

土壤耕层熟化度对水盐动态的影响*

唐淑英 张丽君

(中国科学院南京土壤研究所)

苏北滨海盐渍土地区,地势低平,地下水位高,矿化度大,排水深度有限,但雨量较多而较集中,有一定自然淋盐条件,因此,壤质地区的盐渍土,脱盐较容易,返盐亦很快,水盐动态变化频繁,防盐保苗困难,产量低而不稳。当地劳动人民,在长期与盐渍化作斗争的过程中,积累了极其丰富的综合改良经验,针对难于彻底排除土壤-地下水盐分影响的实际情况,重视了水盐动态的调节与控制,在建立条排沟排水系统的基础上,同时采取加强地面覆盖,培肥熟化表土的措施,从而抑制了土壤返盐,促进了土壤发育,变无收为有收,变低产为高产。为了总结这些宝贵的群众经验,探索土壤熟化层在盐渍土形成演变和改良利用过程中的作用,为了加速建立土壤覆盖层提供科学依据,我们在调查研究的基础上,进行了耕层熟化度对抑制土壤返盐,巩固提高脱盐效果的试验研究。

为了集中反映熟化层的作用,排除其它可变因素的干扰,我们在盐城地区新洋试验站的撩荒地上布置了田间对比试验。试验地土壤的原始含盐量是: 0—5厘米为0.546%, 5—20厘米为0.209%, 20—60厘米为0.271%, 60—100厘米为0.287%, 100—200厘米为0.355%,地下水矿化度在20克/升左右,属中度盐化滨海耕种草甸土。试验区的西半边留作改良地,东半边分为七个小区。1、2、3区依次换上厚度为10、15、20厘米熟化程度较高,全盐量为0.052%的表土;4、5、6区依次换上20、15和10厘米厚,全盐量为0.066%,熟化程度较低的表土;7区保持原状,作为对照。各区均埋设深度为10、25、50、100、150和200厘米六个深度的土壤水分湿度计,系统观测土壤水分动态,并取土分析盐分。此外,还结合大田及全区调查收集有关资料,开展室内分析和模拟试验工作。几年来取得一些资料,现仅就熟化层的作用进行初步总结。

一、熟化层对土壤水盐动态的影响

为了确定熟化层的作用,试验开始阶段,各小区都不加任何地面覆盖,也不种植作物,并经常清除杂草,在保持地表裸露的情况下进行水盐动态观测。

1973年10月至1974年11月的盐分动态资料表明(表1):表土熟化程度不同,厚度不同,土壤盐分的变化就不一样。

从一米土层平均含盐量的变化可以看出:试验开始时,一米土层的平均含盐量在0.228—0.282%之间。一年后,表土熟化程度较高的小区,不论其厚度如何,盐分含量都有较大幅度的降低,表现出明显的脱盐状态,年周期脱盐率为30—50%,熟化层愈厚,脱盐

* 李冬顺同志参加部分工作。协作单位为江苏省盐城地区新洋试验站。

率愈高;表土熟化程度较低的小区,盐分的年变化因厚度不同而异,厚度为 10 与 15 厘米者,脱盐现象不明显不稳定,厚度为 20 厘米者,土体年周期脱盐率在 15% 左右;对照区的土壤盐分则大幅度增加,表现出明显的积盐现象,年周期积盐率在 30% 以上。

表 1 一米土层平均含盐量变化

小 区		全 盐 量 (%)						脱盐率或积盐率(%)
		73 年 10 月	74 年 6 月 18 日	74 年 6 月 28 日	74 年 8 月 10 日	74 年 9 月 4 日	74 年 11 月 13 日	
熟化度较高	1	0.250	0.218	0.194	0.141	0.140	0.163	-34.80
	2	0.243	0.213	0.199	0.115	0.109	0.178	-26.75
	3	0.228	0.185	0.176	0.116	0.103	0.123	-46.05
熟化度较低	4	0.230	0.221	0.229	0.187	0.185	0.199	-13.48
	5	0.245	0.206	0.203	0.173	0.224	0.256	+ 4.49
	6	0.252	0.185	0.206	0.190	0.196	0.240	- 4.76
对 照	7	0.282	0.270	0.331	0.295	0.279	0.377	+33.69

耕层熟化程度的不同,不仅土壤盐分动态有差别,也使地下水发生了变化(图 1)。布置在试验地上相距不过 20 米的两个地下水观测井,试验开始时的地下水埋深和矿化度是基本一致的,1974 年 6 月 18 日测定,靠近表土熟化度较高的 2 号井,其地下水埋深为 182 厘米,矿化度为 20.4 克/升;靠近表土熟化度较低的 7 号井,分别为 186 厘米和 20.6 克/升。经雨季淋盐后,同年 10 月与 11 月测定,2 号井的矿化度升高到 24 克/升,7 号井升高到 21—22 克/升,这是土壤盐分向下淋移的结果。75 年 5、6 月,地下水矿化度又都回降到 20 克/升左右以后随着降雨和蒸发的变化,地下水不断发生淡化与矿化的循环,但从水盐动态相对稳定的春旱末期来看,两个观测井的高矿化地下水都是朝着淡化的总趋势发展的。在这个过程中,两测井各季节的地下水位仍是基本一致的,而其矿化度则不相同,2 号井总是比 7 号井高,二者的相对差值则因季节而异。以 75 年的资料为例:一次降雨或连续降雨 30—50 毫米以上时,土壤地下水位往往急剧上升到 30—80 厘米之间,此时井水的矿化度都很低,2 井一般在 6—11 克/升,7 井则在 3—5 克/升,7 井的矿化度只有 2 井的 30—50%;雨后地下水位回降到 80—120 厘米范围时,2 井的矿化度增加到 10—17 克/升,7 井增加到 5—10 克/升,后者为前者的 40—60%;地下水在 120—180 厘米范围内继续浓缩时,矿化度急剧升高,2 井达 18—28 克/升,7 井达 13—18 克/升,接近或超过全年最高值,此时 7 井地下水的矿化值为 2 井的 60—70%;地下水位继续下降到 180—250 厘米之间时,两个测井矿化度变化都不大,彼此间的差值还继续缩小,水位回降到 250 厘米以下时,往往是春旱末期,此时两个测井的地下水矿化度基本一致,差值不到 10%。这些资料说明:降雨时,表土熟化程度高的地段,土壤淋盐强度大,脱盐快,地下水矿化度就较高,表土熟化程度较低的地段,土壤淋盐强度小,脱盐慢,地下水矿化度就较低。2 号井的地下水矿化度恒大于 7 号井,正由于表土熟化度较高的 1、2、3 区的脱盐率大于 4、5、6、7 区的结果。

此外,从盐分组成的变化也可以看出熟化层对土壤水盐动态的影响。熟化程度高,处于脱盐状态的小区,Cl⁻ 的含量减少, HCO₃⁻ 的含量增加,与滨海盐渍区土壤的离子消长规律相同(表 2)。

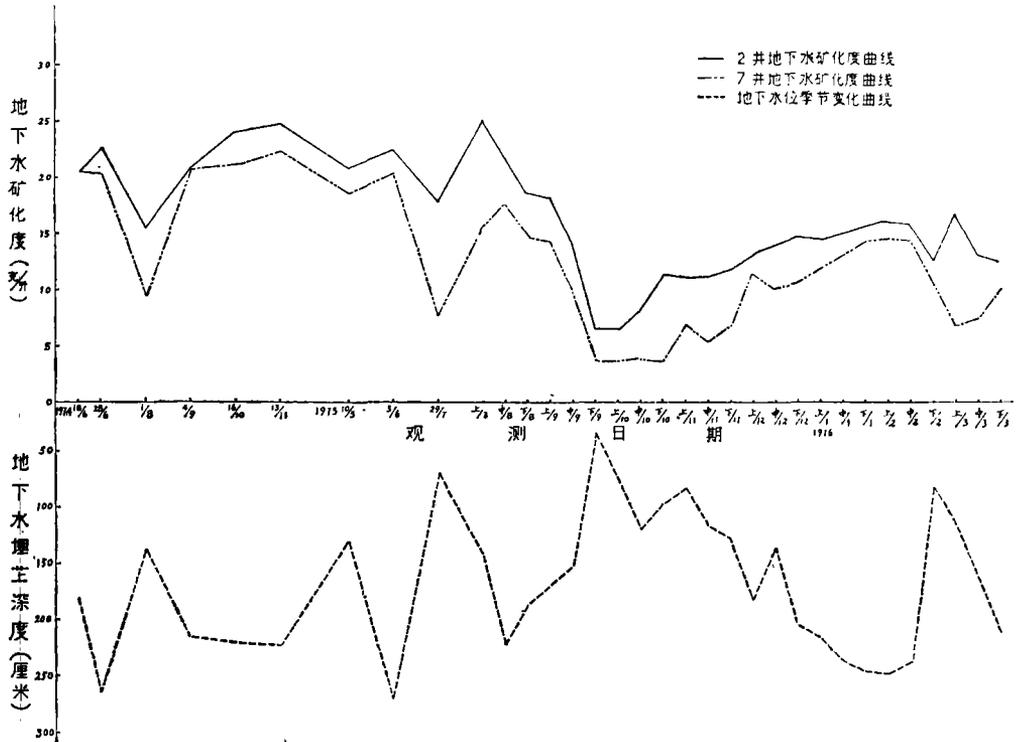


图1 试验地地下水季节变化曲线

表2 各小区 Cl^- 、 HCO_3^- 的含量变化

(1米土层平均)

小区	1974年6月18日				1974年11月13日				增 减 数			
	Cl^-		HCO_3^-		Cl^-		HCO_3^-		Cl^-		HCO_3^-	
	毫克当量/100克土	占阴离子总量(%)	毫克当量/100克土	占阴离子总量(%)	毫克当量/100克土	占阴离子总量(%)	毫克当量/100克土	占阴离子总量(%)	毫克当量/100克土	占阴离子总量(%)	毫克当量/100克土	占阴离子总量(%)
1	2.594	74.67	0.392	11.60	1.822	61.70	0.430	19.07	-0.772	-12.97	+0.038	+7.47
2	2.655	75.56	0.399	12.64	2.057	67.44	0.437	15.37	-0.598	-8.12	+0.038	+2.73
3	2.047	72.78	0.366	12.28	1.368	58.27	0.415	23.22	-0.679	-14.51	+0.049	+10.94
4	2.822	77.52	0.372	10.35	2.411	71.42	0.403	12.20	-0.411	-6.10	+0.031	+1.85
5	2.678	74.47	0.399	11.18	3.274	74.49	0.427	10.06	+0.596	+0.02	+0.028	-1.12
6	2.254	71.37	0.433	14.28	3.076	75.13	0.361	9.07	+0.822	+3.76	-0.072	-5.21
7	3.569	75.08	0.380	10.08	4.986	78.71	0.374	6.25	+1.417	+3.63	-0.006	-3.83

总之, 无论从土壤-地下水盐分含量的变化或从主要离子的消长规律来看, 都可以说明: 熟化层对土壤的脱盐, 地下水的淡化和土壤盐渍性质都有明显的影响。在心底土含盐量、地下水位、地下水矿化度、土壤质地、排水条件及土壤蒸发的外界条件都基本相同的情况下, 仅由于裸露土表的熟化程度和厚度的不同, 就产生了积盐和脱盐两种不同的结果。

二、 熟化层对抑制返盐和加强淋盐的作用

苏北滨海地区末级排水沟的深度一般为 1.0—1.2 米,条田宽度一般为 50 米左右。排水试验资料说明¹⁾,在地下水位高时,条沟的深度,特别是间距的影响较明显,地下水下降速度快,水位低时,沟的作用就相对减弱,而土壤蒸发和植物蒸腾的作用则相对增大,因此水位下降速度变小,当地下水位在沟深以下而继续下降时,土壤蒸发的作用就愈来愈主要。埋深为 50 厘米和 100 厘米的地下水蒸发试验资料又说明¹⁾,地下水因土壤蒸发作用而下降的强度,为受排水、蒸腾和蒸发诸因素综合影响而下降的数量的 30—60%。因此,土壤的脱盐状况,一方面决定于降雨淋盐的强度,一方面要看减少蒸发,抑制返盐,巩固脱盐效果的大小。熟化表土正因加强了这两方面的作用,从而使土体的脱盐率大大提高。

(一) 抑制返盐的作用

换土处理后的试验地,0—20 厘米平均含盐量虽因熟化程度和熟化层厚度的不同而有所差异(1、2、3 区分别为 0.135%、0.098%和 0.052%;4、5、6 区分别为 0.066%、0.107%和 0.142%),但在换土的深度范围内含盐量都是很低的。这些表土层是否能维持较低的含盐状况及其季节变幅怎样,在一定程度上反映了它们有否抑制返盐的作用及其作用的大小。在心、底土和地下水含盐量仍较高的情况下,虽然熟化程度不同的表土都有脱盐和返盐的变化,但熟化程度较高者,返盐幅度要小得多。

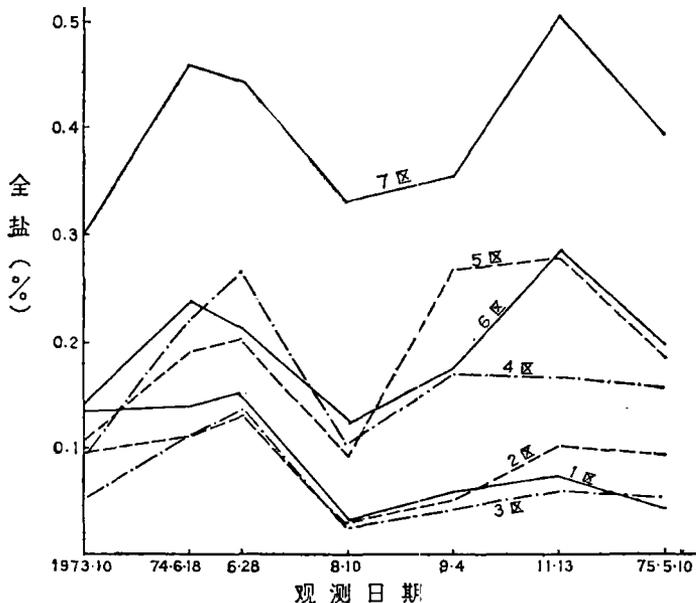


图 2 不同厚度及熟化程度表土(0—20 厘米)的盐分变化

从图 2 可以看出:对照区的表土,1974 年春—1975 年春,各季节的含盐量都较高,而

1) 南京水利科学研究所:排水试验初步总结资料,1961 年。

且 0—20 厘米的平均含盐量恒较心、底土为高,说明它的盐分表聚性很强,既无抑盐作用,淋盐作用也很弱;熟化程度较低的表土,各季节的含盐量虽比对照区低,但比熟化程度较高的表土高,且不论是换土后第一个与第二个春旱季节或秋旱时期,表土返盐的速度和强度都较大,未能维持换土时的低含盐状况,而上升到 0.15—0.25% 之间,说明这种表土也没有抑制返盐的作用,虽然雨季时淋盐作用较明显,但往下淋移的盐分和心底土原有的盐分,都能很快回升到地表,淋盐的效果得不到巩固。正如群众总结该区盐分季节变化时所说的:“7、8 月份地如筛,9、10 月份又上来,3、4 月份更厉害”一样。

熟化程度较高的表土,1974、1975 年旱季的返盐状况并不一样,1974 年由于换土时翻动土层,引起土壤强烈蒸发,以致 6 月雨季前表土的含盐量也上升到 0.1—0.18% 之间,但经雨季淋盐后又大幅度回降,以致比刚换土时还低,接着复经秋旱和春旱两个返盐季节,盐分含量虽略有回升,但基本是保持原来较低的含盐状况,并朝着继续下降的方向发展。可见熟化度较高的表土具有抑制返盐的作用。

在土壤蒸发的外界条件基本相同的情况下,熟化程度较高的表土,所以有抑制返盐的作用,是由于大团聚体和大孔隙较多,这样既对下层土壤水分的上升有限制作用,又能促进热的对流和水气的涡流运动(袁剑舫,1964 年),因此,晴旱时,表土蒸发较快,湿度较低,并往往能在表面几厘米形成薄层干燥覆盖层,从而影响着土体的蒸发。

熟化度较高表土的蒸发速度较快,从两次盆钵蒸发模拟试验的结果可以证明(表 3):土壤的累计失水量和蒸发量都是熟化度较高表土>熟化度较低表土>心土。由于土壤孔隙率的不同,土壤的含水量和容气量也不同,熟化程度较高表土的含水量百分率仍然比较高,但在三相容积比中,不同熟化度土壤的水分容积百分比则极相近,而空气容积%则是熟化度愈高而愈大,固体部分的容积%则是熟化度愈高而愈小。这种变化对植物的生长来说,水气的矛盾得到较好的解决;对水分的运行来说,由于占有孔隙容积的空气较多,起着切断毛细管的作用,下层土壤水分的上行蒸发运动就受到削弱,盐分的积累也就减少。

表 3 熟化度不同土壤盆钵蒸发模拟试验结果

试验日期	处 理	盆钵面积 (厘米 ²)	失水量 (克)	蒸发量 (毫米/昼夜)	容 重 (克/厘米 ³)	比 重	总孔隙度 (%)	重量含 水 量 (%)	三相容积比(%)		
									水	空 气	固 体
1975年6月11—20日 共 10 天	熟化度较高表土	159.90	537.0	3.36	1.26	2.71	53.51	19.11	24.08	29.43	46.49
	熟化度较低表土	162.86	504.0	3.09	1.31	2.71	51.66	18.95	24.82	26.84	48.34
	心 土	161.36	447.0	2.77	1.42	2.71	47.60	16.99	24.12	23.48	52.40
1977年8月6—20日 共 15 天	熟化度较高表土	101.23	462.5	3.05	1.30	2.71	52.03	9.03	11.74	40.29	47.97
	熟化度较低表土	101.46	453.5	2.98	1.34	2.71	50.56	8.81	11.81	38.75	49.44
	心 土	98.69	364.8	2.46	1.42	2.71	47.60	8.22	11.67	35.93	52.40

注: 1) 75 年各处理均为三个重复平均; 77 年各处理均为四个重复平均。

2) 饱和含水量: 熟化度较高表土为 36.3%; 熟化度较低为 34.5%; 心土为 29.8%(1975 年)和 29.0%(1977 年)。

试验区田间土壤吸力资料还说明(图 3): 在旱季时,10 厘米处的土壤吸力,都是熟化程度高者大于熟化程度低者,也就是前者的湿度低于后者,二者的差值一般为 10—100 厘米-水柱,熟土层的厚度愈大,差值也愈大; 25 和 50 厘米处的土壤吸力则反之,基本上是熟化程度高者小于熟化程度低者,二者差值极小; 100 厘米处的土壤吸力则有交叉现

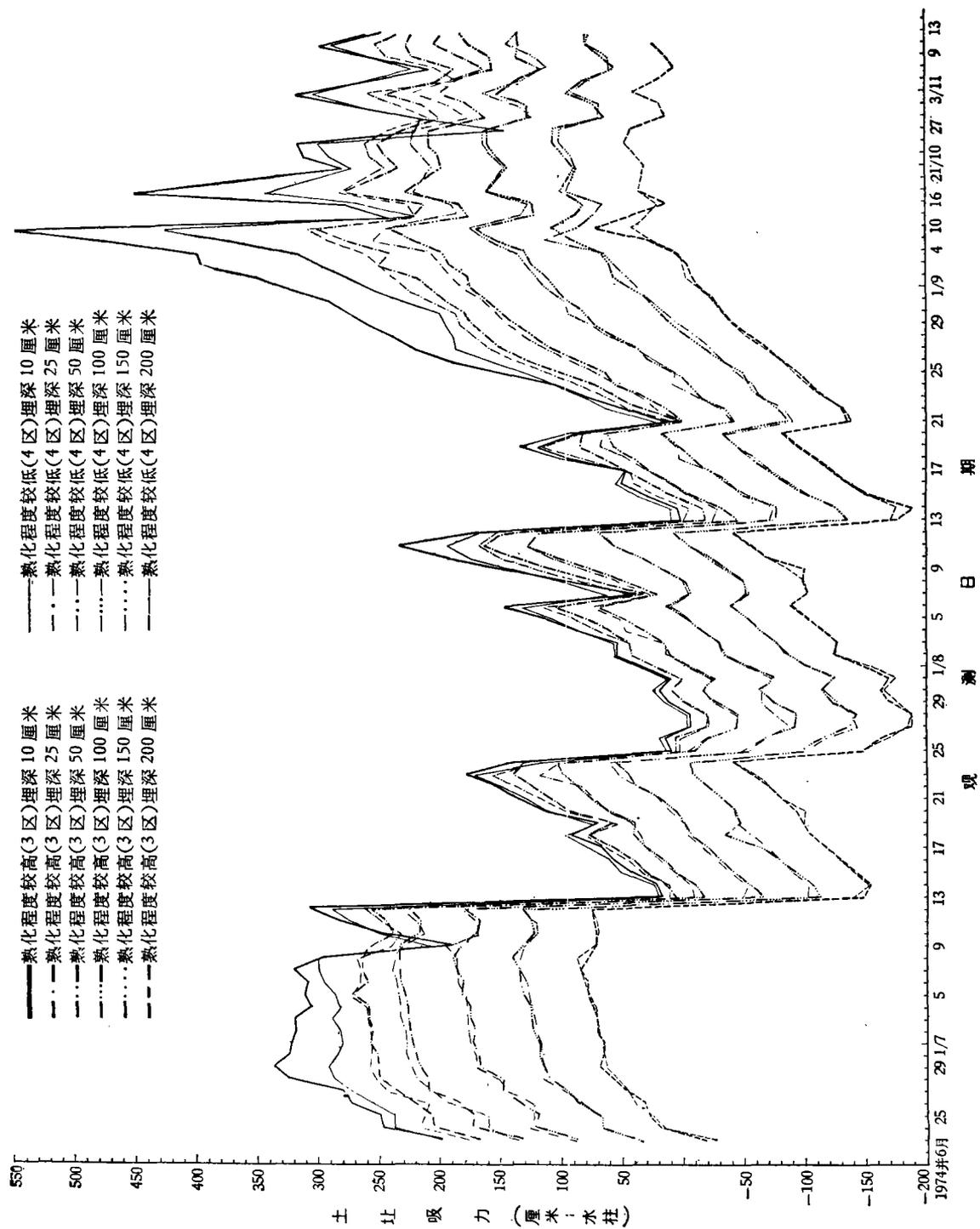


图3 不同熟化度小区不同深度土壤吸力变化曲线

象,熟化程度高者时而较大,时而较小,150与200厘米处的土壤吸力则极相近或基本相同。由此可见,不同熟化程度的土壤剖面之间,土壤吸力的差别主要在表土层本身。国外的研究资料表明(Taylor, 1972),土壤水分张力与导水性的关系成反相关,吸力愈大,导水性愈小;吸力愈小,导水性愈大。因此,当土壤水分由湿度较大的下层向湿度较小的上层移动到表土附近时,熟化程度较高的表土就起着滞缓水分上升运动的作用。

关于干燥层的形成,可以从1974年的田间观测资料说明(表4):6月26日是降雨14毫米后的第五个晴天,1—6区0—5厘米土层的平均含水量都极相近,只有含盐量高的对

表4 试验小区薄层表土含水量的变化(1974年)

小区号	深度(厘米)	含水量 (%)		
		6月26日8时	6月28日8时	28日增减数
1	0—2	17.87	15.52	-2.35
	2—5	20.00	21.39	+1.39
	0—5	19.15	19.04	-0.11
2	0—2	18.67	15.63	-3.04
	2—5	20.95	20.42	-0.53
	0—5	19.84	18.50	-1.34
3	0—2	16.02	11.88	-4.14
	2—5	21.39	17.92	-3.47
	0—5	19.24	15.52	-3.72
4	0—2	17.83	18.83	+1.00
	2—5	20.95	20.00	-0.95
	0—5	19.70	19.53	-0.17
5	0—2	17.89	17.67	-0.22
	2—5	20.45	20.73	+0.28
	0—5	19.45	19.51	+0.06
6	0—2	18.00	19.37	+1.37
	2—5	20.38	20.12	-0.26
	0—5	19.43	19.80	+0.37
7	0—2	19.03	20.04	+1.01
	2—5	24.46	24.02	-0.44
	0—5	22.29	22.43	+0.14

照区较高,但熟化程度较高,厚达20厘米的3区,0—2厘米的含水量则比其他各区低2—3%,已显出了形成干燥层的势头。两天后,对照区及熟化程度较低的小区,由于毛管水的补给较多,含盐量较高,吸湿性较大,表层的含水量变化不大,而略有增减;熟化度较高的各区,表土层的含水量都有不同程度的降低,特别是0—2厘米都降低得比较明显,从而形成了含水量相对较低的薄层干燥层,其干燥程度与熟化土层的厚度成正相关,厚达20厘米的3区,不但0—2厘米土层的含水量下降到11.88%,2—5厘米土层的含水量也比其他小区低得多。这是由于熟化程度高的表土,具有较多的大孔隙,以致由下向上运行的毛管水流的补给低于表层蒸发的速度,表土乃逐渐变干,表面几厘米的薄层失水更快,从而

形成一个干燥的覆盖层。干燥层形成后,表土水分的蒸发,主要是以水气的分子扩散而通过干燥层的,即使干燥层下面仍有较多的水分,但蒸发速度却显著减慢(袁剑舫,1964),盐分也不随之上移¹⁾,土壤-地下水蒸发的强度也就降低,因为地下水蒸发的强度,不仅随地下水埋深的增加而下降,而且随表层含水率的增减而增减(图4)。

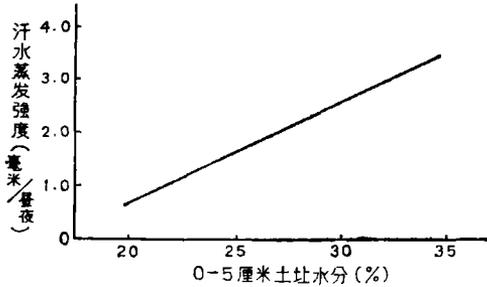


图4 潜水蒸发强度和表土层含水量关系曲线
(南京水科所资料)

总之,熟化程度较高的表土,由于干燥度增加,水分张力增大,形成薄层干燥层等,综合影响着土壤整体的水分运动,降低其蒸发强度,从而减少盐分向地表的积累,就以74年春旱期6月18日与28日两次盐分测定资料来看(表5),虽然各小区的土壤盐分都有表聚现象,但盐分累积状况却因熟化程度和熟化层厚度不同而有差别。

表土熟化度较高者,盐分的表聚主要是一米土层内土壤盐分的垂直再分配,虽然有的表土和心土的含盐量有所增加,但底土和一米土层的平均含盐量都有所减少;表土熟化度较低者,土壤盐分的表聚现象虽然主要也是土体盐分的垂直再分配,但一米土层

表5 不同熟化度小区春旱返盐季节各土层的盐分变幅

小 区	熟化程度及熟土层厚度	测定日期	全 盐 (%)			
			0—20 厘米	20—60厘米	60—100 厘米	1 米平均
1	熟化程度较高 厚度 10 厘米	1974年 6 月18日	0.140	0.184	0.265	0.208
		6 月28日	0.154	0.212	0.197	0.194
		增减数	+0.014	+0.028	-0.068	-0.014
3	熟化程度较高 厚度 20 厘米	1974年 6 月18日	0.144	0.181	0.225	0.191
		6 月28日	0.138	0.156	0.214	0.176
		增减数	-0.006	-0.025	-0.011	-0.015
4	熟化程度较低 厚度 20 厘米	1974年 6 月18日	0.223	0.206	0.234	0.221
		6 月28日	0.267	0.199	0.239	0.229
		增减数	+0.044	-0.007	+0.005	+0.008
6	熟化程度较低 厚度 10 厘米	1974年 6 月18日	0.157	0.162	0.221	0.185
		6 月28日	0.213	0.195	0.210	0.206
		增减数	+0.061	+0.033	-0.011	+0.021
7	对 照 区	1974年 6 月18日	0.446	0.164	0.279	0.266
		6 月28日	0.445	0.295	0.311	0.331
		增减数	-0.001	+0.131	+0.032	+0.065

的平均含盐量却有所增加,说明一米以下土层的盐分有向上积累的现象;熟化度既低,含盐量又高的对照区,一米土体各层位的含盐量都明显地增加,说明一米以下的土壤盐分和高矿化地下水参与盐分的积累。

1) 贾大林、傅正泉: 利用放射性碘¹³¹和硫³⁵研究松砂土土体和地下水盐分的运动。1977年资料。

(二) 加强淋盐的作用

淋盐作用与耕层的厚度和熟化程度的关系, 可以从 1974 年春旱末期、雨季期中和雨季以后的土壤盐分季节变化资料来分析。1974 年全年降雨量为 1000 毫米强, 属于丰水年, 但雨季降雨量和常年相近, 6 月 15 日至 11 月 13 日共降雨 442.9 毫米, 其中 7 月 12 日至 8 月 11 日共降雨 338.8 毫米, 这之前为 31.5 毫米, 这之后为 72.6 毫米。在这样的降雨条件下, 熟化程度和熟土层厚度不同, 淋盐效果也不一样。

从淋盐深度来看, 熟化层厚度所起的作用较大, 厚度为 20 厘米者, 不论熟化程度的高低, 淋盐深度都大于 1 米; 厚度为 10 厘米者, 深度可达 80 厘米左右, 厚度为 15 厘米, 熟化程度较高者, 淋盐深度也在 1 米以下, 熟化程度低者只到 80 厘米左右。从淋盐量来看, 由于淋盐反盐相消的结果, 熟化度较高者比熟化度较低者大 (表 6)。

表 6 雨季前后各小区土壤盐分动态(1974 年)

小 区	日 期 (月·日)	各 土 层 全 盐 量 (%)							
		0—5 厘米	5—10厘米	10—20厘米	20—40厘米	40—60厘米	60—80厘米	80—100厘米	0—100厘米
1	6.28	0.176	0.170	0.134	0.198	0.226	0.236	0.158	0.194
	8.10	0.030	0.028	0.037	0.109	0.159	0.194	0.208	0.141
	9.4	0.078	0.050	0.056	0.104	0.138	0.183	0.215	0.140
3	6.28	0.178	0.126	0.123	0.148	0.164	0.197	0.230	0.176
	8.10	0.037	0.024	0.035	0.076	0.150	0.160	0.164	0.117
	9.4	0.048	0.036	0.050	0.073	0.106	0.135	0.154	0.103
4	6.28	0.370	0.216	0.240	0.188	0.210	0.234	0.244	0.229
	8.10	0.128	0.073	0.104	0.182	0.202	0.221	0.227	0.187
	9.4	0.223	0.178	0.149	0.163	0.181	0.204	0.201	0.185
6	6.28	0.254	0.198	0.210	0.192	0.198	0.204	0.216	0.206
	8.10	0.175	0.102	0.130	0.185	0.191	0.221	0.221	0.190
	9.4	0.241	0.115	0.172	0.170	0.196	0.217	0.223	0.196
7	6.28	0.610	0.434	0.368	0.290	0.300	0.300	0.322	0.331
	8.10	0.554	0.218	0.288	0.283	0.288	0.280	0.283	0.294
	9.4	0.651	0.259	0.253	0.232	0.274	0.260	0.276	0.279

从降雨最多最集中的 7 月 13 日至 8 月 10 日的 29 次土壤吸力资料可以看出 (表 7): 雨季中期土壤吸力都很低, 100 厘米以下各层位的土壤吸力均为负值, 说明此时地下水位很高, 都在一米以上。10、25、50 厘米处的土壤吸力亦在 100 厘米-水柱以下, 可见这个时期土壤剖面湿度很大。而厚度相同时, 土壤剖面各层位的土壤吸力, 都是熟化程度高者较熟化程度低者小, 说明前者入渗和保蓄的雨量较多, 土壤含水量较大, 有利于加强淋盐作用。同时, 值得注意的是, 熟化程度较低而厚达 20 厘米的 4 区, 它与 3 区之间由于熟化程度不同所引起的土壤吸力差最小, 不如与 5、6 区之间因厚度不同而引起的差值大。说明熟化度较低的表土, 厚度增加到 20 厘米时, 也有利于纳雨淋盐。

因此, 从淋盐作用来看, 表土层的厚度比熟化程度来得明显, 但熟化程度的提高, 更有利于淋盐作用和抑盐作用的加强, 因而, 厚达 20 厘米, 熟化度又较高的 3 区, 其淋盐效果

表 7 雨季期中各区土壤吸力 (1974年7月13日—8月10日29次平均)

负压计埋深 (厘米)	土 壤 吸 力 (厘米-水柱)						
	1 区	6 区	2 区	5 区	3 区	4 区	7 区
10	+69.75	+78.39	+69.71	+78.17	+72.66	+72.76	+78.21
25	+51.06	+60.13	+53.47	+61.87	+54.68	+57.72	+60.63
50	+25.69	+32.53	+25.84	—	+26.22	+28.35	+33.83
100	-20.85	-18.77	-22.60	-20.11	-22.61	-20.32	-18.40
150	-71.13	-71.89	-72.35	-70.15	-71.59	-72.18	-70.38
200	-121.65	-119.84	-124.52	-120.49	-122.22	-122.39	-119.56

也就最大。

熟化度较高的表土, 所以有促进淋盐的作用, 是因为熟化表土有较大的孔隙率, 特别是非毛管孔隙较多, 能接纳较多的雨水, 随下渗水流而去的盐分也就较多较快。据南京水科所 1961 年在新洋试验站做的抽水试验结果: 一米土层的平均渗透速度为 1 米/昼夜。我们在田间分层测定试验地 40 厘米以上土壤渗透速度的结果又表明: 粉砂壤质的表土由于容易板结, 在地表淀板的情况下, 其渗透系数往往小于心土, 只有厚达 20 厘米而熟化程度较高的 3 区才接近于心土(表 8), 由此可见, 本区壤质沉积物的透水性是良好的,

表 8 试验地透水性测定结果

小 区 号	测 定 深 度 (厘米)	水 温 (°C)	平均渗透速度 (K_t)(毫米/分钟)	K_{10} 毫米/分钟
7 区 (试验区原始地段)	地表	27.0	0.61	0.40
	10	27.0	0.98	0.65
	20	24.5	1.37	0.95
	40	25.0	2.15	1.48
1 区	地 表	26.5	0.87	0.58
2 区	地 表	30.5	0.97	0.60
3 区	地 表	29.5	1.84	1.16
5 区	地 表	30.5	1.04	0.64
6 区	地 表	28.5	0.91	0.59

注: 测定方法为管子法。平均渗透速度以 10—15 个管子测定结果平均

K_t ——测定时温度的渗透系数

K_{10} ——10°C时的渗透系数

透水性较差的土壤剖面主要受表土的影响, 熟化并加深耕层, 就能提高土体的渗透速度, 加强淋盐强度。

由上可以得出结论: 即使是地下水位较高, 矿化度较大, 土壤盐分又较重的滨海地区, 在一定排水的基础上, 培肥熟化表土, 就能抑制随水而来的盐分的上行积累, 促进随水而去的盐分的下行排除, 从而加强“盐随水来, 盐随水去”这一基本规律中去盐的优势作用, 加速并巩固脱盐的效果。

三、具有抑盐作用的土壤熟化指标

表土要熟化到什么程度, 要达到什么指标, 才有抑制返盐和加强淋盐的作用, 这是建

立土壤覆盖层必须回答的问题。从调节水盐动态的目的出发,我们先着手摸索直接有关的土壤物理指标,其他方面还有待深入,仅就现有资料提出初步看法。

(一) **有机质含量**。土壤有机质是土壤固相中最活跃的部分,是形成土壤结构和肥力的物质基础之一。它随着土壤的发育而有规律地变化,并密切影响着土壤的基本特性,特别是水分物理性质,从而影响着土壤的水盐运动,因此,它是土壤熟化程度的一个重要指标。

苏北滨海地区,盐渍母质的有机质含量较低,壤质者为 0.3—0.5%,粘质者为 0.6—0.8%。成土过程开始以后,随着自然植被的更替,表层有机质含量不断提高,当土壤演变到可以垦种棉花的茅草地时,10 厘米左右的表层有机质提高到 1.5—2.5% 之间。开垦后,土壤有机质往往发生较大的变化,在只重利用,不注意培肥的情况下,含量递减,引起土壤返盐,因此群众把退化—返盐相提并论;而在用养结合的情况下,土壤耕层的有机质有所增加,而且逐渐向深层积累,从而提高耕层的厚度和熟化程度,起着防盐增产的效果,群众也往往把熟化与脱盐联系起来。

综合我们试验区 and 面上的调查研究资料来看,苏北滨海地区的宜垦地(中度盐化滨海草甸土)、耕种熟地(轻度盐化滨海耕种草甸土等)和 1、2、3 区的有机质含量,上限虽有一些差别,而下限都在 1.3% 左右,平均含量大多在 1.45% 以上(表 9)。据此,我们认为:具有抑制返盐作用的熟化表土,其有机质含量指标约在 1.5% 左右。当然,对高产再高产来说,有机质含量要求还更高一些,有机质累积层愈厚愈好,要根据具体情况和具体条件进行培育。

表 9 苏北滨海地区各种土壤及试验区土壤有机质含量(%)

土壤类型	主要植被或宜种作物	0—10 厘米有机质含量(%)		标本数 (个)
		变幅	平均值	
滨海草甸盐土	盐蒿、光板地	0.42—1.05	0.63	18
强度盐化滨海草甸土	獐毛草	0.86—1.20	1.04	10
中度盐化滨海草甸土	茅草	1.33—2.50	1.60	12
中度盐化滨海耕种草甸土	棉花、绿肥	0.81—1.27	1.15	14
底层中度盐化滨海耕种草甸土	棉、麦、绿肥	1.20—1.40	1.32	5
轻度盐化滨海耕种草甸土	棉、麦、杂粮	1.30—1.80	1.45	23
7 区(对照)	撩荒地	0.98—1.15	1.06	6
4、5、6 区(熟化度较低)	棉、麦、绿肥	0.90—1.18	0.98	15
1、2、3 区(熟化度较高)	棉、麦、杂粮	1.30—1.74	1.44	17

(二) **土壤结构**。土壤结构状况是熟化程度的基本物理指标。由于良好的土壤结构具有多孔性,不仅有利于渗水淋盐,而且能促使干燥层形成。试验地上熟化程度较高的表土,直径大于 0.25 毫米水稳性团聚体的含量比熟化度较低的表土和对照区高得多,达 28.33%;滨海盐土随着生草作用的加强,自然植被更替到可垦的茅草地时,>0.25 毫米水稳性团聚体增加到 17—26% (平均为 23.11%),垦殖利用后,随着有机质的变化而有增减,高度熟化的表土,团聚体含量可增加到 45%,但当增加到 25—26% 左右时,土壤返盐已很轻(表 10)。因此,对水盐运动来说,苏北滨海壤质土地区具有抑盐作用的熟化表土,

其结构指标是直径 >0.25 毫米团聚体含量在25%以上。

至于各级团聚体含量的变化,试验地土壤由于换土时强烈扰动,规律不明显,但从土壤发生演变过程中各种土壤团聚体的平均值可以看出:在土壤结构改善过程中,开始主要是1—0.5毫米和0.5—0.25毫米两级有所增多,而改善到有抑盐作用的结构状况时,则是 >5 和5—3毫米的含量显著提高。

表 10 试验地及苏北滨海各类型土壤的水稳性团聚体平均含量(%)

土壤类型	各 级 团 聚 体(毫米)					
	>5	5—3	3—1	1—0.5	0.5—0.25	>0.25
熟化程度较高的1、2、3区	0.28	1.66	4.86	10.87	10.66	28.33
熟化程度较低的4、5、6区	0.54	1.13	5.39	6.10	5.55	18.71
7区(对照)	0.43	0.54	2.60	5.22	4.20	12.99
滨海草甸盐土	2.00	2.13	1.57	2.35	2.85	10.91
强度盐化滨海草甸土	1.95	1.25	1.52	3.28	4.01	12.01
中度盐化滨海草甸土	6.33	4.34	4.36	4.74	3.34	23.11
中度盐化滨海耕种草甸土	1.36	1.56	2.65	4.78	3.65	14.00
轻度盐化滨海耕种草甸土	6.20	3.23	4.55	5.80	5.44	25.22
滨海耕种草甸土	13.49	4.08	9.09	10.73	5.76	43.13

注:取样深度0—10厘米。

(三) 孔隙度和容重。土壤中水分的保持与移动,主要决定于孔隙性与透水性,孔隙的大小、形状和孔隙度又取决于土壤机械组成和土壤结构。苏北滨海壤质土地地区的机械组成一般是: <0.01 毫米物理性粘粒含量变动在11—40%的范围,大多为20—30%, <0.001 毫米粘粒含量往往 $<10\%$,在土壤发育过程中,一般变化不大;土壤结构则随熟化程度而变化,土壤孔隙状况也就有所不同。土壤孔隙度又与反映土层构造的容重有着密切关系,孔隙增加,容重减小,孔隙减少,容重增大,其中主要是非毛管孔隙度的增减。从试区和大量调查资料来看:凡是具有抑制返盐作用和含盐量低的土壤类型,其表土的容重一般都在1.0—1.25克/厘米³之间,总孔隙度 $>54\%$,高者达60%以上,其中毛管孔隙在45—55%,非毛管孔隙大都在7—12%,占总孔隙度的15—20%。盐分较重,返盐较快的土壤,表土容重多在1.25—1.4克/厘米³,总孔隙度在46—54%之间,其中非毛管孔隙度占总孔隙度的4—15%

表 11 试验地各小区的孔隙特性

小区	土壤熟化程度	容重 (克/厘米 ³)	总孔隙 (%)	毛管孔 隙度 (%)	非毛管 孔隙度 (%)	有效孔隙(%)						>0.05 毫米孔 隙(%)	>0.1 毫米孔 隙(%)	有效孔 隙度* (%)
						>0.2 毫米	0.2— 0.1 毫米	0.1— 0.05 毫米	0.05— 0.01 毫米	0.01— 0.005 毫米	$<$ 0.005 毫米			
2	熟化程度较高	1.24	54.40	46.30	8.1	0.3	2.1	3.1	10.2	3.5	26.9	5.5	2.4	18.9
5	熟化程度较低	1.31	51.61	46.91	4.7	0.2	0.8	1.9	11.5	3.1	27.1	2.9	1.0	17.3
7	对照区	1.34	50.70	47.60	3.1	0.2	0	0	11.0	3.8	26.8	0.2	0.2	14.8

* 有效孔隙度(%):指0.2—0.005毫米孔隙。

注:取土日期:1974年6月取样深度均为0—10厘米。

(表11)。据此,我们认为:抑盐熟化表土的容重指标应是 <1.25 克/厘米³,总孔隙度指标应是 $>55\%$,其中非毛管孔隙度在15%以上。

此外,从部分土壤有效孔隙的测定结果看出: 熟化程度较高,淋盐抑盐作用较明显的土壤,不但非毛管孔隙多,而且 >0.05 毫米的有效孔隙也较多。

几种不同熟化度的土壤薄片显微鉴定结果也表明: 熟化程度不同,孔隙状况和结构特性都有差异,试区外的光板地,呈未垦荒地所特有的层状裂隙微结构和不连续层状裂隙微结构;试区内的表土,因受耕作的影响,均为多孔整块状微结构,但孔隙的发育则不相同,随着熟化程度的提高,大孔隙明显增多,由薄片计算的孔隙率,熟化程度较高者比熟化程度较低者多42.9%,比对照区多58.4%,而且熟化度较高者已有微团聚体的形成(见图版照片)。

至于熟化层的厚度指标,应从各方面统一考虑,对抑制返盐来说,熟化程度的影响较熟化层厚度明显,但在熟化度相同情况下,厚度愈大,影响也愈大;从加强淋盐的角度来说,熟化层厚度的影响较熟化程度更明显;从促进增产的方面来说,熟化程度和熟化层厚度同等重要。在熟化度相同的情况下,作物产量随熟化层厚度的增加而增加;在厚度相同的情况下,产量随熟化度的提高而提高。因此对调控水盐动态,抑制土壤返盐来说,熟化耕层的厚度起码是10厘米,考虑到提高淋盐效果和促进增产的目的,要求逐渐培育到20厘米左右。

参 考 文 献

- 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。
Taylor, S. A., 1972: Physical Edaphology. 185—190, W. H. Freeman and Company.

**EFFECT OF THE DEVELOPMENT OF CULTURED HORIZON ON
THE MOVEMENT OF SOIL WATER AND SOLUBLE SALTS
OF THE SALINE SOILS IN COASTAL AREA,
NORTHERN KIANGSU**

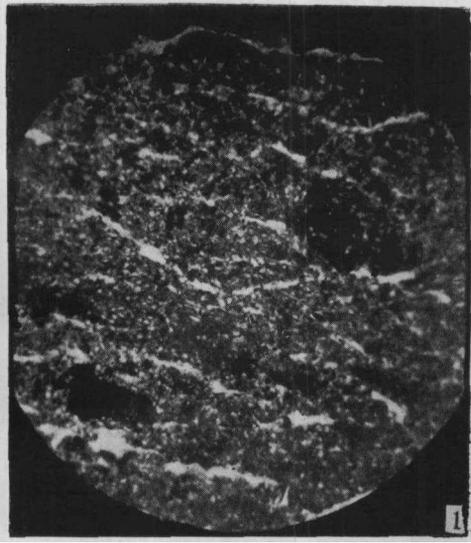
Tang Shu-ying and Chang Li-chun

(Nanking Institute of Soil Science, Academia Sinica)

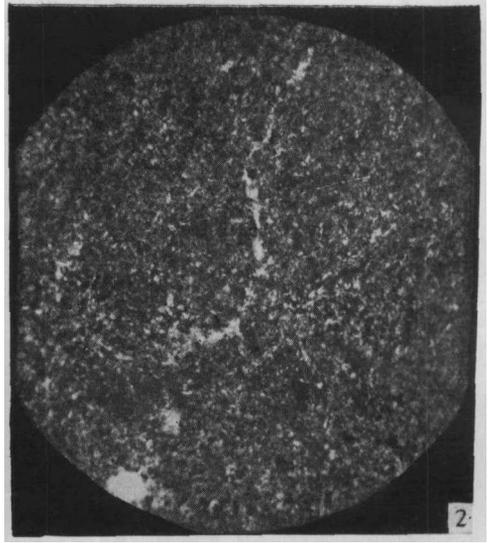
Summary

Field observations and plot experiments revealed that a well developed plowed layer promoted the rate of desalinization of soils during the rainy season owing to its good permeability. While at the dry season, it facilitated the rate of evaporation of soil moisture and formed a dry mulch of a few cm thick. The mulch reduced the rise of ground water from subsoil horizons and consequently kept the soil in a desalinized condition for a longer period. In a well cultivated soil, the annual rate of desalinization attained 30—50% within 1 meter in soil profile.

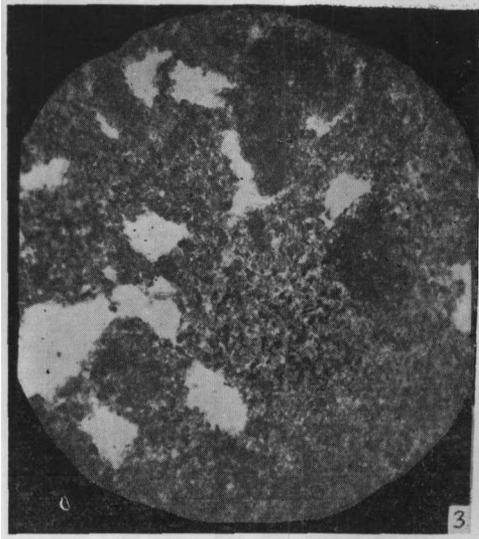
An effective cultured horizon for reclamation of saline soil should contain: >1.5% organic matter, >25% water stable aggregates (>0.25mm in diameter), a volume weight of < 1.25 g/cm³, and total porosity >55% of which more than 15%, is non-capillary pores. The horizon should have a thickness of more than 15 cm.



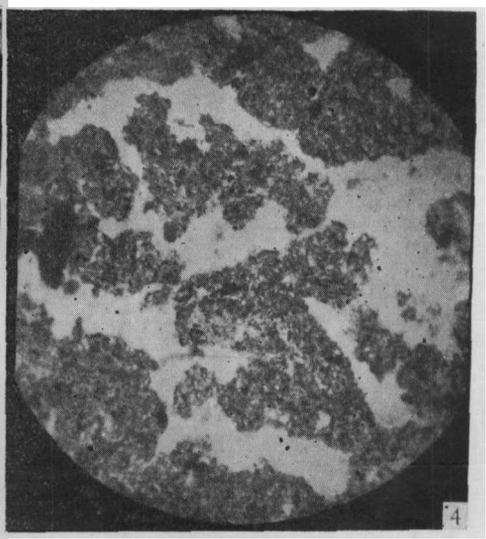
1. 光板地表土的层状裂隙微结构



2. 撩荒地表土(7区)颗粒排列紧密,有少量裂隙和孔隙



3. 熟化度较低表土(4、5、6区),有较多孔隙,但无微团聚体发育



4. 熟化度较高表土(1、2、3区),孔隙多,并有微团聚体形成

不同熟化度表土薄片显微照片(23.5×透射光)

(本所地理室曹开康同志鉴定)