

土壤次生盐渍化之水盐运动规律研究

陈丽湘 刘伟

(华中科技大学能源与动力工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要 针对土壤次生盐渍化问题, 本文在分析土壤中盐分运移机理的基础上, 结合“七场 - 相变 - 扩散模型”, 建立了土壤盐分方程。设计了室内环境风洞土柱实验, 对水盐运动规律进行了研究。从而为下一步的研究工作打下了基础。

关键词 土壤; 次生盐渍化; 盐分方程; 实验研究; 水盐运动

中图分类号: TK124 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-231X(2006)03-0466-03

WATER-SALT TRANSFER RULE RESEARCH IN SOIL SECONDARY SALINIZATION

CHEN Li-Xiang LIU Wei

(College of Energy and Power Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract To deal with the problem of soil secondary salinization, the mechanism of salt transfer in soil was studied, the soil salt equation was established on the basis of “seven field-evaporation-diffusion” model; and the indoor soil column experiment was designed as well in the environmental wind tunnel, so the transfer rule of water and salt could be studied. It provides a fundamental study for further research work.

Key words soil; secondary salinization; salt equation; experimental research; water and salt transfer

1 前言

土壤次生盐渍化是指: 土壤以前不受盐渍化的影响, 或仅轻微地受到盐渍化的影响, 但在灌溉一定时期以后, 它们变成了盐渍化土壤。这通常是由于人类不合理的灌溉和使用 (如大水漫灌、排水不良等方式) 引起的, 是人类活动对于土地资源的破坏。

根据联合国粮农组织和教科文组织的统计, 世界上有 50% 以上的灌溉土地遭受次生盐渍化影响。每年由于土壤次生盐渍化的影响, 有数百万公顷灌溉土地失产弃荒。土壤次生盐渍化问题威胁人类自身的生存和发展, 因此, 一直以来都引起世界各国广泛的重视和研究。

人类在长期的生产实践中, 结合当地实际情况, 摸索出一些行之有效的办法。但普遍存在着只在当地当时有效, 推广困难等问题。因此, 对土壤次生盐渍化的研究, 应从研究其机理入手, 从而建立其预测预报模型。

土壤作为一种典型的多孔介质, 人们长期以来已对其进行了广泛而深入的研究。刘伟等从研究其物理机理入手提出的“七场 - 相变 - 扩散模型”, 在研究土壤中水分、速度、温度的变化规律方面取得了大量的成果。

本文在此基础上, 从研究其机理入手, 结合土壤物理学等相关资料, 建立了盐分方程, 设计并进行了相关试验研究, 从而为下一步的研究工作打下了基础。

2 盐分运移机理研究和盐分方程

土壤中盐分运移实际上是对流、分子扩散和机械弥散等三个主要物理过程以及土壤中所发生的吸附等化学、物理化学过程和其它过程综合作用的结果。

盐分随运动着的土壤水而移动的过程称为对流。对流引起的溶质通量与土壤水通量和盐分的浓

收稿日期: 2006-01-06; 修订日期: 2006-03-23

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (No.50376015); 教育部博士点基金 (No.20040487037) 资助项目

作者简介: 陈丽湘 (1968-), 女, 湖南宜章人, 在读博士, 从事多孔介质传热传质方向研究。

度有关, 可由下式表示:

$$J_c = \bar{v}\epsilon_l \cdot C$$

分子扩散和机械弥散结果不易区分, 在实际应用中常将两者综合考虑, 称为水动力弥散。它引起的溶质通量可表示为:

$$J_{sh} = -\epsilon_l D \nabla C$$

由以上分析, 引入吸附等过程产生的源项 S , 可建立盐分方程如下:

$$\frac{\partial(\epsilon_l C)}{\partial t} = \nabla \cdot (\epsilon_l D \nabla C) - \nabla \cdot (\epsilon_l D \bar{v} C) + S$$

3 实验研究

实验在环境风洞中进行, 可模拟自然界温度、湿度及风速变化 (参见图 1)。实验采用 HYDRA 温度 / 湿度 / 盐分测定仪, 可实现温度 / 湿度 / 盐分的实时测定, 使得水分和盐分迁移过程结果直观和便于分析。实验中我们通过 Mariotte 瓶给土柱供水, 给土柱提供恒定地下水位, 并可通过 Mariotte 瓶读数的变化计算地下水的消耗量。

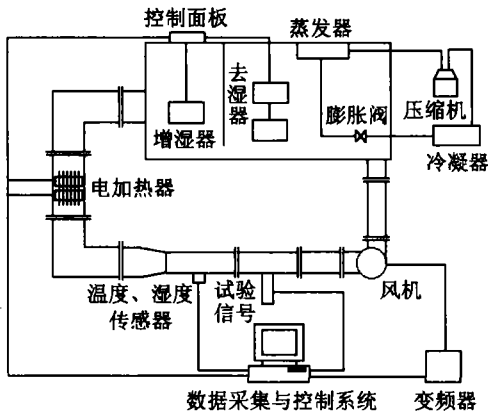


图 1 环境风洞示意图

3.1 地下水临界深度

在人们长期以来对土壤次生盐渍化的研究过程中, 逐渐认识到地下水对土壤次生盐渍化过程的重要影响。我们的实验研究就从地下水临界深度开始。

水是土壤盐分的载体, 地下水是影响土壤盐分运动的重要因素, 潜水蒸发是土壤盐分运输累积的动力。潜水在毛管力作用下, 沿毛管向上运动, 当毛管力与毛管水柱静压力平衡时, 毛管水达到一个稳定位置, 此时为毛管水连续上升的最高点, 它距潜水面的高度为毛管水上升高度。

我们在实验室条件下模拟了这个过程, 见图 2。由图 2 可以看出, 当潜水埋深大于毛管水上升高度时, 潜水由毛管作用上升到最大高度而达不到地表, 毛管水便发生断裂, 成为毛管断裂水, 地面形成干土层。在实验室砂土条件下, 毛管水强烈上升高度约为 10 cm。在裸土条件下, 地下水临界深度就是毛管水强烈上升高度。

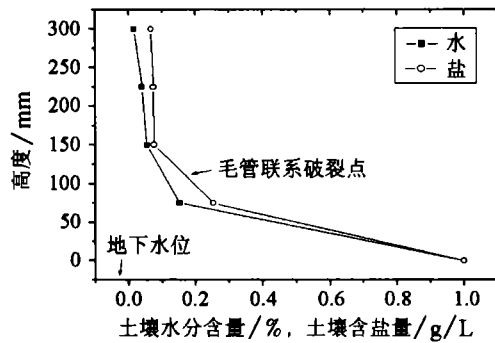


图 2 用土壤水分曲线和盐分曲线确定临界深度

3.2 水分和盐分的运动规律研究

水分和盐分运动虽然密不可分, 但通过实验发现, 二者在运动规律上表现却各有不同。从图 3 我们可以看到, 土壤水分在实验开始后约 90 h, 就出现了快速而明显的分层并在此后较长的时间内保持恒定, 或只有很微小的变化。

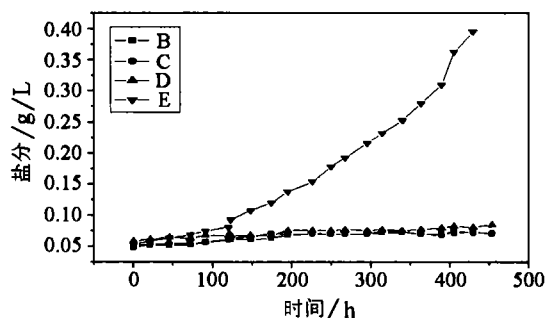
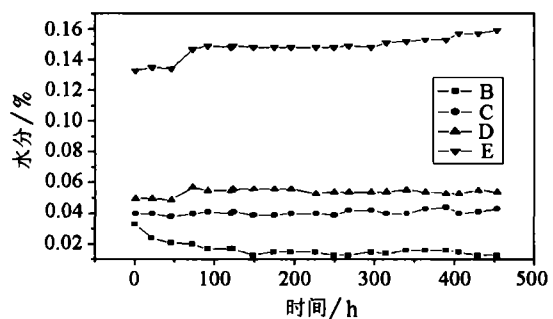


图 3 水分和盐分的变化曲线

而盐分曲线却表现出其独有的特点, 位于地下水临界水位以上的 C、D、E 三个测点的盐分曲线表现出很强的一致性, 盐分上升速度非常缓慢。而距离地下水位 75 mm 的 B 测点却表现出非常快速的盐分上升速度。

值得注意的是, 对比 B 点水分、盐分曲线, 我们不难看出, 这时候盐分上升的速度远远大于水分上升速度。也就是说, 在水分迁移速度极低的情况下, 盐分的水动力弥散成为盐分迁移的主要形式。

3.3 地下水蒸发对水盐运动规律的影响

从图 4 可以看到, 当潜水埋深小于地下水临界深度, 土面蒸发率由大气蒸发力控制。此时盐分和水分表现出相似的运动规律, 所谓“盐随水来, 盐随水去”, 表现出水盐运动的一致性。

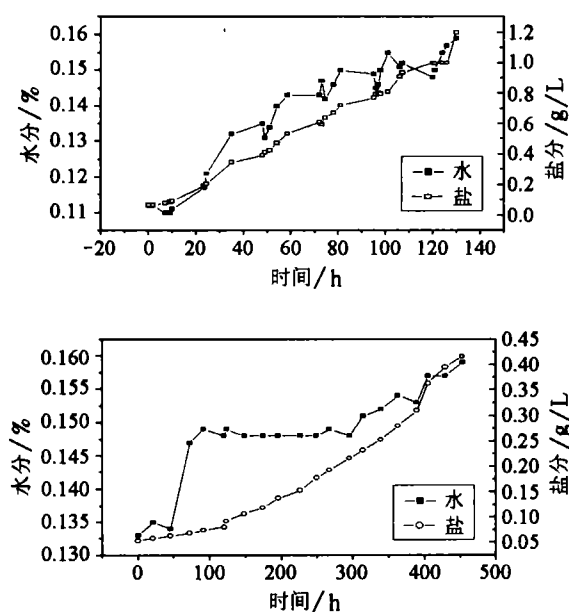


图 4 不同蒸发条件下水分盐分运动曲线

当潜水埋深大于地下水临界深度时, 潜水由毛管作用上升到最大高度而达不到地表, 在实验条件下地面形成约 2 cm 厚的干土层。干土层下的湿润土层产生水汽, 然后通过干土层的孔隙扩散到大气中去, 实验条件下蒸发率约降至前一种情形的 1/5。从图中我们可以看到, 此时土壤水分经过实验开始阶段的毛管水强烈上升过程后, 水分含量基本保持恒定, 而盐分则以相当均衡的速度上升, 但上升速

度约为前一种情形的 1/10。

由此可见, 地下水蒸发对于土壤水盐运动是一个十分重要的影响因素, 对盐分的运移速度有直接影响, 也是我们在研究土壤次生盐渍化问题时必须重点加以考虑的因素之一。

3.4 盐分运移速度公式

在实验中, 盐分运动表现出独有的规律性, 从本文的几条盐分曲线我们注意到, 盐分的运移速度表现出与该处的水分含量 ϵ_i 和地下水蒸发量 \dot{m} 有很强的关联。我们可将其规律总结为关系式:

$$dC/dt = f(m) \cdot g(\epsilon_i)$$

在下一步的研究工作中, 我们将针对于此进行实验和机理研究。对于我们了解盐分的运动规律, 和对盐分运动规律进行更深入细致的研究, 进行数值模拟等是非常有意义的。在土壤次生盐渍化研究中, 通过对不同水分条件下盐分运动规律的研究, 通过对土壤水分的监测, 结合外界生态环境, 可实现对土壤次生盐渍化过程的预报和治理。

4 结 论

本文通过对水盐运动规律的机理分析, 建立了土壤盐分运动方程。并通过室内土柱模拟实验对土壤次生盐渍化过程水盐运动规律进行了初步的研究。在土壤次生盐渍化研究中, 地下水临界深度是一个十分重要的概念。水分与盐分运动虽然密不可分, 却有着不同的运动规律, 水动力弥散在盐分运动中是一个十分重要的因素。同时必须考虑地下水蒸发的影响。并根据实验结果提出了盐分运移速度公式。从而为下一步的实验研究和数值模拟等打下了基础。以期最终实现对土壤次生盐渍化的预测预报的目的。

参 考 文 献

- [1] Liu W. A General Mathematical Modeling for Heat and Mass Transfer in Unsaturated Porous Media: An Application to Free Evaporative Cooling. *Heat and Mass Transfer*, 1995, 31(1): 49-55
- [2] V A 柯夫达. 土壤盐化和碱化过程的模拟. 北京: 科学出版社, 1986
- [3] 李韵珠. 土壤溶质运移. 北京: 科学出版社, 1998
- [4] Jacob Bear. *Dynamics of Fluids in Porous Media*. American Elsevier Publishing Company, Inc. 1972