

文章编号: 1007-4929(2005)02-0023-03

辽河平原种植条件下潜水蒸发试验研究

刘铁刚¹, 郭东明², 迟道才¹, 于文颖¹

(1. 沈阳农业大学水利学院, 辽宁 沈阳 110161; 2. 辽宁省水文水资源勘测局, 辽宁 沈阳 110003)

摘要: 根据辽宁台安水文试验站历年潜水蒸发试验资料, 探讨了埋深、大气蒸发能力、土质、作物生育期等影响潜水蒸发的因素, 并对计算潜水蒸发系数的经验公式进行了拟合。

关键词: 潜水蒸发; 大气蒸发能力; 潜水蒸发系数; 影响因素

中图分类号: S152.7 **文献标识码:** A

潜水就是浅层地下水, 其消耗主要是潜水蒸发。所谓潜水蒸发是指潜在在土壤水吸力的作用下, 向土壤包气带中输送水分并经由土壤和植物进入大气的过程。现代农田水分研究理论将土壤、植物、大气作为一个连续体, 称为 SPAC 系统, 随着研究的深入, 人们越来越意识到把潜水融合到这个系统中的必要性, 因为浅层地下水必然会和 SPAC 系统中的水分产生联系, 潜水影响包气带的水分分布, 从而影响作物根系从土壤中吸水; 降雨通过入渗补给潜水, 潜水通过潜水蒸发进入土壤和大气。因此, 研究潜水蒸发对研究农田水分循环有着重要价值。同时, 潜水蒸发的研究对制定灌溉制度、调控地下水埋深以适应作物生长、防治盐碱化和进行水资源评价都有着重要的意义。

目前, 潜水蒸发的影响因素是人们主要的研究内容之一, 主要的影响因素有潜水埋深、土质、气象因素、有无作物及作物生育期等等。另一个研究内容是潜水蒸发的计算, 现在的计算公式主要有两类, 考虑潜水蒸发的影响因素进行拟合的经验公式和从土壤水动力学角度出发建立的数值模拟公式。第一类公式有阿维里扬诺夫公式、指数公式、幂函数公式和清华公式等等, 这类公式有一定的适用范围, 并且需要大量的试验数据进行拟合得到参数。第二类公式通过土壤水动力学的知识建立方程, 再用计算机进行求解, 这类公式是从机理上研究潜水蒸发的。本文主要分析影响潜水蒸发的主要因素及其作用原理, 并依据多年试验资料拟合经验公式。

1 试验区概况

试验区位于辽宁省台安县, 地处辽河平原中部, 属于半湿润大陆性气候, 多年平均降雨量 657 mm, 年降水量的 75% 集中于 6~9 月份。地下水位埋深较浅, 土壤入渗强度较大。

试验土质为沙土和粘土, 测筒的地下水埋深控制在 0.5 m、1.0 m、2.0 m、3.0 m、3.5 m 和 4.5 m 共 6 个水平上, 测筒内种植作物为大豆。观测的项目有潜水蒸发量和常规气象数据等资料。

2 潜水蒸发的影响因素

潜水蒸发的影响因素有很多, 所以潜水蒸发过程是一个很复杂的过程。主要的影响因素有潜水埋深、土质、气象因素等。这些因素可分为外部影响因素和内部影响因素, 气象因素是外因, 埋深和土质是内因。如果土地种有作物, 作物的种类和生育阶段也是重要的影响因素。本文研究的是有作物情形下的潜水蒸发。

2.1 潜水埋深

表 1 和图 1 是 2001 年用粘土和沙土种植大豆时的潜水蒸发强度及变化曲线, 结果表明, 沙土和粘土的潜水蒸发都随着埋深的增加而减小, 这是由于随着埋深的增加, 大气蒸发能力对潜水蒸发的影响减弱, 而且从地下水向地表输送水分的路径变长, 输水能力减弱。关于土壤输送水分可以从毛管水最大上升高度来分析, 在潜水面上方存在着一个毛管水活动区域, 在此区域内毛管水上升较快, 当地下水埋深较浅时, 地表下的土壤处于毛管水活动区, 土壤的导水性能好, 因此潜水蒸发较大; 当埋深较大时, 由于毛管水存在最大上升高度, 地表下有一定埋深的区域不处在毛管水活动区内, 该区域土壤的导水率较小, 土壤水分上升的较慢, 潜水蒸发量相应地减少。同时还发现在埋深为 0~2 m 的范围内, 沙土的潜水蒸发比粘土的下降的快一些, 沙土在 2 m 埋深时的潜水蒸发强度已经小于 0.01 mm/d, 因此可以认为 2m 是这种沙土的极限埋深, 所谓极限埋深就是潜水蒸发量微弱的可以忽略不计的潜水埋深。从表 1 中同样可以看出粘土的极限埋深为 3 m。在沙土埋深大于 2 m、粘土埋深大于 3 m 时, 潜水蒸发量极小, 可视为零。

表 1 有作物生长条件下沙土与粘土的日潜水蒸发量 mm/d

土壤岩性	埋 深/m					
	0.5	1.0	2.0	3.0	3.5	4.5
沙土	2.919 8	0.708 7	0.005 1	0.002 1	0	0
粘土	2.169 2	0.275 6	0.022 5	0.007 3	0.000 7	0.019 2

收稿日期: 2004-10-12

作者简介: 刘铁刚(1978-), 男, 硕士研究生。

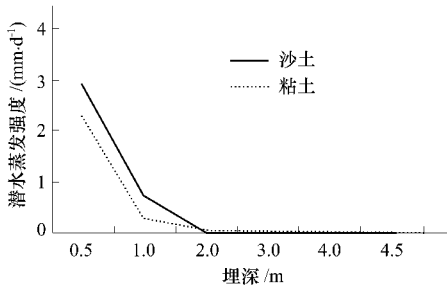


图1 潜水蒸发和埋深的关系

2.2 土质

从图1中可以看出,埋深较浅时沙土的潜水蒸发强度大于粘土,埋深较深时粘土的潜水蒸发强度又比沙土稍大一些。这可以用土壤的导水率和毛管水上升高度的变化来解释,当含水率较大时,由于土壤颗粒及孔隙性质不同,相比粘土来说沙土的导水率较大;含水率较小时,沙土孔隙中的水分大部分被排干,导水率大大减小。同时沙土的毛管上升高度小于粘土。在埋深较浅的条件下潜水到地表几乎全处于毛管水活动区内,土壤含水率大,沙土的导水率大,所以同一埋深沙土的潜水蒸发量较大。当地下水埋深较大时,在地表以下有一定深度的土壤不在毛管水活动区内,土壤含水量较小,导致导水性能变差,再加上毛管水上升高度又比粘土小,沙土的潜水蒸发小于粘土。相关文献上也曾得到类似的结论,也有研究表明,当土壤颗粒及孔隙过大时,浅埋的潜水蒸发量也较小,砂砾石的情况就是如此。

2.3 大气蒸发能力

大气蒸发能力是气温、风速、地温等气象因素的综合表现,是影响潜水蒸发的主要因素之一。水面蒸发集中反映了大气蒸发能力。图2~4是1998年5~7月份种植大豆时,潜水埋深分别为0.5 m和1 m条件下沙土的日潜水蒸发与水面蒸发关系图。从图中可以看出,无论是0.5 m还是1 m埋深,潜水蒸发和水面蒸发都有着较好的一致性,而且0.5 m埋深时潜水蒸发与水面蒸发的一致性更加明显。随着埋深的增大,潜水蒸发和水面蒸发的一致性减弱,并显示出明显的滞后性。由此可以推断,潜水蒸发与水面蒸发的一致性随着埋深的增加而降低,也就是说,气象因素对潜水蒸发的影响随埋深增加而减小。

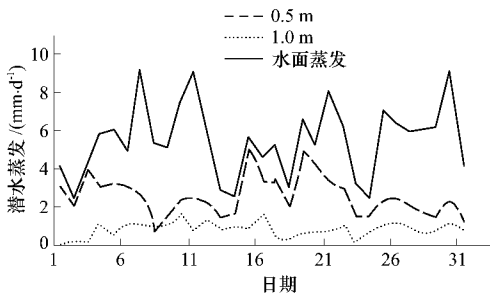


图2 5月份潜水蒸发和水面蒸发的关系

2.4 作物生育阶段

图5为1998年在沙土和粘土地上种植大豆时0.5 m埋深的月潜水蒸发量。由图5可以看出,潜水蒸发过程线有先增大后减小的趋势,在7月份由于大豆长势旺盛和根系发达使得根系吸水作用强烈,再加上气温较高,潜水蒸发量较大,因此在7

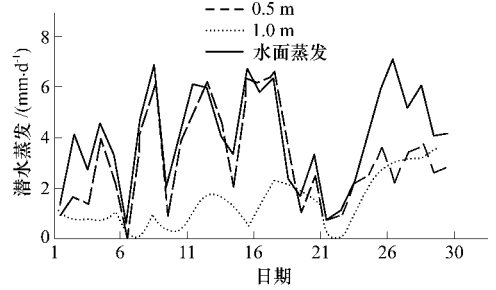


图3 6月份潜水蒸发与水面蒸发关系图

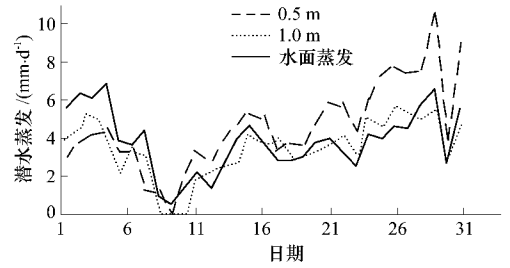


图4 7月份潜水蒸发与水面蒸发关系图

月份有个峰值。5月份的潜水蒸发相对较小,此时作物根系还没完全发育,吸水能力差,腾发量主要是地表的棵间蒸发,植物蒸腾占的比重很小,潜水蒸发近于裸地;在9、10月份气温降低,作物的耗水量也不再像生育中期那样大,蒸腾作用有所减弱,相应的潜水蒸发量逐渐回落。同样地在图2~4中也可以看到,5月份潜水蒸发较小,水面蒸发大于潜水蒸发,随着时间的推移,作物的需水量不断增大,潜水蒸发量与水面蒸发的差值越来越小。6月份的潜水蒸发接近水面蒸发,到了7月份大豆长势旺盛,根系吸水能力强,作物蒸腾耗水强度达到最大,0.5 m埋深的月潜水蒸发量大于月水面蒸发量,月潜水蒸发系数甚至大于1。这充分说明生育阶段对潜水蒸发的影响显著。

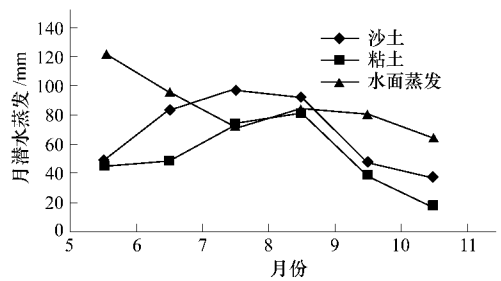


图5 0.5 m埋深的潜水蒸发过程

从图5中还可以看出,潜水蒸发和水面蒸发的曲线不十分一致;当地5月份多风且风速较大,水面蒸发量较高;而7月份的气温虽然较高,但是由于降雨增加、风速较小,水面蒸发量减少。因此从5~7月份水面蒸发曲线是下降的。同时能看到6、7月份沙土和粘土的潜水蒸发反而增加,这是因为作物需水量较大,根系通过强烈的吸水作用消耗了大量土壤水,从而促进了潜水蒸发。

3 潜水蒸发系数及其计算公式

潜水蒸发系数 C 是在同一时间段内同一种土壤的潜水蒸

发量和水面蒸发量之比。其中水面蒸发反映了降雨、气温、风速、日照、气压等诸多因子所构成的大气蒸发能力。由于各年份的气象因素不同,每年的潜水蒸发系数和水面蒸发也在变化,在实际的应用中采用多年的潜水蒸发系数平均值。表2是1992~2001年种植大豆条件下多年平均潜水蒸发系数表。

表2 多年实测平均潜水蒸发系数 C

土壤岩性	潜水埋深/m					
	0.5	1.0	2.0	3.0	3.5	4.5
沙土	0.763 1	0.393 2	0.005 7	0.005 0	0.004 0	0.004 9
粘土	0.589 9	0.131 5	0.014 1	0.004 9	0.011 0	0.005 5

人们常用潜水蒸发系数来建立计算模型,常用的模型有幂函数公式、指数函数公式、阿维里扬诺夫公式和清华公式。本文用指数函数和幂函数公式对台安试验站历年实测资料进行拟合,结果如表3和表4。

表3 沙土的潜水蒸发经验公式系数

月份	$C = ae^{-bH}$			$C = aH^{-b}$		
	a	b	R ²	a	b	R ²
5月	1.17	1.76	0.89	3.54	2.01	0.94
6月	2.21	2.44	0.90	4.78	2.22	0.92
7月	3.98	2.60	0.85	7.49	1.83	0.94
8月	3.82	3.01	0.79	6.17	2.37	0.92
9月	2.27	2.79	0.89	4.40	2.64	0.86
10月	1.26	2.24	0.93	3.50	2.54	0.82

表4 粘土的潜水蒸发经验公式系数

月份	$C = ae^{-bH}$			$C = aH^{-b}$		
	a	b	R ²	a	b	R ²
5月	2	1.78	0.91	3.48	2.3	0.95
6月	2.37	2.01	0.92	4.46	2.23	0.93
7月	2.66	5.30	0.92	9.55	1.64	0.91
8月	2.57	5.16	0.93	10.00	1.55	0.91
9月	1.92	1.69	0.96	4.21	1.86	0.94
10月	1.32	0.55	0.93	2.36	2.23	0.98

通过拟合得到的 a 和 b 为经验系数。相关系数 R² 的计算结果说明,无论沙土还是粘土的潜水蒸发系数,指数公式和幂函数公式都适用;对沙土来说,指数公式比幂函数公式的拟合结果更好些。

4 结 语

(1)种植作物条件下土壤的潜水蒸发随着埋深和大气蒸发而变化。潜水蒸发量随着埋深的增大而减小,小于2 m埋深时潜水蒸发量较大,蒸发量随埋深的增加迅速减小;大于2 m埋深时潜水蒸发量较小,蒸发量随埋深的增加变化极其微弱;潜水蒸发量与大气蒸发能力具有明显的一致性,埋深越浅一致性越强。

(2)土壤质地和作物生育期也是影响潜水蒸发的主要因素。潜水埋深较小时,沙土比粘土的潜水蒸发量大;而当潜水埋深较大时,由于粘土的毛管作用较强,毛管水上升高度大,其潜水蒸发量比沙土的潜水蒸发量大。在作物的生育盛期,潜水蒸发大大增加。

(3)对研究区而言,无论是沙土和粘土,指数函数公式和幂函数公式拟合的都比较好。而对沙土用指数函数公式拟合更为理想。因此建议研究区粘土潜水蒸发系数采用幂函数公式,沙土则采用指数函数公式。

(4)分析结果表明,0~2 m的埋深设置梯度偏大。为了更精确研究地下水埋深较浅时的潜水蒸发规律,以后的研究应加密埋深设置。

参考文献:

[1] 毛晓敏. 叶尔羌河流域潜水蒸发规律试验分析[J]. 干旱区地理, 1998,(9):44-50.
 [2] 孔凡哲,王晓赞. 利用土壤水力计算潜水蒸发初探[J]. 水文, 1997,(3):44-47.
 [3] 程先军. 有作物生长影响和无作物时潜水蒸发关系的研究[J]. 水利学报,1993,(6):37-42.
 [4] 冯功堂,尤希尧. 干旱区潜水蒸发埋深及土质关系实验分析[J]. 干旱区研究,1995,(9):78-84.
 [5] 张书函,康绍忠. 农田潜水蒸发的变化规律及其计算方法研究[J]. 西北水资源与水工程,1995,(1):9-15.



灌排设备企业分会 2005 年工作计划

一、积极参与第 19 届国际灌排大会,承办好 2005 年中国国际灌排及用水管理技术设备展览会

(1)组织规模盛大的展团参加 2005 年 9 月在北京国际会议中心举行的 2005 年中国国际灌排及用水管理技术设备展览会。

(2)在第 19 届国际灌排大会期间,组织一次中、外灌排企业的交流研讨会。

(3)编辑出版第 19 届国际灌排大会特辑版《灌排分会会员企业信息手册》。

二、强化协会服务功能,为企业办好 2 件实事

(1)市场开发活动。将在 2 个以上省区进行开发市场的系

列活动。

(2)灌溉等级资格评定工作。

三、加强国际交流与合作

(1)灌排分会将考虑组团参加 2005 年 11 月份举办的美国国际灌溉展览会(地点未定)。

(2)组织到欧洲的技术和商务考察。

四、建好“中国灌溉网”

灌排分会在 2004 年第四季度开始对“中国灌溉天地”网站进行全面改版,正在改版的“中国灌溉天地”网站已经更名为“中国灌溉网”,并且拟于 2005 年 5 月中旬正式开通。

(中国水利企业协会灌排设备企业分会)