情况。

(表四見次頁)

各種植物水分消耗速度

表四

1960.6.16測

植物名称	白天每小时平均蒸騰耗水量 (佔含水量%)	水分周轉 一次時間 (分)	蒸騰最大値 時耗水1%	蒸騰最大値時 水分周轉一次時間(分)
酸沙棘 <i>Nitraria tangutrum</i>	171	84.5	139	37.6
梭梭 <i>Haloxylon ammodendron</i>	79	76.0	111	54.0
多枝柳 <i>Tamarix ramosissima</i>	86	70.0	125	48.0
毛叶白刺 <i>Nitraria roborovskii</i>	92	65.0	160	37.6
小叶楊 <i>Populus simonii</i>	108	55.5	143	42
籽蒿 <i>Artemisia sphaerocephala</i>	1163	36.8	252	23.4
胡楊 <i>Populus diversifolia</i>	174	35.4	265	22.2
油蒿 <i>Artemisia ordosica</i>	171	35.1	270	22.2
沙棗 <i>Elaeagnus angustifolia</i>	260	23.1	325	18

上表数字清楚的指出：这些植物对水分的输出量是十分惊人的。它们在白天平均水分周轉一次只需23——84分钟，在最高蒸騰时只需15—54分钟。通过表(三)(四)的数据証明了这些植物在长期沙漠环境的适应过程中，形成了具有很强的耗水能力，它們以这种特点来适应沙漠地区干旱而酷热气候条件。

三、固沙植物蒸騰过程的一般规律：

通过几十次对各种植物蒸騰过程中进行测定后，已基本上查明这些植物蒸騰的变化规律。下表(五)是沙坡头几种植物蒸騰强度的季节性变化趋势。

几种植物蒸騰强度的季节变化 (mg/GM² / 2时)

表五

1960年

植物名称	五月下旬	六月	七月	八月	九月	十月
油蒿 Artemisia Ordo Sica	22.1	18.6	14.6	14.7	12.7	8.5
籽蒿 A. sphaerocephala	17.8	20.0	13.3	18.6	8.2	6.2
花棒 Hedysarum Scoparium	28.8	17.2	10.8	16.3	11.2	9.8
黄柳 Salix flavida	9.6	10.9	6.4	7.7	10.1	8.0
沙枣 Elaeagnus angustifolia	10.0	8.4	5.2	5.2	4.1	3.5

上表的数据指出了各种植物的蒸騰强度不是恒定的，它們是随着季节和植物发育时期而轉移的。春季的到来，温度上升，植物由萌芽而迅速生长，蒸騰

作用也随之增强。上表五月下旬的数据正反映出这种情况（五月下旬以前没有系统的资料，故未列入表内），七月分植物生长缓慢，其蒸腾作用显著下降，例如花棒月平均蒸腾强度由五月下旬的 25.8 下降至七月分的 10.8 。我们认为七月分蒸腾强度下降是由于气候条件的恶化所引起的。据沙漠头气象资料证明七月分平均温度是全年中最高的月份，绝对最高温度（ 37°C ）也出现在七月（ 1936 ），由此可见，在七月气候条件变得十分干旱和酷热，加之其时地表蒸发量的迅速增加，土壤水分含量显著下降，所有这些恶劣的气候条件使植物的生长处在极其不利的环境之下。有机体为了适应沙漠的酷热干旱的气候条件，它们的气孔关闭（或只有清晨开放）这样使叶子光合能力减低，植物的生长速度减慢或停止，并改变本身的新陈代谢水平，使建立在较低的水平上，以这样的方式来维持机体与环境条件的统一，所以蒸腾作用在七月分表现出下降。

八月起气候条件有所改善，大部分植物也由坐长转入发育，开始现蕾开花，机体内新陈代谢的过程加强，故此时蒸腾作用又有所回升，九月下旬起随着气温的下降，植物发育期接近结束，蒸腾作用相应的减弱。

需要提出这样一个问题：去年同期地理所郑康等同志在民勤站也进行了对各种植物蒸腾作用的季节性变化的考察，下面是他们总结中的一段——“由于季节的变化，形成两边低，中间高的单峰曲线——植物蒸腾时最大值相应的月份是7、8月，随后又下降——”。这个结论与我们考察的结果是有矛盾的。为了更清楚的阐明这个问题，我们列出了图（一）和表（六）。图（一）是对几种植物60年5月21日及7月11日蒸腾日进程及气象要素，日进程曲线的比较。表（六）是今年6月13日及7月13日对柳等五种植物测定的数据。

从图（一）表（六）来看，决定蒸腾作用的气温及饱和差均是七月偏高（当然！这二天均是晴朗天气），而其蒸腾值均低。因此：我们认为这二地区沙漠植物蒸腾作用季节性变化并非像郑康等同志提出的那样呈两边低中间高

項目	名稱	時間 日期	9-10		11-12		13-14		15-16		17-18	
			6月 15日	7月 13日	6月 15日	7月 13日	6月 15日	7月 13日	6月 15日	7月 13日	6月 15日	7月 13日
气象 因素	气温		20.0	23.2	25	26.6	26.0	31.8	26	33.8	26	31
	飽和差 (mb)		12.7	12.8	18.9	26.2	27.4	28	17.4	34.9	18.3	31.8
蒸騰 强度	蔣蒿		1.50	1.20	1.9	2.3	1.7	1.4	1.7	1.15	1.1	0.81
	油蒿		1.19	1.36	1.37	0.55	1.60	0.25	1.5	1.2	1.1	0.62
	酸胖		0.72	1.01	0.7	0.62	1.30	0.42	0.6	0.31	0.5	0.44
	刺叶白刺		0.91	1.07	0.81	0.97	1.27	0.58	1.1	0.24	0.7	0.35
	檉柳		1.20	0.88	1.5	1.74	1.81	1.4	1.7	0.87	1.3	0.9

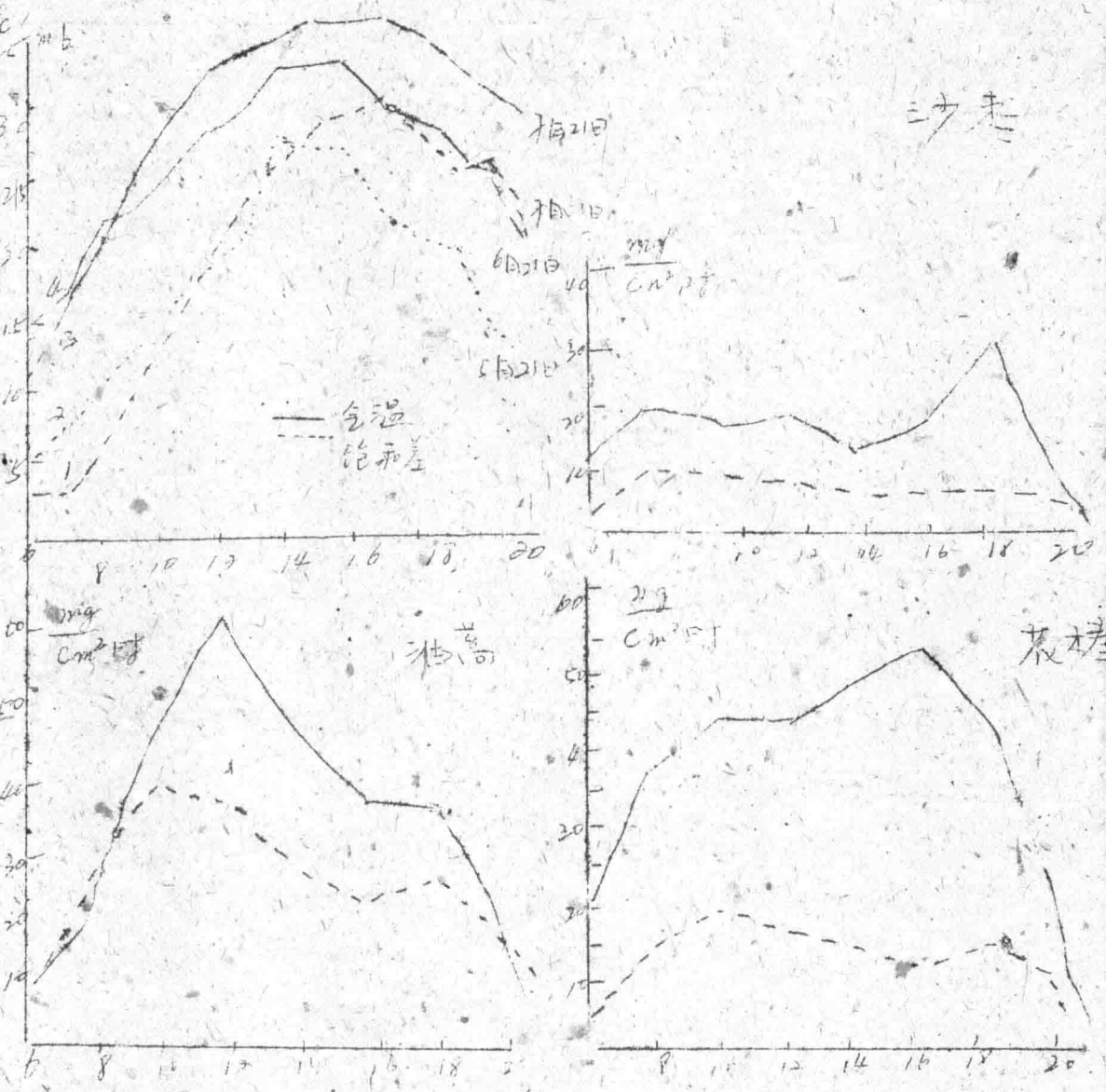
(图一見次頁)

的单峰曲線，而是在七月分蒸騰作用有着普遍下降的趨勢。這個問題是值得作进一步的研究和証实。

植物蒸騰作用的周日进程，也是我們在研究过程中最早注意的問題之一。几乎以往的研究者作出了一致的結論：植物蒸騰作用的周日进程有节奏的，它大体上符合气象因素的进程，呈现出符合气象因素周日进程的單峰曲線。在我們的几十次的考察中，获得大部分的資料是符合这种結論的。我們曾經仔細考察过蔣蒿等五种植物十四次昼夜測定的結果，在七根周日进程的曲線，佔 61.5%。表(七)是六月十六日所获得的數據，图(二)是与表(七)相应的曲線(表(七)与图二見 14、15 頁)。

为了更清楚地反映出它們的变化过程，在图表中我們用了“蒸騰比”，它表示不同时期的蒸騰强度与最高蒸騰强度的比例百分数。

表(七)图(二)明显地看出，各种不同类型植物蒸騰作用周日进程大体上是一致的。清晨，各种植物的蒸騰是极其微弱的，随着太阳的上升，和



5月27日

7月1日

图一、五月七月蒸腾强度比较(对气温、饱和差)沙家坳

气温饱和差的升高，蒸腾作用迅速加强。至中午前后，蒸腾强度较前
 於气温、饱和差达到最大值。之后，开始出现下降趋势。至日落后，蒸腾
 作用就降低至黑夜微弱水平，几乎所有资料表明，在黑夜时间，植物的
 蒸腾作用是极小的。我们曾计算过六零年9月12日至14日对粘高粱等

几种植物蒸騰作用的周日进程 (佔最大值的%)

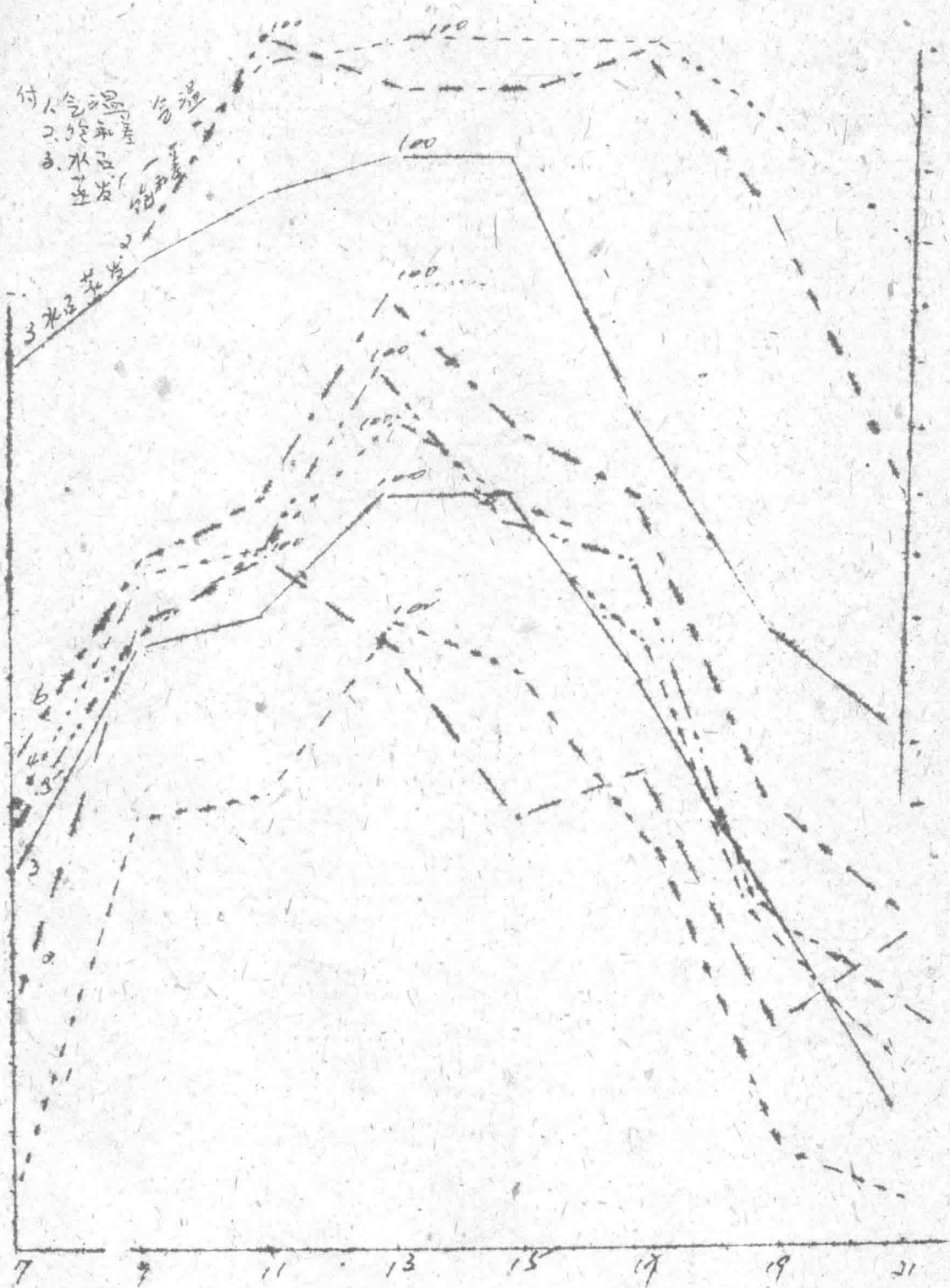
表七

61.6.16

植物	时 间	蒸騰比							
		7-9	9-11	11-13	13-15	15-17	17-19	19-21	21-23
胡 楊		27	38	69	100	83	69	21	42
籽 高		31	87	100	86	59	66	25	30
油 高		40	76	81	100	86	69	17	10
酸 胖		11	62	81	100	91	65	17	10
毛叶白刺		36	79	63	100	100	71	32	0
多枝檉柳		28	50	71	100	77	91	10	5

这五种植物連續二天測定的結果，它們在黑夜(20点—3点)的蒸騰只佔总蒸騰水量的7—18%，可以認為，在黑夜里蒸騰水量的減少，對於某些地区植物來說，具有重大的生理學意义。它們在白天由於強烈的蒸騰作用而引起植物体内的水分元缺，在黑夜里得以恢復。此外，这种現象也说明了太阳幅射是決定植物蒸騰进程的主要因素。

虽然我們的大部分資料，統計中61.5%，証實了这些植物蒸騰进程是大体上符合气象因素进程的結論。但也有相当一部分——32.5%的数据並不完全符合这样的規律，而表現出另一种情况，图三(見1.6頁)是今年九月十三日对四种植物測定的結果，图四(見1.7頁)是今年六月二十三日获得資料的一部分，从图三、图四可見，蒸騰白天进程有时也表現出二个最高点，即呈双峰形，个别情况下也可能出現多峰形。



(/ -- 6 說明見次頁)

图二 蒸騰白日进程 61年6月16日民勤

1. - - - 白茅

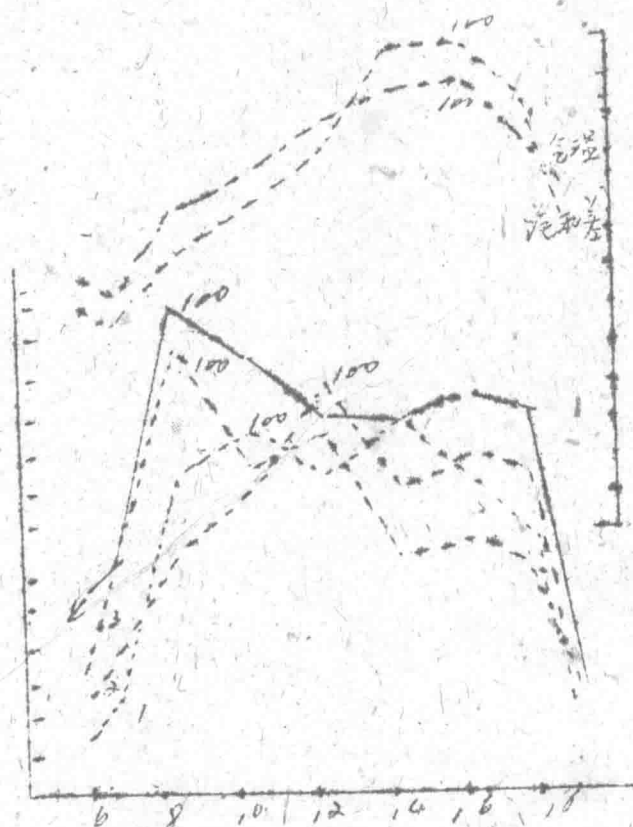
2. - - - 籽

3. ——— 毛叶白茅

4. - - - 油蒿

5. - - - 柳木

6. - - - 胡杨



----- 油蒿 ----- 花棒 ----- 籽 ----- 沙枣

1960年9月13日沙坡头

图 三 蒸腾白天进程