

水利水电科学研究院

科学研究论文集

第 4 集

(灌溉、排水)

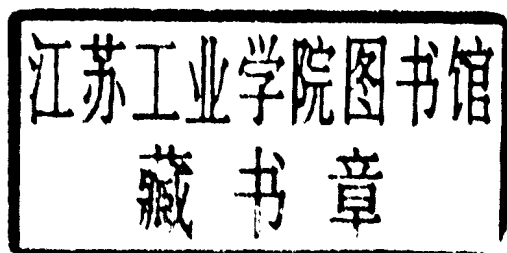
中国工业出版社

水利水电科学研究院

科学研究论文集

第 4 集

(灌溉、排水)



中国工业出版社

本书共有論文四篇，包括平原洼涝易碱地区除涝技术措施、干砌卵石渠道的設計和施工、排水网控制地段地下水运动的分析、在蒸发条件下灌排渠道間地下水不稳定渗流計算等内容。

所介紹的研究成果，对于从事灌溉、排水的科研、教学和生产工作的同志，都有参考价值。

水利水电科学研究院
科学研究论文集
第 4 集
(灌溉、排水)

水利电力部办公厅图书編輯部編輯(北京阜外月坛南营房)
中国工业出版社出版(北京佟麟閣路丙10号)
北京市书刊出版业营业許可証出字第110号
中国工业出版社第一印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $7^{1/4}$ ·字数140,000
1965年6月北京第一版·1965年6月北京第一次印刷
印数0001—2,650·定价(科五)0.80元

統一书号: 15165·3829(水电-500)

目 录

对鲁西南、豫北平原部分洼涝易碱地区除涝技术措施中

几个问题的初步探讨	李大爽 郑哲仁 (1)
干砌卵石渠道设计和施工中若干技术问题的探讨	金永堂 (33)
排水网控制地段地下水稳定运动与不稳定运动 的分析	吴允芳 郭东屏 陈桂琴 (57)
在蒸发条件下灌排渠道间地下水不稳定渗流计算	郭东屏 (81)

对魯西南、豫北平原部分洼澇易碱地区除澇技术措施中几个問題的初步探討*

李大爽 郑哲仁

【提 要】本文初步分析了华北平原部分洼澇易碱地区，关于除澇問題中土壤蓄水能力的計算方法，小面积平原排水地区暴雨徑流关系及最大排水模数的計算，以及对除澇排水工程的规划設計中几个問題的探討意見，可作为水利工作者的参考材料。

前 言

魯西南和豫北等平原地区历来澇災就很严重，同时往往又存在着土地盐碱化的危害。实践証明，排水是消除內澇和防治盐碱化的一项重要措施，并且在华北平原不少地区当前必須首先解决內澇的排水問題。在解决农田除澇排水任务时，当前存在有三个重要問題：1) 对于平原地区小面积暴雨徑流关系和最大排水模数的計算，由于过去的观测資料不多，还缺乏較深入的研究，而在生产实践中又要求予以解决；2) 在“易澇易碱”并且“易旱”的平原地区，排水系統如何正确的规划布局，在滿足近期排澇要求的条件下，又能結合将来发展灌溉和防治土地盐碱化的要求；3) 土壤蓄水能力的大小，有人认为土壤蓄水对平原地区除澇的作用很大，有人认为作用不显著，由于資料不足，一时也难以作出定論。因此，为了試图解决上述生产中存在的問題，近几年来我們在下列地区作了初步观测調查工作。

1) 1962年在魯西南太行堤河流域上游地区的曹县設置試点，对小面积暴雨徑流关系，土壤蓄水及农田排水工程的除澇作用，进行了定点观测，在太行堤流域下游的城武县等典型地区作了調查工作，并收集了菏泽专区其他地区的有关資料；

2) 1960~1961年在豫北南乐县永順沟作了小面积暴雨徑流及地下水位的測定，并在部分地区作了調查；

此外，我們引用了我院1958年在豫北一个灌区的暴雨徑流观测資料、河南省水利厅1962年在豫东淤泥河流域股公渠的测流資料及淮委水文測驗处1956年在皖北青沟地

* 参加本报告編写的还有乔玉成、黄婉珍、任光照同志。参加本专题試驗观测的还有王鋼生、张黎明同志。魏永純、巫一清同志曾对野外观测工作，予以协助。

区的测流资料。

从上述地区的土壤、水文地质、气候等特点来看，鲁西南、豫北、豫东等地基本相同，均有旱、涝、碱的危害；皖北青沟与上述各地区有一定的差别，但均有平原内涝问题存在。现以鲁西南测定成果为基础，结合其他地区的资料，对上述部分问题作了初步探讨。

一、土壤蓄水能力及几项影响因素

暴雨径流关系式

$$R = P - I,$$

式中 R ——径流量；

P ——降雨量；

I ——总损失量。

I 的确定和前期土壤湿度、地下水埋深、土壤质地、地形及田面工程条件等因素有密切的关系。在给定降雨量条件下，径流量依损失量而变化， I 值的计算方法一般可分为相关法和损失扣除法两大类型。前者多以前期影响雨量(P_a)或地下水位(h_1)为参数。求暴雨径流关系，以 $(P + P_a) \sim R$ 相关法采用最广泛，这一方法，需要较多的测流资料进行统计分析，在径流观测资料不足的条件下，采用比较困难。后者是基于直接计算损失(包括土壤蓄水)的方法，常用的有两种：

一种是根据入渗理论，即

$$I = I_{max} - P_a + f_c t_c,$$

式中 I_{max} ——最大初损；

f_c ——稳渗率；

t_c ——稳渗历时；

$I_{max} - P_a$ ——稳渗前的损失量。

这一方法没有把地下水埋深联系起来，在地下水埋深较大的条件下比较适宜。

另一种是：根据水量平衡原理，即：

$$R = P - I.$$

$$I = I_{\pm} + E_{陆} + A_{植} + D_{洼} + R_{地},$$

式中 $I_{\pm}$ ——土壤蓄水；

$E_{陆}$ ——陆面蒸发；

$A_{植}$ ——植物截流；

$D_{洼}$ ——洼蓄量；

$R_{地}$ ——地下径流差值。

在平衡式中主要影响因素是土壤蓄水能力($I_{\pm}$)的变化。关于土壤蓄水，过去我们曾提出过一些数据，但多系调查访问得来，或是采用土壤给水度的经验数据进行

粗略计算而提出的。实际上,土壤蓄水涉及到土壤质地、土壤结构及层次,土壤湿度、地下水埋深等复杂因素,目前在理论上还没有能够给予满意的解答。其次陆面蒸发量等数值如何确定,也是一个值得研究的问题。

1962年我们在山东曹县城关除涝径流观测区约0.75平方公里的面积上,布设了4个土壤水分观测点(A_1 、 A_3 、 A_4 、 B_2)。从6月下旬至9月上旬,对土壤含水率及地下水位进行了较系统的观测,采用烘干法测定土壤含水率,一般每隔2~5天观测一次。取土层次,1米以上每20厘米一层,1米以下每30厘米一层,每次取土到地下水位为止。观测区内土质较为均一,各点土壤剖面多以砂壤、轻壤为主(土质剖面见图1),仅 A_1 、 B_2 点夹有薄层粘土。从地形条件来看, A_1 、 B_2 较低洼, A_3 较高, A_4 居中,四点可代表全区概貌。

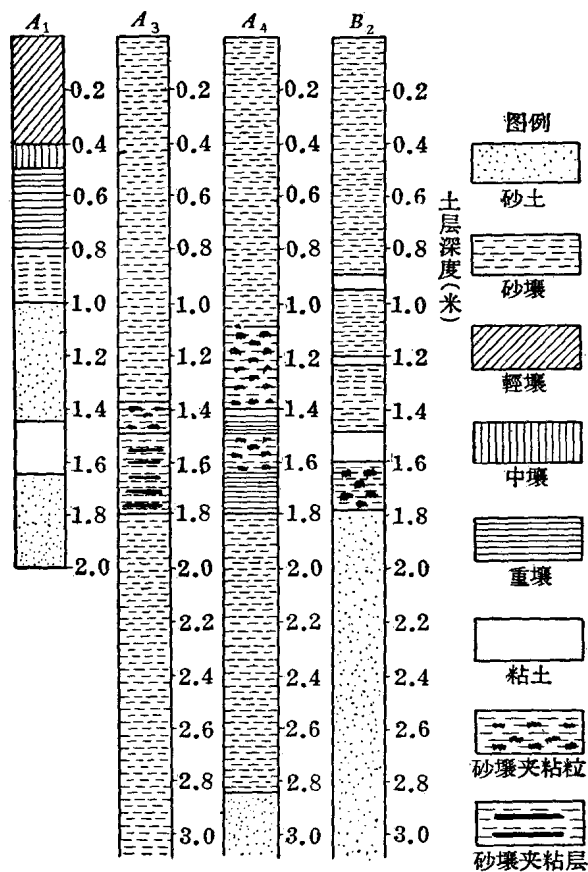


图1 定位点土壤质地剖面图

由于有关地下径流量资料,未进行实际观测,土壤物理性质(容重、比重)亦非现场实测,而是采用类似地区资料。这些缺陷对资料分析都有一定影响。

根据已得资料对土壤水分的分布特点,蒸发问题以及土壤蓄水能力和地下水埋深

的关系等, 进行如下分析:

(一) 土壤水分消耗問題

$$E_{\text{陆}} = (w_1 - w_2) + (P - R) - R_{\text{地}},$$

式中 w_1 ——前期土壤含水量;

w_2 ——后期土壤含水量, 均以毫米計, 其余符号同前。

$E_{\text{陆}}$ 包括作物蒸騰、土壤蒸发、潜水蒸发。假定地下水来去径流量相等, 即地下径流差 $R_{\text{地}}$ 为零, 上式可写成:

$$E_{\text{陆}} = (w_1 - w_2) + (P - R).$$

利用上式可以計算不同时间的陆面蒸发。表1为9个测点的各项平均值。

表 1

单位: 毫米

起 止 时 段 (月/日)	6/28 ~7/9	7/9 ~7/18	7/20 ~7/24	7/28 ~7/30	7/30 ~8/2	8/2 ~8/9	8/18 ~8/20	8/23 ~8/31	8/31 ~9/11
$w_1 - w_2$	14.2	23.7	-44.8	8.7	12.5	-3.70	11.6	38.8	57.9
P	21.8	0	57.6	0	3.2	58.5	0	30.8	0
R	0	0	0	0	0	0	0	2.0	0
$E_{\text{陆}}$	36.0	23.7	12.8	8.7	15.7	21.5	11.6	67.6	57.9

从理論上讲, 对陆面蒸发的影响因素有气象、土壤湿度、地下水位、土壤质地、植被等, 如以水面蒸发 $E_{\text{水}}$ 代表气象因素的綜合影响指标, 且假设在其他条件相同的情况下, $E_{\text{陆}}$ 与 $E_{\text{水}}$ 成正比关系, 則在某一地区相同土质条件下, $\frac{E_{\text{陆}}}{E_{\text{水}}} = f(w, H)$ 。式中 H 代表地下水埋深。

潜水蒸发主要随地下水埋深变化而变化, 而作物蒸騰与土壤蒸发, 除随地下水埋深变化外, 还随土壤湿度而变化。但在汛期地下水位較高和降雨頻繁的条件下, 土壤湿度的变幅往往較小, 根据我們的观测資料統計得全剖面平均飽和度都在75~90%之間, 因此可簡化为 $\frac{E_{\text{陆}}}{E_{\text{水}}} = f(H)$ 。

根据观测資料, 这一地区汛期 $\frac{E_{\text{陆}}}{E_{\text{水}}}$ 和地下水埋深的关系見表2。

表 2

起 止 时 段 (月/日)	6/28 ~7/9	7/9~13	7/20~24	7/28~30	7/30 ~8/2	8/2~9	8/18~20	8/23~31	8/31 ~9/11
平均地下水埋深 H (米)	3.00	2.97	2.54	1.78	1.50	1.63	0.77	0.72	1.21
水面蒸发量 $E_{\text{水}}$ (毫米)	109.2	72.5	29.5	11.7	19.9	36.3	5.3	35.9	63.6
土壤蒸发量 $E_{\text{陆}}$ (毫米)	36.0	23.7	12.8	8.7	15.7	21.5	11.6	67.6	57.9
比值 $\frac{E_{\text{陆}}}{E_{\text{水}}}$	0.33	0.33	0.43	0.74	0.79	0.59	2.19	1.88	0.91

以横坐标代表地下水埋深, 纵坐标代表 $\frac{E_{\text{陆}}}{E_{\text{水}}}$, 将上表数值点绘在方格纸上, $\frac{E_{\text{陆}}}{E_{\text{水}}} = f(H)$ 呈一双曲线 (见图2)。利用最小二乘法求得经验公式为:

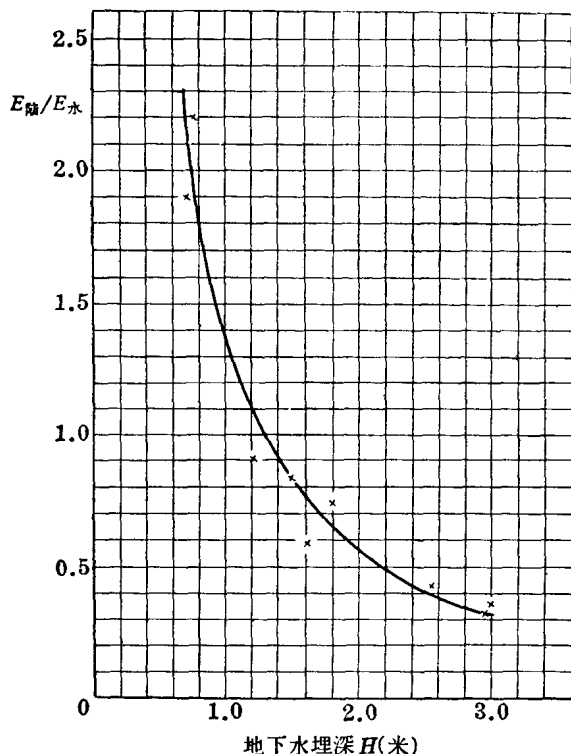


图2 土壤蒸发与地下水埋深的关系

$$\frac{E_{\text{陆}}}{E_{\text{水}}} = 1.32H^{-1.27}, \quad (1)$$

从曲线可见, H 愈大, $\frac{E_{\text{陆}}}{E_{\text{水}}}$ 值愈小; H 愈小, $\frac{E_{\text{陆}}}{E_{\text{水}}}$ 值愈大。这说明了陆面蒸发量随着地下水埋深减小而增加。但当 $H < 1$ 米时, $\frac{E_{\text{陆}}}{E_{\text{水}}}$ 值过分增大, 其原因可能是观测区内有二条1.2~1.5米深度的农排, 在地下水埋深小于1米时, 有一定数量的地下水流入排水沟, 故所求得的陆面蒸发数值偏大。排走的地下水量(地下径流)应该予以扣除, 但我们还没有系统的掌握这方面的资料。从公式看, 当 $H \rightarrow 0$ 时, $\frac{E_{\text{陆}}}{E_{\text{水}}} \rightarrow \infty$, 不符合实际情况,

因此公式的应用有一定的局限性, 还须今后继续补充提高。

(二) 土壤湿度的垂直分布

土壤湿度的大小与降雨入渗、陆面蒸发和地下水的补给有关。汛期土壤湿度增大及地下水位上升主要受降雨入渗的影响。从汛期各层土壤水分和地下水位变化过程线(见图3与4), 可以清楚地看出这一点。各层土壤水分因降雨入渗而增加, 随蒸发而消退。特别是表层土壤水分的消长更为明显。随着土层深度的增加, 变化幅度逐渐减小。深层土壤水分主要决定于地下水位和土壤毛细管性能。

在不受外区地下径流补给的条件下, 地下水位的升高幅度随降雨入渗的多寡而有大有小, 当降雨入渗水量, 超过非饱和层土壤所能吸附的水量时, 即产生重力水, 形成深层渗漏, 补给地下水, 使地下水位上升。地下水位的回落速度, 则取决于地下水出流条件和潜水蒸发强度。

为了进一步了解土壤湿度垂直分布的特点和地下水埋深的关系, 我们选绘了4个在不同地下水埋深条件下, 土壤水分的垂直剖面图(见图5, 6与7)。从这些图中可以看出, 不同地下水埋深条件下的土壤湿度情况及雨后土壤水分增减过程。

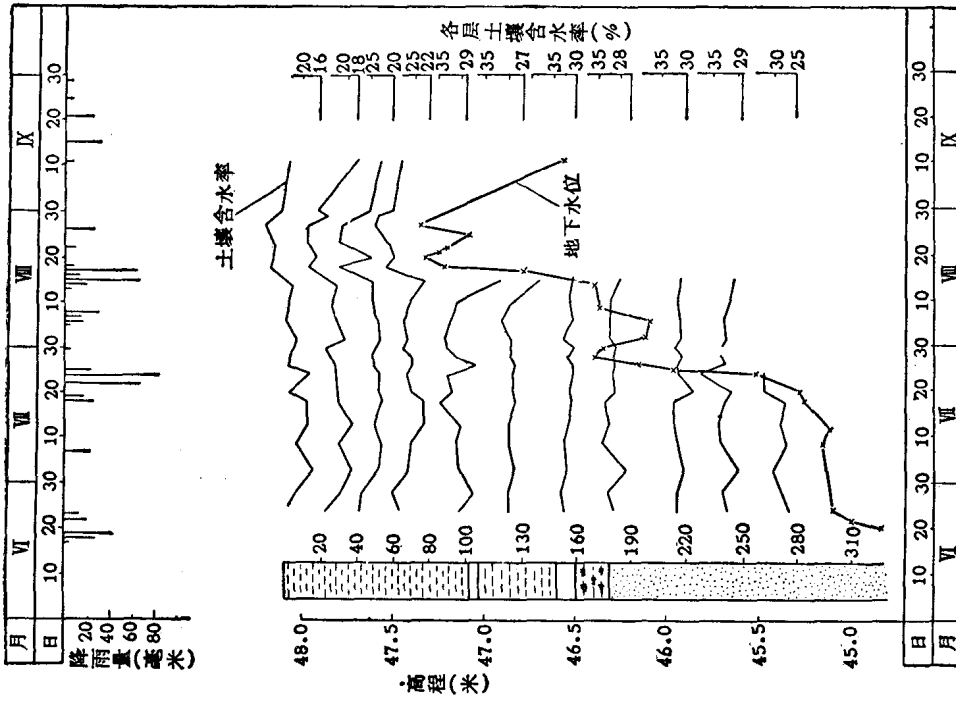


图4 汛期各层土壤水分和地下水位变化过程线(B₂点资料)

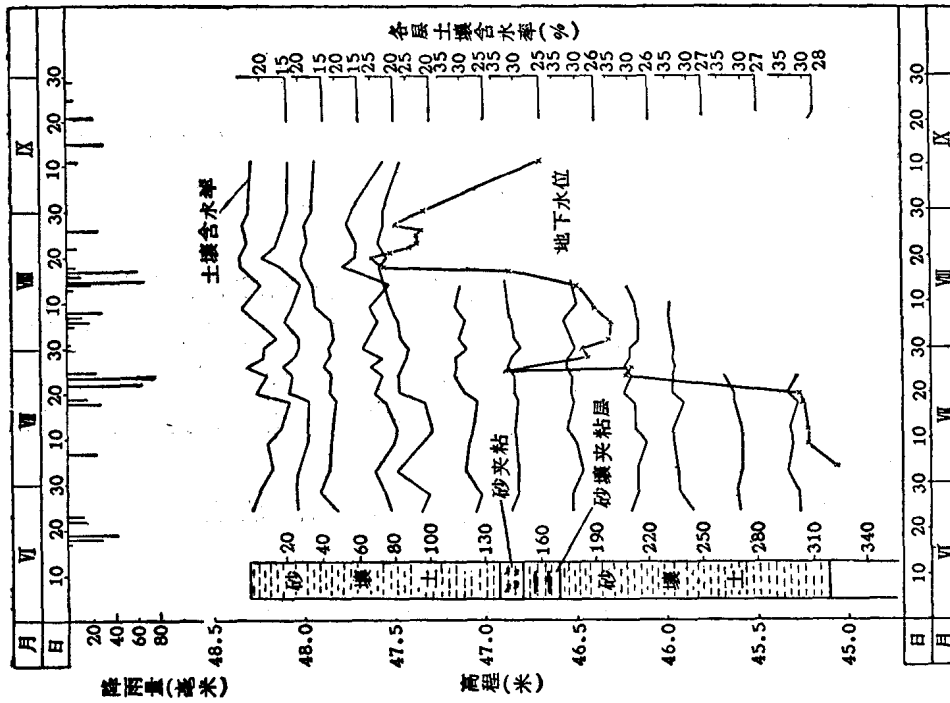


图3 汛期各层土壤水分和地下水位变化过程线(A₃点资料)

表层土壤水分受气象因素影响较大, 随降雨入渗土壤水分增加, 雨后因陆面蒸发消耗和重力水的下渗, 水分逐渐减少。在地下水面以上有效毛细管水上升高度以内, 土壤水分则受地下水的调节, 在蒸发耗损条件下, 毛管影响范围的水分消耗量从地下水得到弥补。因此, 当地下水埋深大于毛管有效影响范围的情况下, 在毛管影响范围内, 土壤水分的变化是较小的, 基本可视为稳定段。

在这一稳定段, 因受毛管作用土壤湿度从下到上逐渐减小; 接近地下水面处土壤湿度为一定值(等于或接近饱和含水量)。毛管有效影响高度的上端土壤湿度也较稳定, 根据实测资料, 其饱和度为75%左右。当地下水埋深小于毛管有效影响范围的情况下, 表土一定深度内受气象因素和毛管补给的双重影响, 此时, 稳定段的高度随地下水埋深而变化。根据 A_3 点不同时期的消退过程, 得出在地下水埋深为3.0~3.25米时, 表层1.1米范围内土壤水分主要受气象因素影响, 而1.1米以下受毛管影响, 土壤水分稳定少变。在地下水埋深为1.9~2.0米时, 表层0.8米的土层内主要受气象因素影响, 以下主要受毛管影响。

以上说明土壤湿度和地下水埋深的关系。土壤湿度垂直分布的这一特点, 有助于我们研究汛期土壤蓄水潜力的大小。

(三) 土壤蓄水能力的估算

从上述土壤水分垂直分布的特征可知, 整个非饱和层的含水率, 除了受气象因素的影响外, 与地下水位有密切的关系, 因此, 土壤渗蓄雨水的能力也必然与地下水位有密切关系。

现在先从最简单的情况, 即没有前期降雨影响的条件下, 来探求不同地下水位的土壤蓄水能力。在试区内的 A_3 、 A_4 两个定位点的土质较均一, 从地表到3米深处皆为砂壤土, 仅在1米以下夹有薄层粘土或粘粒成分较多。我们在该两点的观测资料中, 选取了几次长期无雨情况下的土壤含水率资料, 作为计算依据, 按公式 $I_{\pm} = \sum(1 - S_i) w_{max} \cdot h_i$ 计算, 得出各种地下水位条件下的土壤蓄水能力, 如表3所示。

表 3

定 位 点	A_3	A_4	A_4	A_3	A_3	A_4	A_4
日期(月、日)	7.18	6.28	7.3	8.2	8.14	8.2	8.30
地下水埋深(H)(米)	3.06	2.80	2.59	1.99	1.80	0.90	0.59
土壤蓄水能力 $I_{\pm}$ (毫米)	309	260	276	198	160	100	47

式中 $I_{\pm}$ ——整个非饱和土层蓄水能力(毫米);

h_i ——分层土壤厚度(毫米), 从地面至地下水面, 按采土层次分层;

S_i ——各土层饱和度(见表4);

w_{max} ——饱和含水率(体积比)——在数值上近似等于土壤孔隙率(见表5)。

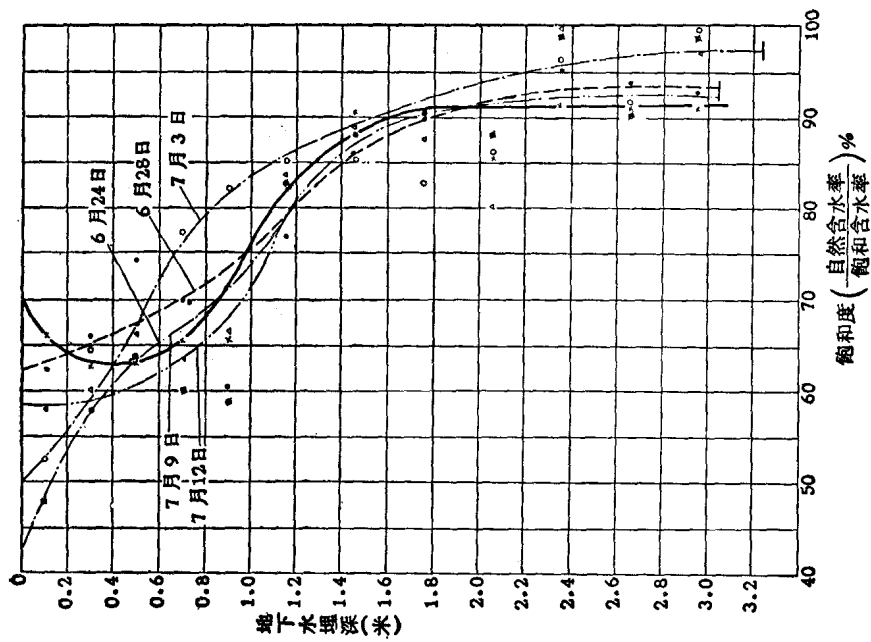


图 5 不同地下水埋深条件下土壤水分消退过程线
(A_3 点资料, $H \geq 3.0$ 米)

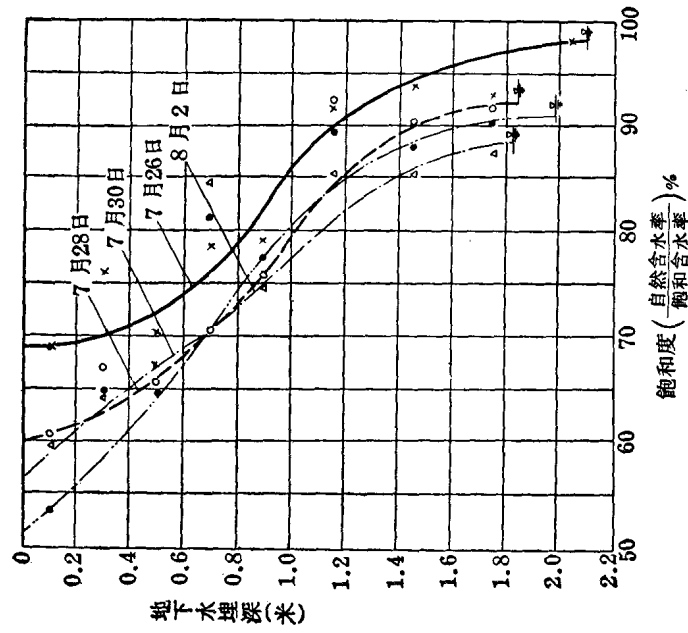


图 6 不同地下水埋深条件下土壤水分消退过程线
(A_3 点资料, $H = 1.8 \sim 2.1$ 米)

将表 3 中的数字点绘在方格纸上 (图 8), $I_{\pm}=f(H)$ 基本上接近直线关系:
 $I_{\pm}=100H$, 也就是说, 在曹县城关试区砂壤土地区, 整个非饱和层土壤的平均蓄水量约为土体的 10%。它与过去我们在相同土质地区的调查资料是接近的。

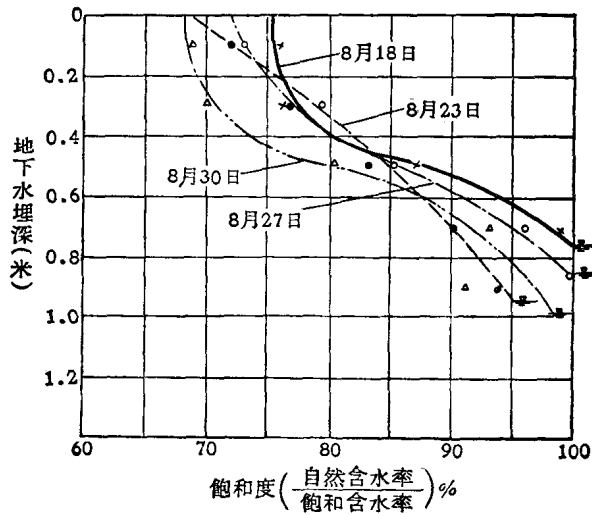


图 7 不同地下水埋深条件下土壤水分消退过程线
(A_3 点资料, $H=0.7\sim 1.0$ 米)

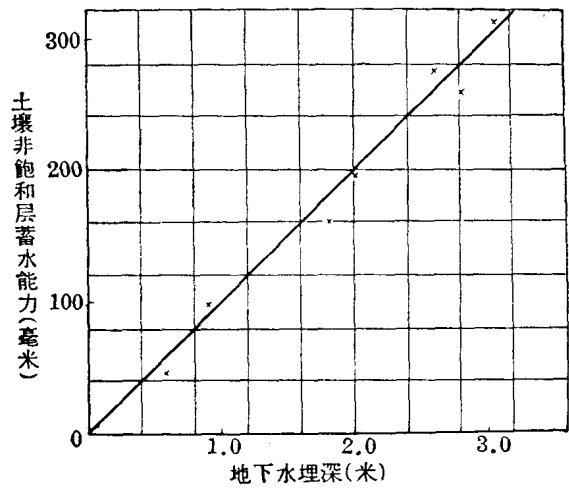


图 8 不同地下水位条件下的土壤蓄水能力

表 4

(土层深度以厘米計)

定 位 点	日期 (月、日)	地下水 埋 深 (米)	分 层 土 壤 含 水 率 (饱和度%)											
			0~20	20~40	40~60	60~80	80~ 100	100~ 130	130~ 160	160~ 190	190~ 220	220~ 250	250~ 280	280~ 310
A ₁	6,24	2.55	69.7	72.4	68.0	72.4	83.9	91.5	100.0	100.0	99.4	100.0	100.0	
	28	2.85	53.4	59.8	61.7	64.3	69.6	77.5	93.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
	7,3	3.13	45.9	56.8	57.0	57.0	73.5	79.8	89.4	94.5	100.0	98.9	98.9	99.5
	9	3.18	61.3	59.1	53.6	58.5	70.0	78.8	96.0	97.4	97.8	100.0	97.2	100.0
	13	2.56	40.6	31.2	55.5	64.3	75.8	77.5	93.6	98.3	100.0	100.0		
	17	2.60	41.5	59.0	58.3	63.7	76.0	80.8	89.3	99.3	100.0	98.3		
	20	2.42	60.0	58.1	57.9	67.5	73.4	75.9	92.5	100.0	100.0	87.0		
	24	1.46	69.7	67.7	63.5	66.7	79.8	97.0	100.0					
	30	0.89	71.6	70.4	65.6	70.5	93.0							
	8,2	1.23	59.4	67.1	62.9	69.5	80.6	99.0						
	6	1.40	65.6	62.2	62.4	74.2	85.0	100.0	100.0					
	9	0.69	78.2	72.5	68.6	81.0								
	14	1.16	63.5	62.1	60.9	62.0	71.0	95.7						
	23	0.47	82.4	78.5	74.0									
A ₂	27	0.22	72.4	99.0										
	30	0.59	74.6	81.7	93.6									
	31		72.7	73.2	67.4									
	6,24	≥3.0	66.2	62.8	63.2	65.3	65.7	82.5	90.6	91.0	85.7	91.4	91.1	91.1
	28	≥3.0	62.4	66.1	74.5	69.9	60.2	76.9	85.9	89.6	100.0	95.6	94.0	93.0
	7,3	3.25	52.5	64.4	67.4	77.3	82.1	85.4	85.4	82.8	86.1	96.5	91.4	100.0
	9	3.09	57.8	60.0	66.3	63.6	65.9	83.6	88.4	87.6	79.6	100.0	91.5	97.2
	12	3.09	47.9	58.0	63.7	60.0	58.8	82.5	87.9	90.4	88.4	99.4	90.5	99.4
	18	3.06	42.1	55.1	63.1	70.0	64.5	77.9	86.5	87.2	92.4	91.5	95.6	94.4
	20	3.04	63.1	69.4	66.2	76.0	79.1	87.4	89.5	89.5	97.4	100.0	95.4	100.0
	24	2.06	53.2	65.3	61.5	70.6	79.5	93.6	90.6	89.2	91.0			
	26	2.10	68.9	76.0	70.4	78.6	79.0	92.8	94.0	93.2	98.0			
	28	1.85	60.3	67.2	65.9	70.4	75.8	92.5	90.6	92.0				
	30	1.83	59.6	64.5	67.4	84.9	74.8	85.1	85.6	87.2				
	8,2	1.99	53.6	64.8	64.6	81.5	77.5	89.5	88.0	90.5	89.5			
	6	2.00	71.2	74.2	66.3	73.6	80.6	87.4	90.0	95.8	89.7			
	9	1.91	73.5	70.1	77.8	80.1	85.1	92.6	93.0	86.8				
	14	1.80	61.7	63.5	78.5	66.7	88.4	91.8	94.8	90.2				
	18	0.74	76.0	76.5	87.0	99.1								
	20	0.69	76.5	90.5	86.6	89.1								
	23	0.95	72.1	79.5	83.4	90.1	94.0							
	8,27	0.84	73.1	76.5	85.1	96.3	100.0							
	30	0.98	69.1	70.0	80.4	93.1	91.6							
	9,11	1.61	66.5	71.5	77.5	68.1	78.1	84.5	89.6					

(续表4)

定位点	日期 (月、日)	地下水埋深 (米)	分 层 土 壤 含 水 率 (饱和度%)											
			0~20	20~40	40~60	60~80	80~100	100~130	130~160	160~190	190~220	220~250	250~280	280~310
A ₄	6.24	2.83	68.0	77.5	77.5	68.1	77.5	87.3	100.0	100.0	96.6	100.0	100.0	
	28	2.80	54.3	59.5	66.0	57.1	56.9	83.9	88.0	87.0	95.5	97.3		
	7.3	2.59	30.0	50.0	59.2	68.3	57.4	82.4	95.5	91.5	95.2	97.7		
	9	3.10	50.7	46.7	56.3	60.7	52.0	86.0	90.2	92.3	89.4	100.0	100.0	100.0
	7.12	3.16	32.9	42.1	65.4	53.1	65.1	81.8	88.1	90.3	98.1	100.0	100.0	100.0
	17	3.12	25.9	40.6	57.1	53.5	52.6	90.0	93.8	93.4	96.8	100.0	100.0	100.0
	20	3.15	45.2	44.2	57.7	54.4	59.0	92.1	96.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	24	2.80	72.2	77.4	76.0	75.6	64.4	93.1	93.6	100.0	96.5	100.0	100.0	
	30	1.44	68.6	79.6	82.9	90.0	92.4	98.1	100.0					
	8.2	0.90	67.0	72.0	78.4	83.5	92.3							
6	1.92	61.1	64.5	79.4	86.0	90.2	96.6	98.0	100.0					
9	0.96	68.0	76.6	88.1	96.0	87.1								
B ₂	14	1.68	66.1	66.6	63.7	85.0	82.8	89.1	80.4	81.2				
	30	0.59	74.6	81.7	93.6									
	31		69.1	73.8	75.4	94.0	93.3	95.5						
	6.24	2.58	72.9	80.6	86.4	92.4	94.5	91.5	100.0	98.4	100.0	99.5		
	7.9	2.93	66.5	71.4	73.1	83.8	96.0	93.5	100.0	100.0	100.0	100.0	91.3	
	13	2.96	58.5	62.0	76.8	74.6	92.5	91.4	100.0	100.0	99.7	99.7	93.5	
	18	2.83	58.1	70.5	71.1	75.0	100.0	86.9	97.1	100.0	100.0	99.7	90.3	
	20	2.82	70.6	69.8	74.1	84.0	99.0	88.8	98.1	97.5	90.1	95.5	100.0	
	24	2.54	56.5	72.1	73.5	87.3	100.0	89.5	100.0	99.5	100.0	100.0		
	26	1.93	70.6	73.0	77.7	83.0	82.5	87.1	95.8	99.0				
	28	1.70	69.1	77.3	79.5	82.7	95.6	90.0	100.0	97.3				
	30	1.75	66.8	72.0	74.9	88.9	100.0	90.7	95.8	96.1				
	8.2	1.98	65.0	65.9	73.1	86.1	100.0	90.7	100.0	100.0				
	6	2.01	72.7	72.2	75.3	88.0	100.0	96.2	95.0	100.0				
	9	1.72	72.0	74.9	78.1	87.1	96.5	90.6	99.5	98.7				
	14	1.69	68.5	71.0	78.1	74.2	67.6	76.5	95.2	94.1				
	18	0.88	63.3	92.1	100.0	100.0	100.0							
	20	0.77	82.1	86.4	81.0	86.0								
	23	0.96	79.5	91.0	100.0	99.3	100.0							
	27	0.74	85.1	91.5	99.7	100.0								
	30	0.90	79.6	78.4	85.9	100.0	99.5							
	31	0.91	75.5	85.3	80.8	95.6	100.0							
	9.11	1.52	71.0	58.5	72.5	89.2	90.1	99.4	89.5					

表 5

定位点	层 次 项 目 (厘米)	0~20	20~40	40~60	60~80	80~ 100	100~ 130	130~ 160	160~ 190	190~ 220	220~ 250	250~ 280	280~ 310
A ₁	比 重	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.71	2.715	2.712	2.71			
	容 重	1.41	1.456	1.448	1.45	1.411	1.47	1.46	1.467	1.470			
	孔 隙 率	47.6	45.6	46.4	46.2	47.6	46.2	4.66	46.4	46.2			
A ₃	比 重	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69
	容 重	1.41	1.466	1.446	1.446	1.411	1.411	1.401	1.395	1.411	1.411	1.411	1.411
	孔 隙 率	47.6	45.7	46.2	46.2	47.5	47.5	48.0	48.2	47.5	47.5	47.5	47.5
A ₄	比 重	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.70	2.705	2.69	2.69	2.69	2.71
	容 重	1.41	1.466	1.446	1.446	1.411	1.40	1.41	1.425	1.411	1.411	1.411	1.46
	孔 隙 率	47.6	45.6	46.4	46.4	47.5	48.1	48.8	47.3	47.5	47.5	47.5	46.1
B ₂	比 重	2.69	2.69	2.69	2.69	2.70	2.69	2.70	2.70	2.71	2.71	2.71	2.71
	容 重	1.41	1.466	1.446	1.446	1.42	1.413	1.427	1.42	1.47	1.47	1.47	1.47
	孔 隙 率	47.6	45.5	46.4	46.4	47.4	47.4	47.2	47.4	46.0	46.0	46.0	46.0

从保证农作物正常生长的要求出发,不能允许地下水位一直上升到地表,故在生产实践中应该采用的土壤蓄水能力为 $I_{\pm}=100(H-h)$,其中 h 为雨后允许的地下水位最小埋藏深度。

在有前期降雨条件下,土壤蓄水能力应当扣除前期降雨的影响。扣除部分等于田间拦蓄雨量与蒸发量的差值($I-E_{\text{陆}}$)。田间拦蓄雨量 $I=P-R$, P 为降雨量, R 为地面径流量。 $E_{\text{陆}}$ 可根据前述 $\frac{E_{\text{陆}}}{E_{\text{水}}}=f(H)$ 的关系进行计算; H 值取雨前雨后的平均值; $E_{\text{水}}$ 为同时期的水面蒸发量。则在有前期降雨条件下,实际采用的在土质较为均一的轻质土壤地区,土壤蓄水能力应为

$$I''_{\pm}=100(H-h)-(I-E_{\text{陆}})=100(H-h)-(P-R-1.32E_{\text{水}}H^{-1.27}),$$

如以某一时段计,一般可写成:

$$I''_{\pm}=100(H-h)-\sum_{t_0}^{t_1}(P-R-1.32E_{\text{水}}H^{-1.27}), \quad (2)$$

式中 H 及 h 以米计; $I''_{\pm}$ 、 P 及 R 以毫米计。

二、小面积排水地区暴雨径流关系 及最大排水模数的计算

(一) 资料及测区情况

资料来源系根据鲁西南太行堤流域,豫北南乐县永顺沟,豫北一个灌区,豫东淤泥河的殷公渠以及皖北青沟等地的观测成果。测定的条件是:

1) 上述地区均作了一定标准的排涝工程,排涝标准在较大面积上一般不到3年

一遇,小面积上大于3年一遇,高者达20年一遇以上,径流观测在工程开挖前无测定资料;

2)大部分径流资料都是在日暴雨小于100毫米和降雨历时数小时内的情况下获得的,连续一日以上的降雨出现机会较少;汛期降雨在豫北一个灌区的几个站多集中在7、8月,皖北青沟分布在6~9月,测流时一般受排水顶托的情况不多,有些受顶托影响较大的资料予以舍弃;地面大面积积水现象不多;

3)各站观测时间很短,且多不连续;曹县太行堤河三个站1962年开始观测;南乐永顺沟1961年观测,1962年未进行;豫北的灌区1958年在棉田的小面积上作了几次测流;豫东殷公渠1962年开始观测,皖北青沟系1956年的资料;4)土壤及水文地质情况在上述灌区基本相近,皖北青沟有一定的出入。现将各测区基本情况列于表6。

表 6

径流测验站集水区的特征

流域名称	测 站	集水 面积 (平方公里)	地 形 坡 度	干沟平均比降	干沟 长度 (公里)	末级排水 沟 间 距 (米)	流 域 特 点	测流方法
太行堤河 (鲁西南)	安仁集	185	1/6300左右	1/6300	19.0	—	流域呈葫芦形干沟排涝标准不到3年一遇,面上工程一般与干沟相适应,地面种旱作物	浮标法
	曹县城北西试区	10	1/7000左右	1/5000左右	7.0	400~700	流域呈长条形沟网密度较大,土方量5.53米 ³ /公里 ² 种旱作物	流速仪法
	曹县城北东试区	0.531	1/5000左右	1/828	1.0	500	流域呈长方形,田间工程少,河网密度较大,种旱作物	浮标法
永顺沟 (豫北)	韩张	78.7	1/5000~1/8000	1/5000~1/8000	12.0	2000左右	流域呈长条形,面上工程较少,种旱作物	浮标法
灌区东一干渠 (豫北)	东一干左侧三角地带内	1.7	1/1000~1/5000	1/2000~1/3000	1.8	500	流域呈三角形,内部沟网较多,主要种植棉花	量水堰
淤泥河 (豫东)	殷公渠	10	1/6300	1/4000	7.3	末级排水沟较少	流域呈长方形,内部沟网较少灌溉渠较多,种旱作物	流速仪
青 沟 (皖北)	东罗园	2.49	1/8500	—	4.1	—	流域呈长条形,种旱作物	流速仪
	潘庄	14.44	1/8500	1/3000	5.4	1000	流域接近方形,工程标准较大,种旱作物	流速仪
	小李家	19.2	1/8000	—	9.0	1000	流域呈长条形,种旱作物	流速仪
	小郭家	3.58	1/8500	—	3.9	—	流域呈长条形,种旱作物	流速仪