

土 壤 水

A. A. 罗戴 著

科学出版社

十

月

水

...

...

...

...

土 壤 水

A. A. 罗戴 著

譯者（以姓氏笔划为序）：

巴逢辰、乔 樵、孙励敬、严长生
陈彦雄、張学詢、高拯民、常世华

校者：

乔 樵、沈善敏、楊景輝

总校：高拯民

科 学 出 版 社

1 9 6 4

А. А. Роде
ПОЧВЕННАЯ ВЛАГА
Издательство Академии Наук СССР
Москва, 1952

内 容 简 介

本书是苏联 A. A. 罗戴教授的重要著作。书中重点论述了各种类型土壤水的性质和变动规律、水分含量和水文常数、土壤水和植物的关系等。作者除引用自己的研究成果外,还评介了大量国际间对土壤水文学的研究成果。

本书是土壤水文学方面比较全面的重要著作,是土壤、水利土壤改良工作者及高等院校有关专业教师的重要参考文献。

土 壤 水

〔苏〕A. A. 罗戴 著

巴 達 辰 等 譯

*

科学出版社出版

北京朝阳门大街 117 号

北京市书刊出版业营业许可证出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1964 年 10 月 第 一 版

开本: 787×1092 1/18

1964 年 10 月 第一次印刷

印张: 22 2/3

精装: 0001—2, 150

插页: 3

平装: 0001—1, 950

字数: 515, 000

统一书号: 13031·1934

本社书号: 2986·13—4

定价: [科七] 精装本 3.90 元
平装本 3.20 元

中 譯 本 序 言

土壤水是土壤体和土壤肥力的重要組成部分，土壤中的营养物质必須溶解于土壤水中，才能被植物根系所吸收。而土壤中有机无机物质的积累、轉化和移运，以及土壤中生物和微生物的生活，都必須有土壤水的参加。

土壤水的研究，是土壤物理学中最重要的部分，并已发展为独立的学科——土壤水文学。土壤水的有效利用与調节，是保証农业生产与改良土壤的重要环节。

罗戴教授是苏联研究土壤水文学的著名学者，他对土壤水文学进行了四十年的研究，在理論和实践上都有很大的成就。他在本书中重点地闡明了土壤水的运动，土壤水的类型，各种土壤水类型的水分含量和水文常数，土壤水和植物的相互关系。在本书中他引用了自己研究的成果，也介紹了当时国际間对土壤水文学研究的成就，可算是現代土壤水文学方面比較全面的重要著作，对土壤科学的理論方面与农业生产方面都有重大的参考价值。

本书由乔樵同志等集体譯成，并由高拯民同志等詳为校閱，参加譯校工作的共有十人，多为中国科学院林业土壤研究所的研究人員，利用业余时间，譯成此书。因本书系土壤科学方面重要著作之一，譯校工作虽經审慎进行，但疏漏之处，仍所难免，敬希讀者予以指正。現值全书譯校完成，即将付印之时，略志数語以为序。

宋 达 泉

1963 年 6 月

序 言

土壤和母质中的水連同存在于其中的溶液,犹如活有机体的血液,无水就无土壤。因此在土壤形成中水文状况应居首要地位。

Г. Н. 維索茨基 (Высоцкий): “土壤和地下水状况概論”。

除經過植物根系从土壤內吸收水分外,任何一滴水都不能滲入植物的有机体内。

В. Р. 威廉斯 (Вильямс): “土壤学”。

土壤水是土壤的最重要組成部分之一。它在土壤形成中起着极重要的作用,因为形成土壤剖面的土层內各种物质的运轉,主要是呈溶液形式来进行的,也就是說这些物质同液态土壤水(即土壤溶液)一起移动。同时,土壤水在极大的程度上参与了土壤內进行着的許多物质轉化过程:如矿物风化現象、有机化合物的合成和分解現象等等。

土壤水自液态变成固态,或自固态变成液态,对土壤的物理状态影响至巨。

总之,水在土壤形成中的作用特別巨大。不洞悉支配土壤內水的变动(поведение)和运行(передвижение)及其同土壤的其他組成部分(主要是同土壤固相)相互关系的規律,就无法認識土壤形成过程。

土壤水作为土壤肥力的一个因素以及作为农业生产的一个因素來說,也具有很大意义。控制土壤水文状况是提高农地生产力的重要方法之一,而且往往是提高农地生产力的最重要的方法。提高农地生产力的斯大林改造自然的全部計劃,就是以改造整个地区的水文状况,特別是改造土壤水文状况为依据的。

为了控制土壤水文状况,要認識土壤中土壤水的变动規律,这对許多其他国民經济部門,如林业、筑路、水利工程等等來說,也非常重要。

同时必須指出:在大多数情况下,当解决上述問題中任何一个問題时,我們不能把土层本身的水文状况和土壤下层母质(母质层)的水文状况截然分开。恰恰相反,我們應該把它們放在一起加以探討,因为土壤层和母质层之間經常进行着水分以及

溶于其中的許多物质和气体的交换,虽然这种交换的速度可能是极不相同的。因此,我們所說的土壤水文状况大都是指整个土壤-母质层的水文状况而言。

在很早以前,即从人类从事农业的时候起,就开始認識到土壤水对农业有重大意义。远在古代就有了各种灌溉工程。当然,这些工程一般是单凭經驗而发展起来的,但无疑地,在这个时期也已經有了某些积累的經驗总结,并得到了种种經驗的規律性。

科学的农学在西欧的发展是从十九世紀前半叶开始的,当时也很注意土壤水的变动問題,但是当时的农学文献,其内容主要是研究土壤的各个水分物理性质,几乎全是实验室内經驗性质的研究报告。

在俄国,土壤水文状况研究的发展,却走着另外一条道路。十九世紀初期,有一些自然科学家,如洛米科夫斯基(Ломиковский)、施金(Шишкин)及其他学者,在自然情况下布置了許多試驗。他們观察这些試驗結果后发现有关土壤水变动的許多規律性,特別可貴的是,这些規律性是在自然情况下确定的。

在十九世紀后半叶,道庫恰耶夫(В. В. Докучев)所創立的科学的土壤学,特別重視土壤水文学問題,这也是十分自然的事。虽然以前有許多研究者对这些問題已經做过研究,但是道庫恰耶夫的土壤学,由于他对土壤的看法是自然-历史的,这就使有可能按照新的見解来理解土壤水变动的許多現象,并赋予这个問題应有的广泛意义,他把土壤水变动的許多現象同整个土壤形成和发育的規律性有机地联系起来,因而也就使关于土壤水的学說,变成为科学土壤学的必不可少的組成部分之一。

道庫恰耶夫在十九世紀九十年代初期,碰到了防止干旱的問題,他馬上就估計到土壤的水文状况对整个防止干旱方面具有重大意义。这一点也具体地反映在道庫恰耶夫卓越的著作“我国草原的今昔”一书的最后一章(题目是“在俄国草原地区整頓水利事业的方法”)中,同时也具体反映在他所建立的試驗地区的研究工作的綱領上,这个綱領把“……积雪层以及土壤冻融深度和特性的研究,土壤水(按狹义而言)以及部分地下水的活动的分析……”(1894)提到了首要地位。

道庫恰耶夫的学生及继承者,如維索茨基、阿达莫夫(Н. П. Адамов)、伊茲迈依里斯基(А. А. Измаильский)等,发展了他們老师的思想,并把这些思想变成现实。正因为他們創造性的劳动,奠定了当时土壤水文学所依据的原則,构成了道庫恰耶夫土壤学的一个基本組成部分。

柯斯特切夫(И. А. Костычев)在他的研究工作中十分重視土壤水的变动問題,对植物和土壤水之間的关系亦給予特別注意。

后来,許多著名学者都曾研究过土壤水文学問題,其中有:布里茲宁(Близиин)、柯索維奇(П. С. Коссович)、克拉夫柯夫(Кравков)、奧托茨基(Отоцкий)、罗特米斯特罗夫(В. Г. Ротмистров)、列別捷夫(А. Ф. Лебедев)、威廉斯、道亞連柯(А. Г. Дояренко)、卡庆斯基(Н. А. Качинский)、波波夫(В. П. Попов)、安德里阿諾夫(П. И. Андрианов)、道尔果夫(С. И. Долгов)等。

由于这些学者创造性努力的结果,土壤水分状况学说和土壤水分物理性质学说,得到了更进一步的发展,特别是在十月社会主义革命以后,这些学说日益广泛地应用于我国国民经济之中。

在外国,也曾就土壤水文学问题做过大量工作。特别是从十九世纪的末叶开始。其中我们发现对土壤水变动的个别问题具有重大价值的试验研究工作。不管这些工作做得如何仔细和深入,但是其中大多数研究工作都缺乏它们所遵循的某一主导思想。我们发现外国文献中,例如在威尔斯留斯(J. Versluys, 1917)、仲克尔(H. Zunker, 1930)、法格列尔(Vageler, 1932)、阿尔廷和库尔米斯(F. Alten und B. Kurmies, 1939)以及其他学者的著作中,曾试图建立综合性的概念。这些著作的特点是,大都以各种室内试验研究为基础,部分则具有抽象性质,和自然界所观察到的那些现象联系不够。

毫无疑问,研究个别现象的室内试验方法是完全合理的,并且在研究工作过程中也是必要的。但是只有当把这些结果同在自然界中所观察到的许多现象联系起来以后,这些工作才会具有真正的价值,才会顺利地应用到科学和实践中去。而这一点,正是在绝大多数外国的研究工作中所缺乏的。

因此,建立综合性概念的这种意图,是非常形式主义的、抽象的,即使在最好的情况下也是片面的。

现在谈谈我国带有概括性特点的著作。在这里我们暂不涉及那些阐明土壤水文状况问题的研究工作,如维索茨基的卓越研究工作,而仅限于探讨那些以土壤水变动的一般规律性为其对象的研究工作。

柯索维奇(1904)的专著应该认为是有关这方面的第一部著作,该书虽然简短,但其内容极为丰富。在这本书中,柯索维奇综合了当时在文献中已有的关于最重要的土壤水分物理性质方面的所有实际资料,并用自己的实验加以充实。

在同一年出版了洛柯契(Т. В. Локоть, 1904)的著作,该书是一本国内外文献中有关土壤水分物理性质、土壤水分平衡的各个因素和土壤湿度状况方面详尽的报导。此外,作者自己对波尔塔夫斯克(Полтавский)试验站土壤水文状况的观测材料,亦占有很大篇幅。显然,在他的书中,第一个提出了土壤湿度研究方法的问题。

从1911年起,开始出版洛斯喀(П. Г. Лоске, 1911, 1915)的具有广泛内容的报告,其中包括有土壤水文学的各种问题。

但是,洛柯契和洛斯喀的这两部著作,和过去我们曾指出的一样,仅系文献报导,而非真正综合性著作。

从1919年开始,连续出版了四次的列别捷夫的名著《土壤水和地下水》一书,是一本巨著,在该书中试图创立土壤水变动问题领域内的基本理论。

该书的特点是,在书中充满了列别捷夫独特的试验资料,他很少利用其他学者的研究资料,在他所讨论的全部问题中,主要根据自己多年的试验研究结果。这个特点既是该书的优点,同时也是该书的缺点。

其优点就在于:列別捷夫用自己的独特的試驗研究材料,使我們在土壤水文学領域內增进了許多新知識。其缺点是,他忽視了科学中业已积累的資料,在某些問題上違反了已經确立的科学事实。例如,这种缺点具体反映在他对待大家所熟悉的“田間”持水量或“最小”持水量(按柯索維奇的水分分类法)現象的态度上,这个現象对了解土壤水的变动具有巨大意义。但是他对此現象未加估計,显而易见,他对此現象尚未弄清楚。

三十年代的初期,出版了卡庆斯基(1930, 1934)的一系列著作。其主要意义在于:拟定了研究土壤物理性质的方法并使其标准化,改进了工具和仪器。在这当中重要的是,卡庆斯基指出,研究土壤物理性质时必须考虑土壤剖面的构造。

道尔果夫(1948)的《土壤水分的运动性及其对植物有效性的研究》^{*)}一书,是土壤水文学方面一部最新的綜合性巨著。这部著作和列別捷夫的著作一样,虽然在該书中对文献資料加以归納和評論的篇幅要比列別捷夫的著作为多,但是与其說該书是具有批評性綜合的特点,还不如說它有独特的試驗研究性质。道尔果夫的著作不同于列別捷夫著作之处有:在道尔果夫的书中特別重視土壤水分物理性质,可是在列別捷夫的书中却着重于土壤水文狀況問題(就狹义而言)的某些材料。

我們把这两部名著加以比較應該指出,这两位学者的观点,按其实质是截然不同的。

列別捷夫的观点是:在土壤水的保持和运行的現象中,土粒和水分子之間所产生的分子力即吸着力(сорбционный)和吸附力(адсорбционный)起首要作用。虽然他并不排斥其他力如毛管力、重力等的作用,但是他始終把这些力置于次要地位,他的这些观点不仅牢固地应用于土壤学之中,而且也牢固地应用于相邻学科如土质学、水文地质学之中。

和列別捷夫相反,道尔果夫的观点是:土壤水的保持和运行,毛管力(按道尔果夫的说法,即弯月面力)应居首要地位。在这些概念中,他广泛应用威尔斯留斯(1917)的理論,在我們看来,威尔斯留斯的理論是抽象的、形式主义的。道尔果夫也不否定吸着力的作用,但是他把这种力的作用置于次要地位,这点明显地反映在他的土壤水分形态的分类中(1948a, 第187頁)。

因此,在这两位学者的著作中,有两种截然不同的理論原則。这些理論上的分歧对实践很有意义,因为正确解决实际問題也包括各种农业措施的拟定在內,都要看理論概念的正确性如何而定。

我們觉得正确解决現在所討論的問題,需要把建立在这两种理論上的观点結合起来。我們不是依此就說“折衷就是真理”。如果說这类格言可能应用于这种情况,这也只是最一般的形式而已。問題的本质在于:决不应对所有的土壤和母质不加区分地等同看待而不去考虑它們性质方面的差异,特別是它們的机械組成、团聚体的状态和垒結性等方面的差异。必須根据这些特征对它們加以区分,并应按着这些特征

^{*)} 原著无該著作全名,此系譯者补加的——譯者注。

上的差別去研究土壤水文学現象。以这种观点出发,上述两种理論正好相輔相成。这种見解的必要性就在于:往往在表面上相同的現象,由于土壤和母质的特性不同,实际上却具有不同的实质。其实,我們不单沒有見到許多学者在研究水文学現象时对土壤和母质的主要特征加以区分,而且常遇到相反情况,即利用砂粒模型进行研究,并将在砂粒模型上得到的結果,不分条件地轉用于所有的土壤和母质。大概只有維里卡諾夫(М. А. Великанов, 1948)第一个明确指出对待上述問題不同态度的必要性。

本书用上述这种观点,試图批判性地綜合文献中有关土壤水变动問題的全部丰富資料。

这类綜合工作的必要性业已成熟。它既决定于积累資料的数量,也决定于解决各种問題时对集中有关知識的要求。正当我們祖国根据严格的科学原理实行改造自然和农业的宏偉計劃之际,后一种情况就显得特別重要。

还不敢說本书系对所有文献資料詳尽无遺的分析。很可能:第一,作者忽略了若干已出版的著作;第二,有一部分著作作者虽已知其出版,但无法获得;第三,根据作者的意見,有意識地删去若干不重要著作。

作者将非常感激对本书所述問題提出任何科学上的批評。

在本书中主要討論土壤水分性质。作者准备在不久将来能繼續从事此項写作工作,包括土壤水文状况、土壤水分平衡及其控制方法等問題。

作者在結束本序言时,特別向农学博士弗郎采松(В. А. Францессон)和烏拉謝維奇(В. А. Уласевич)表示衷心的謝意,感謝他們允許利用自己尚未发表的創造性的試驗結果。

作者也愿意向苏联科学院土壤研究所图书館的同志表示崇高的謝意,特別是克文(Л. И. Квин)同志,他为获得必要的文献做了巨大的努力。

作者愿向自己最亲密的工作同志阿布拉莫娃(М. М. Абрамова)、阿法娜絲耶娃(Е. А. Афанасьева)、鮑里薩柯夫(А. Ф. Большаков)、华西里耶夫(И. С. Васильев)表示謝意,同时也向道尔果夫表示謝意。作者曾同这些同志不止一次地討論过本书中所談到的許多問題,并在这些問題的解决当中給予友好的帮助。

(譯者: 乔 樵; 校者: 楊景輝、高拯民)

目 录

中譯本序言	(v)
序 言	(vii)
緒 論	(1)
第一章 土壤的孔隙度	(7)
第二章 水及其某些性质和与水性质有关的某些现象的本质	(21)
一. 水分子的构造与性质	(21)
二. 离子的水化	(24)
三. 渗透现象	(25)
四. 毛管现象 一般概念	(29)
五. 小直径管子的毛管现象	(32)
六. 水在“理想土壤”中的变动	(41)
七. 毛管的凝聚作用	(43)
第三章 汽态水和土壤固相	(45)
一. 本现象的本质及其研究方法	(45)
二. 量的规律性	(46)
三. 吸湿水薄膜的厚度	(55)
四. 确定土壤吸湿性能的力	(58)
結語	(86)
第四章 束縛水	(87)
一. 前 言	(87)
二. 列別捷夫的研究及其观点的评价	(88)
三. 水的非溶解性容积	(102)
四. 束縛水的物理性质	(108)
五. 土壤的湿润热	(115)
六. 代換性阳离子对土壤分散性与土壤束縛水分的影响	(130)
七. 关于法格列尔与馬特松代換性阳离子在土壤束縛水分过程中所起作用的观点	(143)
結語	(157)
第五章 悬着水	(162)
一. 一般概念	(162)
二. 砂质的土壤与母质中的悬着水	(167)
三. 壤质和粘质的土壤与母质中的悬着水	(175)
四. 在壤质和粘质的土壤与母质中当湿度为最小持水量时悬着水的运动性	(197)

五. 均匀的細粒状土壤与母质中最小持水量的本性	(214)
六. 非均匀(层次性)土壤-母质层中的悬着水	(225)
結語	(237)
第六章 自由重力水	(239)
一. 一般概念 自由重力水的形态	(239)
二. 土壤的透水性	(243)
三. 渗透重力水	(252)
四. 支持重力水	(255)
五. 毛管上升速度	(271)
六. 逕流重力水和土壤水	(276)
結語	(285)
第七章 土壤的吸力	(287)
第八章 土壤水与植物	(300)
一. 植物对水分的吸收	(300)
二. 植物对水分的需要和蒸騰系数	(303)
三. 植物所需的土壤最低湿度	(310)
四. 土壤湿度对植物生长和发育的影响	(320)
五. 某些水分不易被植物利用的原因	(328)
六. 凋萎湿度与土壤其他水分特性之間的关系	(332)
結語	(339)
第九章 土壤水形态概述	(340)
一. 現有土壤水形态的分类法	(340)
二. 土壤水的运动性	(352)
三. 土壤水形态的分类	(363)
四. 某些土类的水分性质	(368)
結語	(380)
参考文献	(383)
俄中名詞对照表	(396)

緒 論

土壤中的水和土壤外面的水一样,存在有三种状态:固态、液态和气态(确切地讲是汽态)。固态水不运动,只有在先变为液态和气态(即汽态)的条件下才会移动。本书主要着重于液态水,我們討論固态水时只是为了弄清楚液态水变动方面的问题为限。

水主要是从大气中进入土壤¹⁾。水以某种形态落于土表或土壤上层之中,随后就受到不同性质和不同来源的力的作用,这些力作用的结果引起了土壤水的运动。土壤水文学的第一个任务就是确定支配这种运动的规律性。土壤水的运动可以说是一种正常状态,反之,土壤水不运动倒是自然界非常罕见的情况。这是因为使土壤水产生运动的力的大小随时都在改变着,这种改变是由于决定这些力的外界条件(如降水、温度的改变等)的变化,或者是水本身运行所产生的变化而引起的。后一种情况会使某一种力逐渐削弱直至完全消失,同时却又引起另一些力的作用的出現和增长。

在某一时刻,作用于該水分子群的若干力的組合,即所謂合力,是該水分子群以一定速度向一定方向移动的原因。在另一时刻,作用于該水分子群的力的組合可以不同,因之其移动的速度和方向也就变了样。

一般說来,不同水分子群在同一时刻处于各种不同力的組合的作用下,因此,它們会以不同速度朝不同方向运行。同时正象下面我們所看到的,存在于該土体(土体要小到用肉眼看来是均一的)内的全部水量,可划分为几个組合,其中每一个組合的特征是,它的运行(或动态平衡状态)是在占优势的力或力組的作用下进行的。水的各种組合通常称为“土壤水的类型”。土壤水文学的第二个任务就是确定这些类型。不难看出,这些类型都是一些抽象的概念。显然,合理划分土壤水为許多类型,正是应该从某一占优势的力或一部分占优势的合力为依据的,这种力或合力决定着所确定的土壤水类型的变动(运行的方向和速度)。

土壤水文学的第三个任务是测定各土壤水类型的水分含量。

在这里我們应该指出一个重大困难。这个困难是在解决这个任务和对土壤水文学現象进行解釋时产生的,在今后我們还将經常遇到这种困难。

象剛才我們讲过的,土壤水的保持和运行要看性质不同的力和作用如何而定。随土壤內水分含量的增加,一个現象逐漸消失,决定該現象的力亦随之消失,但是另一現象却重新产生和增强。在当时,作为后一現象基础的力,比作为前一現象基础的力要弱得多。同时,彼此更替着的現象,可以说总是相互逾越,也就是說在旧現象消

¹⁾ 在这里以及在以后各章如无特別的指明,我們將把“土壤”这个名詞作广义的理解,在土壤这个概念中,不仅包括原来的土壤发生层,而且包括母质层,也就是說包括整个土壤-母质层。

失之前新現象就已开始出現。因而,在这些現象之間,也就是說在各种土壤水类型之間,决不可能截然划分出明显的界限。这种相互逾越的原因:第一,随着某一范疇的力的即将消失,該力的大小亦降至其他范疇的力已經开始出現的水平,此后,在土壤湿度增减的某一过程範圍內,这些力共同发生作用,直至其中某一力完全消失为止。

第二,土壤孔隙的微断裂(микродискретный)特性也有重大意义。土壤是由小顆粒組成的,土壤孔隙有可变的形状和大小,所以在土壤中能够同时造成凹凸表面、曲率不同的弯月面和薄膜等,而且它們在能量方面亦彼此截然不同。

由于上述一个現象和另一个現象彼此逾越,常令人难以确定,在此湿度下水的运行和保持究竟决定于何种范疇的力的影响。因此,某种作用力或其局部組合占优势的范围(空間)和时期(時間)之間,以及各种土壤水“类型”之間所划分的界限总是有条件的。但是,正象我們在下面所見到的,在某一极小的土体内水分子的各个組合在其变动方面的质上的差异,大体上仍能确定,它决定于某种作用力或某几种作用力的組合在数量上的优势,因此,我們仍有可能測定各种不同类型的土壤水的近似值。

除土壤水的“类型”外,尚应測定和确定所謂“土壤水文常数”(例如最大吸湿水量、毛管持水量等)。为了使这些常数更加合理,它們亦应和占优势的某种力和作用力的局部組合联系起来,这些力决定着該均一土体内某一部分土壤水的变动,换言之,这些常数應該同土壤水的“类型”及其运动性联系起来。这些常数通常和某种“类型”土壤水的最大可能含量相符合,从整个上述情况可得出这些“常数”的一定条件性和近似性,因为在土壤湿度增加之际,在某种类型土壤水的积聚停止以前,就已开始了另一类型土壤水的积聚。这种現象的产生是由于:土壤通常系一非均质多分散系,它的許多性质往往在很短距离內就产生变化。因此,当我们讲到土体“要小到可以认为是均一的”时,應該把这种均一理解为宏观性质的。实际上就連极小的土体,在物理学上特别是在能量上仍属非均一体。但是这种非均一性带有微观特点,它表現某些性质在空間上或多或少显有規律的变化,同时这些变化是在一定範圍內出現的,这种範圍要看土粒組成、土壤壅結性、矿物成分、結構等如何而定。在上述宏观意义上,我們可以认为每个发生土层是或多或少均一的。反之,两个不同发生土层,就宏观意义来讲就各不相同。

最后,應該記住,任何“常数”和該土壤的任何性质一样,并非真正不变的、固定的,它們必然随着時間在土壤演变过程中发生变化。但是在大多数情况下,在人类沒有耕作过的自然土壤中,其变化速度非常緩慢,因而我們可以把这些“常数”认为实际上不变,反之,在耕种的土壤中,特别是土壤的耕作层中,某些“常数”在很短期間改变得特別大,使它們朝某一方面的变化,往往也是土壤耕作和土壤改良的任务之一。

土壤水文学的第四个任务是研究土壤水和植物之間的相互关系。

現在我們来談一談进入土壤中去的水,到底是在何种力的影响下在土壤中存在

和运行的問題。我們就液态水和汽态水¹⁾分別來探討這個問題,同时,現在只是以最簡要最一般的方式來闡述這個問題,因為在本書其他各章中將要更詳盡地探討各種力的作用。

通常以大气降水形态落到土壤表面的液态水,首先受到重力的作用,重力迫使这种水渗透到土壤孔隙中去,而在降水过多的情况下,即降水进入的速度大于渗透到土内的速度时,就迫使这种水沿着土壤表面的斜面而流失。

渗透到土壤中去的水也繼續力图向下移动。但是在土层中这种下降运行的可能性,也将受到其他种力的影响。

渗透到土壤中去的水,馬上就受到完全是另外的一种力的作用,这种力綜合在一起可名之为吸着力的作用,这种吸着力是水分子之間及其同土壤固体顆粒表层的分子和离子之間的相互吸引力。既然水分子能活动,而土壤固体顆粒表面的分子和大部分离子都不能活动,所以水分子同土壤固体顆粒表层的分子和离子之間相互吸引,在我們看来,是水分子被土壤固体顆粒单方面所吸引。这一种力也应包括水分子和土壤固体顆粒表面的离子(通常是阳离子)之間所产生的吸引力。这些离子能够在水存在的条件下离开土壤固体顆粒表面而解离到土壤固体顆粒周圍的水介质中去(水化現象和离子解离現象);我們称这些离子为代換性离子。

其次,應該指出存在于水分子本身之間的相互吸引力,其力亦大,但是位于某一水体內部的水分子,受到来自周圍水分子方面平均的吸引力,故其平均合力为零;但是位于某一水体表层上的水分子,要受到方向朝着水体內的单方面的吸引。

在这种情况下,如果水面是其与任何气相的分界,則此力达到相当大的数值,形成所謂表面压力。表面压力的大小要看液体表面的形状如何而定,凹的表面的表面压力比平的表面的表面压力小,平的表面的表面压力又比凸的表面的表面压力小。这样一来,表面压力的大小就随曲率半径的正、負符号和絕對值而改变。这些表面压力,我們称为毛管力或弯月面力。

其次,还应该提到能产生扩散現象的所謂渗透力,它对水的运行也有影响。如果我們取同一种物质而濃度不同的两种溶液,或取不同物质而濃度亦不同的两种溶液,并使这些溶液合并在一起,那么溶液中全部分子和离子,其中也包括溶剂的分子,开始从分子和离子的濃度比較大的地方向濃度比較小的地方移动。分子和离子的这种运行就称为扩散作用。其原因是:第一,溶剂分子和溶质分子或离子之間的相互吸引;第二,溶液中的分子和离子不規則的热运动及其力图使自己达到最均匀状态的趋向。后一种現象也可从在整个溶液內的各个部分每种粒子的濃度相同这一点看出。在土

1) 我們將利用“汽态水”这个名詞而不利用“气态水”这个名詞是因为:土壤中的气态水始終是水汽,也就是說它存在于比水的临界温度(374°)要低的或較此更低的温度条件下,并在土壤中实际存在的任一温度均可使其液化。土壤中的水总是处于比水沸騰时(在地球表面所常見的大气压下)还要低的温度,因此在不增加压力条件下仍会出现液化。换言之,在土壤中总是存在有某种条件,在此条件下会同时出现液态水或固态水及其水汽——后者存在于任何不超过水汽使整个空間飽和的分压之下。我們把“气”这个字通常理解为超过临界温度的气态物质。

壤中,除溶剂“水”的分子外,常見于土壤中的可溶性盐类的分子和离子能够参与扩散现象,而且代換性离子,在一定範圍內和一定空間中,同样地也能够参与扩散现象。

所有上面列举的作用于土壤內液态水的力,都同水分子本身的性质和土壤固体顆粒本身的性质有关。但是在土壤中还有一种力,其規模可能达到最大的数值。

这种力就是生长在該土壤上的植物根系的吸力(сосущая сила)。在植物根系吸力的影响下,水从土壤中轉移出来,首先进入植物体内,然后除去合成活质方面所消耗的和同有机殘体一块再归还到土壤中去的力量甚微的水分外,几乎全部蒸散到大气中去了。

以上种种,就是支配土壤中液态水运行的各种力。

汽态水的变动比較简单。在这种情况下我們不必考虑重力的影响,因为在几米至几十米深的土层範圍內地心引力可认为不变,而在其他等同条件下,在此土层範圍內由地心引力所决定的空气的压力及其中所含的水汽压是相同的。

呈汽态进入土壤中去的水分子,也会受到汽态水分子和土壤固相顆粒表层的水分子之間所产生的相互吸引力的作用而移动,也就是說受到吸着力的作用而移动。

扩散作用对汽态水的运行有特別重大作用,也就是說水汽分子的不規則热运动有特別重大的作用,由于这种不規則热运动的結果,水汽分子就尽可能均匀地分布在整個土层之中。在这种情况下,水汽的运行是从濃度(压力)比較大的地方向濃度(压力)比較小的地方移动。

土壤空气和土壤內水汽的热膨脹对土壤中汽态水的运行有一定的影响。在几十厘米範圍內的上部土层,經常出現昼夜温度的日变化,其变幅可达到几十度。显然,温度的日变化必然要引起土壤空气和其中水汽的脹縮,因而也就引起水汽的运行。

大家知道,大气压也在一定範圍內发生变化,这也就不能不引起土壤空气及其中的水汽从土壤向大气移动,或引起从大气向土壤的反方向移动。

在这里还应该提到空气动力方面的力,这种力是风作用于土表而产生的,它加强了土壤和大气之間的气体交換。

以上这些就是决定土壤水变动的力的一般情况。从这一概括分析中不难看出,这些力就其性质和大小来讲是截然不同的。力的組合也是多种多样,并且极为复杂。如果我們考虑到这些力的性质及支配它們表现的規律的研究还很不够,那么摆在我们面前的任务,即分析它們在土壤中复杂的相互作用的任务,对我们來說还是相当艰巨的。但是大致解决这个問題仍旧是可能的。这也正是本书下列几章的内容。

但是,在未直接討論到这些問題以前,我們认为有必要先闡述一些有关土壤孔隙和关于水及其某些性质的一般知識。这能使我們今后不再多談这些問題,而得以致力于完全属于土壤水本身的探討。

(譯者: 乔 樵; 校者: 楊景輝、高拯民)

本書縮写名詞一覽表

- УВ——“удельный вес”，土壤固相的比重，不名數。
- ОВ——“объемный вес почвы”，土壤容重。同義詞為土壤骨骼的比重，以每立方厘米干土的克數表示。
- П——“порозность”，土壤的孔隙度。土壤孔隙的總體積，以占土壤總體積的百分數表示。同義詞為總孔隙度。
- МГ——“максимальная гигроскопичность”，最大吸濕性。系土壤從幾乎為水汽飽和的空氣內能夠吸着（吸收）的水分的最大量，通常在 10% H_2SO_4 溶液上面相對濕度（水汽壓）為 94% 時測定的，以干土重百分數表示（見本書第 46 頁）。
- ММВ——“максимальная молекулярная влагоемкость”，最大分子持水量。這個概念由列別捷夫提出的，土壤中由分子引力所保持的水分的最大量，以干土重的百分數表示。其測定法是由列別捷夫提出的：有离心机法、高土柱法和薄膜平衡法。在大多數情況下不能測得與此概念相當的數值，因此，ММВ 的數值是假定的（見本書第 90 頁）。
- МАН——“максимальная адсорбционная влагоемкость”，最大吸附持水量。系土壤中借吸着力保持的緊束縛水的最大量。在理論上為 ММВ 的同義詞，但測定方法完全不同，能使測定值更符合於理論上的概念。以干土重的百分數表示（見本書第 100 頁）。
- ПВ——“полная влагоемкость”，飽和持水量。也稱全容水量和最大持水量。是土壤中所有孔隙都充滿水分時所保持的水分的最大量。以干土重百分數表示（見本書第 183 頁）。
- НВ——“наименьшая влагоемкость”，最小持水量。土壤中所能夠保持的懸着水的最大量。同義詞又稱“田間持水量”、“絕對持水量”[丘列姆諾夫(С. В. Тюремнов)]、“最大田間持水量”(烏拉謝維奇)、“相當於毛管懸着水的毛管持水量”(卡茨斯基)(見本書第 164 頁)。由於土壤或母質的顆粒組成不同，也由於保持懸着水的力的性質不同，最小持水量可再區別為：
- НВст——“наибольшее количество стыковой влаги”，最大触点水量。土壤所能保持的触点水的最大量，以干土重的百分數表示（見本書第 168 頁）。
- НВпл——“наибольшее количество пленочно подвешенной влаги”，最大薄膜懸着水量。土壤所能保持的薄膜懸着水的最大量，以干土重的百分數表示（見本書第 221 頁）。
- ВРК——“влажность разрыва капилляров”，毛管斷裂濕度。懸着水在蒸發過程中失去了連續性，並停止向蒸發表面運行時的土壤濕度，以干土重的百分數表示（見本書第 208 頁）。
- КВ——“капиллярная влагоемкость”，毛管持水量。土壤所能保持的毛管支持水的最大量，它的數值根據測定層距自由水面的高度而異，以干土重的百分數表示（見本書第 276 頁）。
- ВЗ——“влажность устойчивого завядания”，穩定雕萎濕度。植物開始出現雕萎特征且置於為水汽飽和的大氣中仍無法恢復其原來狀態時的土壤濕度。它也稱為雕萎系數，以干土重的百分數表示（見本書第 319 頁）。
- КрВ——“критическая влажность”，臨界濕度。從濕度最大過渡到濕度最小使植物的水分供給顯著變壞時的土壤濕度，可根據植物“流傷”的停止測得，很可能同 ВРК 值相符合，以干土重的百分數表示（見本書第 322 頁）。也可將此值稱為植物生長停滯濕度。