

论砂地造林与水分关系

A. Г. 加也里著

赵 兴 梁 译

科 学 出 版 社

論砂地造林与水分关系

农业科学博士

苏联国立莫斯科大学生物土壤系教授

A. Γ. 加也里著

赵兴樑译

科学出版社

1958

目 录

譯序	1
序言(为中文譯本而作)	3
前言	6
一、砂地的机械成分及持水量	8
二、苏联各种持水量的砂地之分佈	16
三、湿度状况的若干特点	17
四、地下水	24
五、乔木树种的根系	33
六、根圈的加深	36
七、砂地肥力及造林树种的选择	37
八、林分的寿命	53
九、天然更新及造林	55
十、持水量在各气候带中的意义	68
十一、砂地利用及农业技术	70
十二、結論	78
参考文献	82
附录:植物学名表	89

譯 序

本書是 A. Г. 加也里教授根據他自己和其同事們多年研究所得資料及有關文獻寫成的，這是蘇聯 40 年來砂地造林方面的科學研究工作及生產實踐的總結。著者在本書中力求揭發砂地持水量與機械成分的關係、土壤水分狀況和地下水的特點，並以此為基礎論述了各種砂地造林的措施。

本書的翻譯出版將對我國固砂造林工作有着指導意義。我國砂地幅員廣大，如塔里木、柴達木、騰格里、准噶爾、鄂爾多斯以及河北省和河南省的黃河故道都有大面積的砂地。通過這些砂地區的鐵路正在修建，西北各省砂區及砂區附近的礦藏和資源亟待開發，農田和牧場的防護林及防砂林必須營造，這些都要求我們及早進行和開展固砂造林的研究。砂地水分是固砂造林中的主導因素。特別在我國西北和內蒙的砂區，年降水量少，水分成為植物成活及生長的限制因素，所以水分的研究更為重要。

我國 1958 年年底即將通車的包蘭鐵路，必須在中衛縣等地通過騰格里沙漠。鐵路通過沙漠，這在我國鐵路修築史上是件創舉。這裡是一望無際的流砂，干旱限制了植物的生長。為了保證火車的安全行駛和路線不被砂埋，早在 1956 年，中國科學院林業土壤研究所固砂造林組的科學工作者就進入了騰格里沙漠，進行着黨和人民交給他們的光榮而又艱巨的研究任務。由於蘇聯專家們無私的援助，給了我們很大的啟發與幫助，兩年來該項工作已經有了良好的開端。土庫曼蘇維埃社會主義共和國科學院院士、固砂造林專家 М. П. 彼得羅夫 (М. П. Петров) 教授曾親自來中國各砂地指導工作。中亞林業科學研究所 А. А. 列昂捷夫 (А. А. Леонтьев) 專家在我們去蘇聯參觀時，曾給我們詳盡地講述和介紹鐵路固砂造林的經驗。又蒙國立莫斯科大学生物土壤系砂地改良實驗室主任 А. Г. 加也里 (А. Г. Гаель) 教授贈送本書手稿，同意先在中國出版，並為譯本寫

了序言。我們謹向这种崇高的友誼的国际主义精神致以謝意。

我們初步揭发了騰格里沙漠水分的一些秘密。騰格里沙漠中卫县砂区(沙坡头)最湿润的 1956 年年降水量为 238 毫米,砂地含水量平均为 2.7%,而在最干旱的 1957 年,由 1 月到 10 月降水量仅 85 毫米,而砂地含水量尚有 2.37%,可見,最干旱年和最湿润年份中砂地含水量相差甚微。砂地凋萎湿度甚低,为 0.7。在最干旱年份中每立方米砂中有效水分尚有 4.5 公斤(該地砂的比重为 2.7)。在最干旱的季节里,干砂层不是无限的加厚;在 7—8 两个月的干砂层到 9 厘米即不再加厚了,这层干砂起了保持砂中水分的作用。这样,就为砂地上可能栽植植物提供了有力的証据。我們將根据 A. Γ. 加也里教授的专著及其他专家的指导繼續深入研究砂地水分和固砂造林的关系。

为了 12 年赶上国际水平,我們必須大量吸取苏联的先进經驗,所以我們將陸續翻譯 M. П. 彼得罗夫院士和 A. Γ. 加也里教授等固砂造林专家的专著。我們相信这些材料的出版,将在我国固砂造林工作的飞跃前进中起着巨大作用。

本書系由本所森林研究室固砂造林組赵兴樑同志翻譯,他对本書的翻譯虽很認真,但限于他的俄文水平和业务水平,譯本中訛誤之处在所难免,希讀者多加指正。

中国科学院林业土壤研究所 朱济凡
刘慎諤

1958 年 2 月 22 日

序 言 (为中文譯本而作)

中华人民共和国中央人民政府和中国共产党于1956年向伟大的中国人民提出了12年内造林一亿多公顷的伟大任务。现在,中国的造林工作已开展为全民性的运动,这一造林计划将有可能提前实现。

中国的砂地、砂质土和砂壤土面积有千百万公顷。固砂造林和合理地开垦砂荒,对于实现这一崇高的目的有很大作用。

流动砂地不仅是非生产的“废弃”土地,而且具有危害性。流砂掩埋铁路和公路,淤塞运河和河流,为害庄稼。

在具有砂质土和砂壤质土的许多地区,天然植被由于不合理的放牧和开垦或打柴撙草所毁灭。在这些地区,风蚀现象特别严重,微波状地形变成了砂丘(椭圆形和新月形砂丘地)。

在流动砂地上进行固砂造林,在砂质土和砂壤质土上营造护田林网,是一项刻不容缓的迫切任务。

但是,要想在短期内就能很好地实施上述的植物改良土壤措施和开垦措施,需要有经过周密考虑的组织机构和技术方案,对该砂地的自然条件也得进行仔细考察。砂地,甚至在同一个气候区,其自然条件和经济条件彼此可能有很大差异。因此,决不能提出千篇一律的一个固砂造林及砂地开垦方案。实施的一切措施都应该有所不同。

森林改良土壤设计工作者对于砂地的自然条件首先应了解以下几项: 1)砂地的地质起源(残积砂地、冲积砂地、坡积砂地、冰水砂地及其他砂地); 2)风蚀情况及风蚀程度,是古代风蚀的(在早期第四纪和干热期风蚀而成的古代风积砂地),还是现代风蚀的(现代风蚀砂地,主要是由人为的破坏而形成的); 3)地形类型,是原生的,还是次生的(人为的); 4)地下水位深度及其矿质化程度和变动情况; 5)砂地上植物繁生情况、植物区系和植物群丛的组成及其演替;

6)土壤形成过程的方向,发生学土类,腐殖质化深度及其程度,土类的分佈及間层深度,土壤的破坏程度及风积物深度。森林改良土壤設計工作者对于上述的主要砂地自然特性必須加以考虑。

至少对砂地的矿物成分、机械成分和与它們(特别是机械成分)有关的水分性質需要考虑。所謂砂地的最低持水量,即在悬着状态下保持一定数量水分的性能,在砂地的水分性質中具有极为重要的作用。所保持的这一数量的水分,是以佔 105°C 烘干的絕對干砂重的百分比来表示的。粗粒砂地(1—0.5 毫米)的最低持水量很低,不超过 2.5—3.0%。在这种低容水砂地上,甚至在湿润地区(гумидные области),培育森林极端困难,或者甚至說不采取提高持水量的措施,培育森林是不可能的。干旱 10 天,低容水砂地就会干到吸湿水状态,即在乔灌木树种苗木的根分佈深度內干到萎蔫湿度(0.2—0.4%)以下。这不可避免地要导致苗木根毛和插条幼根的死亡,因为低容水砂地上的根系呈表层分佈,很少能深入 0.3—0.5 米以下。

相反的,細粒砂地(0.25—0.05 毫米)特别是粉质砂地(0.10—0.05 毫米)的最低持水量达 4—6%,甚至到 7—8%,而它們的萎蔫湿度也比較不高(0.7—2%)。这种砂地能保持 2—3 倍多的水分,同时还具有被雨水和雪水浸湿很深的的能力。因此,干旱 10 天,甚至 20 天,沒有多大危險。此外,在高容水砂地上,根不仅在地表有分佈,而且扎入湿润的深层。只是在荒漠带,因降水量太少,干旱期太长,高持水量有时可能由一个好因素变成为一个坏因素,有碍于砂地的深浸湿作用。因此,在荒漠的高容水砂地上,在沒有浅地下水位的情况下,中生乔灌木树种是不能生长的。但是,在荒漠的高容水砂地上,土著植物(旱生植物)还是生长得很好。

中国讀者——林学家、农学家和地理学家!本書較為詳細地来探討砂地持水量在砂地造林和开拓中的意义問題,所依据的材料是苏联和西欧的,就是說,主要是湿润地区(гумидные области)和半干旱地区(семиаридные области)的;对于中华人民共和国的許多荒漠砂地所屬的极干旱地区(экстрааридные области),本書中所提出的建議是不能直接搬用的,但基本規律和相互关系,如机械成分和砂

层的水分状况之间的关系、地下水起源和矿质化、根系类型及农业技术特点之间的关系等，对中华人民共和国的砂地条件来说仍旧是有效的。

如果这本关于“水分和砂地上的森林”问题的拙著，对中国朋友们在解决流砂、砂质土和砂壤土的固砂、造林及开垦的崇高任务时，那怕只有一点点帮助，著者也将感到十二万分的高兴。

苏联科学院森林研究所 A. Γ. 加也里
苏联国立莫斯科大学

1958年1月于莫斯科

前 言

森林复兴和林地面积的扩大,特别是在我国无林的干旱南部,是国家的重大事业。我国几乎所有的河流左岸都分佈着大面积砂地,都是人工造林的对象。在森林草原带、草原带及部分半沙漠带,在这些砂地上可营造 100 万公顷的森林,主要是松林。这些森林将不仅有工业上的意义,而且还有防护、疗养及改良气候的作用。

誰都知道,少先队夏令营、疗养地及疗养所等都集中在河岸的松林里面。这些河岸森林正在改善着当地的气候和河流的水分状况,保护着砂质土免于风蚀和变成荒凉的不毛荒漠。荒漠,荒凉的不毛荒漠,是空气和人们肺部感染灰尘的基地。其周围总是围绕着一大面积砂地的砂壤土地区,如果没有防护林,要想合理地经营农业是不可思议的。砂壤土一般都进行全面的大面积开垦。在这种情况下,水,特别是风,在其前进的道路上碰不着任何的障碍物,结果很快地把完整的大面积砂壤土破坏了,吹出了盆地,堆成了砂丘。

可是,德涅斯特河、第聶伯河、頓涅茨河、頓河及捷列克河下游地区的黑土型砂壤土,是我国最肥沃的土地之一。麦利托波尔 (Мелітополь) 附近的櫻桃园,每公顷收益达 7 万卢布。第聶伯河下游摩尔达维亚 (Молдавія)、亚速-黑海 [奥西品科城 (гор. Осипенко)]、頓河、捷列克河及其他河流沿岸上的葡萄园,每公顷收益更多。但是,这些肥美的沃地需要建立防护林加以很好保护。

在我国南部差不多上百万公顷的砂土及砂壤土区需要营造带状林和片林,这是一项首先要解决的、极为重要的、且大有成效的任务。这项任务在我国社会主义社会的条件下是完全能够实现的。甚至象法国那样不大的国家,已经用海岸松 (*Pinus pinaster* Sol.) 绿化了 100 万公顷砂地。这些松林在进行着多方面利用,其中包括采脂以获取松节油。为了实现绿化砂地及合理开拓砂地的重要任务,应号召我国的光荣的青年们参加战斗,用他们的力量、热情和毅力与砂地进行

决战。

但是，为了在砂地上化費最少的代价建立起森林、果园和葡萄园，并能收到最大的經濟效果，对立地条件必須进行詳尽的認真調查。砂地彼此是不一样的。对任何的砂地都不能設計一种千篇一律的措施。进行砂地造林时，一般都是注意自然条件中的地形、砂地繁生杂草情况和地下水深度。可是，就是这些条件在完全相同的条件下，造林树种的組成以及林分的成活率、寿命和生产力却远不是一样的，因为树种組成、林分的成活率、寿命及生产力，还与其他因素，特别是与砂地的持水量有密切关系。所謂最低持水量（最大田間持水量）有着极为重要的意义。判定土壤和心土的植物条件——机械組成、胶体含量、交换量和緩冲性、空气状况、水分状况和生物化学过程，归根結蒂，即砂地、砂質土和砂壤質土壤的肥力，其着眼点就在最低持水量上，这乃是个焦点所在。遺憾的是，在进行砂地的土壤改良和利用时，林学家也好，农学家也好，他們是不大考虑持水量的。

在下面提供讀者注意的这本森林水文概論，著者企图通过它来揭示持水量和机械組成的相关性、土壤的水分状况和地下水的特点，然后并根据所确立的規律性論述各种不同砂地（由泰加林至半荒漠）的造林方法。著者希望本書能够对苏联和其他一些国家砂地造林方面的科学技术文献作点有益的补充。

在写本書的时候，著者利用了个人和同事們的研究材料，利用了十分丰富的文献資料。本著作在某种意义上來說，乃是苏联苏維埃政权的 40 年中砂地造林方面的科学活动和生产活动的总结。

蒙 A. A. 罗杰(A. A. Роде)、H. И. 苏斯(H. И. Сус)、Э. Н. 布拉戈維申斯基(Э. Н. Благовещенский)、Л. Т. 捷米亚岑斯基(Л. Т. Земляченский)和 M. K. 布施(M. K. Буш)对本書提供許多意見，著者在此謹向他們敬致謝忱。

一、砂地的机械成分及持水量

各种砂地作农业利用的效果是完全不相同的。粗粒砂地（粗粒和中粒砂地）就是进行造林也非常困难；但在較細的細粒砂地上就能够有效地培育美丽的針叶林和闊叶林，能够有效地建立果园和葡萄园。但是，砂地的机械成分与其說是其本身的作用，不如說是与砂地持水量上的关系。

世界上有关砂地的一本好書的作者 H. A. 索柯洛夫(H. A. Соколов, 1884 年)曾指出过，細砂能够促进水分的保持，从而能够促进植物的良好生长和发育。我国另一位林学家 C. Ю. 納烏聶尔(C. Ю. Наунер, 1888 年)分出植株生长很坏的烈維爾斯克砂丘的粗粒砂地(平均粒径 0.59 毫米)和植株生长很好的納罗夫斯克砂丘的細粒砂地(平均粒径 0.18 毫米)。C. Ю. 納烏聶尔还指出，在匈牙利，在較細的細粒砂地上，从 1750 年就开始特別有成效地栽培了洋槐、橡树和葡萄。現在，匈牙利砂地上的洋槐林差不多有 20 万公頃，林分的生产力很高，为 I-Ia 地位級 [Б. 克列斯帖舍 (Б. Керестеш), 1953 年]。

B. 辛別尔格(B. Шенберг, 1911 年)也強調指出了研究砂質土的机械成分的重要性，他把机械成分看作是砂質土的水分特性指标，从而看作是砂質土的生产力指标。

瑞典科学家阿帖尔別格(Atterberg, 1908 年)指出，砂地的水分物理性質是好的或是坏的，重要分界限在于 0.2 毫米和 0.2 毫米以下的粒級。如果砂地中含有这一粒級砂粒很多，那末这种砂地則有着較高的持水量，一般适合于农业和林业利用。要是砂地中这一粒級砂粒不多(大于 0.2 毫米的砂粒佔优势)，那末这种砂地的持水量很低，而人工林在上面生长得很坏。

根据砂地中大于 0.2 毫米的砂粒含量，阿帖尔別格提出了砂質土的“自然地位級”等級。运用这一等級，另一位学者阿尔別尔特(Al-

bert, 1925年)把德国的冰水沉积风移砂地 (водноледниковые пере-
веянные пески) 分为以下五类立地条件:

第一类——細粒級砂粒(0.2 毫米)含量不及 10%。这类砂地上
植物生长得很坏,在上面造林的尝试多半失败了;

第二类——細粒級砂粒約含 10%。这类砂地上生长出 IV-V
地位級的石蕊松林(*Pinetum cladinosum*);

第三类——細粒級砂粒約含 20%。屬 III-IV 地位級的眞蘚松
林(*Pinetum hylocomiosum*);

第四类——細粒級砂粒約含 30%。屬 III-II 地位級的复层松
林(*Pinetum herbosum*),下木中有山毛櫸;

第五类——細粒級砂粒約含 40%。屬 II-I 地位級的复层松 林
(*Pinetum compositum*),第二林层中有山毛櫸和橡树。

阿尔别尔特 (1924 年) 在另一本著作中列出了一个德国里比罗
查地区冰水沉积砂地的分析表。同时,化学分析(盐酸抽出液)沒有
找出砂質土的成分中有什么大差異,而机械成分的分析則揭示出砂
質土的生产力与小于 0.2 毫米砂粒的含量有密切关系。我們要指明
一下,里比罗查地区上述五种类型的砂質土中物理粘粒(小于 0.01毫
米的顆粒)的含量是大致差不多的。

我国科学家 B. Г. 特卡丘克 (B. Г. Ткачук, 1937 年) 把小于
0.1 毫米粒級的砂粒看作是很清晰地划分砂地水分物理性質的界限。
据 A. A. 罗杰的研究 (1952 年), 小于 0.05—0.03 毫米粒級的砂粒
很好地反映出砂地的水分物理性質; 砂地中要是这一粒級的砂粒含
量很高, 悬着水不仅以对接水的形式存在着, 而且还以束縛水的形式
存在着。自由对接水被毛管力所保持, 束縛水被吸着力所保持。

砂地及其他心土的顆粒成分, 我們是按照 H. A. 卡庆斯基 (H.
A. Качинский) 的分类法 (1957 年), 如下:

粒級(毫米)		粒級(毫米)	
粗 砂	1—0.5	粉 粒	0.05—0.01
中 砂	0.50—0.25	粘 粒	0.01—0.001
細 砂	0.25—0.05	泥 粒	<0.001

由物理粘粒%含量所決定的土壤和心土機械成分，我們也按照 H. A. 卡茨斯基的分類法(1957 年)，如下：

<0.01 毫米顆粒的含量(%)	
松砂土	0—5
緊砂土	5—10
砂壤土	10—20
粘壤土	20—60
粘土	60 以上

要是粉粒或泥粒的含量很高，土壤的機械成分是这样來表明的：粘結粉質砂土或粘結粉質砂質土；粉泥質砂壤土或砂壤質土壤，如此等等。

粗粒砂地中混進細微顆粒（粉粒，特別是粘泥粒）便大大提高砂地的持水量和生產力。B. 辛別爾格(1911 年)用下表表明砂質土中細微顆粒（泥粒）的含量和林分地位級之間的關係。林分生長於地下水的影響以外（地下水深 10 米以下）。

地位級	V	IV	III	II	I
A 層泥粒含量(%)	1.9—3.3	5.4	10.0—11.7	15.7	22.2
C 層泥粒含量(%)	0.5—0.7	4.2	4.5—14.3	15.4	24.7

為了更好地了解上述關係，我們簡略地來談一談最主要的土壤和心土的水文性質。

持水量 土壤和心土吸收和保持水分的能力叫做持水量。土壤的透水性表征吸收水滲進土壤中的能力。土壤和心土引起水分自下而上的毛管上升的性能叫做引水力。這些水分性質主要取決於土壤和心土的顆粒成分與機械成分，取決於土壤和心土的壅結。重質土（粘結土和粘壤質土）和輕松土（砂質土和砂壤質土）的水分性質有顯著差異：前者的特點是透水性低，持水性和引水力（毛管上升）大，後者正好與此相反。但是，輕松土雖然其水分性質在數量指標上多少是相近的，可是它們在質上彼此却有極大差異，如果我們把持水量弄到最低極限，就會感到輕松土的水分性質彼此有顯著的變化。

從 B. Г. 特卡丘克的下列材料(1937 年)中，可以看出土壤和心

土的顆粒成分与透水性和引水力(毛管作用)之間的关系。

顆粒成分	粒級(毫米)	透水性 (毫米/分鐘)	毛管上升 高度(厘米)。
小圓砾	3.00—2.00	300	0
粗 砂	1.00—0.50	40	8
粗 砂	0.50—0.25	30	18
細 砂	0.25—0.10	20	30
細 砂	0.10—0.05	3	87
粉 粒	0.05—0.01	2	150

粒級 1.0 毫米和 0.1 毫米的顆粒成为渗透速度和毛管上升高度的最显明界限。粒級 0.01 毫米的顆粒是个較陡峭的分界限。至于談到 0.01 大小的顆粒,它已有許多粘粒特征。土壤和心土中这一粒級的含量要是有所提高,則大大地改变了它們的水分物理性質,大大地提高了它們的持水量,从而大大地提高了土壤和心土的肥力。

持水量可分最大持水量、最低持水量和毛管持水量三种:

1. 最大持水量 最大持水量相当于土壤中所有的孔隙被水分充滿时所能保持的水分最大量。在自然条件下,最大持水量出現于地下水位上面的饱和带。饱和带中的含水量,砂地(砂土)为 17—22%,砂壤土为 20—25% 甚至以上。

此外,在砂地上,土壤被雪水充分浸透之后,在砂壤土和粘壤土間层的上面呈毛管支持水的形式,也可能临时保持相当于最大持水量的水分;在这种情况下,在不透层(2—5 米深处)上面形成不稳定的地下水层,所謂高栖地下水(верховодка)。

說起来是很有趣的,夏季降雨落在干燥的砂質土上,水分也可能呈毛管悬着水(最大持水量)的形式临时保持在表层(15—25 厘米)。砂地中的砂粒愈細,这种悬着水层愈厚。据 И. С. 瓦西里也夫(И. С. Васильев)的材料,砂粒 1—0.5 毫米、0.5—0.25 毫米和 0.25—0.10 毫米大小的砂地,可保持的毛管悬着水层相应达 9 厘米、16 厘米和 18 厘米。这种現象用“浸湿的滞后作用”来加以解释(A. A. 罗杰, 1955 年)。

如果砂地不是干燥的,而多少是湿润的,那末最初来的雨水或其他水分便立刻渗透下去,要是渗透的愈深,所湿润的砂质土表层则愈厚。

2. 最低持水量 所谓最低持水量,即在单相的土壤心土中,经过相当深的浸湿之后,过多的重力水流下,而留下来的水分处于一定的平衡状态时所保持的含水量。

砂质土和心土中最低持水量的悬着水也为毛管力所保持,但悬着水未充满所有的孔隙,而呈自由水即所谓“对接”水的少量聚积形式而存在着(A. A. 罗杰, 1952—1955年)。对接水呈弯月面——袖口(манжеты)的形式处于砂粒的接触点上。袖口彼此被砂粒上的薄膜水层所沟通。对接水和薄膜水具有正常的流动性,但直接贴近砂粒上10—15层的很薄一层分子是不流动的。

各种土壤的最低持水量是:不含有粉粒、粘粒的粗中粒砂地的持水量很低,最低持水量为2.5—3.5%;中细粒砂地的持水量中等,最低持水量为4—5%;细粒砂地的持水量很高,最低持水量为6—8%;粉砂土和砂壤土的最低持水量为8—12%。在地下水位很深的深厚砂地上,植物的生命活动主要靠砂层中的这种悬着水。

测定最低持水量,一般都是在田野条件下灌一小块状地(1—4平方米),灌水量要使土壤和心土浸湿到所要求的深度。过几天后,在块状地上用土钎按层次取土样,在定温箱内加以烘干(在105°C的温度下)以计算其湿度(佔绝对干土重的百分比)。在春天雪化和土壤解冻以后,在夏天土壤被浸湿很深的久雨之后,也可取土样以测定最低持水量。

3. 毛管持水量 在地下水位上面的毛管带的带(边沿)中所保持的水分数量叫做毛管持水量。毛管带的上界限中的含水量等于最低持水量,而往下,毛管带中的含水量达到最大持水量。

4. 萎蔫湿度 为一个极为重要的水文常数。土壤中的水分到了固定储藏量的时候,植物的生命活动便完全中止,植物因此凋落。这个最低极限等于土壤的最大吸湿性或甚至比最大吸湿性还要低些。最大吸湿性相当于风干土从差不多被水汽(相对湿度94%)所

饱和的空气中吸收的气态水最大数量。

植物刚开始萎蔫的萎蔫湿度上限超过最大吸湿性的20—50%至1倍,而灰化土甚至超过2—3倍[多尔果夫(Долгов),1948年]。土壤愈轻松,萎蔫点愈接近萎蔫湿度的下限,即愈接近固定水分储量(系数为1),相反地,土壤愈粘重,萎蔫湿度的上限离它的下限愈远(系数为1.5—2)。这种差异是由于易被植物根毛所吸收的对接水而造成的;根毛很容易穿入砂层的粗孔隙中,以纤细的根网包裹着每个砂粒,这种情况在松树人工林下尤为显著。在细孔隙的粘质土上,在最细的毛管中所保持的水分,根毛往往是不能吸收的。此外,在重质土中,要是含水量仅为最低持水量的65—70%时,湿度状况便发生毛管联系的断绝,水分的流动性及植物可吸收性大为降低[М. М. 阿布拉莫娃(М. М. Абрамова),1948年;А. А. 罗杰,1955年;Ф. Е. 科里亚谢夫(Ф. Е. Колясев),1956年]。在砂质土中,这种水文差(гидрологическая ступень)差不多是不存在的,仅开始出现于粉砂壤质土中。

于是,在实验室里测出的土壤最大吸湿性,再乘上系数1.2—1.5—2,即可大致地测出该土壤的萎蔫湿度值。查明这一重要常数的第一个方法就是如此。

另一方法就是盆栽试验,即在温室条件下,在盆中培育植物幼苗。停止灌水之后,当植物表现出萎蔫特征,就测定盆中干土的湿度,得出萎蔫系数值。为了肯定是否萎蔫,除了干涸土壤以外,还可采取低空气湿度的办法来加以检验,即把长有植物的盆子放在被水汽饱和的大气中。嗣后,要是植物的膨压恢复不过来了,那末这种萎蔫就叫做永久萎蔫。盆中的土壤开始萎蔫时的含水量相当于永久萎蔫湿度。

应当注意,在温室条件下,即在无风、湿度高和适宜温度(20—25°C)的情况下所测定的萎蔫湿度,与在田间条件下所测定的萎蔫湿度不大符合,因为在外边,植物常常生活在强烈的旱风、气温和土温很高的条件之下。可是,在温室里,轻松土的永久萎蔫湿度接近于最大吸湿性的1—1.2倍,而在田间条件下乃是最大吸湿性的1.2—2

倍甚至以上。例如，乌克兰苏维埃社会主义共和国南部的中細粒砂地（最大吸湿性 0.30—0.36%），松树苗木的温室萎蔫湿度为 0.36—0.46%，而田间萎蔫湿度为 0.74—1.15%（平均为 1.0% 左右）[С. А. 卡敏斯基(С. А. Каминский), 1937 年; П. И. 斯卡洛烏霍夫(П. И. Скалоухов), 1949 年; П. А. 斯克烈普卡(П. А. Скрипка), 1956 年; В. Ф. 莫罗佐夫(В. Ф. Морозов), 1956 年]。

在长有天然植物或栽培作物的田间测定萎蔫湿度，这是测定萎蔫湿度的第三个方法。田间测定表明，永久萎蔫湿度不是个很肯定的常数，有一定的变动范围，这主要看植物的生态型、气温、土温及其他条件而定。对当地生态条件有良好适应力的乡土植物较为稳定。例如，中亚細亚荒漠的多年生植物幼苗，砂質灰鈣土的萎蔫湿度等于最大吸湿性的 0.9—1.1 倍，粘壤質灰鈣土的萎蔫湿度等于最大吸湿性的 1.5 倍（要是栽培作物小麦和大麦，萎蔫湿度比这还要高些）。在春天，只有当 0—40 厘米深的土层干燥到 $1 \times$ 最大吸湿性，当地的野生小幼苗才出现大量凋落的现象 [Л. Е. 帕烏泽尔(Л. Е. Паузер), 1955 年]。土温高，促使植物对土壤水分的吸收率提高，即使萎蔫湿度的下限有些下降（降到 $1 \times$ 最大吸湿性）。

最后，我們列出各种机械成分的土壤和心土的一些水文指标(表 1)。有效湿度范围(Ⅲ栏)是最低持水量(Ⅰ栏)减去萎蔫湿度(Ⅱ栏)的差数。

表 1 土壤和心土的水文性質

土 壤 和 心 土	Ⅰ. 最低持水量(%)	Ⅱ. 萎蔫湿度(%)	Ⅲ. 有效水分范围(%)	Ⅳ. 毛管上升高度(厘米)
1. 粗中粒砂地和疏松砂質土	2.5—3.5	0.2—0.4	2.3—3.1	30—40
2. 中細粒砂地和砂質土	4.0—5.0	0.5—1.0	3.5—4.0	50—75
3. 細粒砂地和粘結砂質土及砂壤質土	6.0—12.0	1.5—4.0	4.5—8.0	90—150 (或更高)
4. 輕粘壤質土	16.0—20.0	5.0—8.0	11.0—12.0	200—350

因为永久萎蔫湿度实际上仅依机械成分（砂地中的物理粘粒含量）为轉移，而最低持水量除机械成分而外，还取决于土壤的壅結和