

土壤水的储存

F. 菲希廷尔, H. 施莱弗尔

与地表水的蓄水相反, 水文研究过程中对降水在土壤中暂时蓄水量和蓄水时间考虑得很少。这是因为获得数据比较困难之故。现在, 应用奥地利耕水试验设施进行的一系列观测, 都为求某些土壤水的蓄水系数提供了可能。

土壤中水的蓄存及消耗与地表水域的情况相似。当然, 土壤的水力过程不易观察到。此外, 可利用的蓄水空间也有本质差别: 地下水位上升时, 土壤不象湖海那样整个空间都可用来蓄水, 而只能用土壤中一小部分空间即“自由”空隙蓄水。“自由”空隙只存在于地下水位以上并且对水的蓄存起着决定性的作用。

由于土壤水量的变化过程很难掌握以及缺乏精确的测量, 因而对土壤水储存水的利用价值存在着完全不同的判断。例如很难判断土壤中哪些水先是暂时滞流而后缓慢流失; 哪些水是有用的剩余水; 哪些水是被植物可以利用的“毛管水”的土壤湿度和哪些水是凝结的和不能被植物利用的薄膜水。为了弄清这种凝结水的数量, 首先需要搞清区域总水量内土壤储存水的含义。举例说, 如果土壤空隙空间占体积50%, 并且这种空隙空间是由三分之一凝结薄膜水、三分之一可供植物利用的土壤水和三分之一自由空隙空间构成的话, 那么, 一公顷0.2米厚可耕表土层的空隙空间就能达到1000立方米。其中, 凝结薄膜水约占330立方米, 植物可利用的土壤水约占330立方米, 可利用的蓄水空间大约占330立方米。

储存系数 土壤中可供蓄水的空间部分即单位体积内的自由空隙可用储存系数来表达。该系数是由当时土壤层的结构决定的。此外, 在土壤部分自由空隙中, 地下水位的埋深也对土壤的自

化随时间而持续, 基因频率可以预计产生变化, 那么种在生态系统中的重要性随之改变。在CO₂导致植物水分利用系数变化的直接反应方面, 有人曾用计算机模拟预测植被界面层产生移动。某些种可能变得更占优势, 其它种则较少如此, 或许某些种完全被压抑。有一项研究在阿拉斯加而另一项工作在西德进行, 以便考察这些生态系统的反应。这些研究指出可能导致生态系统产生变化的不同种的反应。然而, 需要CO₂连续数年的增加和观察, 才能检验所包括的各种假设。

在美国Duke大学人工气候室内, 用取自阿拉斯加永冻层和泰加地区的冻核进行的微天候(microcosm)研究。结果表明, 温度、大气CO₂浓度、土壤N和水分将相互作用地影响生态系统基本的碳循环。永冻冻原可能在未来吸收较少的碳, 而且, 由于在较暖的气候而增加分解的情况下, 甚至可能变成一个主要碳源。

结论 CO₂对包括生物量生产在内的生态系统参数有着初始影响。接着的生态系统反应大部分属于推测。生态系统的净生产力是绿色植物的原初生产力(PP_g)减去在系统内所有植物(PP_r), 动物(SP_r)和微生物(D_r)的呼吸损失, 再减去由于火烧(F)的损失, 以及从生态系统中移出的或收获的任何材料(H)。净反应可以被表达为:

$$EP_n = PP_g - PP_r - SP_r - D_r - F - H$$

因为仅当EP_n逐年增加, 碳吸收的增加才会增加, 所以显然我们必须理解CO₂水平的提高对以上问题中每个部分的分部影响。因为当今关于SP_r或P_r受到CO₂增加的影响, 几乎没有什么研究, 目前也就不可能预测生态系统的碳流。其中不确定性就是人类对F和H的影响。显然, 对于全球作为一个整体, F和H继续增加将导致EP_n渐渐变负。

罗耀华译自《Biogeochemistry》, 1985, No. 1.

由空隙发生影响。储存系数可根据野外测量数据来确定:

1. 由于降水渗入而导致地下水位上升。这时, 可以从降水渗入量与测得的地下水位上升值关系中求土壤空隙度或储存系数。 $\mu = \text{降水量 (mm)} / \text{地下水上升量 (mm)}$ 1

表 1. 所调查土壤的指标及特征值

排水试验设备 土壤类型	菲斯萨哈 灰色河滩地			拉 塔鸭 黑色河滩地			莫德尔多夫 生潜育层				普尔克施塔尔 伪潜育层			
深度范围, 厘米	0—15	15—70	70—(120)	0—20	20—80	80—(150)	0—20	20—45	45—80	80—(130)	0—20	20—40	40—110	110—130
土壤种类	zt	zl	zt	st	st	lsg	l	fs	l	zl	l	l	zl	
石灰质含量(%)	11	10	8	1	11	3	0	1	1	0	0	0	0	
容重, 克/厘米 ³	1.1	1.1	1.0	1.6	1.5	1.6	0.6	1.2	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	
孔隙空间 (体积%)														
自由	7	3	7	14	11	—	17	3	2	5	7	11	11	
毛细管	38	32	10	15	13	—	49	38	51	50	30	28	27	
受限制	13	13	15	9	16	—	6	6	8	9	7	5	4	
总体积	58	48	62	38	40	41	72	47	61	61	44	44	45	

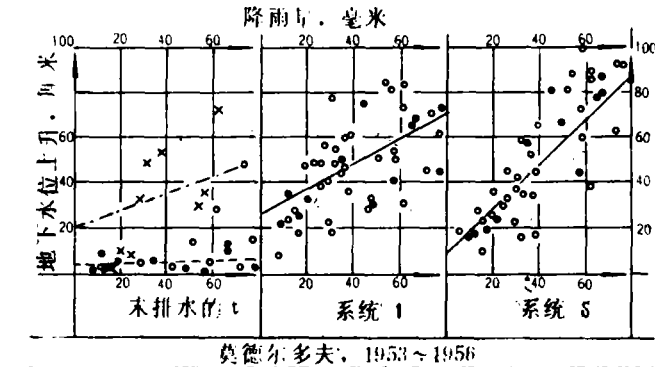
t—粘土, 含粘土的, l—亚粘土, 似粘土的, sg—粗砂, 含粗砂的, z—淤泥, 淤泥的, fs—细砂, 含细砂的

μ 研究的精确度因植物表面吸收而使降水量损耗、地面附近土壤层毛管蓄水和测量精度而降低。但确定系数是很简单的, 因为只要求测量降水量和地下水量即可。因此, 这种研究方法对于没有地表径流的地方是适用的。

2、在排水地面上, 无雨期蓄水系数由地下水位和排水径流数据求得。调查的结果是根据两个测量值的时序变化。这个蓄水系数是根据范霍尔尼(1960)关系方程式求得:

$$\mu = \pi s j / 8 h \dots\dots\dots (2)$$

式中: S 为排水径流强度, 径流深, 米/日; h 为排水区间地下水位上升值, 米; j 为蓄水值, 日。确定 S/h 关系值, 最好用图解法 (见图 3) 表示。用这种方法确定蓄水系数, 虽然耗资



。五月~九月 一月~四月, 十月~十二月 × 五月~九月

图 1. 降水量和地下水位上升关系

较大，但结果比较准确，而且可以获得各个土壤层的蓄水系数。

储存值 储存值 j 表示无雨期地下水位的时间变化，并以此表示土壤中滞流水的持续时间。储存值可用水力势能的时间变化和水力下降的指数函数关系式表达：

$$j = \frac{t_E - t_A}{\ln(h_A/h_E)} = (\lg \alpha) (\text{日}) \dots\dots\dots ③$$

j 为位能减少起始值三分之一的持续时间，日； t_A 、 t_E 为比较时空的起迄时间，日； h_A 、 h_E 为比较时空的开始和结束时的地下水位升高值，米。

各个土壤层的滞流值可以单独从地下水位过程线中获得。在此，应该考虑到生根空间的垂直水源补充及土壤表面蒸发。

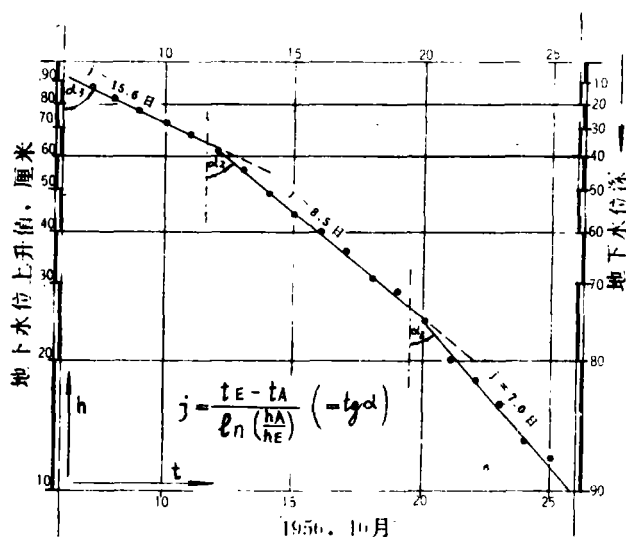


图 2. 地下水位的降低；莫德尔多夫排水试验，系统 5

计算结果 表 1 概括介绍了用排水试验设施研究土壤的最重要指标及其特征值。图 i 是用降水量和地下水位确定储存系数的例子。该图表示康顿赫尔曼戈尔试验设施莫德尔多夫未排水区的两种排水变化，揭示降水量与地上水位上升值的关系。

由此可以得出结论，当降水量达到 80 毫米时，在 1.2 米深排水土壤耕地表土层之下还有够用的储存量，降水量在其它情况下，当排水深度减小到 0.8 米时，就会使地下水位大大上升到耕地的表土层。相反，在非排水土壤中，植物生长期内的地下水位常常位于土壤表面附近。因而，降水不能渗进土壤。在非生长季节内则几乎总是这种情况。

图 2 和图 3 表示从排水流量和地下水位数据研究蓄水值和储存系数时的利用阶段。

现将 1956 年 10 月莫德尔多夫排水系统 5 的地下水位下降情况描绘于图 2 内。从图 3 中可以推测出同一时期和同一排水系统中排水径流强度 S 对地下水位上升值 h 的依赖关系。

两种表示法的特征值，也就是图 2 的半对数坐标系统中 j 斜率和图 3 的 s/h 关系，均可用方程式 (2) 和 (3) 作为进一步计算的基础。

从图 2 和 3 中可以看出，各个土壤层的 μ 和 j 参数是明显不同的。这两个参数数值随土壤深度变化、年内波动以及其通过排水的发展趋势，可以从图 4 莫德尔多夫计算例子中得知

表 2 给出了全部计算结果，绘出了有关测站的平均值，并且根据储存值和储存系数以及确定

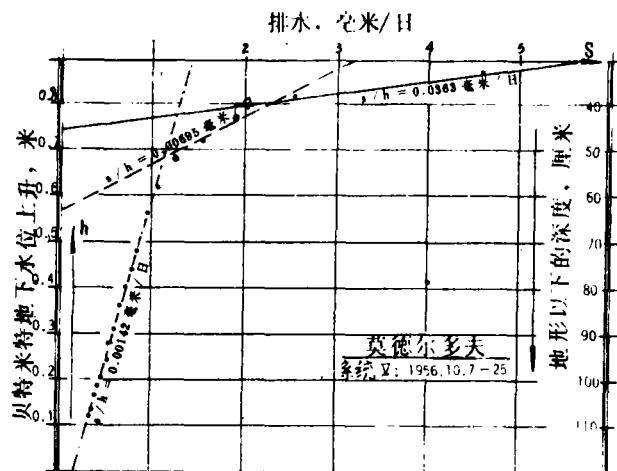


图 3. 排水径流和地下水位上升的关系(s/h 值)

表 2. 储存系数和储存值, 立地平均值

试验设备标记	排水系统	排水沟间距 (米)	排水深度 (米)	储存系数 %		储存值 j (日)
				降水量 日常水位上升	排水径流量 日常水位下降	
菲斯萨哈.....	1	10	1.1	1946—1953 [7.2] (16.3)	1946—1953 0.4 0.5	1946—1953 2.8 1.4
	3	16	1.1	[8.6] 15.1	0.7 1.3☆	7.9 2.6☆
莫德尔多夫.....	1	15	0.8	1953—1956 18.2	1953—1956 9.0 6.6	1953—1956 1.2 5.6
	3	15	1.2	8.9	5.2 9.7	4.1 8.1
	5	20	1.2	10.1	5.4 12.6	6.9 10.9
				[35.7] (>100)		17.0
普尔克施塔尔.....	1—3	14—22	1.2	—	1950 34.0☆☆	1950 2.6☆☆
拉 / 塔鸭.....	1—4	20	1.2	—	1965 2.0	1965 11.5
泽贝尔斯多夫.....	非排水的	—	—	1967—1969 15.1	—	1967—1969 35.2 —
		50	1.4			— 12.3

☆熟土层 [] 一月到四月和十月到十二月

☆☆表土层 (0—25厘米) () 五月到九月

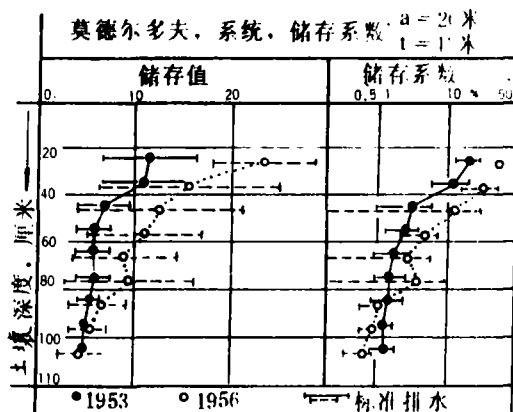


图4. 储存系数和储存值：莫德尔多夫，系统5，1953～1956

的方法进行了分析。

结论 土壤蓄水可以用储存值 j 和储存系数 μ 表示。这两个特征值参数由于变化关系，只能放在一起进行评价。其起算值只能限于地下水位的变动范围。

这些结果逐测站和逐土壤层地对这两种特征值的巨大变化幅度进行了说明。储存系数大多在1%和10%之间。在耕地的表土层中，储存系数甚至可以到30%，在层理密实的储存土壤和地下水附近，储存系数下降到1%以下。

排水生长地的储存值达4到9天；也出现了24天的最大值以及1.3天的最小值。对于非排水的和质量差的前耕地地段，储存值总共为17～35天。

排水潮湿生长地的降雨蓄水量比非排水生长地的降雨蓄水量约多30～50毫米。由此可知，蓄水量（滞流量）以地下水位的深度状况为转移。

综述 土壤蓄水（=短期储存=径流减慢）用储存系数和储存值表示。储存系数可以从降水后地下水位上升和排水后地下水位降低的量中测定出来。在无雨时，储存值是由地下水位降低速度得出的。

奥地利5个排水试验的水文过程测量计算表明：

1. 储存系数在相当大的程度上取决于当时土壤层的结构和地下水位的埋深。这种特征值的变动范围是巨大的，约占容积0.1～30%。在一般情况下，这些值的变动占容积的1～10%。

2. 在排水的地下土壤中，储存系数随土层结构改善的结果而逐渐增加。相反，在（地表水）浸积土壤中，必然会导致土壤结构改善，通过有效松土和提高土壤蓄水能力，使土壤中水的积蓄量大大增加。通过排水和有效松土，可以使土壤中的降水附加贮蓄量达到30～50毫米，也就是达到每公顷300～500立方米。

3. 短期蓄水可以在土壤中保持几天。在个别情况下也只能滞流几个星期。排水，可以将降水量的滞流期缩短到约三分之一。在排水效果最佳的地面上，滞流值总共4～10天，在排水受限制的地面上，其滞流值只有1～2天。

4. 奥地利排水试验场的滞流量计算结果，将用德文文献举例说明。

土壤水滞流所具有的水利意义越来越重要。这里的成果表明，排水间距不太狭小和同时加强松土的最佳排水设备，可以持续地改善，可利用降水量的储存和因而能改善土壤水的滞流。利用降水量的储存，克服了令人不愉快的现象：农业增长限制地下水的重新形成和提高用水量会减少

从《服务地理学》一书看苏联疗养和旅游的发展

苏联地理学家M. A. 阿勃拉莫夫最近所著的新书《服务地理学》中论证了服务业对加快国民经济的发展、协调国民经济各部门间比例所产生的积极影响,并以波罗的海等地为例,阐述了服务业区域组织的特点及其发展趋势。

满足人们不断增长的物质和文化需求,增强人民的体质是苏联社会发展规划中的一项重要任务。因此,医疗、保健、休养、旅游活动得到社会各方面广泛的关注和重视。

苏联在利用自然资源、恢复和增强人民体质方面做了很大努力。M. A. 阿勃拉莫夫在《服务地理学》一书中认真研究了自然界(如气温、气候、日照、光辐射、湿度、矿泉水、医疗用泥、奇特景观等等)对人类体质的影响。

比如,人迹罕至的大沙漠景色并不十分招人喜爱,而且沙漠炎热、干旱的特点也对心血管病人有着不良影响。但这里却对治疗肾病非常有益。

分布在北极地带的冰封区景色对人们观赏具有独特的吸引力。但这里夏季短暂、凉爽,冬季寒冷、漫长,不益于人们的逗留和疗养。

冻土带和森林苔原区对人体益处不多,其景观也很单调,所以,在这里旅游活动不能得到开展。但这里的矿泉水和温泉为设立水疗所和保健站提供了条件。

平原地区的气候适宜进行气候疗法,在与海水浴结合的条件下,便会加强水上疗法的作用。

苏联山区具有使人恢复体力、增强健康的充分可能。大量的紫外线照射、清新的空气等自然条件促进了气候疗法。

原始森林地区以山岭地形和冰碛、丘陵地形为特点,加之水上景观汇成壮丽多彩的画面,吸引着前来参加徒步旅游和水上旅游的人们以及垂钓能手和打猎迷们。

森林地带和半森林半平原地带的气候条件比原始森林地带要更加温和。茂密的植被,复杂的地形、大量的江、河、湖泊,多处的矿泉水和医疗用泥,为在半森林半平原地带发展旅游、保健事业,进行气候疗法、水浴和泥浴疗法创造了有利的条件。

M. A. 阿勃拉莫夫以进行疗养和旅游的最佳地区黑海和里海西岸为例,具体分析了各种自然地理区域的地形、地势、阳光、气候、湿度等特点及其对发展疗养和旅游活动的影响,分析了在各地域区域发展疗养、旅游活动的现状和前景,并指出疗养和旅游这一经济活动对加快国民经济综合体的发展速度、协调国民经济的比例有促进作用。

目前,苏联在疗养和旅游胜地设有疗养设施(如各种形式的疗养院、水疗所、泥浴疗养所、疗养旅馆等)、休养保健设施(如保健站、休养所、暑假疗养保健区等)和旅游设施(如旅游基地、汽车旅游者宿营地、汽车旅客旅馆、旅游饭店等)。阿勃拉莫夫认为疗养旅游活动不仅具有运动、保健的性质,还有使人增长知识、进行思想教育的特别作用。

随着每周五个工作日的实行,带薪假期的延长,物质福利和文化水平的提高,苏联人民对疗养和旅游的需求日益增长。1982年以各种形式进行疗养、休养和旅游活动的有4300万人,而1970年是1680万人,1975年是3150万人。

近年来,在苏联出现了保健、休养和旅游设施剧增的趋势 1982年苏联有防疫保健站2766个,.....
地下水资源。因此,储蓄土壤水还应较前更加考虑到全部土壤改良布局,并且必须通过适当措施予以扩大。

赵鹤平译自《Österreichische Wasserwirtschaft》, 1986. 32. 1/2 刘西平 校