

土壤蒸发量与地下水作用条件的关系

刘广明 杨劲松

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要 利用两年室内模拟试验实测数据,对粉砂壤土蒸发量与地下水作用条件之间的关系进行了系统分析。定量分析了地下水埋深或地下水矿化度对土壤蒸发量的影响,分别获得了土壤蒸发量与地下水埋深或地下水矿化度的关系,深入研究了地下水埋深、地下水矿化度对土壤蒸发量的综合作用并建立相应模型。研究结果表明,土壤蒸发量随地下水埋深变化呈抛物线分布,与地下水矿化度呈典型幂函数关系。

关键词 地下水埋深;地下水矿化度;土壤蒸发量;水盐动态

盐随水来,盐随水走。可见水分是土壤盐分运移的载体。如果要深入探讨土壤水盐运移机制及其规律,必须同时对土壤水分进行较为全面的分析。地下水是土壤盐分和水分的最主要来源,因此,掌握土壤蒸发量与地下水作用条件之间的关系,对于研究水盐动态各要素之间的关系、预测土壤盐渍化的发生发展趋势,及如何采取有效措施防治土壤次生盐渍化具有重要的理论及现实意义。

国内外已有一些学者在地下水埋深对水分蒸发的作用方面进行了研究^[1-5]。这些研究主要针对地下水位影响土壤蒸发量的作用机制,或不同地下水条件下地下水位与其它条件对土壤蒸发量作用的强弱比较等方面问题展开的,也有人发现地下水埋深不同导致土壤蒸发量出现了明显差异,但是这些研究绝大部分属于定性分析。地下水埋深与土壤蒸发量之间的定量化关系、不同地下水埋深对土壤蒸发量影响的相对大小等方面的研究较少。地下水矿化度对土壤蒸发影响方面的研究则相对少得多^[6],地下水矿化度与土壤蒸发量关系的定量、半定量分析,及不同地下水矿化度对土壤蒸发作用的相对大小等方面的研究则更为缺乏。

1 材料及方法

1.1 供试土壤及地下水

1.1.1 供试土壤 试验所用土壤采自长江河口地区典型地带,为发育于长江冲积物上的脱盐土,初始盐分含量为 0.364 g/kg。土质为粉砂壤土(美国制),其机械组成如表 1 所示。

1.1.2 供试地下水 试验所用地下水系根据当地地下水样的盐分组成由人工配制而成。

表 1 供试土壤的机械组成分析(美国制)

颗粒组成(%)					土壤质地
> 0.25mm 中砂	0.25 ~ 0.1mm 细砂	0.1 ~ 0.05mm 极细砂	0.05 ~ 0.002mm 粉砂	< 0.002mm 粘粒	
-	0.5	17.5	77.0	5.0	粉砂壤土

1.2 试验处理

本试验设地下水位及地下水矿化度各 3 个水平, 计 9 个土柱(见表 2)。试验装置如图 1 所示。每个土柱底部都装有一个马利奥特瓶, 用以将地下水位控制在设定高度, 并且

测读地下水消耗量。每个土柱顶部布设一红外灯(250W)用以模拟光照, 土壤表层温度由自动温控装置控制, 设定温度分别为冬季 25、春秋季 30、夏季 40。每天从 8:30 开始至 17:30 光照约 9h。

供试土壤经自然风干后, 磨细、去杂、过 20 目筛并搅拌均匀。填装土柱时, 根据田间土壤实际容重控制各土柱土壤容重为 $1.33\text{g}/\text{cm}^3$ 。各模拟土柱填装完毕之后, 首先由土柱底部供应蒸馏水, 以使土体水分含量近似达到田间水分状态。待湿润峰到达土壤表面时, 分别于各土柱不同深度处安装盐分传感器, 以监测土壤盐分, 并在同一深度处安装水分张力计以监测土壤水分。仪表安装结束后, 开始用马利奥特装置向各土柱分别供应矿化地下水。

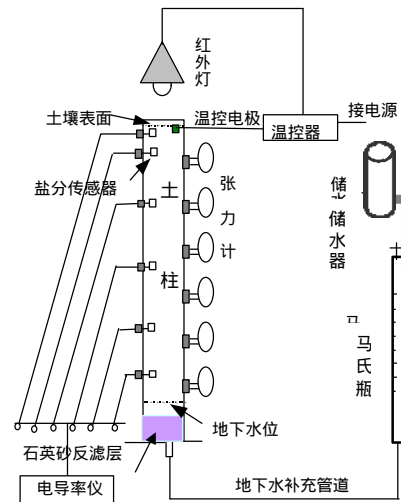


图 1 试验装置示意图

图 1 试验装置示意图

表 2 试验处理及土壤蒸发量

土柱编号	地下水矿化度 (g/L)	地下水埋深 (cm)	土壤蒸发量 (cm)	相对大小 (%)
1	2	85	151	100
2	4	85	126	83
3	8	85	108	72
4	2	105	158	104
5	4	105	131	87
6	8	105	110	73
7	2	155	119	78
8	4	155	99	66
9	8	155	94	62

考虑到土柱盐分变动速率的差异, 试验开始后第 1 个月内每 2 天观测一次, 第 2 月初至第 5 月末每 3 天观测 1 次, 第 5 月末以后每 4 天观测 1 次。每次分别观测各土柱不同土层土壤溶液的电导率、水分张力以及地下水蒸发量。

2 结果与分析

2.1 土壤蒸发量与地下水埋深的关系

地下水埋深显著影响土壤蒸发量。由表2可见,等地下水矿化度时,地下水埋深85 cm及105 cm时土壤的蒸发量差别都很小(相对差别在5%以下),并且地下水埋深为105 cm时的蒸发量都较相同地下水矿化度、地下水埋深为85 cm时的为大;同时地下水埋深为155 cm时的土壤蒸发量显著小于其余两种地下水埋深时的蒸发量。此处以地下水矿化度为4 g/L情况下的土壤蒸发量为例对此加以说明。当以2号土柱的土壤蒸发量为单位1时,5号、7号土柱的土壤蒸发量分别为1.05和0.79。此外,由表2亦可知,无论哪种地下水矿化度条件下,地下水埋深105 cm时的土壤蒸发量都较地下水埋深为85 cm时的大5%左右;而地下水埋深155 cm时的土壤蒸发量较地下水埋深为85 cm时的小约20%。由以上分析可见,地下水矿化度相同情况下,地下水埋深为85 cm或105 cm并没有显著影响土壤蒸发量的大小,并且地下水埋深为105 cm时的蒸发量已经稍大于地下水埋深为85 cm时的蒸发量,而地下水埋深为155 cm时的蒸发量与其余两种地下水埋深条件下蒸发量的差别比较明显。

地下水矿化度相同情况下,地下水埋深为85 cm时的土壤水盐动态与地下水埋深为105 cm时的相比更为活跃,土壤蒸发量应该较大些;但是地下水埋深为85 cm与105 cm时的土壤水盐运移都仍然比较迅速,由于地下水埋深的差别,各土壤剖面进入积盐稳定阶段的时间有先后,导致土壤特别是上部土壤中盐分积聚的量出现了较大差别(如由试验进行一年时采集土样的分析结果知,2号、5号土柱的0~5 cm深度土壤含盐量分别为25.9 g/kg及19.3 g/kg),这种差别可能导致表层土壤盐分对光照热能的反射强度出现较大的差异,从而使得对应土壤剖面的水势出现一定差异。这两种效果的共同作用可能正是导致地下水埋深为85及105 cm时土壤蒸发量呈现上述规律性的原因。此处的土壤积盐稳定阶段,特指土壤剖面中各下层土体的盐分处于动态平衡,由地下水进入土壤的盐分相当于仅在土壤表层积聚的特定积盐阶段。

地下水埋深为155 cm时的土壤蒸发量,明显小于其余地下水埋深时的土壤蒸发量的原因则是,作为上述两种作用效果之一,此时地下水埋深对土壤水盐运移而言是主要限制因子。

通过对各种地下水矿化度情况的土壤蒸发量的分析发现,两年试验过程中土壤蒸发量随地下水埋深变化呈抛物线分布(如图2所示)。图2中图形区域中的数字为地下水矿化度,单位为g/L。

2.2 土壤蒸发量与地下水矿化度的关系

已有研究^[6,7]表明,地下水矿化度越高,土壤蒸发越弱。本试验结果也明显反映了这一点。由表2可见,在地下水埋深相等条件下,地下水矿化度分别为4 g/L及8 g/L时的土

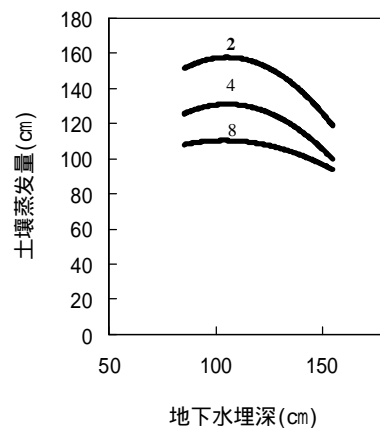


图2 土壤蒸发量与地下水埋深的关系

壤蒸发量，较地下水矿化度为 2 g/L 时的相应减小了约 17%和 30%。可见地下水矿化度为 2、4、8 g/L 的差别已经导致土壤蒸发量的差异比较显著。

通过对相同地下水埋深情况下土壤蒸发量的分析亦可以得知，土壤蒸发量与地下水埋深呈幂函数关系(如图 3 所示)。图 3 中图形区域的数字为地下水埋深(cm)。

2.3 土壤蒸发量与地下水埋深及地下水矿化度的关系

地下水埋深、地下水矿化度都是土壤蒸发量的决定性因子，并且二者同时对土壤蒸发起作用，因此综合分析此二者对土壤蒸发的效果具有现实意义。通过 2 年试验数据的分析，获得了土壤蒸发量与地下水埋深、地下水矿化度的关系，可表示如下：

$$Y=195-6.02X_1-0.39X_2 \quad R^2=0.835^{**}, \quad n=9$$

其中，Y 土壤蒸发量(cm), X_1 地下水矿化度(g/L), X_2 地下水埋深(cm)。

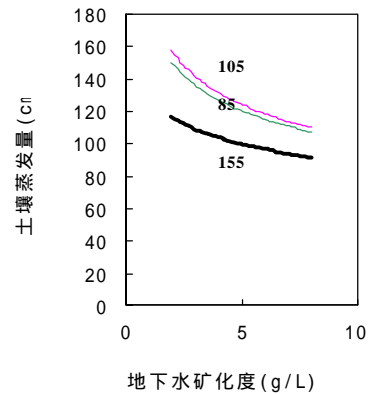


图 3 土壤蒸发量与地下水矿化度的关系

3 结 论

应用室内模拟试验两年的实测数据，对粉砂壤土蒸发量与地下水作用条件之间的关系进行了系统分析。研究结果表明，地下水矿化度相等时，地下水埋深 105cm 时的土壤蒸发量都较地下水埋深为 85cm 时的大 5%左右，而地下水埋深 155cm 时的土壤蒸发量较地下水埋深为 85cm 时的小约 20%；地下水埋深相等时，地下水矿化度分别为 4g/L 及 8g/L 时的土壤蒸发量，较地下水矿化度为 2g/L⁻¹时的分别减小了约 17%和 30%；土壤蒸发量随地下水埋深变化呈抛物线分布，与地下水矿化度呈典型幂函数关系；地下水埋深及地下水矿化度对土壤蒸发量的综合作用可以用模型表示。

参 考 文 献

- 1 袁剑舫. 土壤水分的蒸发及其影响因素. 土壤学报, 1964, 12(4): 471 ~ 481
- 2 Gardner, W. R., Milton Fireman. Laboratory studies of evaporation from soil columns in the presence of a water table. Soil Sci., 85: 244 ~ 249, 1958
- 3 You Wen-rui, Meng Fan-hua, Xiao Zhen-hua. study on salt-water dynamics in unsaturated silt loamy soils under evaporated condition in Huang-huai-hai plain, China: Current progress in soil research in People's Republic of China, 1986, Jiangsu Science and Technology Publishing House, 657 ~ 668
- 4 尤文瑞, 孟繁华, 肖振华. 蒸发条件下非饱和粉砂壤土水盐动态. 见: 俞仁培主编. 土壤水盐动态和盐碱化防治. 北京: 科学出版社, 1987, 1 ~ 14
- 5 尤文瑞, 欧阳丽, 孟繁华, 王学锋. 蒸发条件下非饱和粉砂壤土水盐动态. 见: 俞仁培主编. 土壤水盐动态和盐碱化防治. 北京: 科学出版社, 1987, 40 ~ 49
- 6 尉庆丰, 王益权. 无机盐和有机质对毛管水上升高度的影响. 土壤学报, 1989, 26 (2): 193 ~ 198
- 7 谢承陶主编. 盐渍土改良原理与作物抗性. 北京: 中国农业科技出版社, 1993, 122