

中国科学院綜合考察委員会資料

編 号:

密 級:

塔里木盆地盐土中盐分在土壤和土壤溶渣中的移动

A.A. 基兹洛娃

为了正确指出新疆盐渍土改良的途径，必须研究和全面评价该区的土壤形成过程以及洗盐中的脱盐过程。因此，在我们所进行的调查任务中包括以下两个部分：

1) 研究塔里木盆地北岸地区盐土洗盐中盐分溶渣的运动。

2) 研究阿克苏河和塔里木河左岸灌溉盐土上和某些地区土壤溶渣的浓度和组成以及盐分的季节动态。

第一部分工作已结束，可在本文中报告。

(第二部分的工作仍未完成，将于1960年继续)

由于塔里木河河谷土壤改良情况严重，必须采用排水渠。这是新疆综合考察队土壤改良组去年(1958年)所得出的结论，因此，在上述的地区已开始建立排水渠试验地 (Комлекторко-грен омври орты кунь урлациок)。

由于我们在新疆期间排水试验地仍未修建完竣，我们的盐土洗盐试验是在非排水地区进行的。上述的考察旨在测定在非排水天然条件下洗盐过程中土壤盐分剖面的变化，同时，提供一定比较性的标准 (КОНТРОЛЬ)，以便评价排水试验地的工作。因此，这一工作是与研究排水地的工作密切相联的，是其直接的补充和继续。

考察对象和工作方法。被冲洗地段的土 乃是高度盐渍化的草甸盐土。过去，这一地段和整个邻近地块一样，处于胡杨林下，个别完全干枯了的树根(翻耕时拔出的)可证明这一点。目前，在地段上甚至 猪毛菜植被也死亡和干枯。

该地段离排水试验地200米；地下水位在230厘米深，地段面积为 $50\text{M} \times 50\text{M} = 250\text{M}^2$ ，或0.25公顷。地段地表平坦。

土壤的形态描述如下：

土壤为氯化钠盐渍化类型的结壳盐土

0-4厘米 干、细土质的灰结皮，坚实胶结，有孔状；结皮面上有大量盐分；结皮整洁与下层分开；轻壤。

4-10厘米 淡灰，带有稍微白黄色调，散碎粉末轻壤，干。

10-20厘米 比上层暗，因较湿；无结构散碎状的轻壤。

20-50厘米 淡棕，湿润的中壤，往下稍带浅黄色调。无结构。

50-80厘米 浅棕黄重壤。在碎叶形成乳渣状物质。

110-140厘米 极湿润，黄色轻壤。

140-170厘米 浅黄棕，极湿润的重壤。

170-200厘米 暗棕，极湿润的中壤，勉强能看到锈斑。

200-230厘米 黄色大砂粒，于230厘米过渡为粉砂质红砂粒（流砂）。

地下水出现深度为230厘米。

观测在洗盐影响下盐分在土壤和土壤溶液中的移动分两个时期进行：洗盐前一五月九、十日，和洗盐后一六月二、三日。洗盐在五月廿六日进行，定额为1000公方水（从4000公方/公顷计算）。

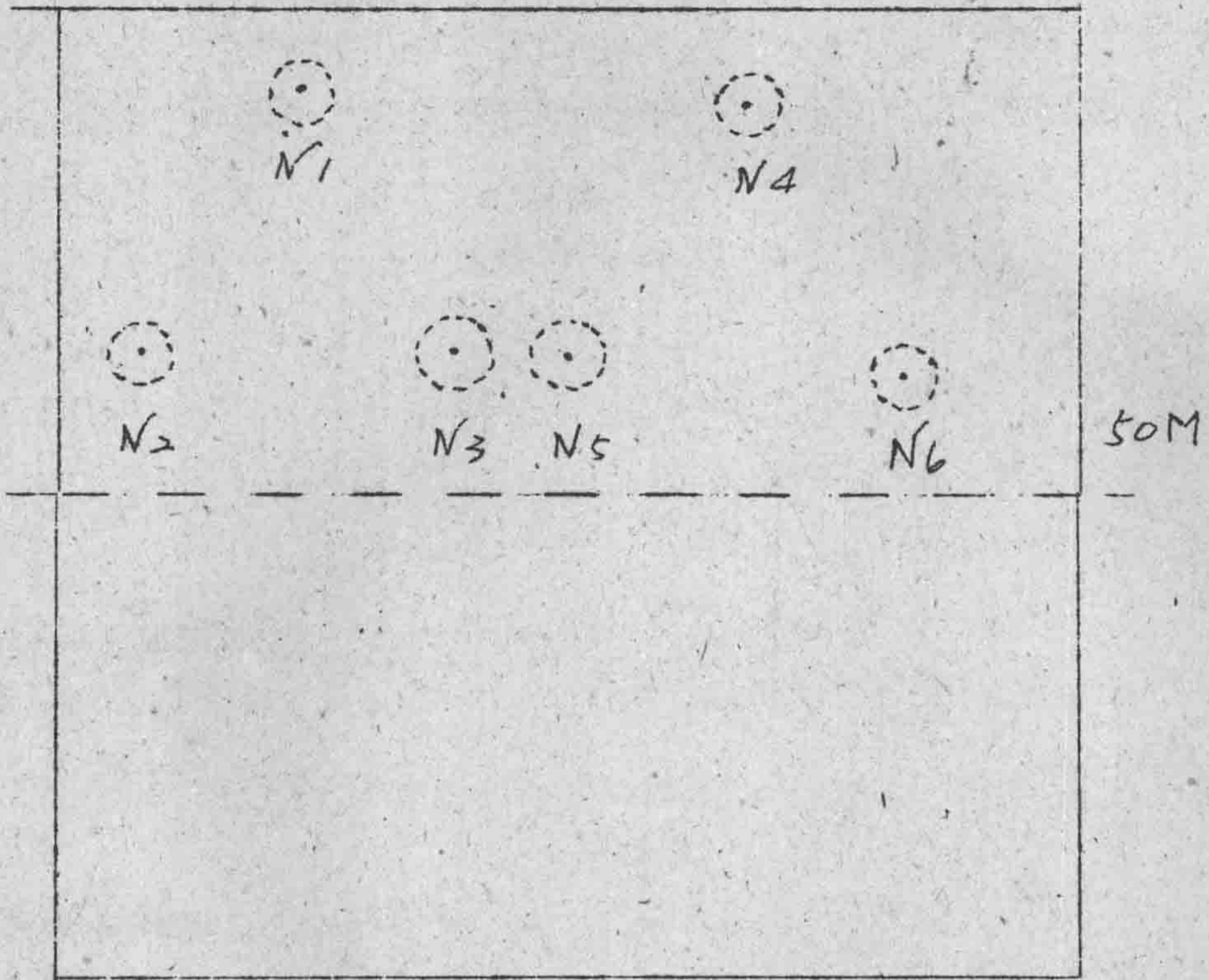
该地段于早春被翻耕至28厘米深。

考察以下列方式进行：在被冲洗地段之内划出两个坊地（4M × 4M）。在每个坊地上观测以检查三次的下列方式进行：从三个鑽孔中同时分层取出土壤标准，并在每个土样中测定 Cl^- ；然后，从每层中取出的三个标准混合在一起，合成混合标准进行分析（初步烘干后测定水提取液的组成）。这样，从1, 2, 3号鑽孔中取出的标准混在一起，形成“A号鑽孔的混合标准”；用同样方法把4, 5, 6号鑽孔的标准混合，合成“B号鑽孔”。

土壤溶液不是从混合标准中取得，它们是从1号和5号鑽孔中压挤出来的。

下图是钻孔在地段上的分布图

50M



(我们准备在4个场地上进行观测,但由于野外工作期间短促,只得限于在两个场地上进行考察)。

土壤溶液在天然田间含水率条件下用液体抽油机抽出。

同时还考察了被冲洗地段的含水率剖面,地下水矿化度及组成。

现在来阐述已获取的资料。

从表1表示,三个钻孔中地下水的矿化度及其组成的数值相当相近。

结壳盐土的盐分剖面(根据水提出液和土壤溶液的资料)在洗盐之前具有极明显的盐土面孔;极大量的盐分物质积聚于土壤地表,形成盐结皮,而且有大量盐分聚集于结壳下,至50厘米深。50厘米以下盐分含量显著降低。

洗盐前五、九、十日 1、3和 5号钻孔

地下水的浓度和组成

钻孔号	深度 (厘米)	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na	总离子数
克/升									
毫克当量/升									
1	230	无	0.039	13.49	3.63	0.85	0.79	7.99	26.79
			0.64	379.80	75.70	42.40	66.50	389.60	
3	"	"	0.088	13.01	1.84	0.79	0.84	6.83	25.40
			1.44	366.39	38.42	39.40	69.91	296.93	
5	"	"	0.07	13.89	3.93	1.05	0.70	8.35	27.99
			1.12	391.20	81.90	52.54	58.70	363.00	

(由于在含水层中由“疏砂”组成的底土亲水性极高，未能从 2, 4, 6 号钻孔中取出地下水)。

根据土壤溶液的资料，在 0—10 厘米，10—20 厘米土层中盐分的积聚达到 400—350 克/升，Cl⁻ 的含量为 185—180 克/升。

为了说明盐渍化的状况，举出下列水提出液的资料：0—10 厘米层内干盐物为 40—28%，Cl⁻ 的含量为 17.5—12.8%。在 10—20 厘米层中，盐分数量较之上层降低至将近 3 倍，沿土壤剖面往下，盐渍化平稳而循序下降（表 2 和表 3）。

有趣地指出，机械组成的交替在这一规律上并没有任何程度的反映。

因此，根据土壤溶液的资料和水提取液的其他资料，可看到盐分在土壤地表上有巨量积聚，并向下急剧减少。

盐分积聚以 NaCl 为主。

应当指出，在这种盐分大量积聚的情况下，溶液其他分子的积聚（SO₄²⁻，Mg²⁺，Ca²⁺）不能达到很大的数值。特别是 Mg²⁺ 和 Ca²⁺ 的含量更少。

土壤标准水提出液的分析资料
(从4, 5, 6. 钻孔分层取出的混合标准) 钻孔 5.

表 3

洗盐前 1959. 5. 9-10

洗盐后 1959. 6. 2-3

深度 (厘米)	吸湿 水 %	干残物	CO ₃	HCO ₃ 总量	cl	SO ₄	Mg	Ca		干残物	CO ₃	HCO ₃	cl	SO ₄	Mg	Ca	Na
100克土																	
0-10	3.77	40.000	无	0.034	17.525	7.365	0.718	0.612	12.777	121.80	无	0.034	5.398	2.109	0.152	0.445	3.713
10-20	2.00	15.470	"	0.004	6.441	3.384	0.232	0.465	4.817	108.36	"	0.032	4.673	1.896	0.163	0.435	3.094
20-50	2.38	9.270	"	0.023	3.292	2.663	0.193	0.362	2.633	7.652	"	0.028	3.280	0.912	0.163	0.266	1.957
50-80	1.70	5.140	"	0.012	1.435	1.947	0.073	0.360	0.313	4.604	"	0.026	1.721	0.483	0.116	0.322	0.765
80-110	1.67	3.600	"	0.012	0.996	1.657	0.053	0.278	0.563	3.356	"	0.039	1.316	0.483	0.068	0.206	0.734
110-140	1.09	2.010	"	0.021	0.735	0.440	0.029	0.056	0.572	3.224	"	0.039	0.900	0.309	0.036	0.103	0.559
140-170	1.19	1.480	"	0.023	0.498	0.384	0.022	0.041	0.426	1.704	"	0.044	0.687	0.257	0.014	0.086	0.459
170-200	1.24	1.600	"	0.024	0.473	0.524	0.023	0.052	0.464	1.380	"	0.035	0.593	0.239	0.038	0.086	0.339
200-230	0.34	1.080	"	0.035	0.312	0.119	0.016	0.031	0.231		"						

毫克当量总数

100克土的毫克当量数

0-10	1291.83	0.56	493.67	151.68	59.80	30.59	555.53	0.56	152.22	43.80	12.65	22.49	161.44
10-20	503.98	0.06	181.44	70.49	19.32	23.23	209.44	0.52	131.78	39.49	13.62	23.66	134.51
20-50	297.18	0.38	92.43	55.47	16.05	18.08	114.46	0.46	92.50	19.01	13.59	13.28	85.10
50-80	162.38	0.20	40.43	40.56	6.12	17.99	57.08	0.42	48.53	10.07	9.67	16.11	33.24
80-110	105.56	0.20	28.06	34.52	4.42	13.89	24.47	0.64	37.11	10.07	5.63	10.30	31.89
110-140	60.29	0.34	20.69	9.17	2.39	2.81	24.89	0.64	25.36	6.44	3.00	5.15	24.29
140-170	44.82	0.38	14.03	8.00	1.84	2.07	18.50	0.72	19.35	5.36	1.15	4.32	19.96
170-200	49.28	0.40	13.32	10.92	1.88	2.58	20.18	0.58	16.71	4.97	3.22	4.32	14.72
200-230	25.80	0.58	8.80	3.52	1.29	1.56	10.05						

土壤标准水浸取液的分析资料
(从1,2,3号钻孔中分层取出的混合标准)

表2

深度 (厘米)	吸湿 水%	干残物	CO ₃	HCO ₃ 总量	Cl	SO ₄	Mg	Ca	NO ₂			干残物	CO ₃	HCO ₃ 总量	Cl	SO ₄	Mg	Ca	NO ₂
100克土																			
0-10	3.36	28.000	无	0.018	12.846	5.026	0.782	0.420	8.759			10.828	无	0.038	4.438	2.106	0.209	0.316	3.133
10-20	2.21	13.568	"	0.017	4.406	3.547	0.330	0.291	3.588			8.840	"	0.037	3.521	1.440	0.186	0.271	2.295
20-50	2.06	8.998	"	0.013	3.359	2.32	0.255	0.274	2.490			6.000	"	0.026	2.710	0.624	0.175	0.266	1.424
50-80	2.06	4.391	"	0.016	1.350	1.544	0.123	0.202	1.156			3.000	"	0.029	1.365	0.390	0.140	0.266	0.509
80-110	1.89	3.887	"	0.017	1.182	1.376	0.099	0.194	1.019			3.368	"	0.022	1.293	0.444	0.100	0.120	0.732
110-140	1.54	2.640	"	0.017	1.013	0.534	0.035	0.061	0.793			2.292	"	0.033	1.011	0.299	0.041	0.085	0.635
140-170	1.37	2.100	"	0.020	0.793	0.431	0.027	0.048	0.781			2.000	"	0.38	1.041	0.238	0.034	0.061	0.669
170-200	1.31	1.526	"	0.020	0.540	0.384	0.021	0.051	0.443			1.580	"	0.44	0.554	0.110	0.024	0.055	0.320
200-230	1.44	0.570	"	0.029	0.270	0.037	0.010	0.023	0.159			—	"	—	—	—	—	—	—

毫克当量总数

100毫克土的毫克当量数

0-10	380.81	无	0.30	361.93	104.72	65.16	20.97	380.81			136.23	无	0.62	125.01	43.80	17.39	15.81	136.23
10-20	155.99	"	0.28	124.13	73.91	27.83	14.49	155.99			99.76	"	0.60	99.17	29.98	15.44	14.55	99.76
20-50	108.26	"	0.22	94.64	48.36	21.29	13.67	108.26			61.91	"	0.42	76.33	13.01	14.57	13.28	61.91
50-80	50.25	"	0.26	38.05	32.18	10.14	10.10	50.25			22.14	"	0.48	38.46	8.13	11.65	13.28	22.14
80-110	44.30	"	0.28	33.29	28.67	8.22	9.72	44.30			31.82	"	0.36	36.42	9.26	8.34	5.89	31.82
110-140	34.48	"	0.28	29.01	11.12	2.91	3.02	34.48			27.60	"	0.54	28.49	6.23	3.43	4.23	27.60
140-170	33.97	"	0.32	29.35	8.97	2.25	2.42	33.97			29.08	"	0.62	29.33	4.96	2.80	3.03	29.08
170-200	19.25	"	0.32	15.22	7.99	1.76	2.53	19.25			13.91	"	0.72	15.63	2.30	1.98	2.76	13.91
200-230	6.89	"	0.48	7.61	0.78	0.82	7.15	6.89			—	"	—	—	—	—	—	—

应该指明，在0—10厘米层中田间含水率在五月、九、十日等于2.37%，而在10—20厘米层中为13.3%；在含水率如此低的情况下，没有可能取出溶渣，因此，在这种情况下我们采取人工湿润的方法，加水使土壤达到田间最大含水量状态——占重量21%。

在换算成盐分时发现，NaCl在土壤上部层次中的积聚（甚至在如此高的湿润情况下）接近于被食盐饱和状态；同时，自然，在溶渣蒸浓的情况下NaCl的结晶化应不断进行，且后者的浓度将停滞于与我们所观测以相同或接近于我们所观测的范围内。

我们试图计算出那一种数量的盐分（占土壤重量）能够以溶解状态存在于被考察的盐土中。我们用 cl 来作这种计算。

如果溶渣是在21%湿润情况下被取出，这与最大田间含水率相适应，而溶渣中的含量等于185克/升，那么所需要的数值可以

按照 $\frac{a-b}{1000}$ 公式计算公式中的

a —含水率百分数

b — cl' 在土壤溶渣中的含量。

在洗盐影响下土壤(%)和地下水中(克/升) cl' 含量的变化

图表1.

图表1 见第10页

由此， cl' 的%含量将为3.88%。这意味着只有3.88%（占土壤重量）可以以溶解状态存在于土壤中。

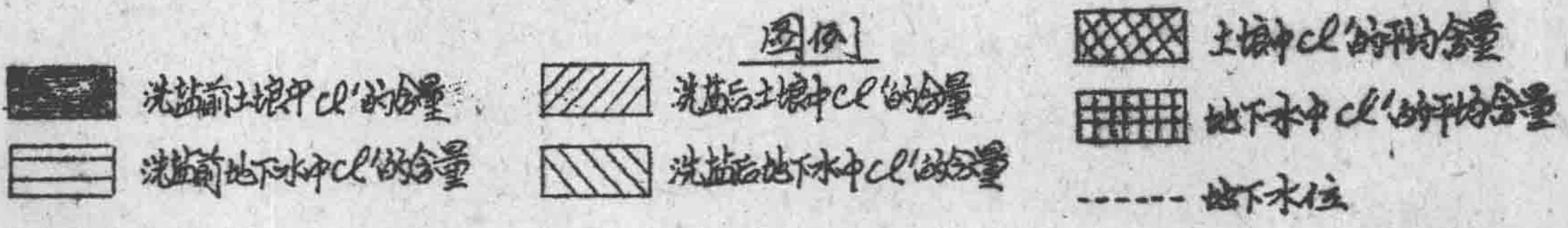
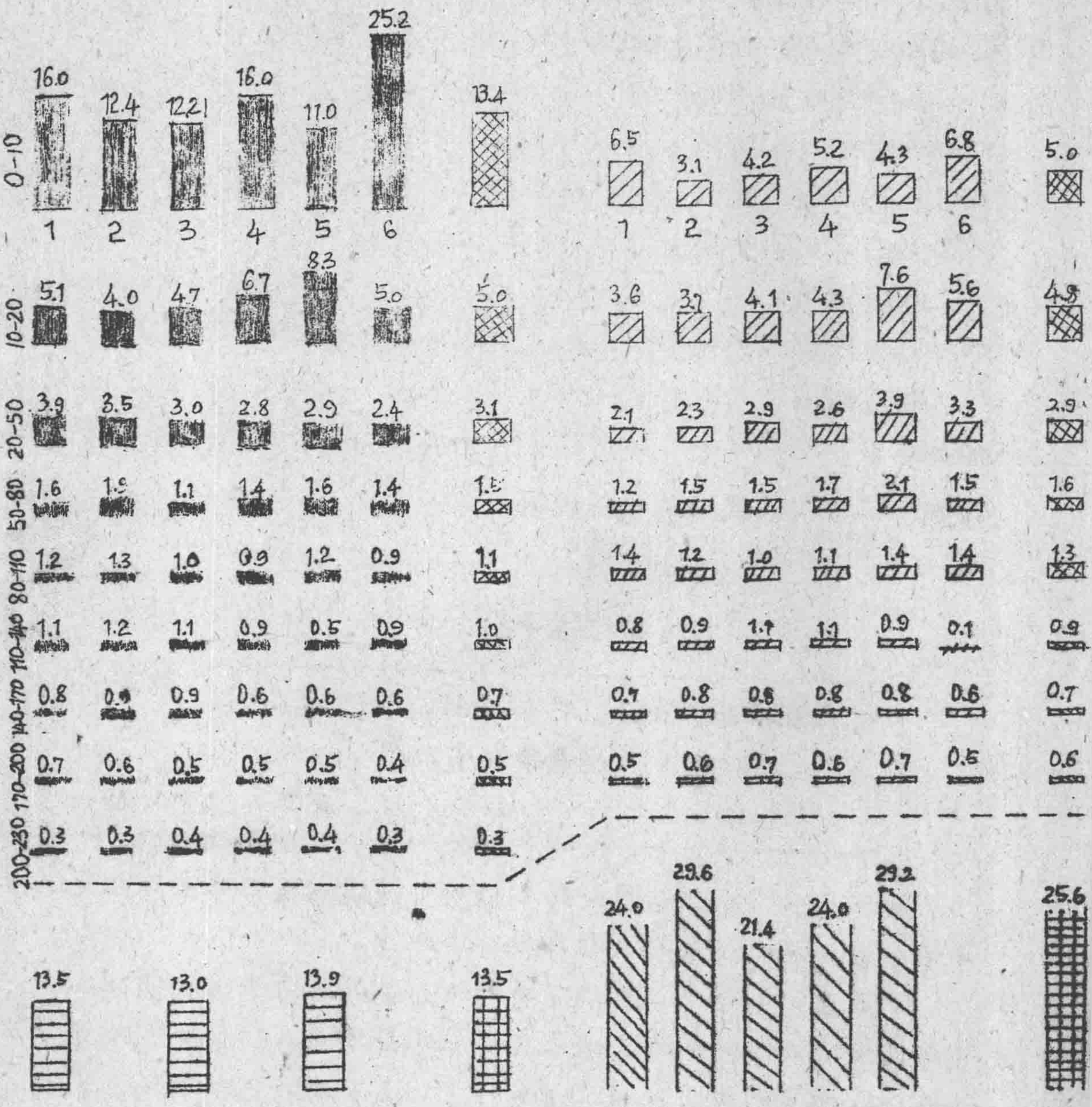
（在这种计算中，我们没有把“非溶解的水容量计算进去，根据推测，在轻的粉砂质壤土上和土壤盐渍化如此高的情况下，这种非溶解水容量应极低——不多于2—1.5%；我们认为，在这种情况下，我们所作出的误差并不大，根本不影响计算的结果）。

因此，为了溶解并从0—10厘米层中淋洗17—12%的 cl' ，需要用新的淡水替换土壤溶渣不少于3—4次。新的淡水每次都应

在洗盐影响下土壤(%)和地下水中(克/升) Cl含量的变化 图表1

洗盐前

洗盐后



先把盐分以固态转为溶液，然后过滤穿过土体。

在评价洗盐结果时，考虑土被盐渍化的复杂性总是重要的。为此目的，从6号钻孔中取出的相同土层之间（如上所述）盐分含量的变化，按Cl'的标数计算，后者最准确最可靠，因为土壤的盐渍化是氯化钠类型的（这种测定是在土样混合前进行的）。

从列举的资料中，在图1可看出，20厘米以下Cl'的含量在一层或另一层土层中变化不大。因此，至20厘米深（即至已发生盐分结晶的土层）被溶解的盐分经过连片的水线从地下水上升。这是完全可理解的，因为地下水矿化度大约相同，埋土深度也相同，而下行水流，因降水量极微小实际上缺乏。

在土壤上部土层中，0—10厘米和10—20厘米土层之间有明显的盐分分异，在5和6号钻孔中表现特别强烈。可指出的情况在土壤这两个上部土层中使土被变得复杂；这种情况是洗盐前必须进行的平地和翻耕所造成的。

应该推测，在该不大的地段上呈未被破坏状态的盐土上部土层在含盐量方面并不具有如此大的差别。

现在来谈含水率剖面。

被冲洗盐土的每一土层，要计算出与持水量相适当的水分贮存量和在洗盐期间合乎土壤中实际水量的贮存量。以两米土层进行计算（表5）

地下水以上的土壤含水率
(根据钻孔1和3的资料)

表5

深度 (厘米)	原有的 土壤 (佔土重的%)	土壤最大的 田间含水率 (佔土重的%)	土壤的 水量 (公方/公顷)	相当于田间 最大含水率 的水量(公方/公顷)	机械 组成
0—10	2.65	21.00	3.71	294.0	轻壤
10—20	13.26	23.93	188.3	339.8	重壤
20—50	19.61	23.44	835.4	998.5	重壤
50—80	20.18	23.31	853.6	987.7	中壤
80—110	21.05	23.22	896.7	989.2	重壤
110—140	21.07	21.61	884.9	907.6	轻壤
140—170	20.99	21.65	881.6	909.3	轻壤
170—200	20.10	22.08	850.2	234.0	中壤

合计 5427.8 6360.1

差数 = 6360.1 - 5427.8 = 932.3 公方/公顷

从获得的资料看出，两米土层内含水率的差数并不高，或者由于地下水埋生高，土壤非常湿润的缘故。

应该注意所指出的情况，许多作者的考察证实，洗盐时，在盐分溶液向干底土移动的条件下，盐分移动较活跃，易於被携走。在毛管边缘靠近被冲洗地区的地表情况下，则较为困难，而且盐分被携走过程进行较弱(拉伯托(Lanafo) H. U., 1932, 马尼金(Ma Kunn), B. C., 1939, 博洛布里(Borodub) B. P. 1948等)。

由于地下水埋深高，曾经放了1000公方水进入地段（从4000公方/公顷计算）。洗盐于6月26日进行。

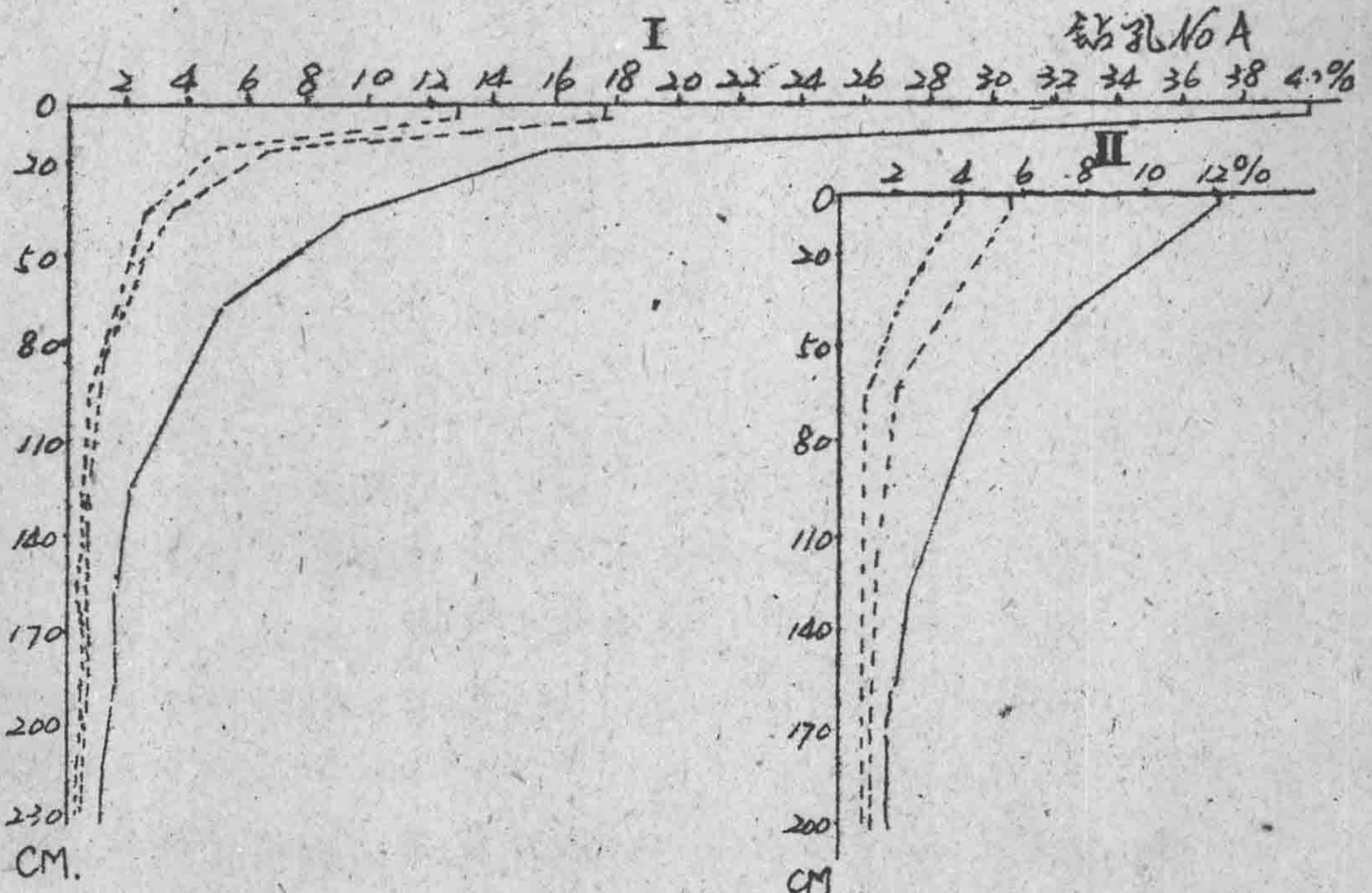
我们的目的不在于用这一水量彻底冲洗地段，而重要的在于测定用这一水量能否溶解盐壳，和盐分在剖面中移动如何？

给水量是用水闸计算的。

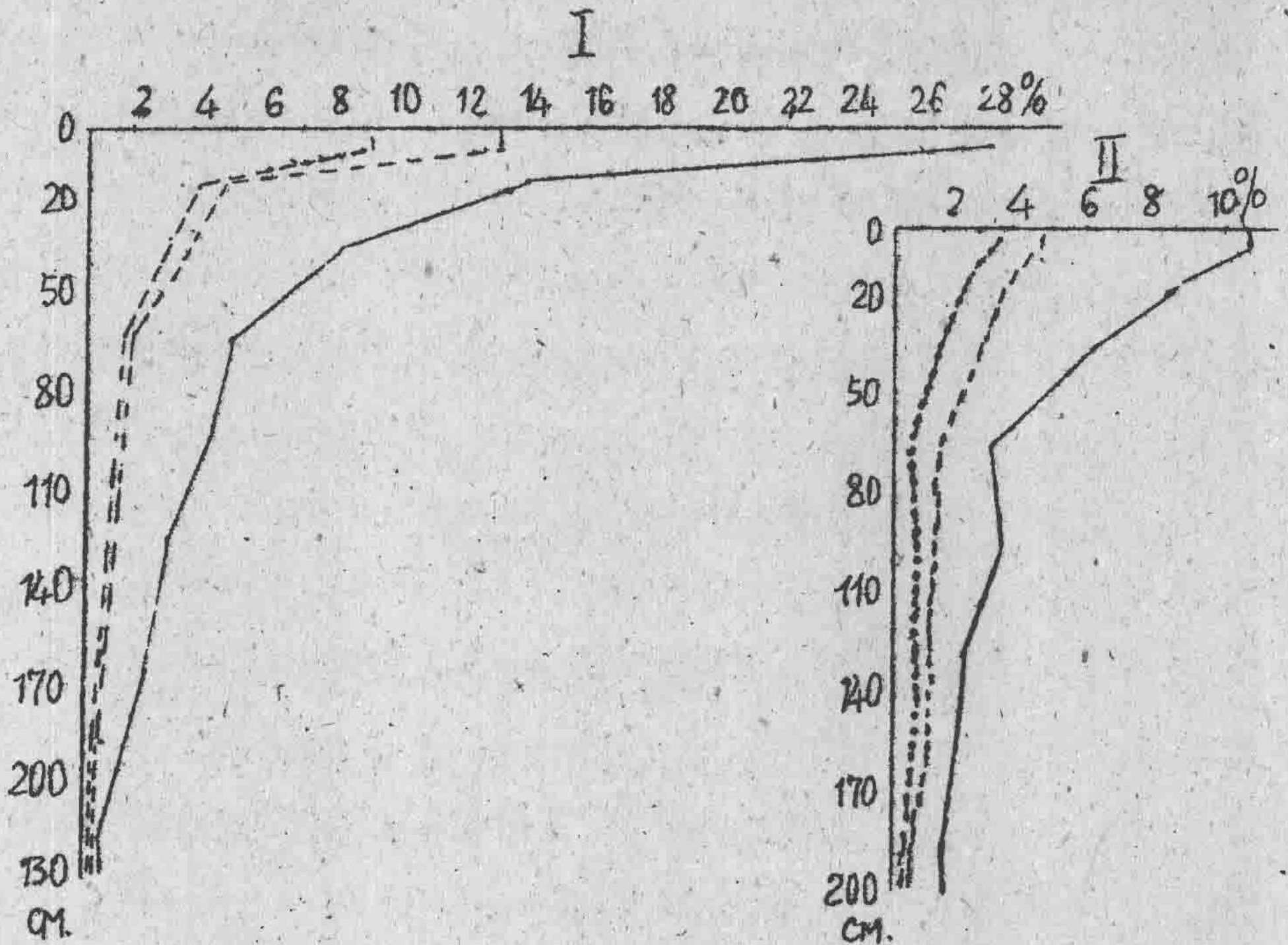
同时，必须指出，被冲洗的土壤—表土的透水性非常高，在0.25公顷的场地上，八小时内渗透，1000公方水，平均每小时500公方/公顷或每分钟8.33公方/公顷。

图2

洗盐时 Cl^- , Na^+ 和干残物含量在结壳盐土剖面中的变化。洗盐定额为4000公方/公顷，（根据A和B钻孔的水提取液资料）



钻孔 No 5.



图例

- I 洗盐前
- II 洗盐后
- 干残物
- Cl'
- Na'

现在来看看洗盐的结果。从列举的图表资料中(表2、表3、图2),清楚地看出,洗盐只对最表层(0-10厘米)起重要的影响;盐壳完全溶解并消失,盐分数量大大下降;例如,根据两个钻孔(A号和E号)水提取液的资料,洗盐后干残物和Cl'及Na'的含量在上述土层中减少至2倍。

在10-20厘米土层内,盐渍化的减弱极不显著。20厘米以下盐分含量几乎不变。50厘米以下盐渍化甚至稍有所增。

地下水矿化度几乎增至2倍,其高度上升了15-20厘米。

指出这一点是重要的,即根据六个钻孔所获得的资料,看到

同样的情况：所有六种情况的记载完全与上述的情况相符（图1）

这样，有大量的盐分物质穿过土体被携出进入地下水中。盐分这种活跃的移动应该给以好的评价，因为，被驱入地下水中的盐分随后可能被排水渠截获并从土体中排出。

现在来谈与洗盐后盐分在土壤溶液中的浓度。根据水提取液的资料指出的0—10厘米和10—20厘米土层中盐渍化的减弱丝毫也没有反映在土壤溶液的浓度上，这一点在图6中可清楚看出。

上面以100克土换算 Cl' 含量的例子表明， Cl' 从土重转入溶液中不超过3.8%。因为洗盐后在0—10厘米和10—20厘米土层中只剩下5.03—4.8%（固态），洗盐前后土壤上部土层的土壤溶液浓度不变便很清楚了。

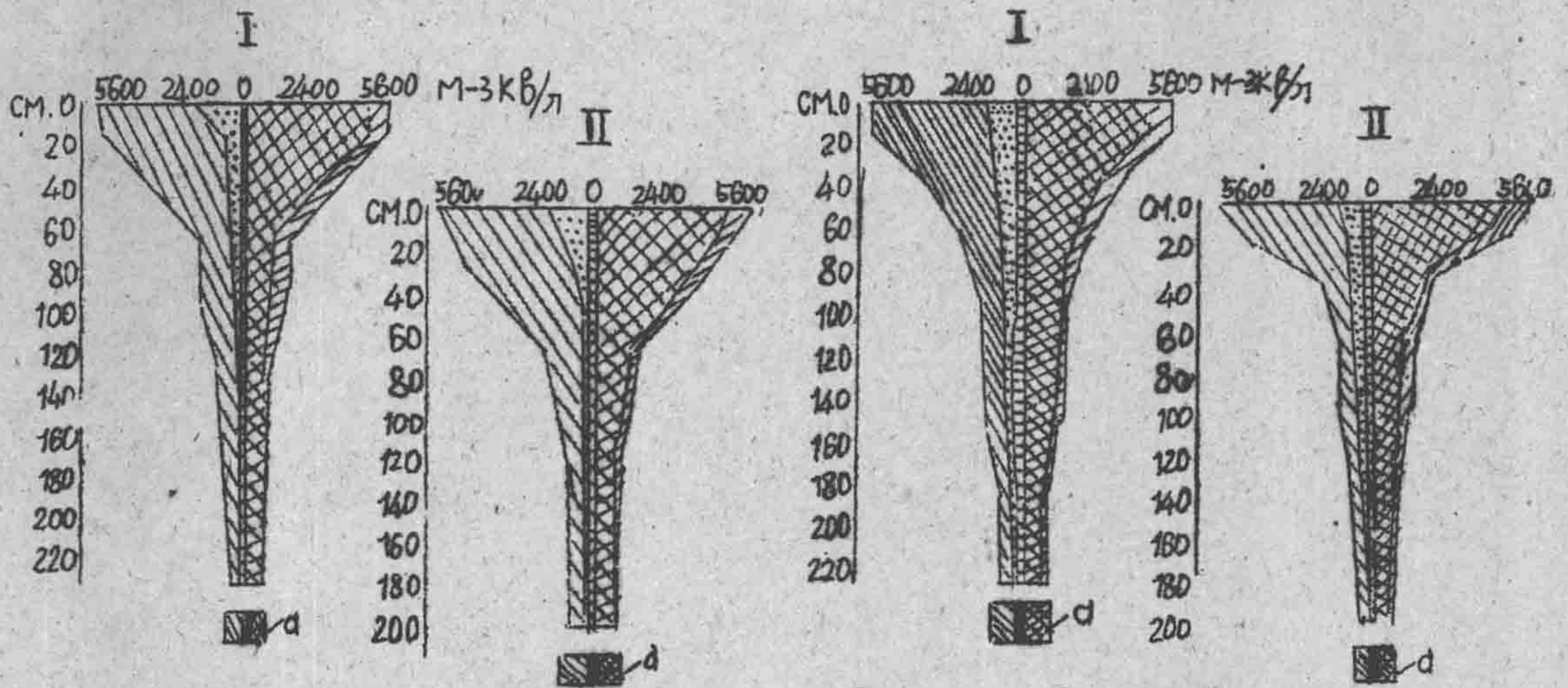
洗盐中盐分移动的特点如下：当盐结皮大部分溶解以后，有高矿化的盐水集聚于地表土层（0—10厘米，10—20厘米）。盐水由于比重大，与渗透水一起向下移动，并进入地下水，这是非常明显的，因为其矿化度增加至2倍，而其水位上升15—20厘米；同时被冲洗土壤的盐分剖面在洗盐后仍保持着表现明显的盐土型剖面，这一点，无论根据土壤溶液的资料或根据水提取液的资料（图7），都可清楚看得出来。

对后一种情况我们是感到意外的和有趣的，而且眼看来是一种不明显的现象；考虑到土壤盐渍化强，可以推想，盐分的移动不深于一米或甚至半米，在那里形成盐分集聚的“第二极限”。

洗盐后1号和5号钻孔结壳盐土
土壤溶液中盐分的含量

钻孔 No 1

钻孔 No 5



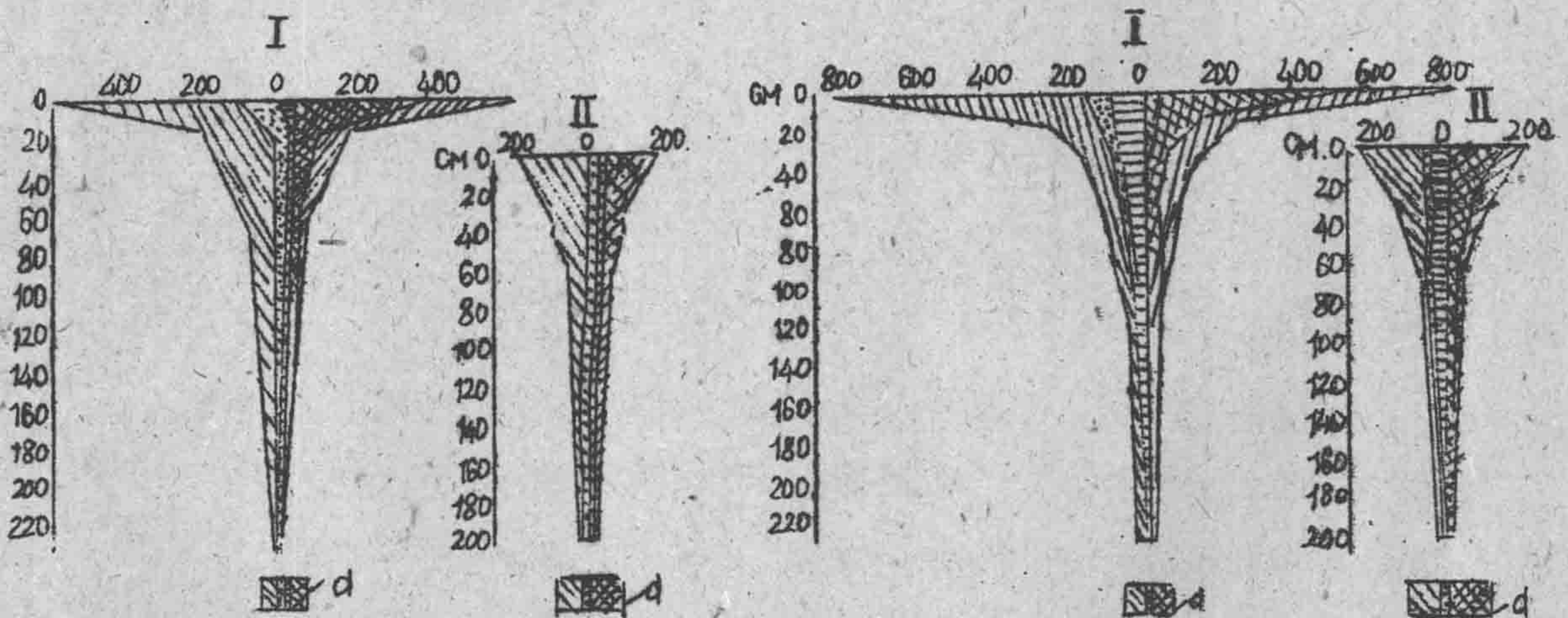
洗盐对结壳盐土脱盐的影响

(水的定额—4000公方/公顷)根据水提取液的资料

(100克土的毫克当量数)

钻孔 No A.

钻孔 No B.



图例

Na Mg Ca Cl SO₄

I—洗盐前;

I—洗盐前;

a—地下水

(这种盐分移我们曾在中亚地区盐土洗盐中看到过：在土壤盐渍化高(6%)和地下水位高(2米)的情况下，洗盐定额为4000公方/公顷——水只能使盐分移动40厘米；但是，在引用我们这些试验的同时，我们应该指出，在中亚地区土壤—底土的质地为重粘土质)(1958年)。

由于被考察的盐土的土体在机械组成上由均一的轻质底土组成，没有粘土层，因此土壤水分的移动性极高，同时，可以预想，盐分溶渣不是沿着毛管系统向下移动的，而是沿着较大的孔穴和裂隙(根孔、虫洞等)渗进的。由于该地段过去处于胡杨林下，完全可以理解，裂隙性应很强；后者在形态上看得清楚，而且也被1.2—1.3不高的容重指数所证实。

因此，只有在0—20厘米土层内盐分才迅速被携走。这里，有淡水从渠道中进入，这些淡水被其重力的移动水流迅速逐入地下水，轻的土壤机械组成和高透水性也加促这一过程。

正如A.A.罗傑指出(1955年)……“当灌溉的水分，渗入土壤—底土土体中的雨水……进入土壤地表后，渗下的自由重力水便在土壤—底土土体中出现。在土壤和底土中有向下行的现象。一般只暂时存在，逐渐变为……自由重力水……”。

仔细观察盐分在土壤剖面的移动，可以看到，20厘米以下盐分含量并没有显著的变化，既不增加，也不减少。看来，这里土壤溶渣并没有从毛管中被挤出来，因而，在毛管水和洗盐之间未曾被流动水交替。

所指出最后一种情况应引起注意。应该想到，随着盐分浓度将不断减低，往后，输盐量的积极性在洗盐中也将下降，何况毛管水不参加土壤溶渣和洗盐水之间的盐分交替中。

现在才谈这样一个问题：洗盐后，甚至在土壤仍将保持松状态的条件下，盐分能够以何种速度上升至地表？

为了这个目的，我们在洗盐后三星期从我们进行观察的6个

钻孔中重新取出土壤上部土层的标本。标本是于九月十四日从0—10厘米和10—20厘米层中取出的，并测定它们氯离子含量（以称重的%表示）。（提醒一下，洗盐是元月廿六日进行的）。

表6中列出的分析数字表明，在0—10厘米层中，Cl⁻的含量与元月二、三日的含量，即刚洗盐完毕后的含量比较，增加至1.5倍，（7.6%比5.0%）。

在10—20厘米层中没有显著的变化。

由此便可明白，在生长期末期在地表土层中积盐达到原来的规模，氯离子为10—13%

上面我们已经谈了土壤溶液中的最高浓度和土壤中巨量的积盐，以及盐分在洗盐中的动情况

在农业开垦时，土壤内所发生的变化是有很大意义的。目前二场田地上土壤溶液的浓度如何，盐分总含量如何？对这样的问题我们也很感兴趣。

如众所知，二场的田地处于开垦后第二年。

为了回答提出的问题，在农场场内选出面积为1公顷的棉花地。在这块条田上于今年六月十四日在两个点上进行打钻：在小块棉花生长好的地上（7号钻）和在完全缺少植物的盐斑地上（8号钻）。

现在来叙述一下该条田的歴史：它是1958年开垦的。开垦前地下水位于3.7米。在播种农作物之前—玉米和大豆，曾翻耕至16厘米深，并按900公方/公顷水的定额灌水两次。播种后以同一定额灌水一次。因此在1958年中一共灌水2700公方/公顷。最初大豆和玉米的幼芽很齐，但后来出现缺苗的斑块。大豆的产量为675公斤/公顷，玉米的产量—750公斤/公顷。

1958—1959年冬季，曾进行深翻—耕作层曾加深至20—30厘米；1959年冬季播种棉花，我们于六月十四日进行观察。播种棉花之前曾按600公方/公顷的定额灌水两次，播种后以同一定额只