

# 东台新村竖井排水改良盐土的研究\*

黄靖国 唐仁勋

(江苏省垦区水利土壤改良研究所)

新村位于苏北滨海垦区的中部,距黄海30公里。其气候特征、土壤质地、水文地质、作物布局等与垦区基本一致,具有代表性。垦区土壤在成土过程中直接受到海水浸渍,属原生盐土。地下水埋深浅、矿化度高,土壤质地轻,易返盐。为了探索滨海盐土改良的新途径,加快治理垦区盐害和渍害,从1975至1982年,我们在新村进行了竖井排水改良滨海盐土的试验研究。

## 一、试区及试验概况

**一、试区概况** 新村位于江苏省东台县城东26公里,是滨海冲积平原的河间洼地,素有“野鸭荡”、“钉螺窝”之称。1971年开始垦殖,总面积3.34平方公里,耕地187公顷,其中重盐地80.9公顷。试区地面平整,高程3.1米左右(废黄河基面)。年平均潜水埋深1.5米,汛期常升至地表。浅层潜水矿化度2—10克/升,20米深处达20—30克/升。土壤为粉质壤土。第一不透水层顶板在地面下36.5米处。顶板以上地层:地面下,18.5米以上主要是粉砂夹极细砂,只在14.5—17.0米出现一层粉质粘土;18.5米以下主要是粉质壤土或粉质粘土,但在30.5—32.0米出现一层砂质土。境内已成条田河网化,小沟深1.2米,间距110米,中沟深2.5米,间距500米。以河道引水提水灌溉。夏熟三麦、绿肥间作,秋熟棉粮夹作,水稻面积不足十分之一。1971年粮食单产311.5公斤,皮棉单产30公斤,1974年分别提高到419.5公斤和39公斤。

**(二)试区布置** 试区竖井按梅花形布置,井距根据抽水试验结果定为500米。1975年第1组井群5眼,井深32—36米,井管为内径30厘米的钢筋混凝土管,即以此组井控制面积为试验区。1976年以后施工10眼井作为试区外围保护井,其深度为20米左右(座落在重粉质壤土层),井管改为内径50厘米的无砂滤水管。1980年还试验成功1组由1口主井、4口副井组成的虹吸井。抽水井装有4JD浅井泵,配备12马力柴油机或7.5千瓦电机。按试验需要,试区内先后布设5组剖面观测井、13处土壤盐份监测点和若干处水盐动态、作物长势观测点(图1)。

**(三)试区竖井抽水概况** 1975—1982年试区竖井抽水起迄日期,每年抽水总时间及排水、排盐总量等见表1。

## 二、井排的应用方法

**(一)重盐地实行种稻井排** 不立苗重盐地是提前泡田突击抽水,先使耕层土壤盐份有所下降,然后重施有机肥料适时栽秧,整个稻季连续抽水。实践证明,这是改良重盐地的有效方法,一季即能使重盐地脱为轻盐地,脱盐率72.1%,比之普通采用的种稻淋盐脱盐率高17.1%,第二年也不返盐。

\* 参加课题工作的还有蒋璜曾、潘昌保同志。本工作还得到严思成、邱克让同志的帮助,表示感谢。

(二)中等盐碱地实行雨淋井排 沿海都缺乏淡水源,面积较广的中等盐碱地,一般只能安排旱作。试验中对这类土壤是充分利用降雨机会实行井排改良。在应用管理上,规定地下水埋深小于1米的,日夜开机抽水,埋深在1—1.5米间昼抽夜停;埋深大于1.5米则根据试验需要而定。这种方法能有效地利用雨水促进土壤脱盐,及时降低地下水位,防治作物渍害和土壤返盐,效果较好。

### 三、竖井排水改良盐土的效果

#### (一)降低地下水位

井排降低地下水位效果明显。1975年9月25日在竖井抽水后(表1)的测定结果表明:离井75米内,地下水位迅速下降,为陡降区;离井75—175米,地下水位下降较明显;离井175米以上,则下降缓慢(图2)。

1977年4月上、中旬连续降雨,16日地下水位上升至地面下0.33米,17—23日I号井连续抽水6昼夜,单井排水量3000立方米,竖井影响范围内地下水位迅速下降:23日,

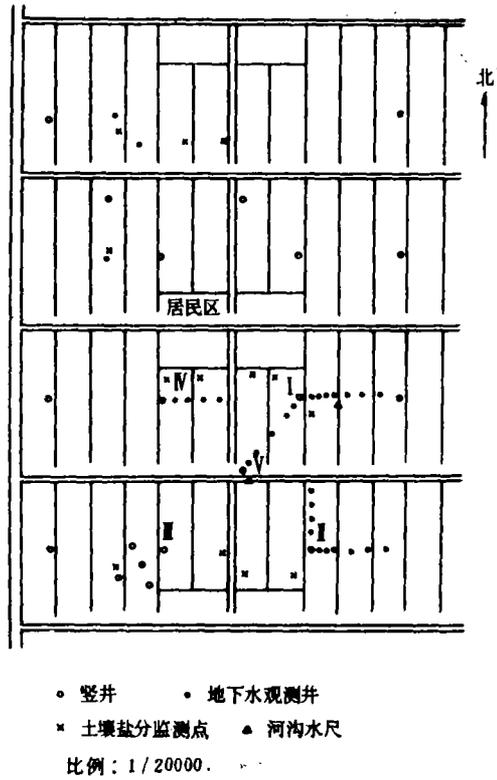


图1 试区布置示意图

表1 1975—1982年试区排水排盐量

年 份	抽 水 起 迄 日 期 月·日—月·日	抽 水 总 时 间 (小时)	排 水 总 量 (立方米)	排 盐 总 量 (吨)	平 均 每 公 顷	
					排 水 量 (立方米)	排 盐 量 (吨)
1975	7·26—11·27	4680	81183	1801.9	810	18.0
1976	5·11—10·30	2670	42334	1043.9	420	10.5
1977	4·7—10·15	5119	91420	1941.8	915	19.5
1978	—	—	—	—	—	—
1979	4·1—9·27	2492	28167	646.3	285	6.0
1980	4·5—10·5	2451	40864	939.2	405	9.0
1981	7·1—9·15	696	12685	303.4	135	3.0
1982	7·16—8·18	1269	17637	405.6	180	4.5
合 计		19383	314290	7682.1	3150	70.5

注: (1) 试区布井5眼, 控制面积100公顷。 (2) 1978年因干旱全年未抽水。

距井75米内埋深达2—3米; 75—175米埋深1.5—2.0米; 175—275米埋深1.3—1.5米。对照区同日地下水埋深不足1米。井排区地下水埋深从0.33米下降到1.5米所需时间随距井远近而不同: 距井25、30、50、75、125、175、275米处所需时间分别为0.25、1.5、2.75、4.5、6、7天。影响范围中点的125米处6天内地下水平均下降速度为18厘米/日, 而对照区是10厘米/日。

1979年7月4日开始, II号井连续抽水5昼夜。抽水前地下水埋深0.22米, 期间又降雨12毫

米。7月9日实测：距井25、50、100、150、200米处地下水位依次下降了 2.41、1.78、1.19、0.81、0.69米。与同期明沟排水区相比，距井50、100、150米比距中沟50、100、150米处的地下水分别多下降 1.04、0.64、0.40米。根据计算，竖井排水出流角度可达  $20^\circ$ ，而明沟排水地下水出流角度仅  $2^\circ$  左右，表明井排的效果显著好于明沟排水。

### (二) 淡化地下水水质

灌溉期或降雨期抽水，均是淡水进咸水出，因此水质逐渐淡化。从竖井的混合水质变化分析，各井都呈淡化趋势。如 I、V 号井初抽时（1975年8月17日）地下水矿化度为 22.76、28.70克/升，试验后期（1982年7月30日）分别降为 16.81、23.80克/升，淡化度依次为 26.1%、17.1%。从系列的统计资料看出：初抽的一、二年水质淡化比较显著，随着抽水时间延长淡化值趋小，甚至年际间有反常值。据初步分析，出现反常值原因有：试区外咸水补给复杂性，历次降雨入渗量有大小差异。

试区浅层地下水淡化较为显著。1974年重盐土区地下水含氯量 5% 左右，1981年都降到 2.5% 以内，而对照区仍有 3.8%。由于抽水试区内水质分布发生了变化，如 I 号竖井的剖面观测井设在地下水含氯量 5% 左右的重盐土区，抽水 2 年后，地下水含氯量分布（表 2）的特点是：1. 地下水的氯离子含量随着离竖井距离的增大而增加。2. 抽水期地下水逐渐淡化，停抽期又有回升。回升原因除非汛期地下水位低，不同层次水质本身有差异外，更主要的是外围咸水的补给。上述情况说明，井排能淡化地下水，但只有较大范围内实施井排，才能巩固其淡化效果。

### (三) 加速土壤脱盐

试验期试区内外盐碱地面积都有减少，但区内减少的速度快。试区耕地 50.4 公顷，1974 年有重盐地 21.3 公顷，占耕地 42.3%，1977 年减为 10 公顷，至 1981 年仅剩下盐碱斑 2.3 公顷，平均每年改良速度为 13%。试区外围的耕地 20.9 公顷，1974 年有重盐地 7.6 公顷 1977 年减为 6.9 公顷，1981 年仍有 3 公顷，平均每年的改良速度为 8.6%，比试区慢 4.4%。

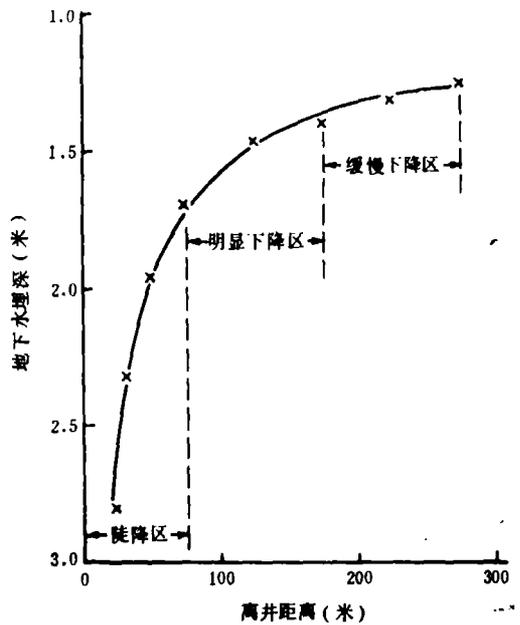


图2 井排地下水下降曲线

表2 1977年 I 号竖井剖面观测井(5 米深)地下水  $Cl^-$  含量(%)

时 期	取样日期 (月·日)	观 测 井 距 竖 井 距 离 (米)						
		25	50	75	125	175	225	275
抽 水 期 (4 月 7 日 至 10 月 15 日)	5·31	1.55	1.88	1.70	2.78	2.93	3.58	3.58
	6·20	1.27	1.48	1.73	2.58	2.88	3.40	3.67
	7·10	0.98	1.88	1.88	2.08	2.68	3.23	3.27
	9·30	0.60	1.20	1.08	1.53	2.10	1.68	2.75
停 抽 期	11·20	0.85	2.10	2.10	2.25	2.85	3.70	3.88

试区在春秋积盐期，对土壤盐分进行了定点监测：井排前1米土层平均含盐量为0.32%的中等盐碱土，至试验后期已稳定为0.15%左右的轻盐碱地；重盐地脱为中、轻盐碱地(表3)。

从表3看出，原来剖面含盐量0.4%的重盐地井排后多数年份成了剖面盐分不足0.2%的轻盐地。但1978年秋至1979年春试区耕作层出现严重返盐，其原因是：1978年是特大干旱年，年雨量仅373.1毫米，全年未能抽水；1979年又连续春旱，长期干旱使土壤返盐。另外是生产单位为了农业用水方便和缓解旱情，普遍在中、小沟内蓄水，使4、5月份返盐加剧。5月1日区内733号观测井旁表层土壤含氯量达0.455%，对照区达0.676%。直至6月中旬降雨，区内及时抽排，氯离子含量才降至0.12%。由此可见，不恰当的引、蓄水是导致垦区返盐的重要因素之一。

表3 1975至1979年土壤含盐量变化(%)

取样日期 年·月·日	试 区					剖面 加权 平均 (%)	脱盐 率 (%)	外 围 区					剖面加权平均 脱盐率 (%)	
	取样深度(厘米)							取 样 深 度 (厘米)						
	3	10	30	50	90			3	10	30	50	90		
1975·4·4	1.55	0.52	0.32	0.29	0.31	0.40		0.41	0.33	0.30	0.26	0.24	0.28	
1975·10·23	0.15	0.12	0.11	0.11	0.15	0.12		0.16	0.18	0.18	0.19	0.18	0.18	
1976·6·14	0.18	0.14	0.12	0.14	0.14	0.14		0.35	0.26	0.21	0.20	0.20	0.22	
1976·11·9	0.17	0.12	0.12	0.11	0.13	0.12		0.25	0.23	0.16	0.15	0.11	0.16	
1977·3·7	0.40	0.22	0.15	0.17	0.18	0.19		0.18	0.35	0.20	0.19	0.21	0.27	
1977·10·26	0.25	0.14	0.15	0.15	0.16	0.16		0.17	0.17	0.13	0.14	0.16	0.15	
1978·5·16	0.30	0.24	0.20	0.15	0.17	0.19		0.39	0.24	0.15	0.14	0.14	0.17	
1978·10·20	0.67	0.38	0.16	0.16	0.17	0.22		0.74	0.53	0.17	0.19	0.19	0.26	
1979·5·19	0.68	0.41	0.28	0.27	0.23	0.30	25.0	0.43	0.33	0.30	0.20	0.20	0.25	10.7

土壤脱盐的结果，使土壤盐分组成发生了变化(图3)。从图3看出：1. 土壤脱盐主要是 $Cl^-$ 及 $K^+ + Na^+$ 减少。2. 脱盐过程中 $CO_3^{2-}$ 消失了， $HCO_3^-$ 有所增加。是否由此会引起土壤碱化，有待于进一步观测研究。

#### (四)防治作物渍害

渍害是影响垦区高产稳产主要因素之一。井排能以较快速度将高地下水位控制到一定深度，及早促成根系层土壤水气比例协调，减轻对作物的渍害。

1. 三麦期。1977年是三麦重渍年。自3月10日至5月20日的70天中，雨日33天，总雨量316.3毫米，农田地下水埋深都小于1米。试区及时抽排，使影响区的地下水埋深基本控制到1—2米(图4)。

由于试区内外地下水深度的差异，土壤水分状况也截然不同。据5月21日测定，试区80厘米以上土层中水分占土壤空隙的60—70%，处于适宜作物生长状态，而对照区的则占85%以上，处于渍的状态。当年产量考

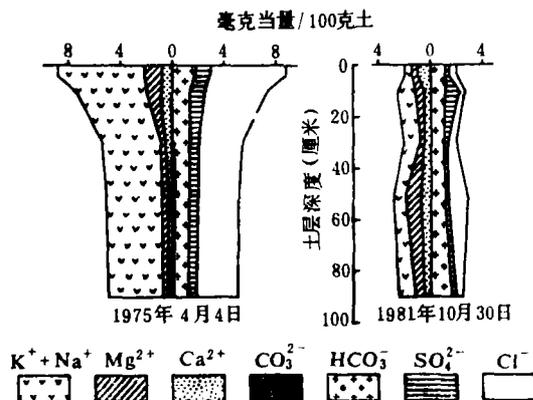


图3 试区重-3孔井排前后土壤盐分组成的变化

查：3队耕地中有41%属井排区，三麦单产由1976年的216.5公斤减至188.5公斤，减产14.9%；2队耕地中68%属井排区，单产由1976年的217公斤增加到239公斤，增产10%；4、5队没有井排，1976年单产分别是215公斤和208.5公斤，1977年减至176公斤和139.5公斤，减产18%和33%。由此说明，井排治理三麦渍害，效果比较显著。

2. 棉花期。本区7、8、9三个月是雨量集中期，极易抬高地下水位。这三个月又正值棉花生长关键期，渍的危害比较敏感。井排能在此时降低地下水位，可有效地防止渍害发生。

1977年7月至9月降雨量达537.3毫米，其中3/4以上集中为四次降水过程，每次都

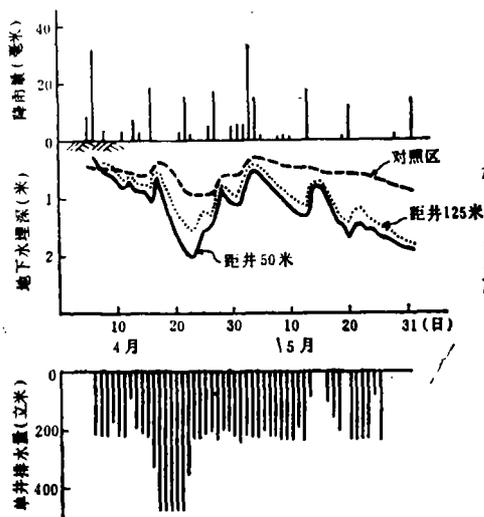


图4 降、排水量及地下水升降过程  
(1977年4、5月三麦受灾期)

表4 1977年7—9月4次降水过程中的井排情况(I号井)

降水			井排				地下水埋藏深度(米)						
起 (月·日)	迄 (月·日)	降雨量 (毫米)	起 (月·日)	迄 (月·日)	平均每日 排水时数	抽排总 水量 (毫米)	日期 (月·日)	井排区(距竖井距离米)					对照区
								25	30	50	75	175	
7·7	8·8	75.7	7·9	7·10	8.5	1.7	7·10	0.89	0.69	0.45	0.40	0.34	0.46
7·15	7·20	96.6	7·11	7·20	12.9	12.8	7·20	2.14	1.16	0.54	0.54	0.27	0.45
8·14	8·15	62.3	8·16	8·20	17.3	8.6	8·20	2.29	1.76	1.54	1.52	1.13	0.83
9·10	9·14	182.4	9·12	9·20	18.2	16.8	9·20	2.11	1.62	1.40	1.22	0.99	1.08

注：对照区观测井距排水沟30余米，该井地下水正常埋深比井排区低20—30厘米。

造成地下水上升至地表。试区在相应时段内抽水，使地下水受到了一定控制(表4)。井排降低地下水的作用与井排天数、每日排水时数有关，井排时间长，有效区可在175米以外。期间如能日夜连续抽水，效果更好。

试区内外地下水深度不同，直接关系到棉株根系发育进而影响营养体生长，最终反映到产量上。距竖井25米75米及对照区的地下水埋深分别经常在2.0、1.3、1.0米左右，其棉株主根也分别达1.82、1.31、0.98米深，株高依次是78.5、69.4、54.6厘米，测产结果(以20株棉铃数推算)，距井25米处皮棉单产78公斤，75米处单产62.5公斤，对照区单产48.5公斤。

### (五)提高粮棉产量

新村在试验期粮棉产量有了可喜的变化。全村皮棉总产1974年589公担，1981年上升为1156.5公担，增长一倍。井排前1971—1974年皮棉单产年递增率是9%，井排期1974—1981年年递增率达17%。全村粮食总产也由1974年的42.5万公斤上升到1981年的54.4万公斤，增加了27.9%。不论棉花、粮食、试验区的增产幅度均超过了外围保护区。

新村在短短几年间粮棉产量有较大幅度上升，还与综合治理低产田有关。在开展竖井排水的同时，新村还完成了田间工程配套，做到合理排灌。尤其重视绿肥的培植和秸秆还田，做到秋播亩亩夹绿肥，夏熟麦秆还到田，使土壤熟化层逐年增加。因此在竖井排水的同时，还应

进行综合治理。

## 四、结 语

(一)新村“竖井排水”在排降地下水位、淡化地下水水质、加速土壤脱盐以及防治作物渍害等方面效果比较显著,可以认为是快速改良滨海盐土的一项技术。经核算,每公顷的基建投资150元,每公顷年管理费60—75元。有条件的垦区可以推广。

(二)竖井排水必须在较大范围内实施,才能充分发挥其效益。小面积抽水,水质淡化不稳定,排降地下水位受牵制,土壤易返盐,难于达到理想的效果。

(三)安排好咸水出路是滨海地区开展竖井排水的重要前提。咸水流经的农田应筑严格的防渗渠道,在整体布局中要有独立的泄咸系统,谨防咸水污染农田。

(四)大面积实施井排,能源是个关键。滨海地区风力资源比较丰富,可能是井排能源的出路。本试验在这方面做过一些尝试,认为大有前途。

## 研究通讯

### 施肥对土壤微形态的影响

费振文

(中国科学院南京土壤研究所)

本文将土壤微形态分析方法,用于研究施肥对土壤的影响,以直观地揭示化肥和有机肥对土壤性质的不同影响。

供试土壤有:东北黑土、滨海盐土、砂姜黑土以及黄棕壤表层50厘米以下心土层土壤,模拟水稻田培育试验。培育土壤的原状土样,经处理后制成土壤薄片,在偏光显微镜下进行观察对比分析。

所有连续单施化肥(N肥或N、P、K肥配合)的土壤中,都不同程度地表现出紧密板结的微形态特征。一般在土表形成具层状微结构的紧密结壳。连续6年单施化肥(N肥)的滨海盐土,这种土表结壳厚达1厘米左右。施用有机肥的土壤均变得疏松,大于0.5毫米的较大孔隙增多。据观察,大孔隙增多的原因主要有二。一是未分解和半分解植物残体碎片所占空间所致;二是有机质增强了土壤中动植物生命活动等综合原因,使原来较小结构体(<1毫米)或分散土壤物质,形成较大或多级团聚体。观察结果还表明,有机肥的改土效果均随其施用量的增加而越明显。