

治理江苏沿海盐渍土的水利措施*

袁 宇 明

(江苏省沿海水利科学研究所 东台 224200)

摘 要

本文简要分析了江苏沿海地区盐渍土的成因;探讨了该区土壤水盐运动规律和盐渍土改良机理;通过大量试验提出了治理盐渍土的措施、效果及有关计算方法,可作为各地改良盐渍土的参考和借鉴。

关键词 盐渍土;改良;土壤水盐运动

1 江苏沿海盐渍土的成因及治理机制

1.1 概况

江苏沿海盐渍土的面积有 1000 多万亩,自南(南通)向北(连云港)沿黄海呈带状分布,其中海堤以外滩涂有 500 多万亩。江苏沿海盐渍土原为浅水海滩,后经长江、淮河、黄河下泄挟带的大量泥沙在海潮波浪和潮流的海洋动力作用下反复搬移,使海岸逐渐向东方伸淤高成陆而形成滨海冲积平原。由于在成陆过程中受海水渗杂影响,江苏沿海盐渍土生成的一个重要特征是积盐过程先于成土过程。目前,从射阳县大喇叭口到如东县海岸,每年以 5—6 万亩的速度向东继续淤长。东台市豫港海岸外的水下辐射沙洲,面积达 18000km²,其规模之巨大,情况之复杂,发育之迅速,在国内外均属罕见。江苏沿海盐渍土区气候温和、自然资源丰富,但因成土母质系沉积物质,又多次受海水浸渍、土壤含盐高、地下水位埋深浅、地下径流不畅、土壤渍害严重。江苏土壤资源紧缺,人口稠密,治理好沿海盐渍土,对于加速江苏现代化建设,巩固海防,有着十分重要的意义。

江苏沿海盐渍土地区分属两个气候区,射阳河南为长江流域气候区,北属华北气候区,有明显的海洋性和季风性特征,年平均气温 14°—15℃,无霜期 210 天,全年光照 2000 小时以上,年雨量 1000mm 左右。该区地下水是在第四纪海相沉积物形成过程中,历史海水的沉积和成陆后的多次海浸所形成的衍生水,属于氯化钠、重碳酸盐、钙镁类水型,矿化度高达 30g/L 以上。土壤质地从砂壤到粘壤,北部黄淮冲积物多为壤土,南部江滩地区为砂土,且以粉砂土为主。由于砂粘土层交替重叠,形成非均质含水层,渗透系数在 1—6m/24h 左右。盐分在土层中的分布是两种情况:在土壤积盐情况下,土壤含盐量表层高,下层较低;在脱盐情况下,土壤表层含盐分较低,心土含盐分较高。由于沿海盐渍土吸附性钠量较多,碱化度一般在 5—30% 之间, pH 值一般为 8—9,土壤母质中含石灰量较多。

1.2 水盐运动规律及改土机理

* 本文承中国科学院南京土壤研究所王遵亲教授斧正;江苏省沿海水利科学研究所情报资料室为本文提供了大量资料数据,在此一并致谢。

土壤中易溶盐既能随蒸发积聚表层,又能随渗漏转移到下层或排走。在冬季,土壤中水盐运动缓慢,脱盐或返盐均不强烈。而春夏秋三季,土壤中水盐运动频繁,夏季脱盐,春秋返盐,其变化主要受土壤水和地下水运动的影响,降雨与土壤脱盐关系密切,干旱时由于地下水位在临界深度以上,地下水及深层土壤中的部分盐分,因蒸发作用,就能随毛管水上升到表层,土壤处于返盐状态,地下水矿化度愈高,土壤返盐愈烈(表1)。

表1 地下水矿化度和土壤含盐量

测试点	1	2	3	4	5	6
地下水矿化度(g/L)	4.5	7.0	12.0	16.8	21.7	26.6
土壤含盐量(g/kg)	10	20	40	60	80	100

土壤地下水埋深与地下水径流,雨水入渗,土壤水的渗出和地下水蒸发密切相关。江苏沿海盐渍土区中南部的土壤潜水平均埋深在1.1—2.3m之间,低洼地则在1m以内,雨季接近地面,而沿海其余地区绝大部分年均埋深在1.5—1.0m,河水位受海水和潮水顶托则使排泄更加困难,因此沿海盐渍土地区地下水位较高的地方,对土体的通气性有明显的影晌,从而形成了渍害。

从江苏沿海盐渍土区水盐运动规律及渍害形成的水文地质因子可以看出,该区地下水矿化度和土壤含盐量两者之间有着地理分布上的协调性、盐分含量年周期变化的同步性、化学组份的同源性、地下水位高低和土壤受渍返盐的相关性。因此,开发治理沿海盐渍土要以水利措施为前提,即以治水改土为中心,以除涝防渍为重点,同时解决灌溉水源,改进灌溉方法,合理安排河网,确定灌排分开的合理水系,在现有条件下优先考虑地下水的排泄问题,逐步提高排除地表径流的标准。为此,必须以水利改良措施为先导,结合生物措施和化学措施进行综合治理,以期彻底治理沿海盐渍土。

2 洗蓄养种、灌溉淋盐和治理利用同步进行

2.1 引淡冲洗

江苏沿海盐渍土中易溶盐居多,人工引淡冲洗对于治理重盐地具有投资少、收效快、经济效益好的特点。采用冲洗改良技术,要有丰富的淡水,且灌排水系必须能分开。土壤还必须富含钙质。江苏沿海盐渍土含钙量多,不会因盐分的下降而变为碱土。一般说来,只要具备良好的灌排条件和淡水源,都可以进行人工引淡冲洗。

根据江苏沿海春季地下水埋藏深,河水位较低,不误农时的特点,早春是进行冲洗的最佳时间。冲洗次数一般为5—7次,冲洗计划深度为1.2m,冲洗田块以5—10亩为宜。射阳县水利试验站在合兴乡选择150亩重盐地采用不同冲洗时间和不同的冲洗定额进行试验,冲洗前10块试区的盐分都很重,其中5号试区表层含盐量高达24g/kg,经过27—47天的冲洗后,各区各层土壤脱盐率均超过60%,最大的达89.6%。地下水矿化度由冲洗前的23.8g/L,10天后下降为12.1g/L,淡化率达53%;冲洗23天,矿化度下降到5.4g/L,淡化率为70%;冲洗47天,矿化度2.1g/L,淡化率达到95%。试验结果还表明,冲淡20天,脱盐效果较好,尤其是氯化钠含量减少很多,剩余的是微量的碳酸钠、重碳酸钠和硫酸盐等(图1)。

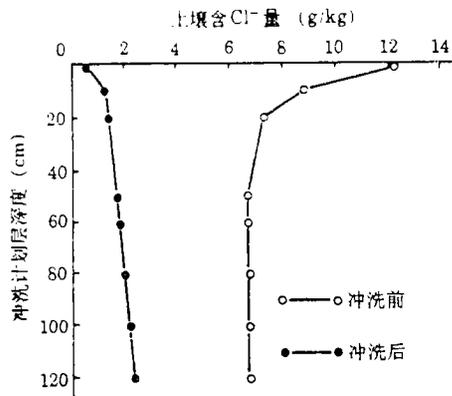


图1 冲洗前后各层土壤盐分变化

冲洗定额可用下式计算:

$$Q_{毛} = \frac{2}{3} [(\Delta h + E)t + W - P] + q$$

式中 $Q_{毛}$ 为毛冲洗定额($m^3/亩$); Δh 为冲洗田块渗漏量($mm/24h$); E 为田间水面蒸发量($mm/日$); t 为冲洗时间($日$); W 为冲洗田饱和和所需水量(mm); P 为降雨利用量(mm); q 为冲洗田排水量($m^3/亩$).

2.2 种稻淋盐

在水源丰富,水质良好,灌、排系统分开,土壤盐分重,地下水矿化度大的盐渍土地区,在人工

冲洗的基础上再种植水稻,可以通过水稻生长期灌溉、排水和换水作用,使土壤中盐分随重力水下渗或侧渗排走。据东台县水利试验站分析,种一季水稻后,0—60cm的耕作层含盐量绝大部分都降到1—1.5g/kg以下(表2)。

表2 种稻前后土壤(0—60cm)容重与脱盐状况

试 区	土壤含氯量(g/kg)		容重(g/cm^3)		储盐量(t/亩)		脱盐量(t/亩)	脱盐率(%)
	稻前	稻后	稻前	稻后	稻前	稻后		
一	1.55	0.92	1.39	1.47	0.865	0.540	0.725	37.7
二	4.35	2.43	1.24	1.46	2.470	1.370	1.100	44.5
三	3.57	2.04	1.40	1.50	2.000	1.220	0.780	39.0
四	1.23	0.48	1.39	1.49	0.685	0.286	0.399	58.5

盐渍土地区引种水稻除灌排系统要严格分开外,各田块之间不能串灌串排,要采用淹灌的灌溉制度,各生育期的灌溉水层比非盐渍地的稻田要深。其中移栽至返青期,水层应保持在40—50mm,并要坚持经常换水。换水时间要视稻田的水质情况而定,当稻田水中含盐量超过1.5g/L,必须及时加水冲淡或先排再灌淡水;在分蘖期,田间水层可小于50mm,适当进行烤田,当0—60cm土层含盐量超过2g/kg,应及时复水;在拔节孕穗期,是深灌洗盐的最好时期,田间水层一般可灌至90—120mm;在抽穗灌浆期,水层则应控制在30—40mm,黄熟后应停灌。

2.3 蓄淡养青

在沿海滩涂水源尚未解决,人工冲洗和种稻淋盐还无条件的情况下,可采用围埝蓄淡、自然淋盐这一过渡措施。江苏沿海地区降雨丰沛,加上围埝蓄淡工程简单,容易实施,群众可以自办,在农村实行新的管理体制后,这一技术最便于推广。

表3 放萍前后土壤脱盐状况

处 理	氯 离 子 (g/kg)				1m土体含盐量(g/kg)	表土脱盐(%)	1m土体脱盐(%)
	0—10(cm)	10—20(cm)	20—40(cm)	40—100(cm)			
放萍前	3.2	3.0	2.8	2.8	2.86	—	—
放萍后	0.4	0.5	0.6	0.9	0.75	87.5	73.7

耐盐耐瘠的绿萍，是改良重盐地的理想绿肥，养殖和施用绿萍，去盐效果十分显著(表3)，有蓄水淋盐和培肥改土的双重功效。养萍期间，灌溉水层深度以40mm左右为宜，灌溉定额 $500\text{m}^3/\text{亩}$ 左右。

3 多途径排水，严格控制地下水位

水是作物生长的前提条件，但地下水位过高，土壤含水过多则容易引起土壤返盐致渍。因此，沿海盐渍土地区农田排水的主要任务就在于及时排除涝水，调节区域水文状况，满足作物对水、肥、气、热的要求，有效地控制和降低地下水位，防止盐分向表层转移，逐步将地下水和土壤中的盐分排除出去。

传统的沟渠河道排水在现阶段是必要的，以后作为除涝防渍工程措施也是不可替代的。但为了加速沿海盐渍土的改良，满足作物生长各方面的需要，我们进行了多种排水形式的试验。江苏沿海盐渍土区的排水形式中，地表水平排水有河道、明渠和明沟；地下水平排水有暗管、暗洞、暗渠和暗沟；垂直排水则有竖井排水。

3.1 地表排水

地表排水主要依靠沟、渠、河排水，它们输水量大，是排涝的主要手段。江苏平原地区排水积几十年的经验，采用“内三沟”和“外三沟”系统工程。其排水顺序依次为：大田→竖墒沟→横墒沟→隔水沟→小沟→中沟→大沟→干河→黄海。其中竖墒沟、横墒沟、隔水沟称之为“内三沟”；小沟、中沟、大沟称之为“外三沟”。其规划一般遵循“大沟定向、中沟划框、小沟划方、以埂划块”的原则，使河网有一定的深度、密度和容量。

按排盐治渍要求，末级排水沟深以能把地下水位控制在临界水位深度以下为宜，计算公式为： $H = H_k + \Delta h + h_0$ ，式中 H 为排水沟深(m)， H_k 为地下水临界深度(m)， Δh 为排水沟之间中部地下水位与排水沟内水位之差(m)，一般多采用0.20—0.40m， h_0 为排水沟排地下水时的设计水深(m)，一般多采用0.20m。

据新洋试验站的开沟排水淋盐试验资料，1m土层的盐分比开沟前降低37.4%，未开沟的仅下降20.5%。排水良好的条田，1m土层的盐分下降56%，排水不通的1m土层的盐分反而上升了34.1%。连云港境内的东辛农场一分场通过兴修水利，开挖排水支河，清理条田沟，也能加速土壤淋盐速度，表土含盐量由原来的 $4\text{g}/\text{kg}$ ，下降到 $1.5\text{g}/\text{kg}$ 以下，粮棉产量大幅度上升。

作为田间排水用的竖墒沟、横墒沟和隔水沟(内三沟)的布局必须合理。一般而言，不宜过于增加“内三沟”的密度和深度，否则土地利用率低，田间工程量大；反之，又易造成田间积水，形成渍害，破坏作物根系发育生长的适宜条件。

江苏省垦区水利土壤改良研究所曾于80年代通过正交试验，把竖墒沟、横墒沟、隔水沟作为3个影响因素，根据生产实际情况，确定3个不同水平，其中最佳组合的4号试区比最劣组合的8号试区有着明显的差异。雨后土壤中水气比，4号试区为85.1%:14.9%，8号试区为92.1%:7.9%；棉花产量，4号试区为 $59.12\text{kg}/\text{亩}$ ，8号试区为 $45.16\text{kg}/\text{亩}$ 。所以沿海盐渍土区(主要指砂粉土地区)“内三沟”的竖墒沟的合理间距为2.4—3.6m，深度为0.25m；横墒沟间距为20m，深度0.30m；隔水沟深度为0.60m。

3.2 地下排水

地下排水主要依靠灌溉暗渠、排水暗沟、降水暗管及洗盐暗洞等实现的。这是当今地下

径流排水效果最稳定的措施, 具有灌排适量适时, 降水治渍, 控制和调节土壤水分, 节约占地、淋盐改土的优点。同时, 取材容易, 造价低廉, 加上田内障碍少, 有利于机械化发展。

地下渠道断面一般为圆拱直墙形。排水暗沟常采用圆形管道, 材料常用混凝土、灰土、水泥土、瓦管、塑料管等。施工办法有的是现场拌料夯筑, 有的是开沟铺设, 也有用鼠道型施工的。

据东台水利试验站在新联4队进行棉田暗管排水试验, 在12亩试区内, 暗管铺设间距为20m, 埋深1.2m, 坡降为6%。试验结果表明, 有暗管区提高了除涝治渍标准, 在雨后最初两天, 每天可降低地下水位60cm。排除土壤水分快, 雨后天在田面和墒沟基本无积水, 0—60cm土体内水分未呈饱和态, 提高了土壤通气性, 土壤内空气含量明显增大(表4)。皮棉亩产比对照区提高20%。

表4 0—60cm土壤空气含量(%)

雨后天数	1	5	10	15
有暗管	6.0	13.0	15.8	17.2
无暗管	0	6.2	11.9	14.7

又据射阳水利试验站进行鼠道排水淋盐试验, 0—80cm土层, 1年后脱盐率为12%, 3年后脱盐率为49.8%, 原有盐渍斑全部消除, 地下水矿化度达38.0%; 而未采用地下排水的无鼠道对比田, 同样经过3年时间, 同深度内土壤脱盐率只有11.8%, 盐渍斑仍有10%左右(表5)。

再从赣榆县农业局进行的暗洞洗盐经验来看, 他们从1982年起用东风50型拖拉机牵引ILSA-80/120型松土暗沟犁开暗洞, 洞距3m, 直径10cm, 埋深40—50cm, 洞长300—400m, 3年共打暗洞260亩次。1984年3种处理田块平均亩产稻谷由1982年的199.2kg分别提高到384.5kg, 407.5kg, 422.9kg。其主要作用表现在土壤水渗漏量增加, 洗盐速度加快, 提高了耕作层排水速度, 消除渍害, 减轻盐害, 增产显著。

表5 鼠道排水的淋盐作用

试验处理	时间	面积 (亩)	土壤全盐含量(g/kg)					脱盐率 (%)	地地下水 矿化度 (g/L)	淡化率 (%)
			0—20 (cm)	20—40 (cm)	40—60 (cm)	60—80 (cm)	0—80 (cm)			
鼠道结合	试验前	100	2.5	2.0	1.8	1.7	2.05	—	9.7	—
浅明沟	3年后	100	1.0	1.0	1.0	1.1	1.02	49.8	6.1	38.0
无鼠道	试验前	50	2.1	1.8	2.0	1.9	1.95	—	—	—
	3年后	50	1.6	1.6	1.7	1.8	1.68	11.8	—	—

3.3 垂直排水

垂直排水又称竖井排水, 是用打井抽水的方法, 降低地下水位, 抽咸补淡, 通过地面排水系统将抽出的咸水排入黄海, 这是沿海地区治理盐渍土较为有效的措施。

江苏省沿海水利科学研究所从1975年到1982年在江苏沿海中部的东台市灭螺新村1014亩试区进行竖井排水, 改良盐渍土试验。根据该区水文地质条件, 井深在32—36m之间, 井距为500m, 按梅花形布局。井管先用内径为30cm的钢筋混凝土管, 后又改为50cm内径的无砂滤水管。1980年试验成功由一口主井, 四口副井组成的子母虹吸井。单井抽水, 降深稳定, 在14m时影响半径为250m。抽水井配有4JD浅井泵, 用12马力柴油机或7.5千瓦电动机拖动。

竖井排水试验结果表明:(1)井排区竖井抽水时形成的一个地下水漏斗, 加大了地下水的出流角度, 即增加了地下水的水力比降, 出流角度在20°左右, 而明沟排水的出流角仅

有 2° — 3° ，明显增强了排水能力，由于排水量的增大，加速了地下水的淡化脱盐，阴离子和 K^{+} 、 Na^{+} 大都有减少的趋势，而 Ca^{++} 普遍增加(表 6)；(2)竖井排水加快了地下水的排降速度，在雨后 1 天内，就把距井 30m 的地下水埋深从 0.6m 降到 1.5m，3 天后继续保持下降趋势，埋深已达 2m 以下，而明沟排水受沟深限制，雨后 3 天距沟 25m 处的地下水埋深才降到 1.5m 左右；(3)防治作物渍害，促进作物根系生长，距竖井 25m 处棉花的株高、主根长度分别比对照区高 23.9cm、长 66cm，主根和根群层分别比对照区深 84cm(对照区主根横向生长，不下扎)和 25cm；(4)粮棉增产效果明显，井排前灭螺新村皮棉单产平均为 30.2kg，而井排后的 1977 年达到 58.1kg，1976 年粮食单产 474.5kg，比井排前增加了 13%。

表 6 井排区排水前后地下水阴阳离子的变化

井号	采样时间	阳离子(c mol/L)				阴离子(c mol/L)				差值 (c mol/L)	
		$K^{+}+Na^{+}$	Ca^{++}	Mg^{++}	合计	Cl^{-}	SO_4^{--}	HCO_3^{-}	CO_3^{--}		合计
I	井排前	327.5	12.5	22.5	362.6	291.0	49.0	22.5	0	362.5	111.4
	井排 2 年后	172.1	17.0	62.0	251.1	232.1	16.0	1.0	2.0	251.1	
II	井排前	230.5	25.5	112.0	368.0	279.5	71.5	17.0	0	368.0	81.0
	井排 2 年后	208.9	15.0	63.1	287.0	264.9	11.1	8.0	3.0	287.0	
III	井排前	388.0	8.5	110.5	507.0	435.0	53.5	18.5	0	507.0	94.9
	井排 2 年后	297.4	20.8	93.9	412.1	370.0	23.5	18.2	0.4	412.1	
IV	井排前	225.0	17.5	57.5	300.0	237.0	40.5	22.5	0	300.0	55.5
	井排 2 年后	165.2	13.0	66.3	244.5	221.2	16.3	5.0	2.0	244.5	
V	井排前	365.0	12.0	91.5	468.5	368.5	73.0	27.0	0	468.5	131.2
	井排 2 年后	237.2	18.0	82.1	337.3	313.8	18.3	3.2	2.0	337.3	

3.4 匡圩抽排

江苏沿海盐渍土区有不少低洼地和半高地，盐渍灾害严重，采取匡圩抽排，有利于这些地区排涝和降低地下水位，治理涝渍和盐害。低洼地、半高地按圩区治理，实行深挖沟、高筑圩、洪涝分开、高低分开，灌排分开。小沟、农渠以上布置灌排两套系统，灌溉渠系高水位、不串灌、不漫灌；排水沟河低水位，治涝降渍。圩区规模因地制宜，以方便生产生活，减少工程投资为原则。在大、中干沟堆堤有一定基础的地区，可以按照大、中、干沟划匡定圩，利用现有沟河堤加固成标准圩堤。工程设施上做到自排与抽排相结合，以自排为主，正常年份自排；在外河高水位压境不能自排时，则关闭涵闸，进行抽排，控制圩内水位，降低地下水埋深在 1m 以下为宜。

据调查，射阳县黄尖镇洋尖村 1987 年实行圩区治理后，粮棉亩产比匡圩前的 1983 年分别增长了 119% 和 98%；而同镇未按圩区治理的新征村粮棉同期增长速度比洋尖村慢 48% 和 43%。

治理盐渍土不仅要消除土壤中的可溶性盐类，降低土壤溶液盐浓度和地下水位，而且要使土壤具有较好的理化性质和提供作物生长所必需的各种养份，因此，必须在水利改良的前提下继续或同时进行农业改良、生物改良、化学改良和物理改良等综合措施，以巩固和扩大水利改良效果，达到根治盐渍土的目的，彻底改变江苏沿海盐渍土“盐、涝、渍、板、薄”的状况。