

# 江苏无锡县东亭大队 地表盐霜问题的初步研究

中国科学院南京土壤研究所东亭任务组

近几年来,苏州地区的一些社队反映,当地地表出现斑状分布的白色盐霜。在地形部位上,以平田和高平田为主;在季节上,以秋耕后特别是冬灌时出现较多,一些地区在夏初季节,也可在板田(红花生长期稀疏的地方)、大土块的表面、田埂壁以及麦田排水沟壁上发现盐霜。尽管目前还没有发现地表盐斑对生产的影响,但是盐霜的组成、来源及其与土壤肥力的关系,却是广大社员群众和各级领导所关心的问题。为此,我们于1974年5月间,在大队党支部和县样板工作组的支持和帮助下,对东亭大队的盐斑作了初步调查研究。

东亭大队紧靠无锡市郊区,位于高平田片,土壤类型是以老湖积物发育的黄泥土为主,是历史悠久的稻麦两熟的老稻区。1970年起改为“双三制”,为一高产单位。化肥和农药用量较高,灌溉水质受工业污水所影响。

地表盐霜用刀子刮取,力求带入的土壤少些,但仍难免。因此,所采集的盐霜样本,也可以看作为极薄的表层土样。土壤样本除采集0—2厘米层次外,按土壤松紧程度分层采样至潜水层出现为止,并同时采集潜水样本。样本情况如表1所示,采样时间除注明外,均为1974年5月7日。

表1 样本采集情况

样本号	样本名称	地点	部位或层次	作物	土质情况
0	盐霜	方湾里路北1排	麦田排水沟	小麦	土质中等,1972年5月采样前两年曾用过大量氨水(含有大量硫酸钠)。
1	盐霜	东风十亩头	田块壁及大土块表面	红花,已耕翻	土质上等,从未用过工业下脚等。
2	盐霜	华家里路南1排	同上	同上	土质中等,从未用过工业下脚等。
3	盐霜	南薛二队路南4排	麦田排水沟壁	元麦	土质较差,从未用过工业下脚等。
4	盐霜	南薛一队白水墩	灌水渠壁		
5	土壤	同4	0-2-10-20-35厘米	蚕豆,生长差	土质较差,土表盐霜明显,40厘米处见水,采有水样。
6	土壤	华家里尖角丘	0-2-12-24厘米	红花,已刈	土质较差,土表略有盐霜,24厘米见水,采有水样。
7	灌溉水	同4	渠口		1974年5月22日采集。

土壤可溶盐按常法提取,盐霜标本量为185—250克,均用一升蒸馏水提取。碳酸根和重碳酸根用双滴定法,氯离子用硝酸银法,钙、镁及硫酸根用EDTA法,钾、钠用火焰光度

计法, pH 和硝酸根则用电极法测定。交换性盐基组成应用中性 1N 醋酸铵淋溶, 而后减去相应的水溶性部分。

## 一、地表盐霜和土壤可溶盐的组成及其来源

1. 盐霜的组成 如表 2 所示, 盐霜组成中阴离子以硫酸根为主, 占阴离子总毫当量的 67—82%; 其次, (1) 至 (4) 为氯离子 (12—25%) 和硝酸根 (5—10%); (0) 号硝酸根达 16%, 而氯离子仅 5%。阳离子以钙为主, 其次为镁离子 (18—22%), 钠又次之 (13—18%), (0) 号样本则不同, 可能与施过大量工业下脚有关。应当指出, 盐霜组成中石膏虽高达总盐量的 62—73% [(0) 号为 49%], 但数量仅在 0.6—1.4 克上下, 在一升蒸馏水中, 远比其溶解度为低, 因此溶提过程应当是完全的。

表 2 盐霜组成成分

样本号	全盐量 (%)	阴阳离子当量比值	阴离子组成 (当量百分数)				阳离子组成 (当量百分数)			
			HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
0	—	0.98	2.1	4.5	77.8	15.6	0.3	30.1	51.1	18.5
1	0.75	0.95	0.1	18.4	71.7	9.8	0.1	12.5	69.1	18.3
2	0.92	0.97	0.3	25.1	67.3	7.3	0.3	15.1	66.7	17.9
3	0.51	0.98	0.2	12.8	82.1	4.9	0.1	17.6	60.4	21.9
4	1.16	0.97	0.1	19.1	74.6	6.2	0.1	13.9	64.7	21.3

2. 土壤可溶盐组成 表 3 中两个 0—2 厘米层次的土样, 也可以看作是带入更多土壤的盐霜样本, 与表 2 比较, 组成上相似, 唯氯和钠均较高。2 厘米以下土层的土壤可溶盐的组成, 却与盐霜有所不同。如土壤盐分的阴离子组成, 虽硫酸根仍较多, 但重碳酸根的比例却远比盐霜中为高; 阳离子组成中钠离子的比例显著增高。同时, 从盐分的各离子在土壤层次中分化情况来看, 重碳酸根和镁离子在下面土层积聚, 钠离子亦如此或有此趋势, 而钙离子、氯离子以及硫酸根却相反在上层积聚。看来这种分化现象在决定盐霜的组成中起很重要的作用。因此可以认为, 地表盐霜源于土壤可溶盐, 是土壤潜水中盐分季节性向地表积累和交换的产物。此外还应当说明, 在土样提取过程中, 水浸液因故放置时间过久 (超过了一天半), (6—a) 和 (6—b) 两个样本呈黄色且略带气味, 这表明水溶液中有可能进入了水溶性有机物质, 其数量未曾测定, 该两样本的阴阳离子当量比值仅 1.65—0.67, 看来与此有关。

3. 水样的可溶盐含量及其组成 表 4 中的分析结果表明, 两土壤的潜水除总盐量比灌溉水为高以外, 其离子组成与灌溉水却较为一致, 阴离子中均以硫酸根和氯离子为主, 占总量的 90% 以上; 阳离子中钠占 40% 以上, 钙、镁各占三分之一以下。这种盐分组成情况不同于以石膏为主的盐霜, 也不同于硫酸盐、重碳酸盐为主的土壤可溶盐。从表 4 中还可以看到, 阴阳离子总量仅为全盐量的 62—70%, 而阴阳离子的当量比值除灌溉水偏低外都接近于 1, 表明水样中似有较多的重碳酸钙以及水溶性硅酸盐的存在, 它们在脱水后易转化为难溶态, 其数可观, 占全盐量的 30—38%。

表3 土壤可溶盐含量及其组成

样本号	土深度 (厘米)	pH	全盐量 (%)	阴阳离子 总量 (%)	阴当 阳量 离子 比值	阴 离 子				阳 离 子			
						HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
5	0-2 (a)	6.10	0.18	0.18	0.99	0.15 5.5	0.79 28.7	1.71 62.2	0.1 3.6	0.03 1.1	0.82 29.6	1.31 47.3	0.61 22.0
	2-10 (b)	6.40	0.05	0.06	1.06	0.15 16.4	0.15 16.4	0.61 66.7	0.01 0.5	0.01 1.2	0.29 33.3	0.33 37.9	0.24 27.6
	10-20 (c)	6.85	0.04	0.06	1.04	0.35 42.7	0.11 13.4	0.35 42.7	0.01 1.2	0.01 1.3	0.27 34.2	0.23 29.1	0.28 35.4
	20-35 (d)	6.90	0.04	0.05	0.97	0.28 39.8	0.09 21.2	0.27 38.2	0.01 0.8	0.01 1.1	0.22 33.0	0.19 28.5	0.25 37.4
6	0-2 (a)	6.60	0.16	0.15	0.65	0.11 5.3	0.97 46.4	1.00 47.8	0.01 0.5	0.04 1.3	0.73 22.5	1.67 51.5	0.8 24.7
	2-12 (b)	6.50	0.09	0.07	0.67	0.18 18.6	0.24 24.8	0.54 55.9	0.01 0.6	0.01 0.7	0.38 26.3	0.66 45.5	0.4 27.6
	12-24 (c)	6.80	0.06	0.08	1.09	0.53 48.8	0.18 16.6	0.37 34.1	0.01 0.5	0.01 1.0	0.31 31.3	0.39 39.4	0.28 28.3

注：阴阳离子项中分子为每百克土壤毫克当量数，分母为当量百分数。

表4 水样的盐分含量及其组成

样本名称	全盐量 (克/升)	阴阳离子 总量 (克/升)	阴当 阳量 离子 比值	阴 离 子					阳 离 子			
				CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
灌溉水	0.342	0.213	0.88	0.14 4.3	0.12 3.7	1.27 39.5	1.64 51.0	0.05 1.5	0.10 2.7	1.62 44.1	1.18 32.2	0.77 21.0
5号土 潜 水	0.574	0.357	1.03	0.17 2.9	0.09 1.5	2.74 46.4	2.76 46.8	0.14 2.4	0.02 0.3	2.43 42.4	1.59 27.7	1.70 29.6
6号土 潜 水	0.502	0.350	1.04	0.07 1.2	0.12 2.1	3.00 51.8	2.57 44.4	0.03 0.5	0.03 0.5	2.43 43.8	1.87 33.7	1.22 22.0

注：阴阳离子项中分子为每升毫克当量数，分母为当量百分数。

4. 关于盐分来源和盐霜形成的看法 表2、3所列诸离子，虽在土壤中都可能存在，但是考虑到东亭大队所处的地形和气候条件，种植水稻的悠久历史，以及施用伴带SO<sub>4</sub><sup>-</sup>和Cl<sup>-</sup>的化肥数量不多等情况，联系到土壤可溶盐中有中量氯离子和钠离子以及较多的硫酸根存在(表2、3)，并对比灌溉水的盐分组成(表4)，可以认为土壤盐分主要来自灌溉水。但是地表盐霜的出现，显然不是这些盐分残积的结果，因为盐霜与灌溉水的盐分组成有明显的差异，而且不仅在田面上有盐霜，田硬壁和排水沟壁上亦有盐霜出现。另一方面，土壤潜水和灌溉水的盐分组成较为接近的事实，表明了土壤潜水受灌溉水的渗漏补给，其中盐分在田面排水后又随毛管水上升积聚在土中和土表。由于上升过程中进行了固、液相间离子的交换，导致了土壤可溶盐(包括盐霜)同土壤潜水和灌溉水在盐分组成上的明显

差异。因此可以认为，土表盐霜乃是土壤潜水中盐分随毛管水上升而积聚在地表的。同时，如前面已指出的，盐分在土层中分化及其对地表盐霜组成的影响，同样说明盐霜是土壤潜水或地下水中盐分季节性向地表积聚的产物。

## 二、盐霜的出现所反映出的土壤肥力变化

土表出现盐霜仅是一个现象，它首先反映了土壤中有可溶盐的积聚。0—2厘米土层的含盐量仅为0.16—0.18%，一定厚度土层的平均含盐量则更低。如0—2厘米土层的土壤容重以1.1克/立方厘米计，2—10或2—12厘米以1.35计，10—20或12—24厘米以1.50计，那么(5)号土(0—20厘米)和(6)号土(0—24厘米)的平均含盐量分别为0.057%和0.077%，这对于作物的生长是微不足道的。因此，目前土壤中所积聚的盐分在数量上尚不成问题。但是，东亭大队土壤中的盐分是已经达到了平衡状态，还是处在缓慢的积累过程中，却是一个应当予以注意的问题。当然，这是一个复杂的问题，它牵涉到水文、水质、盐分源、气候以及栽培条件和土壤等多方面。

盐霜的出现还可能反映出土壤渗透性的下降。土壤中盐分的积聚和地表盐霜的出现，与地下水或土壤潜水含有盐分密切相关。土壤潜水中的盐分是在土壤还具有一定渗透性的条件下，部分直接由下渗的灌溉水补给，部分却由灌溉水通过田面的蒸发和水稻的蒸腾后，在盐分浓度有所提高的情况下补给的。假如稻田为爽水田，土壤具有适当的渗透性，每天渗漏量可达十几毫米，即便以五毫米估算，则前一补给量必然大于后者，外加年雨量，土壤潜水或地下水中的盐分浓度必受稀释而低于或接近于灌溉水的含盐量。但是现在情况恰好相反，(5)号土和(6)号土潜水的总盐量(或阴阳离子总量)分别高于灌溉水68%和47%(或68%和64%)，这就反映了土壤渗透性大大下降了。同时在10—12厘米以下土层中，土壤可溶盐中重碳酸根的数量竟达阴离子总量的40—48%(表3)，而碳酸根却检查不出来，一般只有在土壤空气中二氧化碳分压很高的情况下才能出现这种现象，这表明土壤通透性差，土壤空气同大气间的气体交换受到阻碍。因此，我们认为群众反映的水稻土发僵和土表出现盐霜两个问题，看来还具有一定的内在联系。

盐霜的出现也反映了某些土壤物理化学性质的变化。盐分随毛管水上升的过程中，不可避免地发生土壤固、液相中离子的交换。各样本中可溶盐的几个离子的当量比值以及土壤交换性盐基组成特点，都证明了这一点。如表5所示，各试样的盐分中钙/钠和钙/镁的离子当量比值，大体上依下列顺序递增：灌溉水、土壤潜水<亚表层土<表层土<盐霜。各层土壤的交换性钙同镁或钠的比值，也有自下向上递减的现象。这些情况都说明，土壤潜水或地下水中盐分季节性向地表积聚，引起了土壤交换性盐基组成上的变化，部分交换性钙为地下水或土壤潜水中钠和镁离子所置换。近两年来分析苏州地区某些土壤的交换性盐基时，发现交换性钙有所下降而交换性镁和钠却有所上升的现象，可能同灌溉水的质量及这一返盐现象有关。虽然变化的程度是微弱的，但却是一个值得关心的问题，因为交换性钙的下降和交换性镁和钠的增加，将对土壤的通透性产生不利的影响。

此外，从表5硫酸根和氯离子的当量比值的变化来看，氯离子除被淋洗至地下水外，还有在土层的上下和土壤潜水中积聚的迹象。

表 5 土壤盐分和土壤交换性盐基的离子当量比值

项 目	离子当量 比 值	盐霜(1-4)		土 壤 ( 5 )				土 壤 ( 6 )			水 样		
		范 围	平 均 值	0-2 厘米	2-10 厘米	10-20 厘米	20-35 厘米	0-2 厘米	2-12 厘米	12-24 厘米	灌 溉 水	( 5 ) 潜 水	( 6 ) 潜 水
盐 分	钙/镁	2.77—3.79	3.33	2.15	1.37	0.82	0.76	2.10	1.64	1.39	1.54	0.91	1.53
	钙/钠	3.47—5.53	4.53	1.60	1.17	0.85	0.86	2.30	1.73	1.26	0.73	0.66	0.77
	硫酸根 氯离子	2.68—6.40	4.23	2.16	4.05	3.17	3.00	1.03	2.25	2.05	1.29	1.00	0.86
土盐 交 换 性 基	钙/镁			3.00	3.38	2.97	3.25	2.69	2.88	3.24			
	钙/钠			14.8	17.9	15.8	19.9	18.2	19.8	16.2			
	钙/镁+钠			2.50	2.84	2.50	2.80	2.34	2.52	2.70			

### 三、提 要

根据以上的初步分析和讨论，我们认为东亨土壤可溶性盐分来自灌溉水，各离子的去向又有所不同。从现有资料看，土壤可溶盐中的硫酸根主要来自灌溉水；钙则分别来自灌溉水和交换性钙，酸硝根则主要来自土壤（包括施入的肥料）；灌溉水中的钠分别进入土壤可溶盐、潜水或地下水以及土壤胶体；镁同钠相似；灌溉水中氯离子大部分可能进入地下水，部分进入土壤可溶盐和土壤潜水。此外，灌溉水中盐分还有部分直接随田面排水重新回到灌溉水源。

土壤出现可溶性盐和盐霜，数量上还远未达到影响作物生长的程度，质量上也还不是以有害盐分为主。但是目前土壤含盐量是处在“进入”和“淋洗”的动平衡状态，还是在缓慢的积累过程中，却是一个应当予以注意的问题。土表出现盐霜与土壤发僵似有内在联系，盐霜的出现反映了土壤渗漏性能的下降，而土壤发僵和通透性差都是形成盐霜的一个重要条件。返盐过程导致了土壤固、液相间的离子交换，在土壤潜水和地下水含有较多的钠、镁离子的条件下，土壤交换性盐基组成将受影响，从而影响到土壤结构性能。

## 粮 肥 间 作 养 地 增 产

山东省济宁地区农科所

粮(棉)肥间作套种是用地与养地相结合的增产措施。目前我区几种粮(棉)肥间作套种的方法都获得好的增产效果，现简介如下。

(一)两粮一肥 兖州县黄屯公社蒋屯大队涝洼黑土瘠薄地，小麦收后种玉米，以2.7米为一带，小麦畦背上种两行玉米，行距40厘米，每亩1400株，畦内播种5行绿肥(绿豆或田菁)，宽150厘米，玉米与绿肥同时播种，玉米至绿肥空幅80厘米；以2.7米为一带种4行