

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(北京阜外月坛南黄房)

中国工业出版社出版(北京佳麟閣路丙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、豫北平原部分洼涝易 碱地区除涝技术措施中几个問 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涝易碱地区，关于除涝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径流关系及最大排水模数的計算，以及对除涝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涝灾就很严重，同时往往又存在着土地盐碱化的危害。实践证明，排水是消除内涝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内涝的排水問題。在解决农田除涝排水任务时，当前存在有三个重要問題：1) 对于平原地区小面积暴雨径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“易涝易碱”并且“易旱”的平原地区，排水系統如何正确的规划布局，在滿足近期排涝要求的条件下，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涝的作用很大，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，为了試圖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，对小面积暴雨径流关系，土壤蓄水及农田排水工程的除涝作用，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径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径流观测資料、河南省水利厅1962年在豫东淤泥河流域殷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情况下，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，或是采用土壤给水平度的经验数据进行

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。

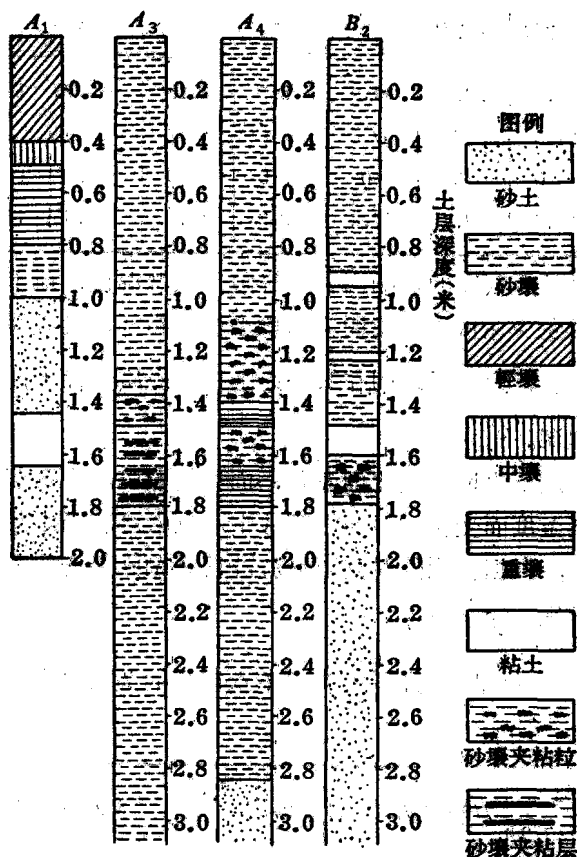


图 1 定位点土壤质地剖面图

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) 土壤水分消耗问题

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

式中 w_1 ——前期土壤含水量;

w_2 ——后期土壤含水量, 均以毫米计, 其余符号同前。

$E_{\text{陆}}$ 包括作物蒸腾、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:

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

利用上式可以计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

从理论上讲, 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, 则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, 而作物蒸腾与土壤蒸发, 除随地下水埋深变化外, 还随土壤湿度而变化。但在汛期地下水位较高和降雨频繁的条件下, 土壤湿度的变幅往往较小, 根据我们的观测资料统计得全剖面平均饱和度和都在75~90%之间, 因此可简化为 $\frac{E_{\text{陆}}}{E_{\text{水}}} = f(H)$ 。

根据观测资料, 这一地区汛期 $\frac{E_{\text{陆}}}{E_{\text{水}}}$ 和地下水埋深的关系见表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:

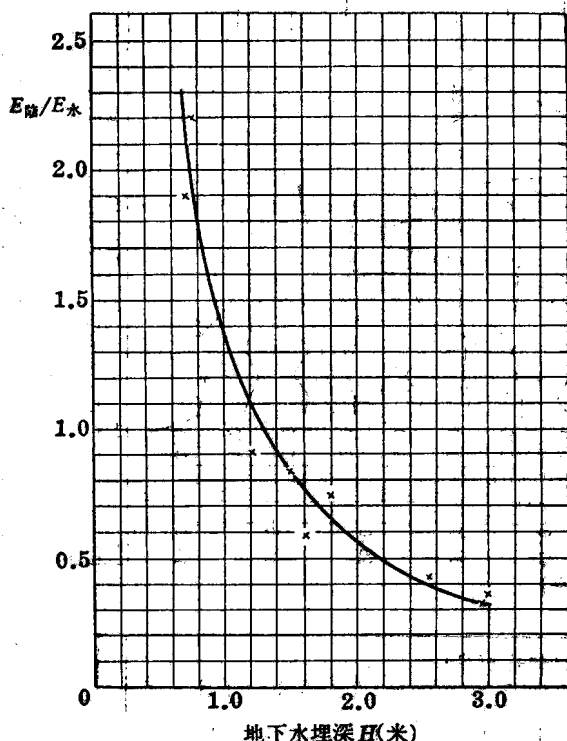


图 2 土壤蒸发与地下水埋深的关系

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

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 点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。

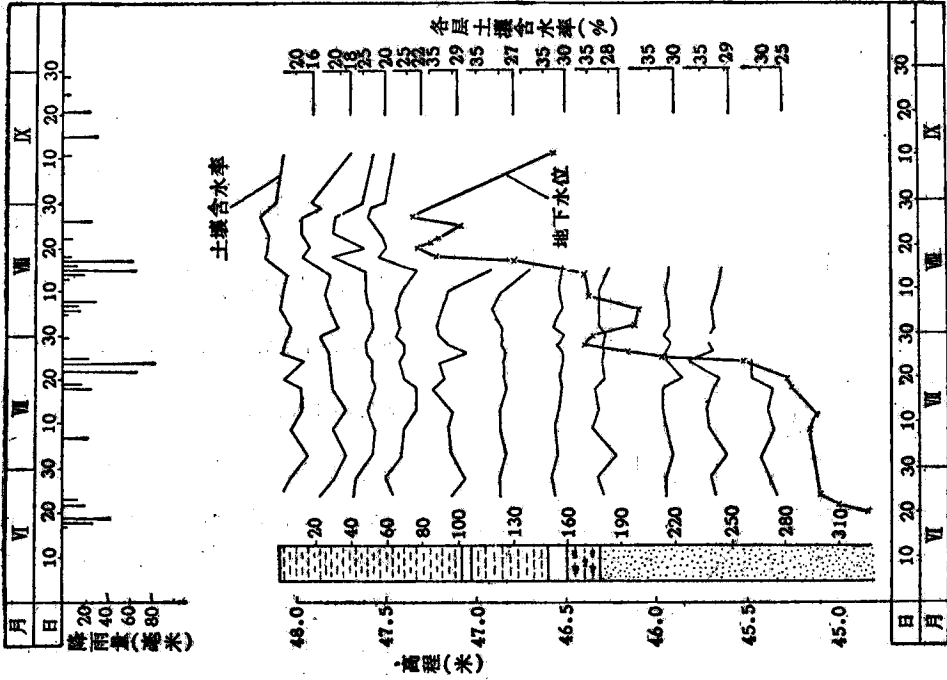


图 4 汛期各层土壤水分和地下水位变化过程线(B₂点资料)

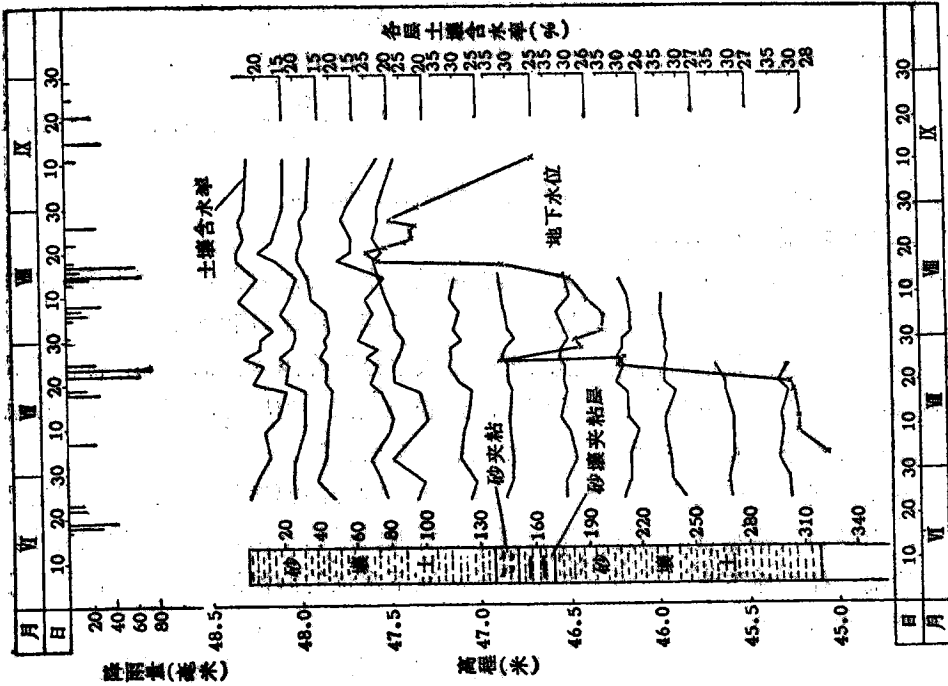


图 3 汛期各层土壤水分和地下水位变化过程线(A₃点资料)

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)。

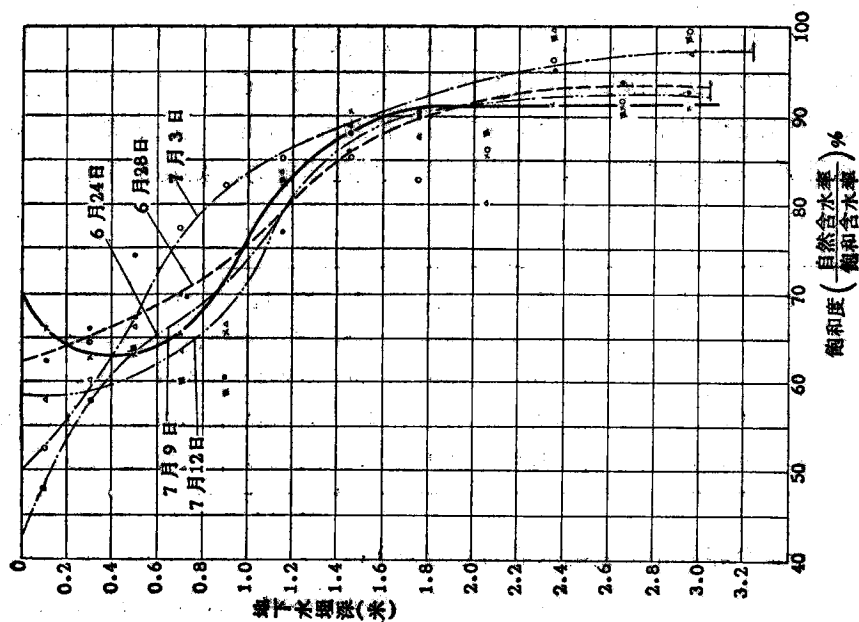


图 5 不同地下水埋深条件下土壤水分消退过程线
(A_3 点资料, $H \geq 3.0$ 米)

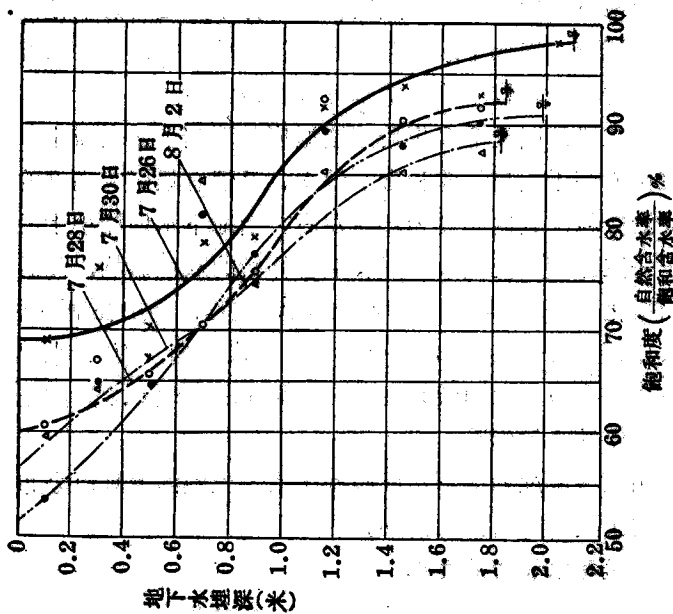


图 6 不同地下水埋深条件下土壤水分消退过程线
(A_3 点资料, $H=1.8 \sim 2.1$ 米)

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。

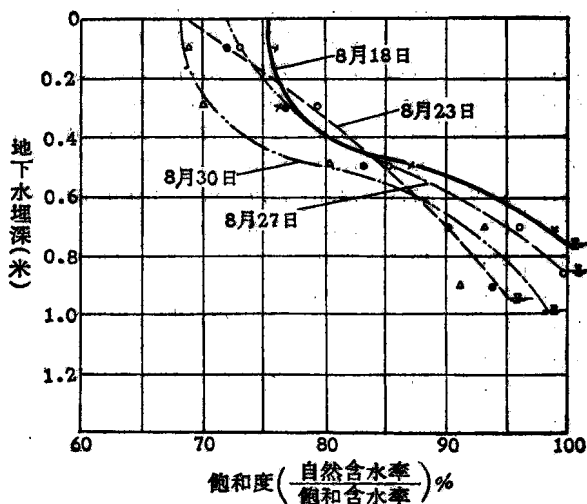


图 7 不同地下水埋深条件下土壤水分消退过程线
(A_2 点资料, $H=0.7\sim 1.0$ 米)

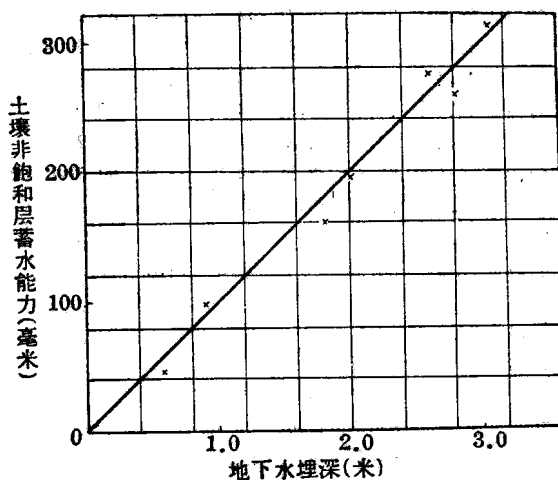


图 8 不同地下水位条件下的土壤蓄水能力

表 4

(土层深度以厘米计)

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 ₃	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					

(續表4)

定 位 点	日期 (月、日)	地下水 埋 深 (米)	分 层 土 壤 含 水 率 (飽和度%)											
			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	1.466	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	$1/6800$ 左右	$1/6800$	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 $5.53\text{米}^3/\text{公里}^2$ 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	$1/5000 \sim 1/8000$	$1/5000 \sim 1/8000$	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	$1/1000 \sim 1/5000$	$1/2000 \sim 1/3000$	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	$1/3000$	—	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

表 7

暴雨径流基本特征值

流域名称	观测位置	流域面积 (公里 ²)	降雨日期 (年、月、日)	降雨量 (毫米)	最大流量 (米 ³ /秒)	最大径流模数 (米 ³ /秒/公里 ²)	径流深 (毫米)	径流系数
太行堤河	安仁集	185	1962.7.24	71.5	23.5	0.13	11	0.15
			8.9	36.7	4.2	0.02	2	0.05
			15	77.4	22.3	0.12	12	0.16
	曹县城北 西试区	10	1962.7.22	57.6	2.4	0.24	3.13	0.05
			24	98.3	6.3	0.63	21.9	0.22
			8.15	77.4	11.2	1.12	27.4	0.35
(鲁西南)	曹县城北 东试区	0.531	1962.7.24	98.3	1.73	3.24	18.8	0.19
			8.15	77.4	0.83	1.56	7.5	0.10
			26	24.4	0.046	0.09	2.0	0.08
南乐永顺沟 (豫北)	韩张	78.3	1961.8.2	40.4	6.2	0.08	3.3	0.08
			11	64.3	12.8	0.16	14.5	0.23
			14	120.0	20.5	0.26	90.0	0.75
灌区 (豫北)	东一干渠	1.7	1958.7.6	96.2	0.62	0.36	15.0	0.16
			10	43.0	0.33	0.19	8.7	0.20
			18	35.0	0.45	0.27	8.5	0.24
	左侧		28	41.3	0.59	0.35	8.8	0.21
			8.2	83.0	0.61	0.36	30.0	0.36
淤泥河 (豫东)	殷公渠	10	1962.8.14	75.0	0.98	0.1	4	0.05
青沟 (皖北)	东罗园	2.49	1956.6.3	87.2	1.2	0.48	28.9	0.33
			6	115.3	1.84	0.74	76.6	0.66
			8	140.1	1.65	0.66	86.9	0.62
			7.1	49.0	1.66	0.66	30.4	0.62
			14	40.8	1.22	0.49	18.3	0.45
			8.2	94.0	1.23	0.49	36.0	0.38
			11	68.9	1.25	0.50	17.8	0.26
			22	130.8	1.58	0.63	61.9	0.47
	潘庄	14.44	1956.6.3	85.1	8.4	0.58	25.9	0.30
			6	116.7	13.7	0.95	78.0	0.67
			8	141.6	13.0	0.90	97.8	0.69
			7.1	49.4	11.0	0.76	34.4	0.70
			14	39.5	12.0	0.83	24.4	0.62
			8.11	61.2	7.2	0.50	23.4	0.38
			22	134.3	13.8	0.96	70.4	0.52
	小李家	19.2	1956.7.1	51.5	6.6	0.34	32.7	0.64
			18	27.4	2.4	0.13	10.1	0.37
			8.2	118.9	7.3	0.38	48.3	0.41
	小郭家	3.58	1956.6.3	83.1	1.3	0.36	33.0	0.40
			7.1	54.8	2.2	0.61	38.4	0.70
			18	31.2	0.6	0.17	9.0	0.29
			8.2	122.5	1.8	0.50	40.8	0.33