

中国科学院地理研究所編輯

# 热水平衡及其在 地理环境中的作用問題

第二輯

科学出版社

中国科学院地理研究所編輯

热、水平衡及其在  
地理环境中的作用問題

第二輯

科学出版社

1961

## 內 容 簡 介

蒸发和蒸騰是水分平衡中最重要的一环之一。本輯选譯自苏联有关这方面的論文十四篇。其中前四篇較詳細地討論了蒸騰的測定方法，特別是剪枝計重法。第五至第九篇对用綜合方法来計算地面蒸发提出了不少新的見解，并闡明蒸发差在农业中的意义。第十篇所提出的計算总蒸发的方法也屬綜合方法一类，但文中还討論了如何利用总蒸騰的計算結果来解决实际問題。第十一与第十二篇討論測定地面蒸发和水面蒸发的仪器。这些文章对水分平衡的研究有很大的实际意义。此外，本輯还报导了国际大地測量与地球物理协会第十一次大会学术报告中关于蒸发和蒸騰的論文摘要。

本书可供自然地理、水文、气象、农业、植物和土壤等方面的工作者参考。

## 热、水平衡及其在 地理环境中的作用問題

### 第 二 輯

中国科学院地理研究所編輯

\*

科学出版社出版 (北京朝陽門大街 117 号)

北京市书刊出版业营业登記證出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

\*

1961 年 11 月第 一 版

书号：2424 字数：157,000

1961 年 11 月第一次印刷

开本：550×1168 1/32

(京) 0001—4,000

印张：6

定价：0.88 元

## 目 录

. 自然生长条件下植物蒸騰的研究.....B. M. 斯維什尼科娃	1
. 自然条件下測定蒸騰的快速称重法.....	
..... Л. A. 依凡諾夫 A. A. 西里娜	23
..... Ю. Л. 采里尼克尔	
. 关于森林立木蒸騰消耗的測定.....	
..... Л. A. 依凡諾夫 A. A. 西里娜	42
..... Д. Г. 日穆尔 Ю. Л. 采里尼克尔	
. 結合在不同森林植被地带的森林能量平衡用日射測定法計算	
. 森林的蒸騰消耗..... Л. A. 依凡諾夫 A. A. 西里娜	61
. 植被表面的蒸发.....A. И. 布达戈夫斯基	70
. 草原地带蒸发的基本規律性.....A. И. 布达戈夫斯基	78
. 蒸发差是干旱的标志.....C. C. 薩維納	91
. 产量与蒸发差的依存关系在土壤改良效果評价方面的运用	
.....C. C. 薩維納	101
. 研究农田水、热状况的几項任务和方.....	
.....A. И. 布达戈夫斯基	110
. 蒸騰和总蒸发水分消耗的研究.....Л. И. 沙什科	125
. 苏联境内水面蒸发和土壤蒸发的观测.....	
.....A. P. 康斯坦丁諾夫 B. Ф. 普斯卡列夫	140
. 蒸发量的測定.....H. И. 阿发納西耶夫	169
. 測定蒸发的彭曼法..... M. И. 布迪科	172
. 西西伯利亚草原地区积雪表面的蒸发.....	
.....H. A. 莫西因柯 Г. B. 巴夫連柯	175
..... Ю. B. 胡多苗索娃	
. 国际大地測量与地球物理协会第十一次大会学术报告中关于	
. 蒸发和蒸騰的論文摘要.....	180

# 自然生长条件下植物蒸騰的研究

B. M. 斯維什尼科娃

## 蒸騰研究的任務

研究自然条件下植物水分状况的任务可能非常繁杂。这些任务与新地域的开垦, 荒漠的灌溉和开发, 各地带饲料基地的建立、改进和改变, 沙地的固定, 森林水文状况的改善, 防护林带的营造, 干旱气候条件下植物的栽培等许多重要问题的解决都有密切的关系。

作为植物水分状况的最重要指标之一的蒸騰得到了研究者的重视, 首先是因为这一过程相当准确地反映了植物的特征和一系列外部因素对植被水分消耗的影响。

植物蒸騰的研究能够揭示植物生命活动的许多有趣的方面。往往有必要从与一定湿润条件相适应的水分平衡观点来评价各种植物的水分平衡, 这在荒漠和半荒漠地区极端干旱的土壤和空气条件下特别重要。研究主要植物生态类型的水分状况, 即水分的收入和支出过程, 可以发现对于一定外部因素综合体的适应途径的相似性和差异性(Купревич, Григорьев и Низковская, 1949)。在某些情况下, 通过象对蒸騰这种生理指标的变异性的比较分析, 可以发现各组植物对长期作用于植被的主导外部因素的机能适应途径(Walter, 1951; Свешникова и Заленский, 1956)。

在地植物研究中, 利用植物蒸騰资料的可能性和主要方向是多种多样的。最重要的任务之一是研究植被对水分的需要。为此, 必须估算自然条件下整个生长期的植物蒸騰所消耗的水分。通过这种估计, 可以粗略地计算出整个植被或各优势种——建群

种的水分消耗量。为了划分生态组，往往有必要比较各植物种的蒸腾值，在这种情况下，蒸腾动态的研究（目的在于分析蒸腾过程与外部因素的相互关系）有助于了解各不同植物生态类型之间的差异。植物在生长期的白昼蒸腾的日变化特征，使我们有可能洞悉植物对转移到不利环境中的适应途径和利用有利条件的方法。因此，结合环境因素和植被季节发育的节律，阐明蒸腾变化的节律是可能的。

阐明代表不同地理景观的植被大类中各个建群植物在蒸腾强度变化范围上的区别是很有意义的（Свешникова 和 Заленский, 1956）。

最后，由于植物适应形态的多样性是与水分状况相联系的，所以研究这些形态尤其可以通过一系列系统发育上相近的、但旱生型或中生型程度不同的种的比较生理研究（例如蒸腾）（Купревич, Григорьев 和 Низковская, 1949）来进行。

因此，很清楚，可以根据植物水分状况来解决的问题是很多的。所以，这些研究工作的方法的选择也可能各有不同，不论如何，这种选择首先应取决于提出的目的。为了阐明代表这一或那一植被类型和居于这一或那一地理地区的植物的水分状况，主要对象首先应该是建群种。

### 决定蒸腾变化的因素

到现在为止，各不同地理区植物水分状况的研究所涉及的主要是蒸腾和渗透压强度的特征。对解决一系列的生态问题和地植物学问题来说，这两个指标中更有意义的是蒸腾的研究。

蒸腾的真实速度根据已经发表的大量著作中可以判断出来，它主要是取决于三个基本条件：小气候因素，植物的形态结构（叶片和输水系统的解剖学类型、根系的性质和大小、植物叶面的大小和变异性）和植物的生理类型。研究蒸腾的最终目的是确定蒸腾速度与这些条件之间的关系。

已掌握的事实大部分都证明了蒸腾和环境因素之间的密切关

系。由于这一情况,在比較各种生境,闡明主要环境因素对植物的作用时,可以利用把蒸騰作为一个重要指标来研究。

現有的文献表明,蒸騰与温度之間存在着一定的比例关系,植物調節蒸騰的能力制約于温度的变化(Burgerstein, 1920; Rouschal, 1938; Иванов, 1946; Раауw, 1949; Иванов, Силина 和 Цельникер, 1952; Свешникова, 1957)。已經确定:蒸騰速度在一定限度內随着温度的升高而增加,在低温的影响下,蒸騰速度急剧下降;已經了解了每一种曾經研究的植物的蒸騰強度发生变化的温度界限。

在主要环境因素中,最特殊的是強烈影响植物水分发散的太阳輻射作用(Тольский, 1910; Briggs a. Schantz, 1916; Максимов, 1931; Иванов, Силина 和 Цельникер, 1952);大致可以认为:蒸騰速度是太阳輻射強度和空气飽和差的綫性函数(Сабинин, 1955)。

土壤湿润程度对各地理地区內植被的水分消耗有頗大意义(Тольский, 1910; Shreve, 1914; Ильин, 1915; Максимов, 1917; Александров, 1924; Stocker, 1928; Кокина, 1929, 1935; Schratz, 1931; Shapiro a. Forest, 1932; Васильев, 1931; Pisek u. Cartellieri, 1939; Henrici, 1943; Бейдеман, 1947; Иванов, Силина 和 Цельникер, 1952; Walter, 1951, 等等)。已經闡明,土壤中水分的可給性(доступность)是对蒸騰水分損耗的速度和大小影响最大的因素之一。比較几种不同湿度的土壤标本的結果(Раауw, 1949)表明:一般說来,随着土壤湿度減少,蒸騰显著下降,而且,很湿润的土壤和湿润土壤上的蒸騰強度的差別不大,但在很干旱和干旱的土壤上,差別很大。

在決定蒸騰速度的各种条件中,占有头等地位之一的應該是周围大气的水汽飽和差。蒸騰速度对飽和差值大致存在着綫性的因变关系,这一点可以认为已經得到証明(Раауw, 1949; Сабинин, 1955, 等等)。Л. А. 依凡諾夫、А. А. 西里娜和 Ю. А. 采里尼克尔(1952)发现,在草原地带(捷尔庫里)和森林地带(莫斯科附

近)条件下,空气湿度对乔木蒸腾的影响有很大差别。例如,在森林地带,当空气湿度下降时,蒸腾显著地增加;但在草原地带,蒸腾的变化很小。

除了决定植物水分消耗过程的自然条件外,在蒸腾的调节过程中起重要作用的还有植物本身。存在着这样一个共同观点,即植物的蒸腾能力取决于植物的生物特征、结构差异、发育情况和生理状态。以一定的形态学和解剖学的结构(其中特别有意义的是叶片的结构和根系结构、叶面、角质层厚度、气孔的数量和大小等)表现出来的植物的各种适应性能够减少蒸腾。

按照现代的概念,调节蒸腾的因素可能有气孔因素,也有气孔以外的因素(Livingston a. Brown, 1912; Briggs a. Schantz, 1916; Максимов, 1917, 1926, 1931; Васильев, 1931; Hygen, 1951; Halevy, 1956, 等)。例如,卡拉沙漠植物主要是在气孔闭塞的情况下调节蒸腾(Васильев, 1931)。根据 Л. А. 依凡诺夫、А. А. 西里娜和 Ю. А. 采里尼克尔(1952)的资料,有一些森林树种的气孔运动起着很大的作用,而另一些树种的气孔运动所起的作用很小。同时,在足够湿润的条件下,气孔的作用比在湿润不足的情况下表现得比较明显。已经阐明(Rawitscher, 1955),生长在热带稀树干草原的许多常绿灌木,在干旱时期蒸腾强烈时,气孔的调节作用是很小的。蒸腾水分消耗取决于最深根系的供水作用。

Н. А. 马克西莫夫(Максимов)的许多试验(1917, 1931)表明,气孔在植物散发水分中的调节作用不大。Н. А. 马克西莫夫的资料令人信服地说明,在蒸腾过程中,根的水分收入是最强烈的调节因素。例如,由于在含有不同储水量的土壤各层中的根系分布情况不同,植物的水分供应也就不一样,这一点决定了这种或那种的蒸腾强度(Киселев 和 Осипов, 1934; Кокина, 1935; Генкель, 1946; Бейдеман, 1947; 等等),从而决定了植物在整个生长期的水分消耗总量。因此,在调节植物水分消耗方面,根系起着很大的作用。

## 蒸騰指标

研究蒸騰通常利用的指标是蒸騰強度，即植物消耗水分的速度，以单位時間內单位面积，单位鮮重或干重物質的水分重量或体积单位表示，或以占植物总含水量的百分数表示。也有其他的，但不很常用的蒸騰指标，即相对蒸騰 (Livingston, 1906) 和蒸騰阻力 (Seybold, 1929)。蒸騰強度 (以单位叶面 1 小时所蒸騰的克数計算) 与单位自由水面蒸发強度之比称为相对蒸騰。

植物发散汽态水要遇到一系列的阻力，这些阻力决定于植物的活体性能，特别是形态-解剖特征，当时的胶体数量和生理状况 (例如，从土壤中輸导和吸收水分的速度的变化等)。“蒸騰阻力”的概念是重要的，因为它反映了作为生理过程的蒸騰与自然蒸发的基本差別。不同植物的和不同条件下的蒸騰阻力可能极不相同。

有些人 (如 Seybold, 1929) 研究过植物所发展的、可能的阻力綜合。由于許多形态、解剖和物理-化学性質的特点，使植物的水分蒸发复杂化了，所以单位叶面上的蒸騰通常沒有达到自由水面蒸发的数值。这一差別被看作为蒸发阻碍，即延緩蒸騰的相对尺度。为了計算以百分数表示的蒸騰阻力，需要利用的是：1 平方厘米自由水面 1 小时内的蒸发量毫克 ( $E$ )，植物蒸騰量毫克 ( $T$ )，风速增大、溫度升高或其他原因所引起的  $E$  和  $T$  的增量。蒸騰阻力等于  $\frac{(E - T)}{E} \times 100$  (Л. А. Иванов, 1957)。

已經确定 (Seybold)，高温对植物蒸騰的抑制有強烈的影响，叶片的溫度愈高，蒸发受到的阻力愈大。估算蒸騰阻力要求精确地观测叶片的溫度，在野外条件下，这是一項非常复杂的工作。

因此，“蒸騰阻力”的概念在科学中还沒有被通用起来 (Максимов, 1944)。后来，Л. А. 依凡諾夫 (1957) 的實驗証明：阻力的原因可能是各不相同的 (在有风、高温等情况下研究蒸騰阻力)，但計算阻力，并无特別困难。

## 測定蒸騰強度的方法

在文獻中廣泛地討論了測定蒸騰消耗的方法 (Burgerstein, 1920; Максимов, 1926; Stocker, 1928; Arland, 1929; Иванов, 1946; Hygen, 1951 等等)。蒸騰測量可以根據被蒸發水量的直接計算, 根據重量損失的資料或根據定性的比較估算。現有的計算植物蒸騰的方法主要有兩大類: 定性的和定量的。為了較準確地說明每一類的特点, 下面將分別詳細討論。

### 植物蒸騰測定的定量方法

定量方法種類很多, 可以作下列的分類:

- 1) 蒸騰計方法, 其基礎是按照植物吸收的水量來測定蒸騰;
- 2) 以重量損耗測量蒸發為基礎的方法: a) 生長在培養器中的植物的水分損耗, б) 植物剪枝部分的水分損耗, в) 整株植物的水分損耗, г) 植被的水分損耗;
- 3) 氣量計方法, 其基礎是測定植物在蒸騰過程中析出的水汽量;
- 4) 日射觀測法, 其基礎是測定投射到植物上的太陽能量。

上述定量方法大多數都可用於植物剪枝或整株植物蒸騰的研究, 這些方法應用於研究整個植被水分損耗的可能性較少。因此, 下面詳細討論一下各種研究蒸騰的方法分別應用於剪枝植物、整株生根植物和植被的可能性。

**植物剪枝部分蒸騰的測定方法** 蒸騰計方法是測定植物蒸騰最早採用的計重法之一。在使用此方法時, 是根據蒸騰計上的植物剪枝或用溶液培養的植物在一定時間間隔內所吸收的水量來研究蒸騰。顯然, 這種方式只能對水分的實際損耗 (Максимов, 1944) 及對自然條件下植物耗水過程的強度得出一個非常初略的概念。但是, В. С. 伊林 (Ильин, 1915) 在研究草原植物的蒸騰, А. В. 布拉戈維謝夫斯基 (Благовещевский) 和 В. Г. 托謝維科娃 (Тоцсвикова) (1923—1924) 在研究山地植物時都採用蒸騰計方法。

流行頗广的和最适于野外生态調查的现代蒸騰測定法是快速称重法 (ИВАНОВ, 1918; Huber, 1927), 这一方法反映了刚刚剪下的整株植物或植物的一部分的真实耗水过程。快速称重法是基于这样一个假設: 剪下的植物莖的蒸騰不是馬上发生变化的, 而是在过了一定時間之后。H. A. 馬克西莫夫 (1944) 认为这个方法最准确, 最灵敏。

許多研究者在应用快速称重法时, 最注意的是: 开始, 即紧接剪枝之后, 发现蒸騰強度很高, 然后又以这种或那种速度下降下来。这种現象是由于: 当剪莖时, 为叶片吸收作用所拉紧的水絲断裂了, 于是, 叶片中水分运动的阻力減弱, 因而, 蒸騰加速。在剪枝后的第一分鐘內, 蒸騰強度的这种急剧上升导致了“突变”的形成。然后, 当导管中消耗于蒸騰的水分得不到新輸送来的水分的弥补时, 在一定時間內剪枝就均匀地消耗水分, 因为蒸騰与每一种生理过程一样, 具有一定的慣性。

应该指出, 許多研究者并没有发现蒸騰的突变。如阿尔兰德 (Arland, 1929) 在具有常温和人工光綫的房間里工作时, 沒有发现在剪枝之后任何蒸騰增高的現象。

在以色列进行的某些实验工作 (Elazary-Volcani, 1938, 根据 Halevy 的引文, 1956) 确定, 未受损坏的植物和剪枝植物的蒸騰白天变化过程的一致性很高。在两种情况下, 耗水量相同。

爱格尔 (Eger, 1958) 最近的一篇文章討論了快速称重法在草甸植物蒸騰研究方面的适用性。由于試驗前的条件不同, 主要是原始蒸騰強度不同, 不同植物种的蒸騰在剪枝后的变化也极不一致。作者认为: 对剪枝过程的反应不同 (同一种植物在剪枝之后可能保持原来的蒸騰值, 或者升高或者降低), 显然是由于植物水分状况的不同 (Wasserzustände)。水分状况与气孔的运动、原生质的粘滯性、吸收力、水分差有关, 也与許多其他决定蒸騰阻力的原因有关。由于所研究的草甸禾本科植物 (*Poa pratensis*, *Holcus lanatus*, *Arrhenatherum elatius*) 蒸騰白昼过程曲綫上所出現的偏差, 最低限度有一部分是由于方法上的錯誤, 所以爱格尔认为快速称重法

对这些植物是不适用的。

非常重視突变作用的作者們 (Л. А. Иванов, 1918; Рихтер и Страхов, 1929; Иванов, Силина и Цельникер, 1950) 认为, 剪枝后所发生的突变可以避免。为此, 在剪枝时必须上蜡。

在一篇文章 (Родионов, 1955) 中証明, 在利用快速称重法, 上蜡不是必要的。Л. А. 依凡諾夫反对 М. С. 罗刁諾夫 (Родионов) 的意見, 他认为 (1956): 只有在个别情况下, 即当从土壤中吸收水分沒有遇到阻力时, 罗刁諾夫的意見才是正确的。但当土壤水分不足时, 导管中耗于蒸騰的水分的亏损就不能得到輸送来的水分的弥补, 蒸騰強度便将急剧上升。

因此, Л. А. 依凡諾夫 (1956) 写道: “……应该承认, 暂时我們还没有一个完整的‘突变’理論, 也不能有把握地預卜突变, 为了要有保証地获得可靠的蒸騰数值, 不得不采用上蜡剪枝”。

在現有的关于方法的文献中, 測定蒸騰強度过程应否考虑突变的問題, 还没有一致的意見, 因而, 关于如何进行剪枝——上蜡或不上蜡——的問題, 也沒有共同的意見。虽然意見分歧, 但在曝露時間长的情况下, 必須考虑突变影响的可能性。

应用快速称重法时, 应该研究每种測定对象的合适的曝露時間。决定可能曝露時間的任务在于确定: 叶片在剪下后多久不会发生生理上的变化, 在多长的時間內水分輸送量不会有明显的变化。

为了正确地选择曝露時間和肯定它的客観性, 必須对同一种植物在不同曝露時間 (1—10 分鐘) 內的蒸騰強度作一系列的觀測。根据得出的資料可以作不同曝露時間的蒸騰強度曲綫。

根据曲綫上未显现蒸騰过程对曝露時間有因变关系的部分, 可以比較不同植物种的蒸騰強度。

对不同植物所采用的曝露時間不同, 这一点可以根据許多作者的文章看出。И. М. 华西里也夫 (Васильев, 1931) 确定, 生长在卡拉沙漠中的植物在剪枝后 2—3 分鐘的蒸騰強度, 与剪下已經很久的几乎一样。因此, 为了估算植物蒸騰, 曝露 2—3 分鐘是

完全可以容許的，因为作者看到，在第二次称重結束时，每一种植物都失去膨压的現象。В. Ф. 庫普列維奇 (Купревич)、Ю. С. 格里哥利耶夫 (Григорьев) 和 Е. К. 尼茲科夫斯卡婭 (Низковская) 研究帕米尔-阿賴山几种植物剪枝叶片曝露的必要時間(1949)，指出剪枝后第一分鐘內获得的蒸騰資料相当准确。

哈列維 (Halevy, 1956) 对以色列許多旱生树种所作的試驗表明，在剪枝后 4 分鐘內，蒸騰強度仍然保持不变，但再过一个时候，就开始下降了。

**整株植物水分消耗的測定方法** 連根的整株植物蒸騰的測定法或营养培植法，是通过一定時間間隔的称重来判断水分損耗重量。外部环境因素的同时記載，有助于确立植物水分損耗与外部因素之間的因变关系。布里格斯和善茨 (Briggs a. Schantz, 1916)、В. Г. 亚历山大罗夫 (Александров, 1924)、帕烏 (Paauw, 1949) 等广泛地采用了这一方法。然而，用栽培在培养器中的植物所获得的結果不能轉用到野外的植物上去。

营养培植法有許多优越性，但非常复杂，而且在野外条件下很难实现。由于它不能完全反映植物生长的自然情况，所以应用范围非常有限。

Г. А. 也夫图生科 (Евтушенко, 1947) 的試驗很有意义。在这种試驗中，植物与土壤和整个外界的联系沒有破坏，对野外条件下植物蒸騰的水分消耗作了重量估算。这一試驗是用所謂野外蒸騰計来进行的。野外蒸騰計是普通扭秤，經過了这样的改装，預先用 30%-M (克分子浓度) 的氯化鈷溶液浸湿又晾干了的滤紙圈紧貼在植物的蒸騰叶上面，而叶片的空間位置沒有多大改变。滤紙在一定時間內吸收的水分重量的增加，提供了关于蒸騰的概念。用簡便的蒸騰計可以在自然条件下同时进行大量的观测，因此，作者认为这种方法有很大的优越性，对研究蒸騰日变化特别重要。用野外蒸騰計和普通的快速称重法所获得的蒸騰值，彼此很接近 (Евтушенко, 1947)。

什托克尔 (Stocker, 1928) 在埃及荒漠工作的时候，他測定过

在 1 小时内連根拔出的和在試驗开始前植物所在地进行試驗的整株植物的水分消耗。作者认为,他采用的曝露時間是可以容許的,因为植物沒有出現明显的萎焉现象就是植物蒸騰在这一時間內沒有发生变化的标志。其他許多研究者认为这不完全正确,因为不同植物的萎焉现象可能不是在相同的脫水程度下出現。

不久以前 E. B. 热姆丘尔尼可夫 (Жемчужников)、A. B. 維列夫尼可夫 (Веретенников) 和 A. A. 科切尔尼科娃 (Котельникова, 1955) 研究出的整株树水分消耗的測定方法頗有意义。这是用預先悬在支架上的特別的秤称整个树冠的重量 (树冠是在树木砍下后立即鋸下的), 然后估計蒸騰水分消耗。

根据阿尔兰德 (Arland, 1953) 所研究的萎焉方法 (Anwelk-methode), 可以工业用天秤迅速地測出野外許多植物的蒸騰。用这种方法时, 植物連同上部根系被从土中拔出来, 根系上涂以蜡, 借以阻碍水分損失。将带上蜡根的植物称重, 然后摆置在它們生长的地方 30 分钟, 因为在德国的条件下, 这个時間內开始出現萎焉现象 (作者指出, 在另外的气候条件下, 不同植物种曝露時間的久暫可能极不一致)。根据 30 分钟内損失的重量, 就可以計算出每 100 克綠色体的绝对蒸騰。

最后, 測定整株植物的水分消耗, 可以利用气量計直接測出蒸騰过程中叶片排出的水汽量 (Arland, 1929, 1953; Schratz, 1931; Арциховский, 1938)。把研究的植物置于玻璃罩下或安有充滿吸水物質管子的冷却室中 (Arland, 1953)。借助于相应的設備, 空气以一定的速度滲入室內。它将植物析出的水汽带走, 通过吸收器, 水汽就在吸收器中降落。根据吸水物質重量的增加, 計算植物析出的水分量。

測定自然条件下植物蒸騰的气量計方法, 在精度方面超过所有其他方法, 但是, 由于玻璃室及室內一切必須的設備在結構上很复杂, 这种方法使用还不广泛。

**植被水分消耗的測定方法** 至于对整个植被所蒸发的水分数量的直接观测, 到目前还没有直接的方法。因此, 各地区植被

的水分消耗还是一个研究得不够的问题。在这方面值得特别注意的是根据土壤水分平衡测定蒸腾消耗的方法 (Высоцкий, 1904; Попов, 1933; Молчанов, 1948; Рутковский, 1949; Васильев, 1949, 1954)。有了该植物群落生长期开始和结束时的土壤水储量资料,这一时期降水和蒸发以及土内径流的数值,就可以用相应的公式算出蒸腾水分损耗。这个方法得出的结果良好,但要求进行多年调查工作,而且非常繁杂费事。在潜水面高的地方,应用这个方法还有困难。

Л. А. 依凡诺夫、А. А. 西里娜、Д. Г. 日穆尔和 Ю. Л. 采里尼克尔 (1951) 提出的测定树木蒸腾的所谓温度计重法(是快速称重法的变种)非常有意义,而且很重要。根据这个方法,可以确定一定时间内单位面积森林的总水分消耗。作者们发现的足够湿润条件下蒸腾和气温之间的有规律的关系是这个方法的基础。这种关系表现为高度的相关系数。因此,知道了气温,就可以计算不同树种的蒸腾强度。为了计算森林树木水分消耗的总量,必须利用尽量多的蒸腾每时发生变化的日数。蒸腾计算的所有资料,都应与每次试验中剪枝地方附近的气温值联系起来。

由于蒸腾和气温之间的相关系数很高,因此,知道了气温,就可以计算出这个温度条件下的蒸腾。借助于相应的方程式,可以根据气温计算不同树种的蒸腾强度。为了计算蒸腾的水分消耗,要利用气象观测站的月平均温度资料。根据蒸腾平均强度,根据生长期内植物进行蒸腾的时间,可以计算出蒸腾数 (Иванов, Силина, Жмур и Цельникер, 1951)。整个林分在生长期的蒸腾水分消耗,可以蒸腾数乘单位面积植物树叶质的数值求得。

计算森林水分消耗的日射测定法 (Иванов и Силина, 1955) 很有意义。大家都知道,几乎林冠所吸收的全部太阳能都消耗于蒸腾过程了。这个方法是基于树冠反射的和透过树冠的太阳辐射能量的计算。知道了在生长期投射到单位面积上的能量,就可以计算树叶所截阻的,也就是消耗于蒸腾的那部分能量。这个数值除以温度  $20^{\circ}$  时 1 公斤水变为水汽所需的热量卡数,就得出了 1 公

頃森林所蒸騰的水分量。得出的公斤數可以換算為水深毫米/公頃。这样就便于与称重法或土壤水分平衡法所求出的森林蒸騰值相比較。

作者認為，为了得到最正确的、最客观的資料，在不同地理地带条件下应用这一方法时，應該补充計算两个数值：树叶温度及其周围的气温，树叶和空气之間的热量交換（用相应的公式計算）。根据这个方法，可以考慮不同景观內光綫和温度状况的特点。

为了計算植被的水分消耗，我覺得可以利用 M. A. 雷卡切夫 (Рыкачев, 1898) 的整段标本法。根据这个方法，可以測量单位植被面积(在 M. A. 雷卡切夫的文章是草甸生草)在长时間內(昼夜, 生长期)所損耗的全部水量。如果常常掉換整段标本(約經 3 小时)和每隔一小段时間(30 分钟)就进行称重，可以得出相当准确的关于这一或那一植物羣落单位面积的蒸騰值的資料。此外，可以知道，在所有于研究时間內影响植物蒸发的因素的綜合作用下，蒸騰数值所发生的变化。

应用整段标本法只可以研究草本植被，有时为半灌木植被类型的总蒸发。試驗样地應該仔細挑选，尽可能具有代表該植物羣落的一致結構。因此，在下次取标本时，应保持标本的典型一致性。

И. Н. 別依捷曼 (Бейлеман, 1956) 对植物羣落水分状况研究的提法是非常合理的，也是現代化的。作者建議及时研究植物蒸騰、土壤水分状况、潛水和气象要素的状况。綜合这些資料，就可以結合土壤中的水分資源和气象条件提出完整的关于植被水分消耗的概念。

計算原封未动的植被的水分損耗也有其他的可能性，例如我們在帕米尔条件下所用的方法 (Свешникова, 1957)。我們同时对比了三类样地(样地面积 5 米<sup>2</sup>，重复 4 次)土壤剖面的水分損耗，这三块样地是：(1) 植被原封未动的样地；(2) 植物地上部分完全离开了地面的样地，土表完全敞露；(3) 第三类样地上植物的地上部分也离开了地面，但由于上面有为 10—15 厘米厚的土层所

复盖的护板,土面的蒸发就没有了。

利用快速称重法计算整个植被所消耗的水分时,除了一天内在生长期不同时间的蒸腾强度资料外,还需要其他一些资料(СВЕШНИКОВА, 1957)。

为了计算单位面积内的植被水分消耗,我们应拥有下列的资料:(1)整个植被1天内的水分消耗;(2)大小中等的整株植物的全部蒸腾体的重量;(3)加入该植物群落的、单位面积上的每种植物的株数。下面详细地叙述一下其中每种数值的计算方法。

例如,在东帕米尔荒漠植被条件下一棵中等植株的绿色体的平均重量的概念,是根据30次重复同时采下的蒿-优若黎荒漠群聚的各个种的标本。生长期的这种测定进行7—9次,以便反映植物蒸腾质在各基本发育阶段的增长和下降动态,并考虑它在水分总消耗中的意义。

在东帕米尔高原地域,我们80次重复计算了10平方米样地上的各个植物种的株数,并折算成了每1公顷的株数。最后,用一个植物蒸腾体的平均重量乘以1克鲜叶的蒸腾,就算出了这个植物的日蒸腾。叶片鲜重根据蒸腾日曲线面积计算,而日曲线是连接从早晨7点到下午7点的日过程各点而成<sup>1)</sup>。

单位面积植被的水分消耗的计算方法如下:以1公顷面积上该种植物的株数,乘1株植物的日蒸腾水分消耗量(生长期不同的时间内)。得出的是1公顷该种植物总株数一定日期的水分消耗。这一数值乘以生长期内由这一种蒸腾日过程到下一一种蒸腾日过程(一个生长期中有好几种)的晴天日数。将植物生长期各个阶段的水分消耗量相加,就得出一种植物在整个生长季的蒸腾水分总消耗量。

对该样地上遇见的其他植物种也进行这样的顺序计算。然后,计算组成这种或那种植物群系的各植物种的蒸腾总需水量。

1) 计算中等整株植物蒸腾体重量,以及计算其他植被类型如草甸、森林等单位面积每一植物种的株数的重复次数,我们觉得在每种情况下都应通过经验,根据允许的偏差(统计方面)范围来确定。