

马颊河流域影响土壤盐渍化的 几个因素的研究

刘思义 魏由庆

(中国农业科学院土壤肥料研究所)

摘 要

本研究是根据马颊河流域区域水盐动态监测预报分区定量化的要求进行的室内模拟试验,采用了扰动土的土柱法。试验进行风干土柱的毛管水上升湿润锋的观测与湿土状态的蒸发两个阶段。共3个组合21个处理,在人为控制条件下,仅就地下水(潜水)矿化度、耕层土壤有机质、土体构型等三因素对土壤盐渍化的影响,进行了观测。试验表明:地下水矿化度与土壤积盐量之间存在着极显著的正相关;耕层有机质的含量在1.5%开始有明显的抑制土壤盐渍化的作用;明确了在有粘土夹层的土体中,不能在风干土柱的毛管水上升速度来推测土壤表层返盐的快慢,而应在湿润土时,土壤水的蒸发速度为依据。粘土夹层的抑盐作用是随其厚度的增加和层位的升高而加强。

盐渍土发生与演变的影响因素是很复杂的,本文仅就地下水(潜水)的矿化度和埋深、耕层土壤有机质的含量以及土体构型对土壤中水盐运移的影响,根据马颊河流域区域土壤水盐动态监测预报分区定量化的要求在野外考察的基础上,采用扰动土的土柱法,进行了室内模拟。

一、试验设计及方法

试验分3组(三因子),即矿化度、有机质、粘土夹层,共21个处理(见图1)。“地下水”是按马颊河中游地区的地下水化学类型(Cl-SO₄-Na-Mg)配制。矿化度组设2,3,4,5,10和15克/升6个处理;各土柱中土壤均为均砂质粘壤(编号84004),有机质组共6个处理,其差异在于土柱的0—20厘米土层土壤有机质含量不同,而质地尽量求于相近,这些土壤都采自一般农田0—20厘米耕作层。有机质含量分别为3.31,2.04,1.53,1.16,0.98和0.42%,以0.98%的为对照。而土柱20厘米以下的土体皆为84004号土壤。粘土夹层组:共9个处理,以5,15,35厘米的粘土夹层代表薄、中、厚3种厚度(土壤编号为84005),按浅位(距土表20厘米);中位(距土表60厘米);深位(接地下水),分别夹在84004号土体中。供试土壤的理化性状见表1,土壤都经过1毫米筛孔处理。装管时按各种土壤的相应容重,以10厘米厚度为一层,分段填土。此时土壤含水量为5—7%,装好的土柱土体均匀。

供试管柱为4×157(厘米)的有机玻璃管,以马利奥特瓶供“地下水”及控制水位。地下水位一律采用150厘米,蓄水层为5厘米。

蒸发阶段以300W红外灯为热源昼夜照射,室内的干湿度状况以自动记录仪进行记录。

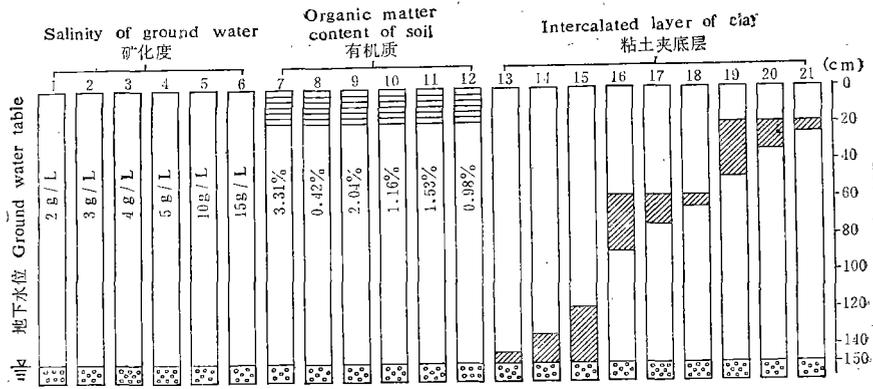


图 1 模拟土柱的基本情况

Fig. 1 The experiment conditions of modeling soil column

表 1 供试土壤的理化性状

Table 1 The physical-chemical properties of soils

土样 Samples	采样地点 Sampling locality	质地 Texture	容重 (g/cm ³) Bulk density	有机质 (%) O. M.	全盐 (%) Total salt	机械组成 (粒级: mm) (%) [*] Mechanical composition				饱和毛管水 (%) Capillary humidity	土壤饱和水 (%) Saturated soil water
						2.0—0.2	0.2—0.02	0.02—0.002	<0.002		
84002	黑龙江省双河农场	砂质粘土	1.2	2.04	0.026	20	39	7	34	37.1	42.1
84003	同上	壤质粘土	1.2	3.31	0.067	11	34	9	46	39.2	45.2
84004	山东省陵县	砂质粘壤	1.4	0.98	0.046	0	57	20	23	30.6	35.3
84005	同上	壤质粘土	1.3	0.49	0.067	0	2	32	66	37.3	42.4
84006	同上	粉砂粘土	1.4	1.16	0.116	0.1	0.9	36	63	—	—
84008	同上	粉砂质粘壤	1.4	0.42	0.253	0	21	53	26	—	—
85001	同上	粉砂质粘土	1.4	1.53	0.554	1	5	55	39	—	—

* 土壤质地根据国际划分标准。

试验进行分干土状况下的毛管水上升和湿润土的土壤水的蒸发两个阶段。蒸发历时 37 天后,立即按层次取土测定水分(烘干法)。

二、结果与讨论

(一) 毛管水上升速度及湿润锋

在第一阶段的观测中发现: 在干的均砂质粘壤土柱中“地下水”通过毛管作用上升, 其湿润锋的边缘十分清晰整齐。上升速度最快的是第 1 天, 达 640 毫米, 以后显著下降。该土壤的毛管水强烈上升高度在正常的地下水补给情况下, 可在 900—1000 毫米, 而后上升速度缓慢, 且湿润锋不十分明显, 这可能是薄膜毛管水的湿润状态所致。从最后水分测

定结果也证明,距“地下水”900毫米的土体中,土壤水分变化幅度不大,而900毫米以上土层,水分显著下降,说明在水分不断汽化过程中,得不到及时的补给,因为这层已超出了毛管水的强烈上升范围。

在这阶段观测中还发现:毛管水上升速度每天快、慢相间,“地下水”的日供量的观测结果趋势亦如此,水量差多达10倍左右。这恰恰证明了Taylor博士在物理的土壤学——灌溉与非灌溉土壤的物理学一文中的观点,即在干燥土壤中水流以“跳动式”的运动方式向干处移动^[1]。干燥土壤中湿润锋非常明显,用Taylor观点解释为,由于湿时的对干时的导水率比值大所致。在具有粘土夹层的土柱中,当水进入粘土层时,上升速度明显减慢,湿润锋不如砂质壤土那么明显,但其边缘依然整齐。

依Taylor的“湿润土壤传导水比干燥土壤要快得多”的理论,考虑到田间的实际土体状况,认为各因子对土壤盐渍化的影响,应在湿土状况时,在蒸发条件下进行。

(二) 地下水矿化度对土壤盐渍化的影响

矿化的地下水(潜水)是土壤中可溶盐的主要补给来源。在蒸发的条件下,可溶盐随水借助毛管作用,源源不断地向上运行,积聚于土壤的表层,使盐分在土壤剖面中呈“T”字状分布。这是一般均壤质土体内的普遍规律。

本文只研究在水通量、蒸发历时、地下水位和土壤质地、土体构型相同的条件下,矿化度与土壤积盐的关系。

本组6个处理,干土内水通量为650毫升左右,蒸发阶段“地下水”补给量为350毫升左右;土壤水的日蒸发量(以马利奥特瓶向土柱内补给的水量计),各处理间差异不大。如矿化度为5,10,15克/升的日蒸发量分别为3.14,2.68和2.65毫米,虽然蒸发速度随地下水矿化度的增加有减少的趋势,但从本试验的6种矿化度处理观测结果表明,矿化度高低对土壤水的蒸发速度影响差异不十分明显。这可能是因为地下水位1.5米,整个土体都处于毛管水活动层^[2],蒸发时地下水都能及时补给,因此,蒸发量对土体积盐的影响差异不明显,而矿化度的高低是影响土柱中土壤积盐的主导因素。试验结果经直线回归分析r值:在土柱的0—5、0—20和0—150厘米土层中,分别为0.9493,0.9781和0.9945;表明土壤中积盐量与地下水矿化度之间呈极显著的正相关。图2表明不同地下水矿化度影响下,土壤剖面中盐分分布规律:(1)无论矿化度高低,盐分在土壤剖面中的分布均呈“T”状。(2)不同矿化度之间影响差异表现在整个土体中的积盐总量随矿化度的增高而增加。

(三) 耕层土壤有机质含量对土表积盐的影响

土壤中有机质的含量是土壤肥力的重要指标之一。一般情况下它能综合反映出土壤的理化性状,为了了解它与土壤表层积盐的关系,找出“量”上的指标,本试验进行了模拟研究,由于供试土壤的原始含盐量不相同,并未经淋洗,为了进行分析比较,所以在最后试验结果数据处理时,将各处理原始含盐量减除。

试验的第一阶段,由于土柱中0—20厘米以下土体各处理用土皆为84004号,所以观测的各项结果都同于(一)段所述。并毛管水上升速度亦基本无太大差异。但当湿润锋到达有机质处理层时,各管便出现了明显的差别,即湿润锋的上升速度随有机质含量的增高而减慢,第二阶段的观测结果亦反映了这一规律。

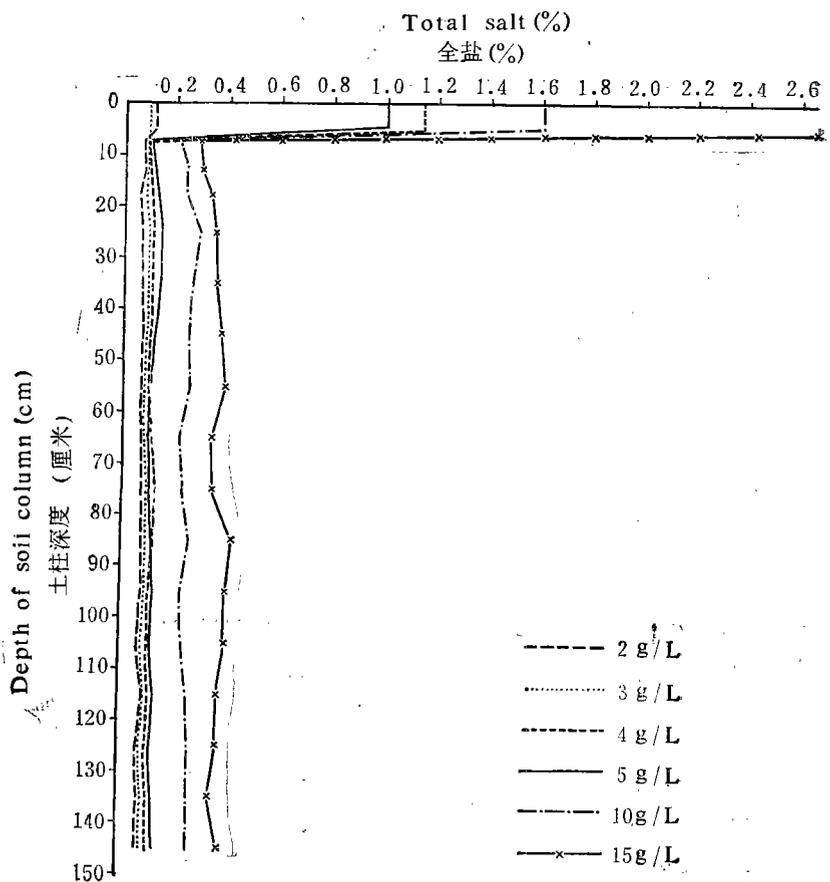


图2 不同地下水矿化度与土体内盐分的关系

Fig. 2 Salinity of ground water and salt regime of soil

图3表明土柱中0—20厘米土壤有机质分别为3.31, 2.04, 1.53和1.16%的土体盐分分布情况, 图中表明各处理之间的差异只出现在0—20厘米土层之内。从土壤盐分测定结果看, 各处理的20厘米以下各层盐分都在0.13%左右, 而0—20厘米土壤含盐量则随土壤有机质的含量不同有所差异。当有机质为2.04—3.31%时, 0—20厘米土层的含盐量尚低于下层, 20—60厘米土层内的含盐量则稍高于其他有机质含量低的各处理。当有机质为1.53%时, 土壤盐分在0—10厘米土层有表聚现象, 10—20厘米土层中盐分仅0.05%, 0—20厘米土层出现轻度盐渍化, 盐分达0.15%。当有机质为1.16%时, 0—20厘米土层已出现轻—中度盐渍化, 盐分达0.31%。以上结果表明: 有机质的抑盐作用与其含量的高低有密切关系, 有机质含量愈高, 其抑制水、盐运移的作用愈强。这可能是由于随土壤有机质含量增加, 土壤中的毛管孔隙相对减少, 而大孔隙增多, 当水流上升到该层时, 一部分毛管突然断裂, 水只能以汽态形式向上运行, 而可溶盐便停滞在液态水的部位。土壤有机质含量愈高, 土壤的大孔隙愈多, 这种现象就愈明显, 抑制盐分表聚的作用就愈加显著。

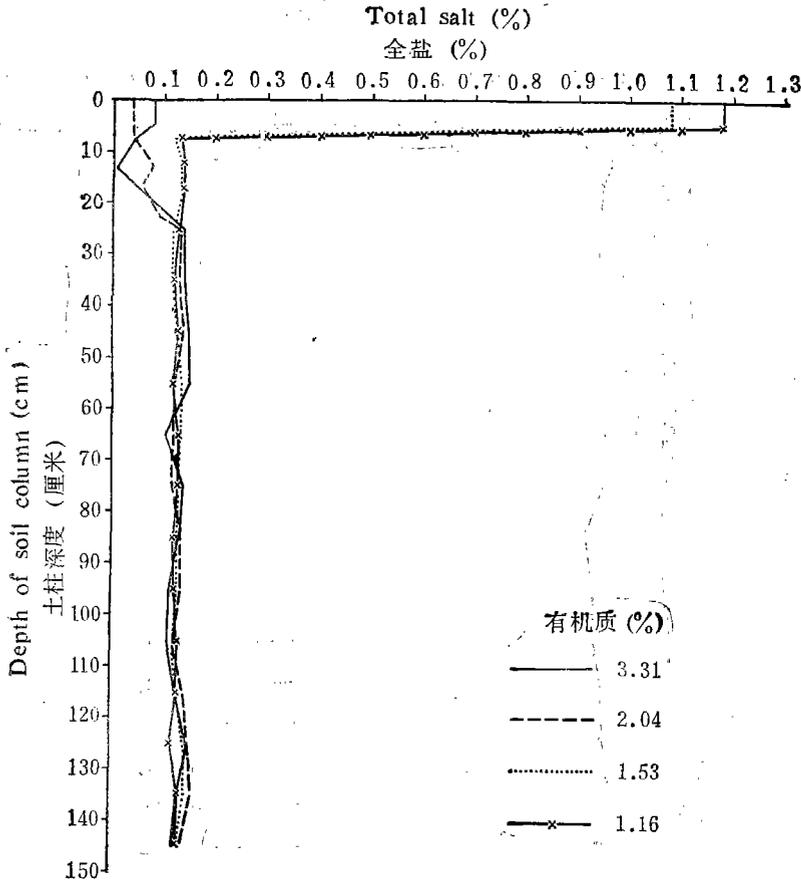


图3 耕层土壤有机质含量对土壤盐分运行的影响

Fig. 3 Effect of O. M. of soil plough layer on salt movement in soil

至于抑盐作用的土壤有机质含量的指标,根据上述结果分析,初步认为有机质含量在1.5时,便可以起到良好的防止土壤盐渍化的作用。在这基础上,有机质含量愈高,效果愈好。这一结果与山东陵县试验区大田试验结果以及苏北滨海地区有关资料^[3]的介绍基本一致。

(四) 土体构型对土壤盐渍化的影响

土壤盐渍化是地下水中可溶性盐通过毛管作用不断向土体中聚积和再分配的结果。而土体构型直接影响着土体中水盐的运行及分布。本文着重探讨了在蒸发、潜水位、地下水矿化度等条件相同的情况下,土体中粘土夹层的厚度及层位对水盐运移的影响。

1. 土体构型对毛管水上升的影响 第一阶段的观测结果(表2)表明:在具有粘土夹层的土柱中,湿润锋到达土柱的顶端所需时间均比对照要延长。且随粘土夹层厚度的增加而相应延长。在相同厚度时,层位越深,所需时间愈长。而毛管水通过粘土夹层本身所需时间亦是随厚度的增加而延长。但在相同厚度时通过粘土夹层本身所需时间,则随层位的升高而延长。

表 2 地下水矿化度与土壤积盐的关系

Table 2 Relationship between salinity of ground-water and salinization of soil

矿化度 (g/l) Salinity of ground water	土壤全盐 (%) Total salt of soil		r 值 n = 6 - 1 0.01, 0.874	
	0—20cm	0—150cm	0—20cm	0—150cm
2	0.086	0.083	r = 0.9781**	r = 0.9945**
3	0.095	0.094		
4	0.338	0.177		
5	0.349	0.181		
10	0.579	0.331		
15	0.901	0.507		

上述现象的产生与粘土本身的性质有关。粘土表面积大,吸附力强,对水流的传导能力很差,即所谓导水率低^[6];其次是粘土的毛管孔隙直径很小,摩擦阻力大,会降低毛管水上升速度,所以随粘土夹层厚度的增加,上述作用相应加强,毛管水通过的时间也愈长,同时土体构型也影响着毛管水运行。

表 2 中毛管水通过粘土层所需时间在相同厚度时浅位>中位>深位,其原因主要由于在相同条件下,地下水通过毛管向上运行,当粘土夹层距地下水位愈远时,其导水率因基模势的降低而相应减小^[7],毛管水上升速度也要减慢,距地下水愈远,毛管水的运行速度愈慢,这便是土壤毛管水通过粘土夹层向上运行的规律。

但是,在整个干燥土柱中湿润锋上升速度除粘土夹层的厚度影响外,其层位愈接近地下水,湿润锋的上升速度愈慢。日本田町正誉从夹层土壤剖面中孔隙之间的作用分析了该现象,认为“粘层在砂质土之上时,可看作小毛管接在大毛管上,这时毛管水上升受大毛管的促进”^[1,4,5]。依据这一理论,当粘土层接地下水而上边是砂质土时,则为大毛管接在小毛管之上,毛管水的上升受抑制,所以湿润锋上升到土柱顶端的时间相应增加。

2. 对土柱中水盐分布的影响 图 4 为 35 厘米厚度的粘土夹层,在不同层位时,土柱中水盐分布情况。表明了土壤中水盐在粘土夹层积聚的现象。水分测定结果:无论粘土夹层处于哪个层位,0—20 厘米土柱中水分含量,都比对照低,并有随层位的升高而降低的趋势。但整个土体中总的含水率一般相差无几,均为 25% 左右。从土柱水分剖面看,粘土夹层均为富水层,如:浅位的为 3.33%,中位的为 34.9%,深位的为 36.7%。盐分在土壤剖面的分布规律与水分相同,但在蒸发条件下,仍有表聚现象。有粘土夹层的各个处理 150 厘米土体总盐量一般比对照低,尤其 0—5 厘米更为明显。可见粘土夹层在土体中的抑盐作用。

3. 对土柱中水分的蒸发和积盐的抑制作用 前面已谈到,粘土夹层在干燥土柱中,对毛管水上升的影响规律是,粘土夹层愈厚、距地下水愈近的抑制作用愈强。那么,在湿润土柱中粘土夹层的作用如何?表 3 说明了,粘土夹层在土柱中的抑盐作用是随其厚度的增加而加强,而相同厚度时,随其层位距地下水愈远,这种抑盐作用愈强。而且凡在土

1) 李韵珠, 1985: 国际盐渍土改良学术讨论会论文集, 蒸发条件下粘土层与土壤水盐运移。

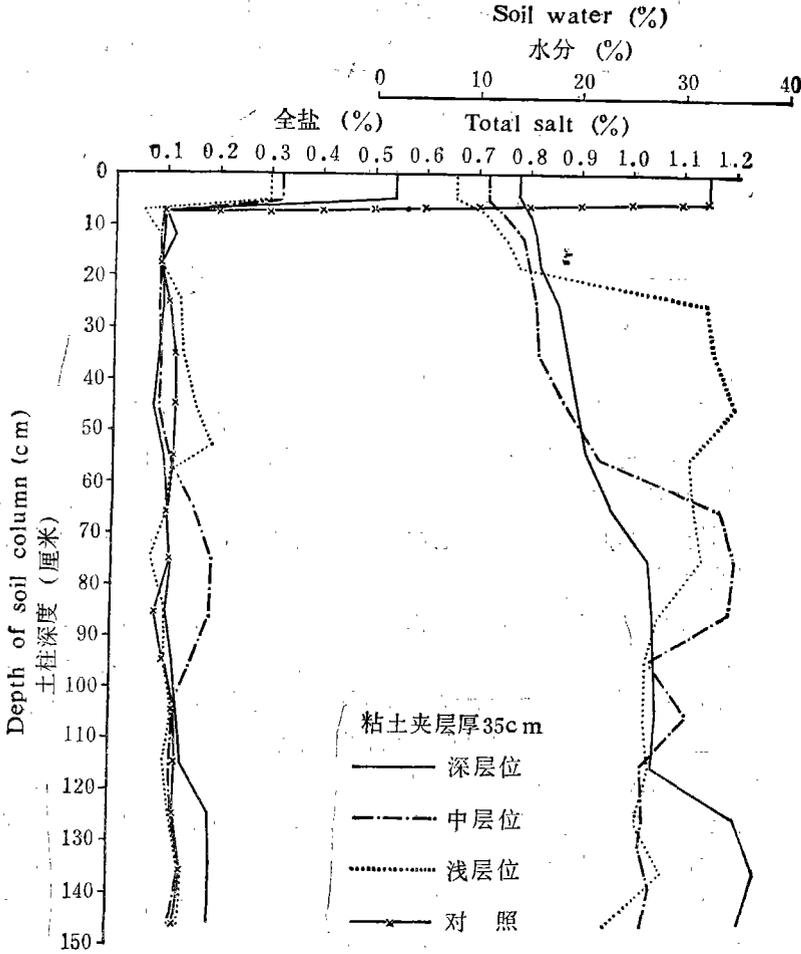


图4 粘土夹层对土柱中水盐运行的影响

Fig. 4 Effect of intercalated layer of clay on water and salt movement in soil

体中具有粘土夹层的,与对照相比均有一定的抑盐作用。以 35 厘米厚度的粘土夹层处理为例,0—5 厘米,0—20 厘米,0—150 厘米土层中盐分的降低率:浅位的分别为 74%, 17% 和 8%;中位的为 59%, 11% 和 2%;深位的为 32%, 3% 和 -2%;以浅位的降低率最高。即使是 15 厘米厚的粘土夹层,它的抑盐作用从 0—5, 0—20 及 0—150 厘米土层的盐分测定结果看,浅位的强于 35 厘米厚的处于深位的。可见,当具备一定厚度时的粘土夹层,它所处的层位的重要。

粘土夹层的抑盐作用,是由于在一般情况下,粘土夹层的位置升高,其导水率因基模势的降低而相应减少,地下水补给量减少,蒸发量降低,导致盐分的积累减轻¹⁾。

粘土夹层需有多大厚度方能起到明显的抑制作用? 这个问题要从粘土夹层的厚度和

1) 同前 1)。

表 3 粘土层对土柱水分蒸发与积盐的影响

Table 3 Effect of intercalated clay layer on evaporation and salinization of soil

粘土层厚度 (cm) Thickness of clay layer	层 位 Position	土 壤 全 盐 (%) Total salt of soil		蒸发速度 (毫米/日) Rate of evaporation (mm/day)
		0—20cm	0—150cm	
5	浅	0.139	0.138	2.5
	中	0.264	0.195	2.7
	深	—	—	—
15	浅	0.141	0.135	1.3
	中	0.229	0.181	2.0
	深	0.295	0.215	2.9
35	浅	0.135	0.129	0.7
	中	0.218	0.211	1.5
	深	0.305	0.248	2.3
对照		0.338	0.229	3.3

层位两个方面考虑,尤其是层位。试验表明:当地下水矿化度为 4 克/升,水位 1.5 米,35 厘米粘土层处于深位时,它起不到防止土壤盐渍化的作用(表 3),当它处于浅位时,150 厘米土体及 0—20 厘米土层为非盐渍化—轻度盐渍化,0—5 厘米才出现轻度盐渍化。综上所述,初步认为,当地下水矿化度 < 4 克/升,水位低于 1.5 米时,处于浅位及中位的粘土夹层厚 35 厘米左右,可起到抑制土壤盐渍化的作用。而处于深位时,则作用不明显。但在具体的改良实践中,还需考虑到地下水矿化度、水位、蒸发条件以及土体构型等因素。上述指标尚需今后进一步研究验证。

三、结 论

在地下水位、气候因素相同的条件下:

1. 土壤积盐量与地下水的矿化度之间呈正相关,故设法降低地下水矿化度是减轻盐渍化的重要措施。

2. 耕层土壤有机质确有抑盐作用,且随其含量的增加,抑制作用也加强,说明耕层土壤肥力愈高,抑盐作用愈强,这种作用主要是改善土壤物理性状所致。一般耕作土壤,当有机质含量在 1.5% 以上,方能起到明显的抑盐作用。为此,增施有机肥是改良盐渍土的经济有效的措施。

3. 粘土夹层对土壤水盐运行有不同程度的抑制作用。这种抑制作用随粘土夹层厚度的增加而加强。当厚度相同时,则随其层位的升高而加强。在判断粘土夹层的抑制作用时,不仅要考虑其厚度,更应考虑它所处的层位。

地下水位为 1.5 米,粘土夹层在浅位和中位时,其厚度不低于 35 厘米。而处于深位时,上述厚的粘土夹层对防止土壤盐渍化作用很微弱。

4. 对粘土夹层的抑盐作用的研究,通过两个阶段的观测结果表明,不应以在风干土柱

中毛管水上升速度来推测土表返盐的快慢^[4],而应以湿润土柱在蒸发条件下,土壤水的蒸发速度为依据推测土表返盐快慢和程度。

参 考 文 献

- [1] S. A. 泰勒著(华孟等译), 1983: 物理的土壤学——灌溉与非灌溉土壤的物理学。142—145 页, 农业出版社。
- [2] 袁剑舫, 1964: 土壤水分的蒸发及其影响因素。土壤学报, 第 12 卷 4 期, 474—481 页。
- [3] 唐淑英、张丽君, 1978: 土壤耕层熟化度对水盐动态的影响。土壤学报, 第 15 卷 1 期, 39—52 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—152 页。
- [5] 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。
- [6] A. A. 罗戴(巴逢辰等译), 1964: 土壤水。271—275、353 页, 科学出版社。

STUDY ON THE FACTORS AFFECTING SALINIZATION OF SOILS IN THE MAJIA RIVER VALLEY

Liu Siyi and Wei Youqing

(*Institute of Soils and Fertilizers, Chinese Academy of Agricultural Sciences*)

Summary

For study of factors affecting soil salinization, modelling experiment by soil columns was conducted in laboratory. The factors investigated included salinity of ground water, organic matter content in plow layer of soils and patterns of solum structure. The experiment results showed that (1) there was a positive correlation between salinity of ground-water and salinization of soil; (2) soil organic matter could inhibit the salinization of soil, the effect of soil organic matter on soil salinization was observed when the soil organic matter content was above 1.5%; (3) the effect of intercalated layer of clay in soil profile on the inhibition of soil salinization depended upon the depth of the clay layer and its position in profile, the effect was getting significant with the increase of its depth and rising of its position.