

田提出土壤肥力的指标和培肥措施。

2. 土壤发僵实质上就是土壤结构性的恶化,导致土壤保水性能的过度发育,但是引起的因素却是复杂的。根据以上的初步分析,似乎可以得出这样的印象,土壤粘粒在30—35%以上时,土壤发僵的主要因素就是质地过于粘重。虽然土壤有机质含量的提高和特性的改善,有利于发僵程度的减弱,但所起作用微小的(如练湖农场采的土壤)。土壤粘粒含量在15—30%时,虽然粘粒对某些影响土壤发僵的因素(如交换性盐基的组成)起一定的制约作用,但作为土壤发僵的因素已退居次要地位,而土壤有机质却上升为主要因素了。初步结果表明,发僵土壤一般有机质含量较高,这与群众反映的土壤发僵是因渍水时间延长所致相一致的。但是也表明土壤有机质对结构特性的影响不仅有一个量而且还有质的问题。看来“僵土”与“松土”间不仅有机质量上有差异,特性上也可能很不相同。无机胶结物无定形铁和硅,也影响着土壤发僵,而且同有机质相似,不仅有一个量而且还有形态的影响存在。这些都还需作进一步研究。此外,改制后土壤pH值虽看不出变化。“松土”“僵土”间也无明显差异,但影响pH的土壤交换性盐基组成成分的变化(钙的降低同镁和钠的增加),却较为普遍。这一变化对于土壤发僵的影响程度可能是次要的,但这一现象仍值得注意。

黄泛平原低矿化度地下水条件下 土壤盐渍化原因的初步研究

宋荣华 金道本

(中国科学院南京土壤研究所)

黄河泛滥平原系由黄河多次泛滥沉积而成。因为沉积地形复杂,岗、坡、洼相互交织,排水不畅,常引起土壤发生盐渍化。土壤盐渍化的发生不仅与地下水有关,地面水的影响也很明显,特别是低矿化度地下水的地区,盐渍土的形成和改良与地面水的关系就更为密切,所以群众早就有“涝盐相随”的经验总结。研究地面沥涝水和土壤水分侧向运动与土壤盐渍化的关系,不仅可以使我们对黄泛平原土壤盐渍化的原因有进一步的了解,而且可以根据水盐动态规律,因地制宜地提出改良措施。

1973年我们开始在江苏省铜山县张集公社一带的黄泛平原着手这方面的研究。这个地区的地下水多属淡水,矿化度0.4—0.9克/升,地下水深2—2.5米。根据以往的研究,在这种条件下多不形成盐渍土*,但实际情况并非如此,盐渍土分布得很广泛,表土含盐量可高到1—3%。为查明低矿化度地下水条件下土壤盐渍化的原因,我们除进行野外调查研究外,还布置了田间水盐动态试验,以便对水盐动态规律有比较深入的了解。两年多

* 参见中国科学院土壤及水土保持研究所等,华北平原土壤,99页,1961。

来,共采集和分析了129个剖面的984个土壤标本,92个地下水标本,42个水库水、洼地积水和地面径流标本,共设置了14个田间水盐动态试验点。下面根据获得的初步资料,讨论张集公社一带的黄泛平原地区盐渍土形成和改良的途径。

一、地面沥涝水和土壤水分侧向运动与土壤盐渍化的关系

在张集公社一带的黄泛平原,盐渍土主要分布于洼地及其边坡上(图1)。洼地盐渍土的形成和分布,有二种基本形式。

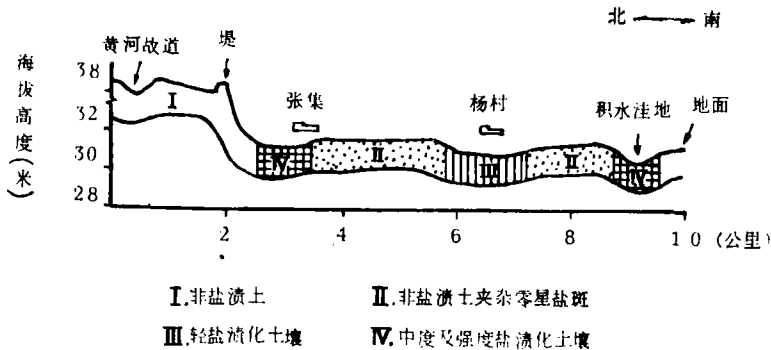


图1 张集公社地形和土壤断面图

1. 在汇集地面径流但不积水的浅平洼地,盐渍土形成和分布于洼地底部。张集公社孟庄大队大队部以南,有一面积为130—150亩的洼地,洼地边缘至洼地底部的高差是25—35厘米,洼地底部形成面积约3亩的盐渍土。根据地形测量和纵切洼地150米范围内5个3米深土壤剖面的观察和盐分分析资料,土壤0—300厘米深都是砂壤土,地下水深2.28—2.49米,地下水矿化度除剖面2略高以外,其他剖面都在1克/升左右。5个剖面的土质相同,地下水位较深,地下水矿化度近似,但土壤含盐状况相差悬殊。这说明土质和地下水不是导致土壤盐渍化差异的主要因素,可能是由于地面径流和受重力影响的土壤水沿坡向洼地下部移动,将高地分散的盐分集中洼地底部而逐渐形成盐渍土。洼地底部的盐渍土剖面1和2,表土含盐量高达1.37—2.50%,比四周坡地非盐渍土剖面3、4、5的表土含盐量高10—30倍(表1)。

表1 浅平洼地的土壤含盐量及地下水矿化度

地形	地面高程 (米)	剖面 号	各土层含盐量 %							地下水状况	
			0—1 厘米	1—5 厘米	5—20 厘米	20—40 厘米	50—100 厘米	100—150 厘米	150—200 厘米	深度 (米)	矿化度 (克/升)
浅平洼地 底部	31.5	1	2.50	1.15	0.28	0.09	0.06	0.06	0.06	2.30	1.04
	31.5	2	1.37	0.64	0.30	0.19	0.20	0.16	0.06	2.28	1.31
浅平洼地 的边缘 坡地	31.75	3	0.11	0.06	0.12	0.11	0.07	0.05	0.04	2.47	0.96
	31.74	4	0.06	0.03	0.04	0.05	0.06	0.06	0.05	—	—
	31.70	5	0.11	0.12	0.16	0.08	0.08	0.09	0.09	2.31	1.10

2. 在汇集地面径流的积水洼地,盐渍土形成和分布于积水区边缘的坡地上。下面举

二个例子加以说明：

(1) 张集公社孟庄大队西北湖洼地与坡地交接处，有一深0.6米宽12米的排水沟，1972年排水出路堵塞后，长期积存地面径流和盐分，积水深度0.3—0.4米，根据1973年10月23日的采样分析，矿化度是0.40克/升。由于积水及其盐分向坡上移动和累积，1974年6月，盐渍土扩张到距积水面14米的地段，地面与积水面高差0.5米。1974年11月10日，盐渍土再次扩张到距积水面31米的地区，地面与积水面高差0.57米(图2)。受积水侧向运动影响而产生盐渍化的土壤(剖面6)表土含盐量达1.60%，比不受积水影响的非盐渍化土壤(剖面7)的表土含盐量高25倍(表2)，而且氯化物和硫酸盐占盐分总量的94%，所种黄豆全部死亡。

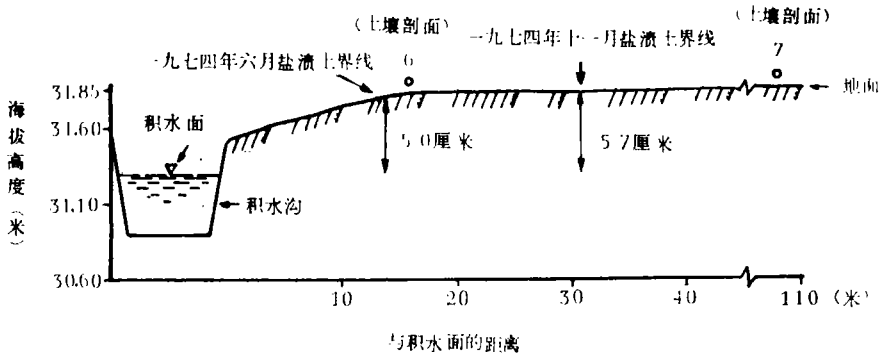


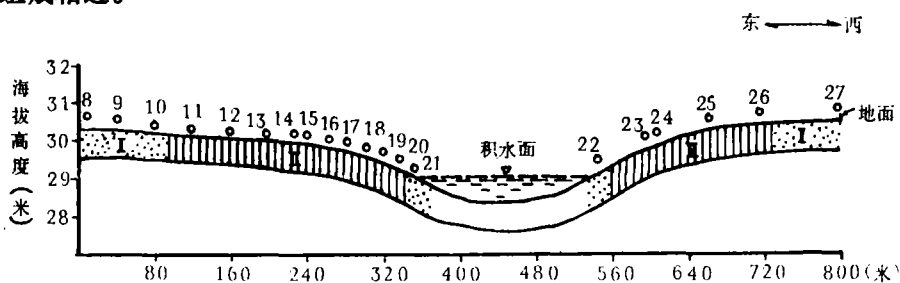
图2 积水洼地的盐渍土分布情况

表2 积水洼地的土壤含盐量和地下水状况

土壤剖面号	各土层含盐量					地下水状况	
	0—1厘米	0—5厘米	0—10厘米	0—100厘米	0—150厘米	深度(米)	矿化度(克/升)
6	1.60	0.54	0.32	0.12	0.07	1.65	0.75
7	0.06	0.05	0.05	0.05	—	1.91	0.80

(2) 公社“五·七”干校以西的大面积积水洼地，雨季积水面宽可达200—300米，根据1973—1974年不同季节的4个水样的分析，洼地积水的矿化度是0.31—0.73克/升。根据东西纵切洼地800米范围内的地形测量和20个剖面的土壤和地下水分析资料，土质和地下水条件很近似。0—250厘米深的土壤都是砂壤土，而在深50—60厘米处夹有3—6厘米厚的粘土层，地下水矿化度除剖面22和26较低外，都在0.6克/升左右，地下水深2.0—2.4米(图3，表3)。由于洼地长期汇积水盐，盐分随水分向坡上移动和累积，致使坡地土壤盐渍化。积水洼地西岸较陡，积水侧向运动影响土壤盐渍化的范围是165米左右，盐渍土地段地面距积水面的高差是0.4—1.4米左右，表土含盐量在0.27—2.96%之间。积水洼地东岸坡度较缓，积水侧向运动影响土壤盐渍化的范围是250米左右，盐渍土地段地面距积水面高差是0.4—1.2米左右，表土含盐量0.2—1.0%之间。而离积水区280—300米处(剖面27,8)，受积水侧向运动的影响小，表土含盐量下降到0.04—0.18%(图3,表3)。由于坡地盐渍土的形成主要受洼地水盐侧向运动的影响，所以土壤盐分组成与洼地积水的盐

分组成近似,而与地下水的盐分组成不同。上层土壤的盐分组成中氯化钠和硫酸钠的含量占盐分总量的50—90%;地下水盐分组成中氯化钠和硫酸钠含量只占盐分总量的4—5%;洼地积水的盐分组成中氯化钠和硫酸钠含量占盐分总量的20%,远较地下水为高,而与土壤盐分组成相近。



8至27为采样剖面号。I—轻盐渍化土壤; II—中度及强度盐渍化土壤。

图3 积水洼地的土壤盐渍情况

表3 积水洼地的地下水和土壤含盐量

土壤类型	土壤剖面号	各土层含盐量 %						地下水状况		
		0—1厘米	1—5厘米	5—10厘米	10—20厘米	20—40厘米	40—60厘米	60—80厘米	深度(米)	矿化度(克/升)
轻盐渍化土壤(I)	8—10 21, 22, 27	0.04—0.18	0.03—0.10	0.02—0.03	0.02—0.04	0.02—0.04	0.02—0.03	0.02—0.03	2.0—2.4	0.59—0.64
中度及强度盐渍化土壤(II)	11—20 23—26	0.20—2.96	0.06—0.45	0.04—0.10	0.03—0.06	0.02—0.05	0.02—0.03	0.02—0.04	2.0—2.27	0.53—0.69

以上所述是积水洼地和不积水洼地盐渍土形成和分布的两种基本形式,还有第三种形式是上述二种情况同时存在。

为进一步查明洼地积水中的盐分怎样向坡上运动和累积及其通过的土层厚度,我们布置了三组田间水盐动态试验,三组是在不同积水区边缘坡地上的三个重复。每组试验都包括四个处理和一个地下水观测井。每组的布置都是在平行积水区的边缘坡地上,同时挖掘四个面积1平方米、深度1.5米的土柱,用口径1平方米、长1.7米的塑料布筒将土柱套住,支撑塑料布筒口高于地面10厘米。四个土柱的处理是:将第二个土柱(II)地面以下迎积水区一面的塑料布全部切去,第三个土柱(III)地面以下0—30厘米迎积水区一面的塑料布切去,第四个土柱(IV)地面以下30—60厘米迎积水区一面的塑料布切去,而第一个土柱(I)则不作任何切除。然后将四个塑料布筒内0—5厘米含盐量较高的表土铲去,换上非盐渍土,最后埋设地下水观测井并填平挖土处。试验的目的是:通过对塑料布筒内土壤盐分的季节性变化测定,研究在相同地下水和大气条件下,洼地积水通过表土0—30厘米、心土30—60厘米以及全剖面0—150厘米向坡上运动,对塑料布筒内土壤累积盐的影响。第一个塑料布筒内的土柱只受地下水的作用,作为对照。试验过程中,共分析了6次筒内土壤含盐量,限于篇幅,现将三组试验之初4月份的土壤含盐量和经过半年之后10月25日的土壤含盐量变化列入表4。表中数据清楚表明,洼地积水向坡上运动累积盐分,以30厘米以上的表土进行得最强烈,地面以下30—60厘米的心土则较弱。10月25日与

4月份土壤含盐量比较：土柱(I)的土壤含盐量很少变化；土柱(II)和土柱(III)0—10厘米土壤平均含盐量增加1倍左右，0—80厘米土壤平均含盐量增加20—50%；土柱(IV)0—10和0—80厘米土壤平均含盐量则增加得很少。

表4 试验土柱的土壤含盐量(1974年)

试验 编 号	各 土 层 含 盐 量 %										地 下 水 状 况	
	试验开始的 土壤含盐量		只受地下水 影响 (土柱I)		全剖面受积水 侧向运动补给 盐 (土柱II)		距地面0—30 厘米受积水侧 向运动补给盐分 (土柱III)		距地面30—60 厘米受积水侧 向运动补给盐分 (土柱IV)		深 度 米	矿 化 度 克/升
	4 月		10月25日		10月25日		10月25日		10月25日			
	0—10 厘米	0—80 厘米	0—10 厘米	0—80 厘米	0—10 厘米	0—80 厘米	0—10 厘米	0—80 厘米	0—10 厘米	0—80 厘米		
1	0.08	0.04	0.07	0.04	0.18	0.06	0.18	0.08	0.11	0.05	1.55—2.15	0.46—0.68
2	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.06	0.08	0.06	0.04	0.05	1.55—1.85	0.61—0.99
3	0.06	0.10	0.06	0.09	0.12	0.11	0.11	0.14	0.11	0.11	1.86—1.91	0.87—1.15

以上野外调查研究和田间水盐动态试验，都证明了这样一个事实：地面径流把高地盐分汇集在洼地中，而在洼地形成盐渍土。一些积水洼地的盐分随水向坡上移动和累积，使坡地土壤盐渍化，这是张集公社一带黄泛平原盐渍土形成和分布的一般规律。

二、地下水对土壤盐渍化的作用

由于张集公社一带的黄泛平原地区，地下水多属于矿化度为0.4—1克/升的淡水，所以地下水虽然参与盐渍土的形成过程，但对土壤盐渍化的影响不大，而被地面沥涝水与土壤水侧向运动的因素所掩盖。

在地下水为土壤盐渍化主要因素的地区，地下水与土壤盐渍化的关系很密切；如含盐地下水高于临界深度，即可形成盐渍土，低于临界深度，则不形成盐渍土；地下水位越高或地下水矿化度越大，土壤含盐量也越重；土壤盐分组成与地下水盐分组成基本相一致。可是在张集公社一带的黄泛平原地区，土壤盐渍化与地下水之间缺乏上述密切关系。

根据华北黄泛平原轻壤土地区的研究结果，当地下水矿化度为1—3克/升，地下水深度在1.8—2.1米以下的情况下，一般不形成盐渍土。但是张集公社的二陈集、坡李秦、公社“五·七”干校一带的坡地以及一些高平地区的浅平洼地，地下水为淡水(矿化度0.4—1克/升)，地下水深2.2—2.5米，盐渍土却广为分布，表土含盐量可高到1—3%，就是因为这些地区汇集地面径流及其盐分的缘故(表5)。另外，孟庄大队西面及西北面和李村大队的大面积非盐渍化的平坦耕地，地下水矿化度同样是0.6—1克/升，地下水深1.4—2.3米，这些地区地下水较浅，土壤反而没有或仅显轻微盐渍化，这是因为这些地区平坦，不受积水的影响(表5)。因此我们初步认为，在当地的自然和耕作条件下，单靠地下水的作用，难于引起土壤发生明显的盐渍化。

由于土壤盐渍化与地下水的关系被地面水侧向运行所掩盖，所以无论是盐渍土的表土还是心土，其盐分组成与地下水的盐分组成不一致。张集公社盐渍土地区，地下水盐分组成主要是重碳酸钙、镁、钠，占盐分总量的70—95%，氯化钠很少，硫酸钠经常没有或

极微〔图4-(1)〕。而盐渍土0—5厘米表层的盐分组成中，氯化钠和硫酸钠占盐分总量的75—95%，重碳酸钙、镁含量则很少〔图4-(2)〕。盐渍土心土60—100厘米的盐分组成中，普遍含重碳酸钠，氯化钠和硫酸钠〔图4-(3)〕。

表5 张集公社黄泛平原地区土壤盐渍化与地下水的关系

土壤剖面	盐 渍 土											非 盐 渍 土							
	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	
地下水深(米)	2.25	2.22	2.27	2.25	2.23	2.22	2.31	2.49	2.47	2.28	1.70	1.80	1.42	1.47	2.30	1.61	1.91	1.87	
地下水矿化度(克/升)	0.63	0.63	0.66	0.38	0.63	0.59	0.57	1.04	0.96	1.31	0.87	0.64	1.04	0.89	1.10	0.74	0.80	1.07	
表土含盐量(%)	0.87	2.94	0.27	0.48	0.98	0.67	0.98	2.30	2.00	1.37	0.04	0.11	0.15	0.07	0.06	0.12	0.02	0.06	
地 形	积水洼地边缘坡地							浅 平 洼 地				平 坦 耕 地							
土壤质地	砂 壤 土											土							

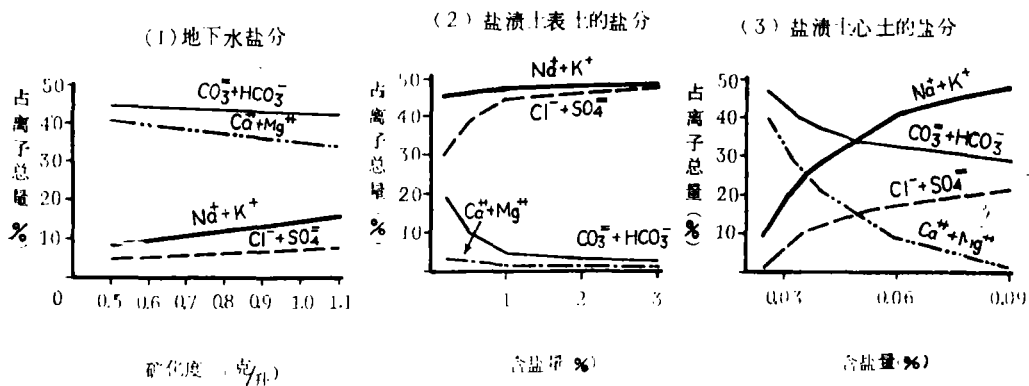


图4 张集公社土壤与地下水的盐分组成

为进一步查明该地区地下水与土壤盐渍化的关系，1973年和1974年布置了4个田间水盐动态试验。试验方法是：在有代表性的砂壤质盐渍土地段，分别挖掘面积1平方米、深度1.5米左右的土柱二个和土坑二个。二个土坑(试一1、试一2)内用口径一平方米、长1.7米的塑料布筒，从坑底到地面紧贴土坑四壁放妥，塑料筒内填以含盐量为0.04%的非盐渍土，高度与地面平，紧实度达到自然状况的容重1.4左右。二个土柱(试一3、试一4)用口径1平方米、长度1.7米的塑料布筒将土柱套住，将土柱上端10厘米含盐量高的表土铲去，换上含盐量少的非盐渍土。最后支撑塑料布筒筒口高于地面10厘米，填平挖土处。以上四个试验都切断了塑料布筒内土壤与筒外土壤的水盐联系，但保持着地下水与大气对塑料布筒内土壤的自然关系，以便单独测定地下水对土壤盐渍化的作用。所有4个试验都清楚表明：张集公社一带的黄泛平原地区，在地下水深1.6—2.2米、地下水矿化度季节性变动于0.4—1克/升之间的地区，在当地地下水蒸发和降雨的影响下，只受地下水影响的土壤一年之中表土含盐量变动于0.04—0.1%之间，0—100厘米土壤平均含盐量变动于0.03—0.07%之间，塑料布筒内的试验土壤的含盐量，虽随季节而略有变化，但在一年内是平衡的，没有盐分累积的迹象(图5)。

通过野外调查研究和野外水盐动态试验可以看出：张集公社一带的黄泛平原地区，地下水参与了土壤盐渍化过程，但尚不是导致当地土壤盐渍化的主导因素。

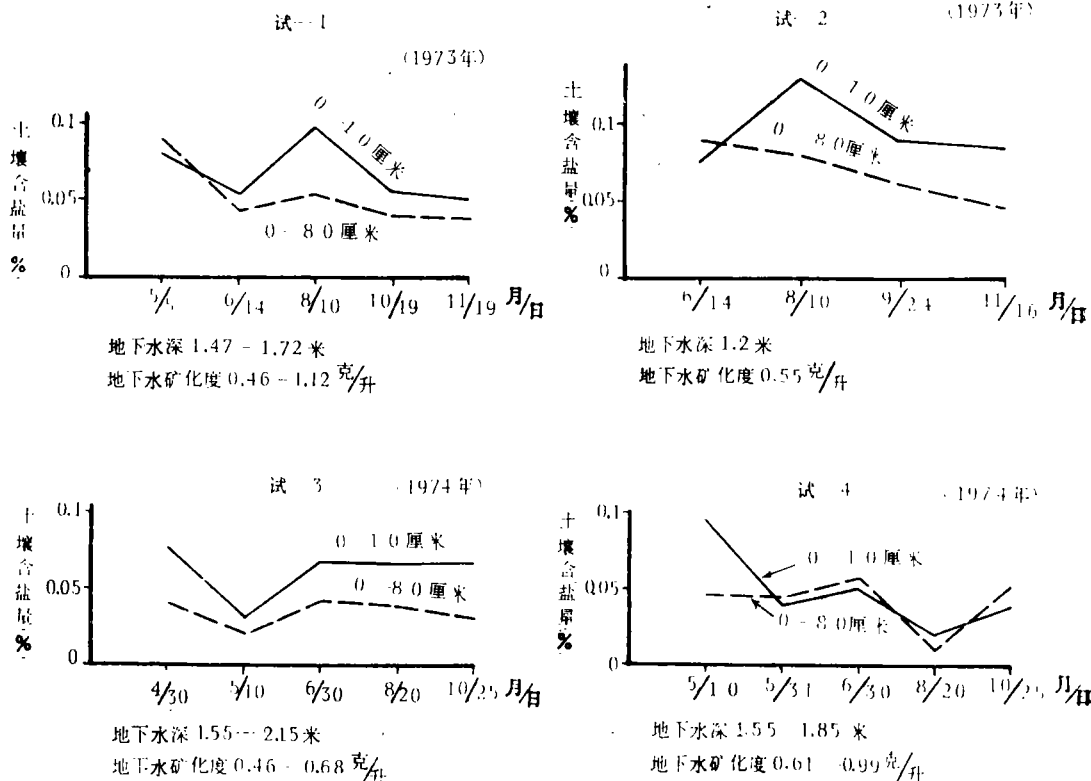


图 5 试验土柱中的土壤和地下水含盐量季节性变化

三、低矿化度地下水条件下的盐渍土改良

研究盐渍土的发生演变规律，主要目的是为了发挥主观能动性，因地制宜有效地利用改良盐渍土。

据初步研究，张集公社一带黄泛平原地区的地下水矿化度很低，并有一定的出流，不至于引起土壤强烈盐渍化，但地面沥涝水在地表强烈蒸发下引起的土壤水盐侧向运动，可能是导致这个地区土壤强烈积盐的主导因素。因此，浅沟排涝、洼地种稻、平整土地和种植绿肥相结合，即可改良当地的盐渍土。张集公社孟庄大队在改良盐渍土的过程中，首先是除涝，接着进行平整土地，种植绿肥和洼地种稻，取得很大成绩。孟庄大队土地总面积4250亩，过去涝灾严重，1963年7月总降雨量为413.9毫米，最大降雨强度是7月6日，8小时降雨115.3毫米，受涝面积高达1996亩，占总耕地面积的43%，盐渍土面积为1900亩，占总面积的45%。1964年后经过挖沟排涝，情况大变。1972年7月总降雨量和降雨强度都大于1963年7月（总降雨量为464毫米，最大降雨强度是7月2日，6小时降雨238毫米），但受涝面积只有37亩，仅占总耕地面积0.8%，盐渍土面积也下降到400亩左右，约占总耕地面积的10%。孟庄大队在开沟排涝的同时，就进行了一般的土地平整工作，并接着大种绿肥。绿肥可增加地面覆盖，降低地表蒸发作用，绿肥翻压后可改良土壤结构，削弱土壤盐分的表聚性，减轻盐害，提高农作物的产量。

孟庄大队通过开沟排涝、平整土地、种植绿肥后，1969年又开始在低洼盐渍土地段种

植水稻。1973—1974年发展到1600亩左右,年产量100万斤上下,占粮食总产量近50%,使过去亩产数十斤的低产田或盐荒地,一跃而成亩产700—800斤的高产田。孟庄大队在有排水的条件下大面积连片种稻,不但没有因为种稻而引起土壤次生盐渍化,而且种稻1—2年后,表土含盐量由0.5—1.0%降低到0.1%左右,全剖面含盐量下降到0.05%左右,并可进行水旱轮作。孟庄大队改良盐渍土后,产量不断增加,1963年粮食总产16.3万斤,1969年增加到75.7万斤,1973年增至211万斤。

表6 孟庄大队改建排水沟的标准
(以华北平原排水沟为对照)

级 别	地 区	沟 深 (米)	边 坡	底 宽 (米)	100米沟 占用耕地 (米 ²)	100米沟 的土方量 (米 ³)	孟庄沟占 华北沟地 (%)	孟庄沟占 华北沟土 方量 (%)
农 排	华 北	2.5	1:2.5	0.6	1310	1712	100	100
	孟 庄	0.8	1:1.25	0.5	250	120	19.08	7
斗 排	华 北	3.0	1:2.5	1.0	1600	2550	100	100
	孟 庄	1.3	1:1.25	1.0	425	341	26.56	13.4
支 排	华 北	3.5	1:2.5	1.0	1850	3412	100	100
	孟 庄	1.5	1:1.25	2.0	575	581	31.08	17

但是,孟庄大队在生产发展的同时,也存在着一些问题。在排水系统方面,重视排地面沥涝水改良盐渍土的效益,而忽视地下水对土壤盐渍化的作用,所以田间排水网虽比较齐全,但骨干排水沟不够,而且不是经常保持排水通畅,这样会限制进一步防治土壤盐渍化的效果。在田间排水沟的规格方面,有深浅不一,通阻不等的现象,排水沟过浅或受阻塞将影响及时排水,排水沟过深,又不必要地花费较多人力物力。在平整土地方面,重视小块而忽视大块,小块耕地比较平整,而一些较大的浅平洼地和坡地,土地平整工作未跟上,还存在局部积涝和土壤斑状盐渍化,在一定程度上影响产量的提高。在种植绿肥方面,随着土壤改良工作的顺利进展和对产量要求的不断提高,绿肥和粮食争地的矛盾显露了出来,绿肥面积有逐年缩小之势,从长远来看,可能反过来会影响产量的进一步提高。

针对以上问题1974年增加和修建了七条总长度约8公里的骨干排水沟,解决了部分地区的排水问题,为提高整个地区的排水能力创造了条件。孟庄大队准备在此基础上逐步改建田间灌排系统,要求的原则是:灌排分立,先骨干后田间,排水系统以田间浅排水网为主体,配以少数较深骨干排水沟,达到及时排水通畅。这样的结构,既能重点放在排除地面沥涝方面,同时也不忽视控制一定地下水水位的作用,并可以大量节省人力、物力和耕地,排水沟的规格如表6。孟庄大队还准备进一步平整土地,并采用生长期短或早熟的绿肥品种,进行作物与绿肥合理的间作套种和轮作以解决绿肥与粮食争地的矛盾。

以上扼要介绍了张集公社一带的黄泛平原地区盐渍土形成和改良研究工作的进展情况。黄泛平原低矿化度地下水条件下的盐渍土分布很广,盐渍土的发生演变和改良,有其共同规律,也有地区性特点,今后随着研究范围的扩大,对这些共性和特性将会有进一步的了解。