第29卷 第1期　　土 壤 学 报　　Vol. 29, No. 1
1992年2月　　ACTA PEDOLOGICA SINICA　　Feb., 1992

粘土夹层土体构型水盐运动的实验研究

刘思义　魏由庆　梁国庆　邢文刚　王应求
(中国农业科学院土壤肥料研究所,100081)

STUDY ON WATER SALT MOVEMENT IN SOIL BODY WITH INTERCALATED CLAY LAYER

Liu Siyi, Wei Youqing, Liang Guoqing, Xing Wengang and Wang Yingqiu
(Institute of Soils and Fertilizers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, 100081)

发育在冲积平原上的土壤,土体中夹有粘土层是很普通的现象。1987年在滨海平原110个土壤剖面调查中,发现粘土层以不同厚度和层位存在时,土壤表现出不同的盐渍状况,该地区粘土层表居很普遍。我们曾对粘土层在浅、中、深三个层位的5、15、30厘米三个厚度对水盐运动的影响作过研究,结果是粘土层对水盐运动的抑制作用随粘土层厚度的增加、层位的升高而加强[2-5]。但是实际调查使我们感到有必要进一步研究土体中粘土层对水盐运动的影响规律,通过毛管水的上行运动的研究,了解粘土层的作用实质。

一、实验设计与方法

采用扰动土柱法,分单、双粘土层11个组合32个处理。单粘层厚度为10、20、30、40、50、60、80和100厘米,均设在土柱的表、中、深各部位;双粘层为二层10厘米厚粘土以六种排列组合方式居于土柱中。根据马颊河流域中下游的地下水成分的特点,按以 Cl^- 占阴离子的60%,$SO_4^=$ 占40%的比例配制成 $MgSO_4$、$MgCl_2$、$(Na)_2SO_4$、$NaCl$ 的复盐溶液,作为"地下水",其矿化度为4g/l,水位控制在1.5m,分干、湿土柱两个阶段观测[6],以均壤质土柱及单层20厘米厚粘土层的土柱分别作单粘夹层和双粘夹层的对照。供试土壤为砂质粘壤(壤土)和壤质粘土(粘土),其物理性状分别为容重 (g/cm^3):1.42 (为了接近田间状况,土柱的0—20cm土层按1.38的容重(装管)和1.50、饱和毛管水(%):30.6和37.3、土壤饱和水(%):35.3和42.4、土壤饱和导水率 (cm/day):8.49和0.45、<0.002 mm的粒级(%)占23和66、0.2—0.02mm粒级(%)占57和2;土壤全盐量(计算%):0.069和0.088,其中盐分组成(%) HCO_3^-、Cl^-、$SO_4^=$、Ca^{++}、Mg^{++}、$Na^+ + K^+$ 分别为0.031和0.035、0.003和0.005、0.017和0.024、0.009和0.016、0.003和0.002、0.006和0.006;土壤有机质含量(%):0.98和0.49。

二、结果与讨论

本文是研究在水的凹形弯液面负压以及由于湿孔隙壁和毛管壁而产生的吸力作用下产生的土壤毛管水的运动。实验证明单、双粘层在土柱中的作用并不十分相同,分别讨论

如下：

（一）单粘层对干燥土柱中毛管水上升的影响：就土柱中湿润锋平均日升速度而言，有粘土层的均比均壤土柱的要低，且随着粘土层厚度的增加而提高降低值。同一层位的粘层其厚度小于 50 厘米的几个处理，厚度对回升速度的影响结果之间差异明显；当粘层厚度大于 50 厘米时，则随着厚度的增加，其影响结果差异也逐渐减少。但是，该现象在不同层位时，有所差异。例如：粘层位于深位时，厚度在 60—100 厘米时，结果无明显差异；而居于表层及中层时，粘土层厚度增到 100 cm 时，结果仍有很明显的差异，即厚度于 60cm 以上时，影响结果的差异随厚度的增加而减小。粘土层在表层时，对毛管水的上行运动抑制作用比在其它层位时要差（图 1 上）。

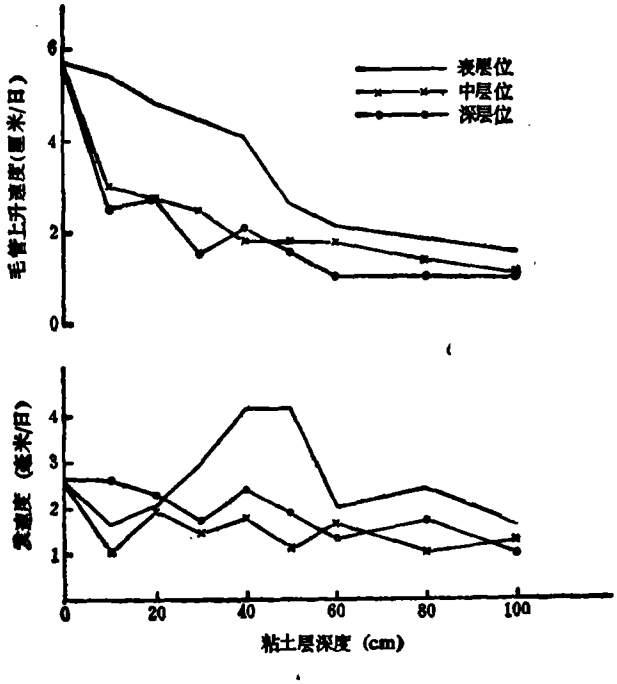

图 1 粘土层的不同厚度及不同层位时对土壤的蒸发速度和毛管水上升速度的影响

（二）单粘土层对土壤水的蒸发和土体积盐的影响：图 1（下）表明相同厚度粘土层各土柱的土面蒸发速度以表层位处理最高，其次为深层处理。表层位的粘层在 10—50 cm 厚时（正处土柱毛管水上升高度以上），土面蒸发速度随粘层厚度的增加而增大，且在 30—50cm 厚粘层土柱的蒸发速度尚高于对照；从 60—100 cm 的处理，蒸发速度有随厚度的增加而减少的趋势。而深层位各处理明显表现出随粘层厚度的增加而蒸发速度降低。

土体中盐分积累趋势与蒸发相似。同时也表现出盐分在粘土层中积聚的现象。而且就同一层位不同厚度的粘土层中，盐分的百分含量相差无几，层位之间相比，表层各处理盐分含量比中、深层位高。表层处理粘土层本身含盐量随其厚度的增加而减少。

以上现象主要是由于两种土壤对水的传导性能差异悬殊及土体内层次性毛管力不同及其相互控、促作用，导致层位处理间的明显差别。

（三）双粘土层在土柱中对水盐运动的影响：从表 1 可以看出，双粘层的各处理中毛管水的上行运动（毛管上升速度和土面蒸发速度）均受到抑制。总的分析表明，两层粘层在土柱中以分开各处二层的抑制作用强于二层同处一部位的；同时，以它们居于相对下层比居于上部的抑制作用强；而处理（4）为二层粘土同处于表层，这种土体构型不同于其它夹层土体，无论是在干燥土柱的地下水毛管上升阶段还是湿润土柱的蒸发阶段，从“地表”看，此处理都表现出极强的抑制作用。在干燥土柱地下水毛管上升阶段，土柱湿润锋到达

表 1　双粘土层在土柱中对水盐运动的影响

处理	粘土层部位	毛管上升速度(cm/day)	土面蒸发速度(mm/day)	毛管水上升观测阶段供水量(ml)	总供水量(ml)	土壤盐分(%)			注
						0—5cm	0—20cm	0—150cm	
1	表、中	2.42	2.49	722.3	875.1	2.065	0.669	0.228	处理 4、5、6 为两层 10cm 厚粘土层中间隔 20 cm 厚的壤土后再同处于一个部位。CK 为均壤质土
2	表、深	2.38	1.20	768.2	842.4	3.047	1.165	0.297	
3	中、深	2.14	1.35	706.2	789.9	1.704	0.367	0.190	
4	表、表	1.49	0.79	825.0	873.8	4.285	1.313	0.304	
5	中、中	2.78	1.64	729.8	820.1	2.531	0.849	0.259	
6	深、深	2.63	2.51	673.8	829.0	1.414	0.463	0.177	
7	(ck)	5.77	2.63	672.2	835.1	2.332	0.532	0.195	
单粘层 20cm	表层	4.84	2.05						
	中层	2.73	1.93						
	深层	2.50	2.32						

土面用时处理(4)是 124 天，其它土柱为 26—70 天。(4)柱“地下水”上升到 136 cm 处(二粘层间的壤土层中部)用时 60 天，此时湿润锋开始不清晰，湿润锋停止上升，但“地下水”仍以每日 1.9 毫米水(柱)向土柱供应，待粘土层以下的土壤含水量近饱和状态后(图 2)，水分继续向上供应，因此二层粘层中，位于下层的粘土层便起到了水分上行运动的“中间站”的作用。因为此处正是壤土的最大毛管上升高度的上限。这种土体构型看起来对毛管水日上升速度和土面蒸发有很强的抑制作用。但是一旦地下水位在临界深度以内，土

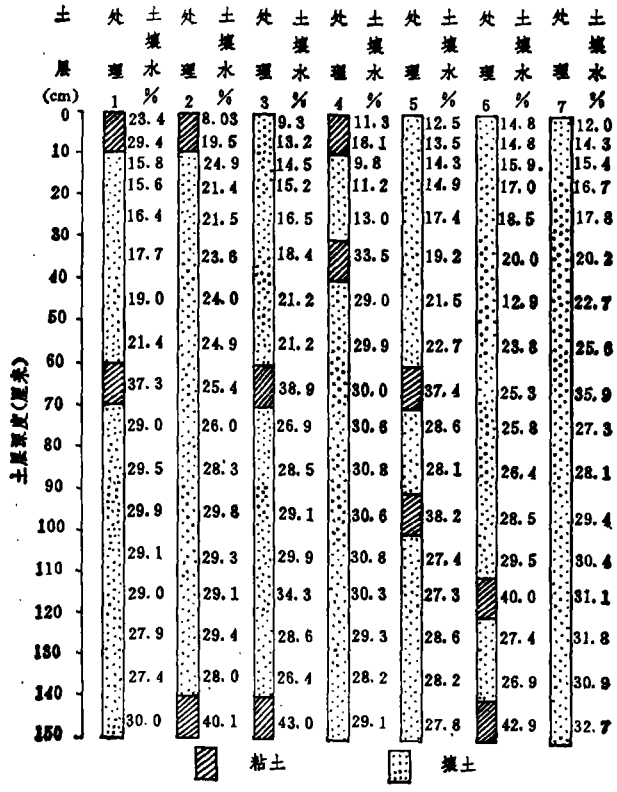

图 2　双粘隔层土体中土壤水分分布状况

壤的盐渍化更严重，整个土体内因水通量加大，盐分必然增加(表 2)，又因盐分表聚及在粘层中的积聚，造成高度盐渍化。如地下水位在临界深度以下，此种土体的潜在盐渍化也比其它构型的土体威胁大。所以，在生产实际中，对这种构型的土壤应予足够的重视。

三、结 语

夹粘土体是对土壤的水盐运动有抑制作用的层状土体。其抑制作用一般情况下(表层除外)随其厚度的增加而加强；相同厚度时，随层位的升高而加强。但是，深层位的粘土层厚度大于 60 cm，即使粘层厚度再增加，其抑盐效果差异不大；当粘土层于中层部位时，厚度增至 100cm 时，结果差异仍十分明显。然而，粘土层在表层时，表现出三种情况：(1)当粘层处于土柱毛管水强烈上升高度以上，抑制作用随厚度的增加而减弱；(2)粘土层与粗质土界面在毛管强烈上升高度附近时，对毛管水的上升有促进作用；(3)粘层与粗质土界面在毛管强烈上升高度以下时，抑制作用随其厚度的增加而加强，此时厚度增加到 100 cm 时，结果差异仍很明显。所以可认为，粘层处于表层是粘夹层土体中的一种特殊类型，它对土壤中的水盐运动的影响不服从夹粘土体的一般水盐运动规律，而受它处的水文地质条件所制约。

研究双粘层土体，目的是代表复层夹粘土体，研究结果表明，复层的粘土层比总厚度相同的单层粘土层的抑制作用强。这种粘层土体，以粘层居于中深层为宜，而表层粘层土体构型是盐渍化威胁很大的一种土体构型。

参 考 文 献

[1] B. A. 柯夫达，1981：土壤学原理。科学出版社。
[2] 罗焕炎，1965：层状土中毛管上升的实验研究。土壤学报，第 13 卷 3 期，312—324 页。
[3] 袁剑舫、周月华，1980：粘土夹层对地下水上升运行的影响。土壤学报，第 17 卷 1 期，94—100 页。
[4] 袁剑舫、周月华，1964：水分运行与土壤质地的关系。土壤学报，第12卷 2 期，143—154 页。
[5] 刘恩义、魏由庆，1988：马颊河流域影响土壤盐渍化的几个因素的研究。土壤学报，第25卷 2 期，110—118页。
[6] S. A. Taylor 著，华孟等译，1983：物理的土壤学——灌溉与非灌溉土壤的物理学。农业出版社。

·新书介绍·

Dryland Agriculture Strategies for Sustainability
(《旱作农业持续发展战略》)

R. P. Singh, J. F. Parr 和 B. A. Stewart 主编

此书是 Advances in Soil Science. Vol. 13 (《土壤学进展》)系列丛书的第十三册，1990 年出版。全书重点阐述了气候、耕作措施、有机质、肥料、营养元素、水份、侵蚀、病虫害、动植物生产力水平等因素对旱作农业持续发展的影响。此外，该书还介绍了排除田间试验中出现空间变异性的方法，以及各种模拟农业生产过程的数学模型的研究状况。最后，此书论述了干旱区发展持续农业的有利条件和限制因素。

(王学锋)