

黄泛平原粗砂潮土农田土壤水分动态研究

孔祥旋, 孙克刚, 杨占平, 王恒宇
(河南省农业科学院土壤肥料研究所, 河南 郑州 450002)

摘要: 根据土壤物理性质测定和水分定位观测结果, 结合当地气候、作物生育特点, 将黄泛平原粗砂潮土土壤水分垂直性分布划分为: 速变层(0~ 40 cm), 活跃层(40~ 100 cm)和稳定层(100 cm 以下); 将土壤水分季节性动态划分成: 强烈腾发期、补充下淋期、缓慢消耗期和相对稳定期。

关键词: 粗砂潮土; 土壤水分; 动态分析; 黄泛平原

中图分类号: S152.7 文献标识码: A 文章编号: 1000- 7091(2000) 03- 0109- 05

由历代黄河决口、泛滥主流沉积物为母质的砂质潮土, 主要分布在黄河中下游及其故道两侧, 因受当地气候、地下水等自然条件尤其受降水和土壤物理性质的影响, 具有特定的土壤水分运动规律。研究并分析砂质潮土水分变化特征, 对该区的水分管理具有重要意义。

1 材料和方法

试验于 1984~ 1990 年进行, 土壤水分定位观测点设在开封沙地中心试验区(开封县朱仙镇), 属半干旱半湿润气候, 区内年均气温 13~ 15 ℃, ≥ 10 ℃活动积温 4 500~ 5 000 ℃, 无霜期 205~ 224 d, 年均日照总时数 2 325~ 2 427 h, 日照率 55%~ 59%, 光合有效辐射量 $239 \times 10^3 \sim 247 \times 10^3$ J/cm², 能基本满足农作物一年两熟的需要。年均降水量 626.2 mm, 多集中在 7~ 9 月份, 且年际变率大。潜水位 1.0~ 3.5 m, 地下水矿化度 1 g/L 左右, 水资源丰富, 水质良好。

定位观测土壤为粗砂潮土, 质地为松砂土(卡庆斯基制), 物理性砂粒(> 0.01 mm)占 97.3%~ 97.6%, 0~ 150 cm 土壤剖面通体为粗砂潮土。0~ 20 cm 耕层养分含量, 有机质、全氮、水解氮、速效磷和速效钾分别为 2.05 g/kg, 0.09 g/kg, 2.10 μg/g, 15.6 μg/g 和 41.0 μg/g。0~ 150 cm 土层最大蓄水量、有效蓄水量分别为 172.0、135.9 mm, 土壤水分常数低, 持水性差, 水分库容小^[1~ 3]。观测点为农用地, 无灌溉条件, 一年一作春花生或西瓜。1984~ 1986 年试验区年降水量分别为 915.8、774.4 和 422.4 mm。

土壤含水量测定采用烘干法, 于每月 5、15、25 日取土, 3 次重复。取土深度为 0~ 5、5~ 10、10~ 20、20~ 40、40~ 60、60~ 80、80~ 100、100~ 120、120~ 150 cm。

收稿日期: 1999- 04- 28
基金项目: 国家重点科技攻关项目开封沙区综合治理配套技术研究部分内容(75- 004- 01- 12)
作者简介: 孔祥旋(1941-), 男, 副研究员, 主要从事土壤水分和作物营养与施肥研究工作。

2 结果与分析

2.1 土壤水分垂直性分布

1984~1986 年为例,将丰水(1984)、平水(1985)、缺水(1986)不同水文年各层由土壤含水量测定值计算的年均含水量、标准差和变异系数列于表 1^[4]。由表 1 得知,粗砂潮土不同水文年土壤水分含量均自上而下渐增,这与土面蒸发、作物蒸腾、降水后的土壤水再分配和潜水补给密切相关;土壤水分变异系数,一般年份 0~5、5~10、10~20、20~40 cm 等层次均>30%,40~60、60~80、80~100 cm 等层次在 20%~30% 之间,100 cm 以下等层次均<20%。若以变异系数>30%、20%~30% 和<20% 为标准对土壤水分进行垂直性划分,可分为三个明显的层次,即 0~40 cm 为速变层,40~100 cm 为活跃层,100 cm 以下为稳定层。速变层丰水年可达 0~80 cm,缺水年仅为 0~20 cm;活跃层丰水年为 80~120 cm,缺水年为 20~40 cm。形成这种变化特点,一是由于粗砂潮土持水性差,难以蓄持较多水分;二是年内降水时,空分布不均,较大降水能使土壤含水量急剧增加,且影响较深,降水后土体内水量却减少较快,土壤水分有较大变异。所以,即使在雨季,作物需水亦难得到持续满足,这便是粗砂潮土易旱的根本原因。又因区内降水年际变率较大,造成不同水文年土壤水分垂直性分布的差异。

表 1 不同水文年各层土壤含水量离散性特征

土层 (cm)	1984 年			1985 年			1986 年		
	年均含水量 (g/kg)	标准差 (g/kg)	变异系数 (%)	年均含水量 (g/kg)	标准差 (g/kg)	变异系数 (%)	年均含水量 (g/kg)	标准差 (g/kg)	变异系数 (%)
0~5	27.3	26.5	97.3	27.1	16.3	60.4	16.5	17.2	104.1
5~10	35.5	22.3	62.8	34.9	14.5	41.6	24.9	14.4	57.9
10~20	41.2	21.3	51.7	36.8	13.2	35.8	33.8	16.0	47.3
20~40	53.5	32.9	61.5	41.8	12.7	30.3	38.7	9.8	25.4
40~60	73.2	52.0	71.1	49.2	14.3	29.0	40.0	6.0	15.0
60~80	110.5	60.1	54.4	64.8	27.1	41.9	43.1	7.7	17.9
80~100	178.9	51.2	28.6	162.9	48.1	29.5	90.1	27.2	30.2
100~120	186.6	47.2	25.3	222.9	35.4	15.9	199.4	30.1	15.1
120~150	226.5	23.5	10.4	227.4	15.7	6.9	185.9	29.9	16.1
0~150	129.9	—	—	122.2	—	—	95.7	—	—
0~20	36.3	22.0	60.8	33.9	13.4	39.5	27.4	13.9	50.9
20~60	63.6	41.9	65.9	45.5	12.9	28.3	39.4	7.4	18.9
60~100	147.4	51.7	35.1	114.7	34.7	30.3	68.7	14.9	21.9

若按耕作层(0~20 cm)、心土层(20~60 cm)和底土层(60~100 cm)进行划分,土壤水分变化情况如下。

耕作层:该层土壤水分受降水、灌溉、气温、蒸散等因素所左右,是人为调控水分的主要层次。层内根系密集,保持良好的水分条件,是作物生长发育的基本保证。通常耕层含水量较低,且极不稳定,年均含水量为 27.4~36.3 g/kg,变异系数为 39.5%~60.8%。干旱多出现在 6 月份,其余时段一般在凋萎湿度和田间持水量之间。水分含量自上而下渐增,极旱时 0~5 cm 含水量为 1.0 g/kg,5~10 cm 含水量为 3.7 g/kg,故旱季应及时灌溉,大雨后含水量会暂

时超过田间持水量(108.0 g/kg), 雨季低洼地易积水, 应注意排水防涝。

心土层: 该层土壤水分除受降水、灌溉、蒸腾等因素影响外, 还取决于毛管上升水量的多寡。层内根系较多, 是作物吸水的重要给源, 也是评价土壤水分盈亏的主要层次之一。其含水量较耕层高, 且不够稳定, 年均含水量为 39.4 ~ 63.6 g/kg, 变异系数为 18.9% ~ 65.9%。含水量常年一般维系在凋萎湿度和田间持水量之间, 极旱时甚至低于凋萎湿度, 这在多数土壤上极为罕见。大雨后亦能暂时超过田间持水量。水分含量自上而下渐增。同粘、壤质潮土相比, 因砂质潮土水分入渗快, 故受降水波及大, 影响深, 且干旱对其影响程度较重。

底土层: 该层土壤水分主要靠毛管上升水、降水和灌溉补给, 是作物赖以生长的基础层次。其含水量较耕层和心土层高, 且较稳定, 年均含水量为 68.7 ~ 147.4 g/kg, 变异系数为 21.9% ~ 35.1%。极旱季节, 潜水位下降, 蒸散强烈, 含水量减少; 盛夏雨季, 潜水位回升, 毛管悬着水增多, 含水量亦随之增加。层内水分含量自上而下渐增, 直至饱和。该层水量较为丰足。

2.2 土壤水分季节性动态

根据测定结果, 结合当地气候、作物生育特点, 黄泛平原粗砂潮土水分季节性动态, 可划分为 4 个水分时期^[5]。

强烈腾发期(4月1日~7月10日): 历时 100 d。始期正值春季, 气候转暖, 地温回升, 风多雨少, 土壤蒸发渐强, 作物蒸腾趋增, 土壤水分入不敷出; 中期正值初夏, 气温较高; 末期气温几近全年最高值, 雨季尚未到来, 土壤水分消耗更大。5 和 6 月, 春作物渐入生育盛期, 需水较多, 是全年中最早的月份。不同水文年期内平均含水量, 0~100 cm 为 47.5~61.5 g/kg, 0~20 cm 为 20.9~28.5 g/kg, 此期耕层土壤水分变幅大, 变异系数为 38.3%~73.3%(表 2)。从水分等值线图(图 1)看出, 不同水文年(指丰水年、平水年、缺水年, 以此顺次, 下同) 凋萎湿

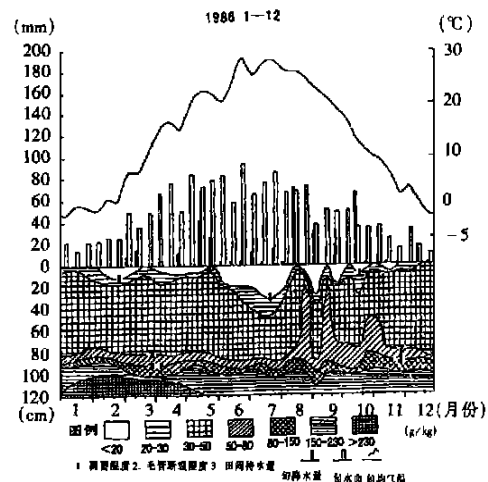
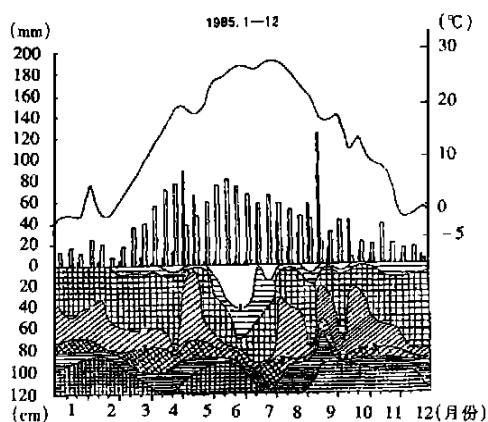
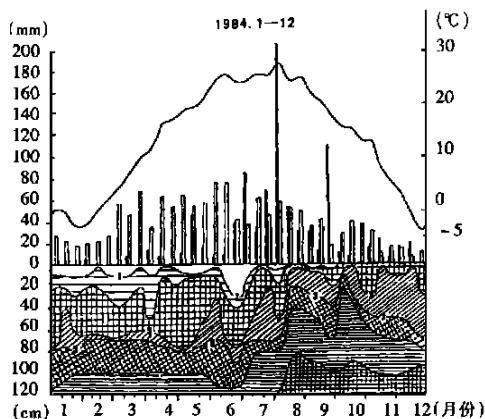


图 1 粗砂潮土水分等值线

度(下文以 PWP 表示)过程线均在 0~ 40 cm 之间,田间持水量(下文以 FC 表示)过程线分别在 70~ 90, 70~ 100, 90~ 100 cm 之间,表明春旱、初夏旱存在的普遍性。此期多因干旱造成西瓜、花生播种困难和作物生长期缺水,应及时灌溉。

补充下淋期(7 月 11 日~ 9 月 20 日):历时 70 d。此期气温最高,降水最多,土壤水分得到补充。期内土壤蒸发相对较低,但春播作物生长茂盛,需水较多,但因土壤持水性差,降水多下渗补充地下水。土壤水分状况是丰水年、平水年较好,缺水年较差,有别于黄泛平原粘、壤质潮土区。不同水文年期内平均含水量,0~ 100 cm 为 45.2~ 122.6 g/kg,0~ 20 cm 为 18.9~ 51.8 g/kg,此期耕层水分变幅亦大,变异系数为 29.0%~ 87.8%。不同水文年 PWP 过程线分别在 0~ 10, 0~ 20, 0~ 30 cm 之间,FC 过程线分别在 20~ 80, 50~ 100, 90~ 100 cm 之间,期内耕层时有旱象,应酌量灌溉。

缓慢消耗期(9 月 21 日~ 11 月 10 日):历时 50 d。期内气温渐低,降水趋少,耕层土壤水分缓慢消耗,但由于前期降水下渗,致使潜水位回升,土体中毛管悬着水增多。此期正值春作物成熟,蒸腾量锐减,土壤水分相对丰足,不同水文年期内平均含水量,0~ 100 cm 为 48.5~ 142.7 g/kg,0~ 20 cm 为 27.9~ 56.5 g/kg,此期耕层水分变幅较大,变异系数为 25.3%~ 63.9%。不同水文年 PWP 过程线均在 0~ 10 cm 之间,FC 过程线分别在 0~ 50, 70~ 90, 80~ 100 cm 之间,其过程线丰水年较高,变幅较大,平水年、缺水年较低,变幅较小,表明水分状况较好,丰水年尤甚。

相对稳定期(11 月 11 日~ 翌年 3 月 31 日):历时 140 d。此期气温最低,降水最少,土壤蒸发量相对较小,水分含量适中。不同水文年期内平均含水量,0~ 100 cm 为 53.0~ 96.9 g/kg,0~ 20 cm 为 31.4~ 45.1 g/kg,此期耕层水分变幅较小,变异系数为 18.4%~ 21.0%。丰水年无 PWP 出现,平水、缺水年 PWP 过程线均在 0~ 10 cm 之间,不同水文年 FC 过程线分别在 50~ 80, 80~ 90, 80~ 100 cm 之间,变幅均较小,其过程线丰水年较高,其他年较低,表明这一时期水分稳定,水分条件一般。冬闲地无需灌溉。

表 2 不同水分时期土壤平均含水量和耕层含水量离散性特征

时期	1984 年				1985 年				1986 年			
	0~ 100 cm		0~ 20 cm		0~ 100 cm		0~ 20 cm		0~ 100 cm		0~ 20 cm	
	平均含水量	平均含水量	标准差	变异系数	平均含水量	平均含水量	标准差	变异系数	平均含水量	平均含水量	标准差	变异系数
	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(%)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(%)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(%)
强烈腾发期	56.7	20.9	8.0	38.3	61.5	28.5	20.9	73.3	47.5	22.9	15.3	66.8
补充下淋期	122.6	51.8	15.0	29.0	60.7	33.7	12.9	38.3	45.2	18.9	16.6	87.8
缓慢消耗期	142.7	56.5	36.1	63.9	77.7	39.8	10.1	25.3	48.5	27.9	12.6	45.2
相对稳定期	96.9	44.0	9.2	20.9	55.7	31.4	6.6	21.0	53.0	45.1	8.3	18.4

3 结论

黄泛平原粗砂潮土农田土壤水分垂直性变化特点是:含水量自上而下渐增,年内土壤水分变幅较大,0~ 40 cm 为速变层,40~ 100 cm 为活跃层,100 cm 以下为稳定层,土壤水分季节性动态可划分为强烈腾发期、补充下淋期、缓慢消耗期和相对稳定期。与粘、壤质潮土相比,具有

特定的土壤水分运动规律。

粗砂潮土 0~ 150 cm 土体最大蓄水量、有效蓄水量分别为 172. 0 和 135. 9 mm。持水量低, 有效水少, 土壤水分受降水、灌溉影响层次深, 变化快。0~ 100 cm 含水量较低, 且不够稳定, 作物易受旱害。

砂质潮土春季、初夏季节水分入不敷出, 年内水分含量最低, 为满足春作物需水, 应及时灌溉; 仲夏、初秋季节时逢雨季, 土壤水分较为丰足, 但缺水年耕层旱象突出, 丰、平水年亦时有旱象, 应酌量灌溉; 秋季水分消耗缓慢, 作物耗水较少, 土壤水分相对丰足, 一般不需灌溉; 冬季水分相对稳定, 且含量适中, 冬闲地亦不需灌溉。

参考文献:

- [1] 孔祥旋, 寇长林, 孙克刚, 等. 砂质潮土水分特性研究[J]. 干旱地区农业研究, 1999, 17(4): 98– 104.
- [2] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室. 土壤物理性质测定法[M]. 北京: 科学出版社, 1978. 26– 76, 99– 122.
- [3] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983. 1– 115.
- [4] 莫惠栋. 农业试验统计[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1984. 14– 29.
- [5] 熊 毅, 李庆逵. 中国土壤(第二版)[M]. 北京: 科学出版社, 1987. 359– 360.

Study on Field Water Dynamic of Coarse Sandy Soil in Huangfan Plain

KONG Xiang-xuan, SUN Ke-gang, YANG Zhan-ping, WANG Heng-yu

(Soil and Fertilizer Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou Henan 450002, China)

Abstract: Through the measuring of soil physical properties and fixed-position observation of soil water, this paper, considering the characteristic of the local climate and crop growth, divided the water vertical distribution of coarse sandy soil in Huangfan Plain into rapidly changeable layer (10~ 40 cm), live layer (40~ 100 cm), and stable layer (below 100 cm); and divided the seasonal trend of soil water into strong evapotranspiration period, supplementary percolation period, slow consumption period, and relative equilibrium period.

Key words: Coarse sandy aquept soil; Soil water; Dynamic analysis; Huangfan Plain