

吉林省郭前旗灌区苏打盐渍土的改良

陈恩凤 王汝楠 胡思敏 王春裕 崔连武

(中国科学院林业土壤研究所)

一、引言

从1953年起,我们与当地水利局密切合作,在吉林省郭前旗灌区开始进行苏打盐渍土的改良研究工作。目前已能就多年来的研究资料初步总结出一套结合种植水稻改良苏打盐渍土的方法,并且在生产上开始推广应用。

吉林省郭前旗灌区是我国东北地区四大灌区之一,位于吉林省西部第二松花江左岸与嫩江的汇合处,总面积为116,000公顷,为低洼的超河漫滩阶地。水文地质条件不良,地面低平,地下水位接近地表,排水困难;夏季某些地区每因降雨充沛而形成地表积水。灌区内分布着大片的苏打盐渍土,土壤中富含重碳酸钠,物理性很坏,pH值较高。由于土壤的不良理化性质,特别是苏打对农作物的强烈毒害作用,对农业生产的发展有着严重的影响。

根据国外改良盐渍土的一般经验,首先是采用各种措施降低地下水位至临界深度后,冲洗土壤盐分至适当含量,继之发展旱作,进行合理轮作,同时严格控制灌溉定额,防止地下水的回升。但是,这对排水条件不良,并因种植水稻而很难降低地下水位的地区不是完全能引用的。因此对这类地区的盐渍土改良,可以根据当地有利条件,另谋更适当的解决途径。

当1954年在郭前旗灌区着手进行苏打盐渍土改良试验时,有人认为是该区不宜种稻,否则将因盐分加重而导致废耕的恶果。但我们认为在具有必要的排水系统的先决条件下,运用淡水灌溉种植水稻,地下水位虽高,而一定厚度的土层及地下水层在灌溉淡水垂直和水平冲洗的作用下,其含盐量及矿化度有可能降低和淡化,并维持在一定程度内,耕作得以继续下去。经过6年来的长期试验证明,在郭前旗的具体条件下,连年灌水种稻,地下水及土壤中的盐分不仅能维持在一定浓度以内,而且有减低的趋势,虽然这种趋势不很稳定,但已为我们指出排水种稻改良苏打盐渍土的良好效益是肯定的。

在郭前旗党政部门的积极领导下,几年来本项研究已经取得了显著的成效。其研究结果已为当地党政部门和灌区群众所重视。县水利局曾于1959年在试验区主持召开种稻改良苏打盐渍土的现场会议和举办训练班。1960年期间又在县委亲自领导下,在该县吉拉吐乡三家子管理区进行大面积推广种植,获得了在12公顷土地上的全面丰收,每公顷产量达8,000斤以上。目前群众对种稻改良苏打盐渍土的信心很高,干劲很足,扭转了过去群众对苏打盐渍土无法改良的某些失望情绪。

在我国东北西部及内蒙古东部的广大平原地区,包括黑龙江省的19个县,吉林省的12个县,内蒙古的呼伦贝尔盟、哲里木盟和昭乌达盟,辽宁省的5个县及辽河下游的部分

地区,都有苏打盐渍土的分布,据初步统计,苏打盐渍土的总面积约达 20 万公顷,土壤的苏打盐渍化是本地区四大自然灾害(风砂、干旱、内涝与盐碱)之一。本项研究结果有助于上述广大地区苏打盐渍土的改良和利用。兹将几年来种稻改良苏打盐渍土的研究结果分述如下。

二、苏打盐渍土改良试验的增产效果与灌溉用水状况

6 年来土壤改良试验获得的水稻产量结果表明(表 1),各处理的绝对产量虽有起伏,总的来看都是不断增长,而增产率有递减的趋势。1957 年及 1960 年期间阴雨较多,以致贪青减产。就各项处理来看,草炭加厩肥与石膏加厩肥的作用最好,石膏及厩肥单独施用效果亦好,单施不及综合施用的效果好。1959 年期间,最高产量每公顷已达 18,000 斤。

表 1 1955—1960 年不同改良处理的水稻产量(斤/公顷)

处 理	1955 年		1956 年		1957 年		1958 年		1959 年		1960 年		平 均	
	产量 (斤)	增产 (%)	产量 (斤)	增产 (%)	产量 (斤)	增产 (%)	产量 (斤)	增产 (%)	产量 (斤)	增产 (%)	产量 (斤)	增产 (%)	产量 (斤)	增产 (%)
对 照	927	—	2602	—	3315	—	4866	—	9180	—	6500	—	4565	—
厩 肥	960	3.5	3315	27.2	3371	1.6	5700	17.3	10440	13.7	7341	13.0	5187	13.8
石 膏	1477	59.3	3592	38.0	3985	20.2	5905	21.4	10250	11.7	6462	-0.6	5278	15.6
压 沙	1665	79.5	2930	12.6	2188	-34.2	6450	32.5	10140	10.4	7345	13	5119	12.2
石灰加厩肥	255	-72.5	517	-80.0	669	-79.8	1488	-69.4	9683	5.5	4916	-24.4	2921	-34.9
草炭加厩肥	2280	146.1	5310	104.2	3720	12.2	6712	38.0	10670	16.2	7240	11.3	5688	24.8
石膏加厩肥	2320	150.0	3712	42.6	4820	45.4	7863	61.5	10604	15.4	7494	15.2	6135	34.3

从分析水稻产量因素中可知,保苗及贪青是影响产量最主要的直接因子(表 2)。在改良土壤的实践中必须对保苗不力及贪青徒长现象给予足够的重视,优先求得彻底解决。

表 2 不同改良处理水稻产量因素的测定结果

处 理	株高(厘米)	不稔率(%)	穗长(厘米)	穗着粒数	着粒密度(%)	千粒重(克)	保苗(%)
对 照	71.1	10.7	14.5	81.0	53.3	20.4	62.8
厩 肥	80.0	16.5	14.6	79.7	52.5	20.4	69.5
石 膏	82.4	23.4	15.1	86.3	71.1	19.1	83.5
压 沙	88.2	14.7	15.4	86.4	54.0	21.4	54.7
石灰加厩肥	75.8	40.7	13.5	60.5	44.7	18.1	43.3
草炭加厩肥	85.7	14.3	15.4	57.7	53.7	20.9	54.7
石膏加厩肥	79.5	7.8	15.7	80.8	59.7	22.3	82.3

盐渍土种稻的合理灌溉,无论在经济上,在防止土壤次生盐渍化与沼泽化的理论上都具有无可置疑的意义。在 1955—1959 年期间,土壤改良试验获得的灌溉资料列于表 3。

资料表明,灌溉的耗水状况是逐年下降的。一般地,灌水量由 1955 年每公顷 35,000 公方至 1959 年降为 8,700 公方,1960 年期间的结果是又有着进一步的下降,1959 年较 1955 年下降五分之三,排水量由 1955 年的每公顷 19,700 公方至 1959 年降为 2,200 公方,较 1955 年下降 88.8%。作物及田间耗损水量由 1955 年每公顷 15,300 公方至 1959 年降为 6,400 公方,亦较 1955 年种植的第一年约下降五分之三,其变化幅度远较排水量为小。

表 3 1955—1959 年土壤改良試驗水稻全生育期內的灌溉數量(公方/公頃)

处 理	灌溉状况	1955 年	1956 年	1957 年	1958 年	1959 年	平 均
对 照	灌水量	33,125	14,836	10,399	16,030	8,296	16,520
	排水量	21,839	7,778	3,256	8,890	2,070	8,766
厩 肥	灌水量	34,094	18,525	9,656	16,617	8,072	17,392
	排水量	20,113	8,092	2,657	7,250	2,020	8,026
石 膏	灌水量	29,731	18,117	9,256	16,352	8,707	18,432
	排水量	13,580	9,113	3,247	8,180	2,020	7,228
压 砂	灌水量	27,601	18,371	11,076	18,412	9,976	17,087
	排水量	13,766	8,828	3,858	8,860	3,070	7,676
石灰+厩肥	灌水量	38,819	15,528	14,049	16,030	8,143	18,513
	排水量	24,515	5,596	2,908	5,770	1,970	8,151
草炭+厩肥	灌水量	36,376	17,774	9,046	15,527	8,615	17,467
	排水量	23,570	7,139	2,073	6,240	2,270	8,258
石膏+厩肥	灌水量	36,249	18,043	11,164	18,616	9,125	18,639
	排水量	21,018	7,521	3,494	7,750	2,170	8,391

在 1955—1958 年期间(其中 1957 年因夏季雨水过多而例外),灌溉供水主要消耗于冲洗盐分的排水(表面洩水)方面,尤以 1955 年最为明显,在栽培水稻的最初年代里运用較多水量借以冲洗盐分是必要的。

不同处理的灌水供消状况,主要随土壤盐渍化程度的强弱而有异,一般盐渍化較重則灌水量較大,同时排水量亦相应提高。在作物及田間耗損量方面呈現出来的逐年下降的变化状况,可以认为是田間管理及技术措施不断改进的結果。

在水稻各生育阶段內的供水量是不同的(表 4),各处理泡田期平均灌水量每公頃为 1,600 公方,作物发芽、幼苗及分蘖期內为 10,880 公方,約占全生育期灌水总量的 60%。水稻在这些时期內的抗盐力最弱,盐分因温度而易于聚积导致危害,故耗水量最多。因此在这些阶段內应重視适时換水。在郭前旗地区,水稻孕穗阶段正处雨季,故灌水量較低。成熟期虽不需要大量灌溉,但为了避免盐渍化的危害,在同样条件下,盐渍土种稻落水应稍晚,以黄熟盛期落干較为安全。

表 4 1955—1959 年改良試驗区水稻各生育阶段內灌水數量(公方/公頃)

处 理	泡 田 期	发芽及幼苗期	分 蘖 期	孕穗及开花期	成 熟 期	总 量
对 照	1,338	3,830	6,520	3,755	1,650	17,093
厩 肥	1,650	3,710	6,920	3,210	1,840	17,330
石 膏	1,890	3,900	6,720	4,540	1,394	18,444
压 砂	1,712	3,880	6,220	3,980	1,280	17,072
石灰加厩肥	1,551	4,400	7,440	3,500	1,720	18,611
草炭加厩肥	1,882	4,140	6,900	3,110	1,400	17,432
石膏加厩肥	1,602	4,420	7,270	3,982	1,306	18,580
平 均	1,600	4,030	6,850	3,730	1,513	17,800

三、不同改良处理区土壤盐分的变化

研究土壤盐分的变化状况,不仅能从根本上阐明土壤改良的效果,且能指出土壤的发生发育方向,以便有效地制定防治土壤盐渍化的各项措施。根据土壤改良试验各种处理在 1955—1958 年期间的材料,已足以说明土壤盐分在种稻淹灌条件下的变化趋势。

(一) 草炭加腐肥区土壤盐分的变化

该处理在种植水稻以前,土壤含盐量较高,且主要聚积于表层,5 厘米土层内含盐量为 0.28%,足以危害种子的正常发芽;在 30 厘米土层内为 0.30%,在 65 厘米土层内为 0.26%,足以危害作物根系的正常生育。在盐类的组成中以苏打为主,特别是重碳酸钠含量最大。65 厘米土层内阴离子总量为 3.60 毫克当量/100 克土,其中 HCO₃⁻ 的含量达

2.06 毫克当量。Cl⁻ 及 SO₄⁻² 的含量表层较高。土壤的 pH 一般在 8.0—8.2 之间。

经过栽培一季水稻以后,表层含盐量降为 0.09%,较种植前下降约三分之二,在 30 厘米土层内下降二分之一,由此可见种一季水稻后,土壤上层已具有强烈的脱盐过程。

连续种植水稻 4 年,即在 1958 年 10 月秋收后,土壤全剖面含盐量较种植前(1955 年 4 月)下降五分之三,其中 CO₃⁻² 由下移乃至消失,土壤的 pH 值随着脱盐而相应下降,接近中性反应。在 20 厘米土层内,

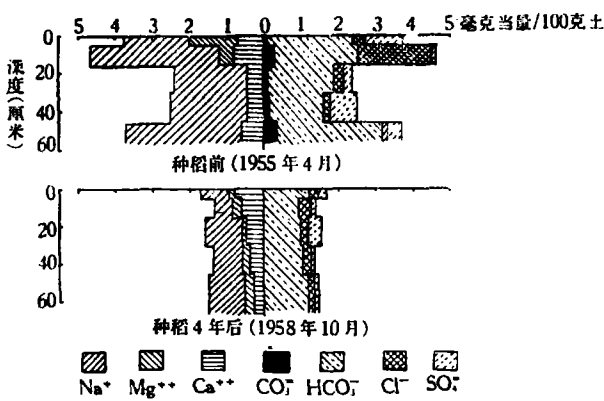


图 1 草炭加腐肥区土壤的盐分剖面

$\frac{Na^+}{Ca^{++} + Mg^{++}} < 1$, Ca⁺⁺ 及 Mg⁺⁺ 已明显地占优势。

(二) 石膏加腐肥区土壤盐分的变化

该处理均设置于盐渍化较重的地段,种植前(1955 年 4 月)土壤盐分以 30 厘米内聚积最多,于 5 厘米厚的土层中,土壤含盐量达 0.37%,30 厘米内为 0.35%,在 1.1 米厚的土层中为 0.24%,其数量足以危害水稻的正常生长。在盐分组成方面,重碳酸钠及碳酸钠占绝对优势。例如在 1.1 米土层内,HCO₃⁻ 的含量达 2.26 毫克当量,占阴离子总量的三分之二以上,CO₃⁻² 亦居相当的含量,达 0.36 毫克当量。Cl⁻ 及 SO₄⁻² 的含量都很低,在 1.0 米土层内,Cl⁻ 的含量为 0.13 毫克当量,SO₄⁻² 稍高于 Cl⁻,为 0.45 毫克当量。阳离子中以 Na⁺ 为主,Ca⁺⁺、Mg⁺⁺ 含量低,且上下土层相差不大。土壤的 pH 值为 9.6—10.2,以表层最高。

在连续种植水稻 4 年以后,30 厘米土层深度内含盐量下降为 0.11%,1.1 米土层内为 0.16%,较种植前减少了 0.08%。在 10—45 厘米土层范围内,Na⁺ 几近消失,Ca⁺⁺ 及 Mg⁺⁺ 占绝对优势。0—45 厘米土层内,Ca⁺⁺ 及 Mg⁺⁺ 的总量为 0.73 毫克当量,较种植前同样土层内的含量高三倍以上。栽培水稻以后,在这一层次内 $\frac{Na^+}{Ca^{++} + Mg^{++}} = 0.28$,

表明这个层次的化学性质已显示了根本的变化。土壤的 pH 值，5 厘米土层内由原来的 10.2 降为 7.60，在 1.0 米土层内由原来的 9.60 降为 7.66。

关于石膏加底肥处理土壤盐分的变化，可从图 2 中明显的看出。

(三) 石膏处理区土壤盐分的变化

该处理均设置于盐渍化很重地带。1955 年 4 月种稻灌溉之前，57 厘米土层内含盐量为 0.29%，30 厘米土层内为 0.50%，1.0 米土层内平均含盐量为 0.43%，往下含盐量很低。在盐分组成中，1.0 米土层内 HCO_3^- 的含量为 4.40 毫克当量， CO_3^{2-} 为 0.74 毫克当量， Cl^- 为 0.18 毫克当量， SO_4^{2-} 为 0.16 毫克当量；阳离子中 Na^+ 最多，足见苏打占有

优势。全剖面 pH 值很高，达 10.0—10.3，足以引起对水稻的危害。在当年种稻之后，表层 5 厘米土层内含盐为 0.38%，30 厘米内为 0.53%，1.0 米土层内为 0.50%，表明盐分较种植前显著的增高。盐分组成中以碳酸钠为主。

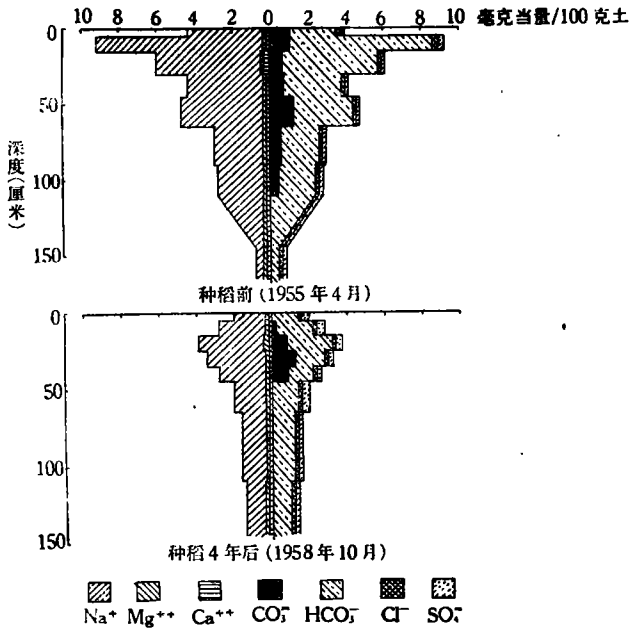


图 3 石膏区土壤盐分剖面

总之，石膏处理的地段在 1955—1958 年期间土壤是脱盐的，且以 0—30 厘米土层内最为显著。土壤的 pH 值得到了不断的下降，并且与土壤的盐分状况相适应。同样以土

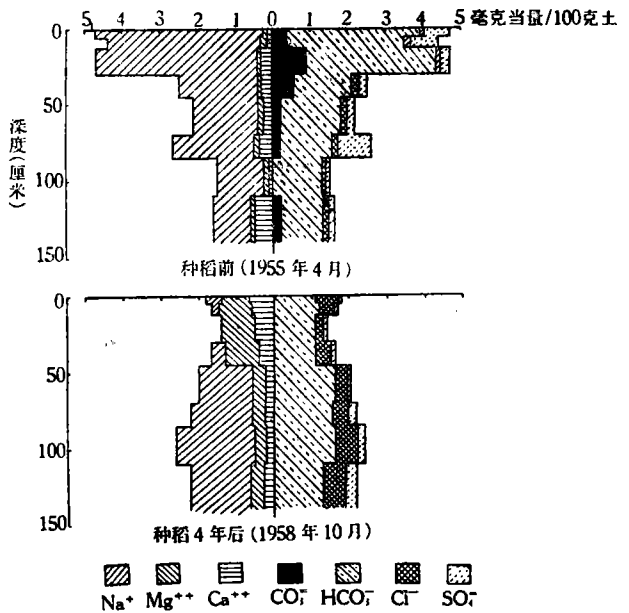


图 2 石膏加底肥区土壤的盐分剖面

连续种植水稻的第四年，即 1958 年期间，5 厘米土层内含盐量为 0.15%，30 厘米土层内为 0.27%，1.1 米土层内为 0.39%，表明 0—30 厘米土层内含盐量较种植前下降二分之一左右，并且盐分多聚积在下层。表层 15 厘米以内 CO_3^{2-} 已消失，15—90 厘米处 CO_3^{2-} 含量为 1.74 毫克当量，较种植前同样土层内增加 1.0 毫克当量，1.0 米土层内 HCO_3^- 的含量为 3.16 毫克当量，仍然低于种植以前。土壤的 pH 值在 5 厘米土层内已降为 7.7，30 厘米内为 8.0，1.0 米土层内为 8.55。

壤上层降低最多。在盐分组成方面,阴离子中以 HCO_3^- 下降最多, SO_4^{2-} 相对似有增高的趋势, Cl^- 的变化尚不明显。阳离子以 Na^+ 下降最多, Ca^{++} 及 Mg^{++} 在剖面中的含量大致相近,种稻后表层有相对增高现象。

(四) 石灰加厩肥处理区土壤盐分的变化

1955年4月种稻以前,石灰加厩肥处理的土壤含盐量,表层5厘米内为0.37%,往下逐渐减少。盐分组成中以重碳酸钠及碳酸钠为主,65厘米土层内 CO_3^{2-} 为0.47毫克当量, HCO_3^- 为2.64毫克当量, SO_4^{2-} 及 Cl^- 的含量均低。阳离子中 Na^+ 占绝对的优势。土壤的pH值为8.4—8.6。

经一季栽培水稻之后,5厘米土层内含盐量为0.39%,65厘米土层内为0.40%,表明全剖面土壤含盐量是上升的,以 HCO_3^- 增加最多, SO_4^{2-} 及 Cl^- 亦稍有增加;阳离子中 Mg^{++} 及 Ca^{++} 约增加3—5倍,且增加部分主要聚积于上层。土壤碱度普遍上升。在种植第二年,除表层5厘米土层内较种植前降低外,其下层含盐量仍然继续累积,其中增加最多的是 HCO_3^- ,土壤的碱度仍然很高。连续种稻3—4年以后,测定结果表明土壤盐分有着显著下降,5厘米表层内已降为0.15%,30厘米土层内降为0.20%,65厘米内降为0.18%,已较种稻前下降0.10%。 CO_3^{2-} 已从剖面中消失, HCO_3^- 的含量在65厘米土层内已降为1.81毫克当量, Cl^- 及 SO_4^{2-} 的变化不大。阳离子中的 Na^+ 在65厘米土层内较种植前下

降二分之一以上,且以表层削减最为显著,这对作物种子的正常发芽非常有利。

本项处理自栽培水稻以来,在最初年份里,土壤含盐量具有上升的趋势,同时土壤的碱度也显著的增加,自1957年开始呈现脱盐过程。表明苏打盐渍土施用石灰,在改良初期不仅不能起到改良土壤的作用,相反会引起土壤碱度的增加,一直到土壤碱度降低之后,石灰方起有效的改良作用,因此一般不能

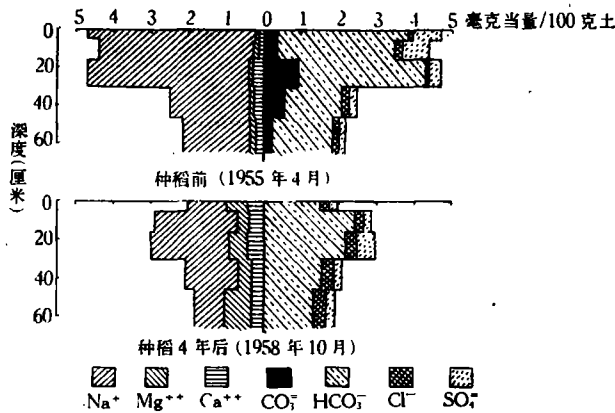


图4 石灰加厩肥区土壤盐分剖面

单独施用,需要与石膏结合施用为宜。

(五) 厩肥区土壤盐分的变化

种稻前,5厘米土层内土壤含盐量为0.30%,30厘米内为0.26%,1.0米土层为0.20%。同样以重碳酸钠为主。土壤的pH值较高,1.0米土层内平均为9.35。该年种稻后表层盐分已降为0.12%,1.0米土层内降为0.16%。盐分迅速向下移动,脱盐明显。在下降的盐分中以苏打为主。土壤的pH值亦有了下降,1.0米土层内已降为8.2。

1957年,土壤含盐量继续下降。1.0米土层内降为0.08%,较种稻前下降二分之一以上;上层30厘米土层内降为0.07%。1.0米土层内pH值平均为8.0。

总之,施用厩肥种稻淹灌后,土壤含盐量普遍向下移动,以表层下降最为明显。盐分组成也有显著改变, CO_3^{2-} 在一经种稻之后即消失;阳离子中以 Na^+ 下降最显著, Ca^{++} 及

Mg⁺⁺ 的变化较为稳定,表层有增高的良好现象,表明施用厩肥有着良好的效果。

(六) 压沙处理区土壤盐分的变化

本项处理在种植前仅作了阴离子的分析。其时全剖面内阴离子总量为 4.49 毫克当量/100 克土, HCO₃⁻ 含量占 2.16 毫克当量, CO₃²⁻ 为 0.47 毫克当量, Cl⁻ 为 1.68 毫克当量, SO₄²⁻ 的含量很低。全剖面 pH 值平均为 7.9, 表层稍高。

种稻后,土壤盐分有了下降。在 1958 年收割后,5 厘米土层内含盐量为 0.15%, 65 厘米土层内为 0.24%。在盐分组成方面, HCO₃⁻ 为 1.79 毫克当量, Cl⁻ 的下降量亦很大,而 CO₃²⁻ 的含量为 1.32 毫克当量/100 克土,较种植前增加 1.8 倍,这对整个盐分的变化有着很大的影响。土壤的 pH 值因碳酸钠的增长而上升,全剖面为 8.6。

由压沙试验区土壤盐分变化趋势来看,虽亦有改良效果,但作用似不及其他处理好。

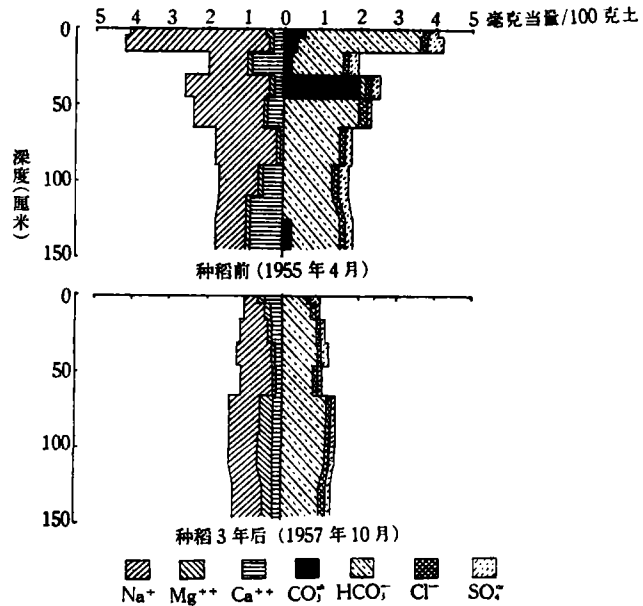


图5 厩肥区土壤盐分剖面

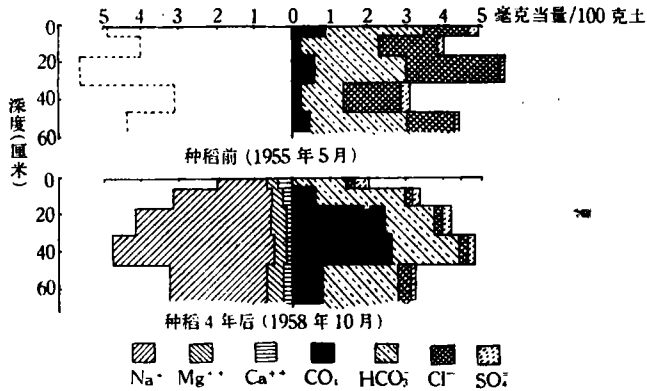


图6 压砂区土壤盐分剖面

(七) 对照区土壤盐分的变化

1955 年 4 月种稻之前,土壤表层含盐量为 0.17%, 水稻根系密集的 30 厘米土层内含盐量为 0.28%, 1.0 米深度内平均为 0.27%, 盐分组成中以苏打为主。土壤 pH 值亦高, 1.0 米土层内平均为 10.0。当年种稻后,盐分已下移,表层 5 厘米内为 0.12%, 30 厘米内降为 0.20%。

经过 4 年种稻以后,1958 年 10 月期间土壤含盐量有了显著的下。表层已降为 0.10%, 30 厘米土层内为 0.14%, 1.0 米土层内下降为 0.16%。盐分在剖面中的分布与种

植前呈现相反的现象,表明盐分不断向下转移。盐类中以重碳酸钠下降最多,碳酸钠已于剖面中消失。全剖面土壤的 pH 值也降为 7.5。

根据 4 年的资料看来,对照处理的土壤脱盐同样是显著的。种植水稻后,盐分显著地向下移动而主要聚积于剖面下部,因此,在量的分布上与种植前恰呈相反。盐分组成中 Ca^{++} 有代替 Na^{+} 而占优势的趋向。pH 值规律地下降,已接近中性。由此表明仅仅实行种稻冲洗而不加任何处理,土壤盐分在强有力的灌溉冲洗下同样有了下降,但其效果比较缓慢。

图 7 表明有关该处理土壤盐分的变化状况。

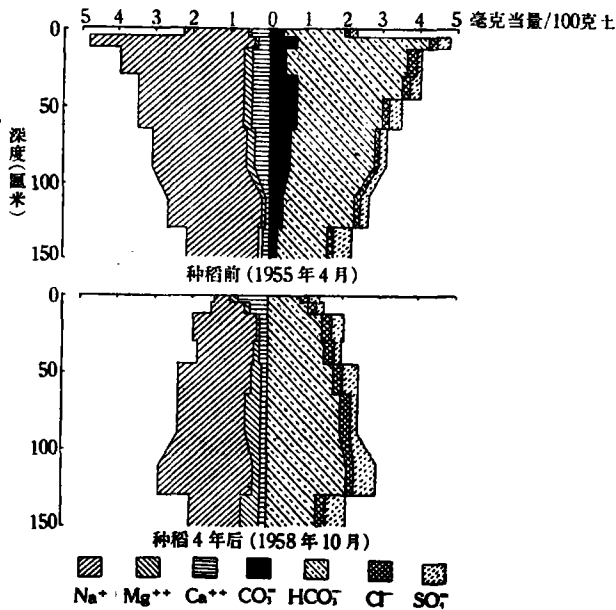


图 7 对照区土壤盐分剖面

四、试验区及其附近地下水位、水温与盐分的变化

土壤含盐的变化与地下水密切相关。种稻冲洗后的地下水位、水温及其矿化度状况是决定土壤改良效果的重要依据。为了探明试验区及其附近的地下水状况,曾设置地下水观察井进行长期而系统的研究,兹将几年来的观测结果阐明如下。

(一) 地下水位与水温的变化

试验地段地下水位本来就高,如 4 号观察井历年来的平均埋藏深度为 1.9 米,其他水井亦相类似。所有水井地下水位季节变化极其明显,以 3—4 月最低,5 月份因灌溉而急剧上升,至 6 月份进入最高水位期,甚至接近地表,至 9 月份稻谷成熟停止灌溉后开始逐渐回落。如此每年往复,形成了地下水位的年循环变化。地下水温度的变化状况与水位变化过程完全相适应(图 8),这是由于地下水埋藏深度浅受大气温度的影响所致。

(二) 地下水矿化度的变化

由观测结果表明,试验地段地下水呈微碱性反应,系弱矿化重碳酸钠类型,在低矿化

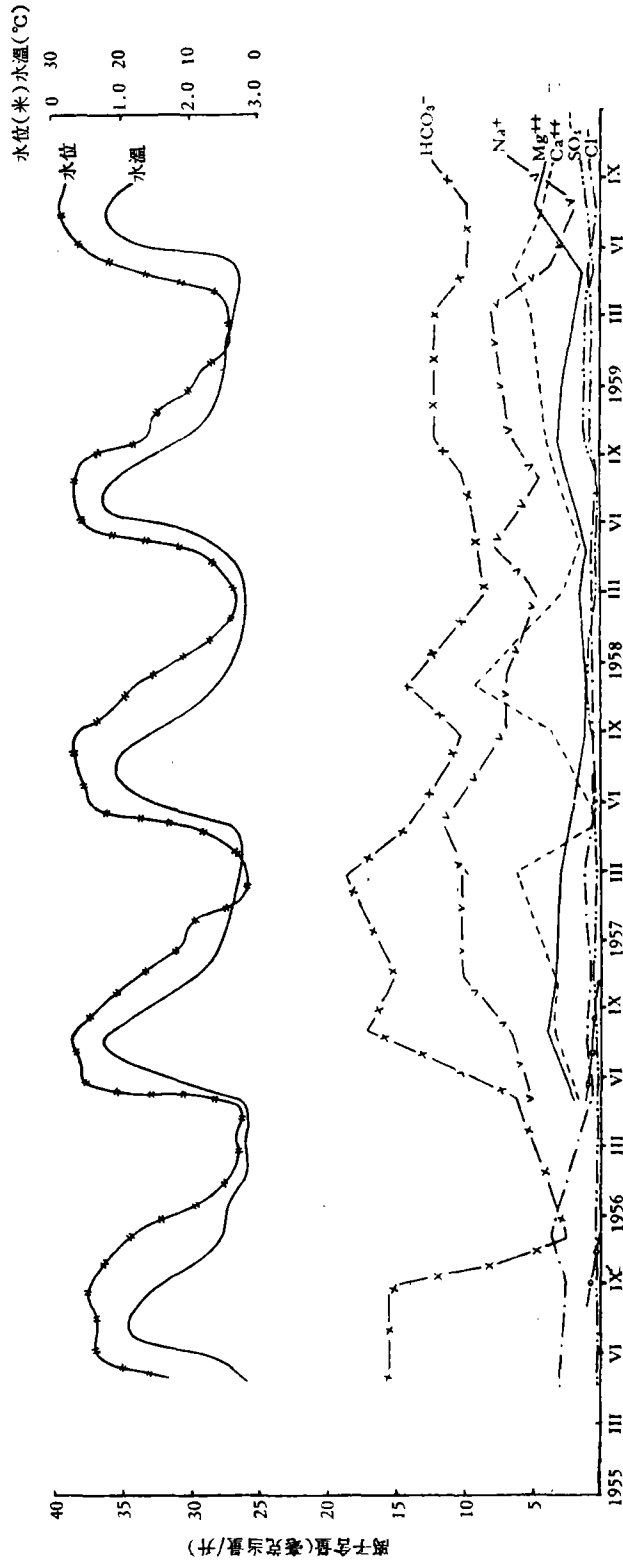


图 8 土壤改良試驗地段地下水的盐分状况(11号水井)

度情况下重碳酸盐始终随矿化度的增加而增加,氯化物及硫酸盐的含量低而稳定(图9)。

一般来说,试验地段观测井的矿化度在栽培水稻的第一年(即1955年)期间是较高的,

1956年趋于下降,1957年又普遍上升(这是历年来矿化度最高的一年),往后均急剧下降。据统计在1955—1959年期间矿化度呈上升趋势的观察井只占22%,几无变化的占30%,呈下降趋势的约占45%,由此可见,试验地段在有排水的条件下种稻淹灌没有引起大面积地下水状况恶化的现象,相反在绝大多数情况下地下水主要趋向于淡化状况。

地下水矿化度季节性变化颇为明显,一般以夏季最高,春季最低,这种情形与水位、水温的变化状况大致相适应。

在低矿化度情况下,地下水盐分各组成之间的含量关系不因矿化度增减而改变,阴离子排列顺序是 $HCO_3^- > CO_3^{2-} > Cl^- > SO_4^{2-}$, 其中 CO_3^{2-} 不是经常存在的; 阳离子的排列顺序是 $Na^+ > Ca^{++} > Mg^{++}$, 虽然往往当 Na^+ 上升时, Ca^{++} 减少, 反之

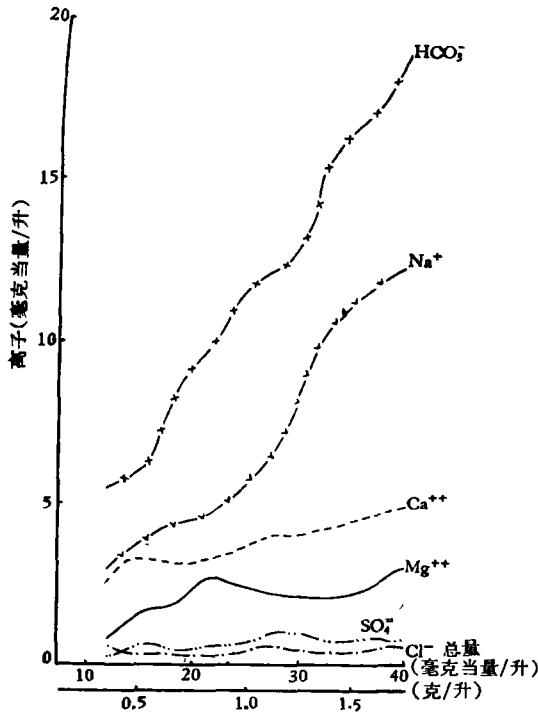


图9 试验地段地下水的矿化度与盐分组成的关系

Ca^{++} 则上升,但始终是 $\frac{Na^+}{Ca^{++}} > 1$; 只有在矿化度小于1克/升左右时,才可能看到 $\frac{Na^+}{Ca^{++}} < 1$ 的情形, Cl^- 及 SO_4^{2-} 的变化较为稳定。

五、水稻的耐盐临界浓度

探明水稻耐盐临界浓度对改良利用盐渍土及经济用水扩大灌溉面积,具有重大意义。在盐渍土区种植水稻因存在盐害灌溉定额不仅取决于水稻的田间需水量,更主要的取决于水稻各个生育阶段的耐盐临界浓度。由于盐渍化的威胁,纵然田间有水,如淹水层及根系活动层的盐分浓度超过其耐盐极限时,水稻仍然不能良好生长,甚至受害死亡。水稻的耐盐临界浓度除受本身生物学特性的影响外,尚受气候特征、土壤性质以及耕作管理等因素的影响。

(一) 水稻生物学特性对其耐盐度的影响

水稻的耐盐性以幼苗时期最弱,随成长而增强。根据我们测定的结果(表5),在郭前旗的具体情况下,幼苗期内表土(0—25厘米)含盐量宜在0.20%以下,超过0.30%时生长就受抑制,根部发育不良,地上部分发黄,受害严重时,根部发黑,茎叶枯烂而致死亡。分蘖期内表土含盐量宜在0.25%以下,超过0.35%时生长受到抑制,轻则生育迟缓,分蘖减少,重则不能分蘖,以致下部叶片枯黄。孕穗期表土含盐量宜控制在0.30%以下;抽穗开花期宜控制在0.35%以下,一般只要田面保持一定水层,就不易受害,但如不注意此时气

表5 水稻各生育阶段的耐盐临界浓度(0—25厘米土层)*

生育阶段	生育表现	pH 值	总 碱 度		总盐量 (%)
			毫克当量/百克土	%	
幼 苗 期	良 好	7.9	1.06	0.065	0.19
	受抑制	8.7	2.55	0.150	0.32
分 蘖 期	良 好	7.6	1.36	0.091	0.25
	受抑制	8.8	2.82	0.166	0.38
孕 穗 期	良 好	7.9	1.74	0.106	0.30
	受抑制	9.1	3.66	0.223	0.42
抽穗、开花期	良 好	8.2	2.60	0.158	0.38
	受抑制	8.7	3.59	0.219	0.50
成 熟 期	良 好	7.9	1.51	0.103	0.38
	受抑制	8.5	2.64	0.161	0.49

* 总盐量系惠氏电桥法测定

温高、土温高的特点,随时调节水层厚度,致使田面水浓缩,水稻虽不致死亡,却影响生长,促使枯老,或结实减少,或空粒增多,造成减产。在水稻生长后期,为了保证土壤盐分浓度不致增高,落水要较非盐渍土区迟。在郭前旗约推迟半月。此外,不同水稻品种的耐盐性具有明显的差异,仅就郭前旗灌区栽培较广的品种来看,“兴国”的耐盐性较“青森5号”强。

(二) 土壤盐分季节变化对水稻耐盐度的影响

土壤盐分季节变化受着气温、雨水、地下水以及灌溉管理等综合因素的影响。本区土壤含盐量在种植期间随高温、高地下水位而增高,由6—7月开始,至8月份达最高峰,9月以后逐渐降低。土壤盐渍化愈重,这种规律表现愈明显。在夏季高温期内,土壤及淹水层含盐量变动较大,易于升高,必须经常注意换水或补以淡水用以严格控制田面水的盐分浓度,以免水稻受害。南部较热地区确定耐盐临界浓度应较北部寒冷地区更为严格。

(三) 灌溉对土壤溶液浓度的影响

土壤及田面水盐分状况因季节而变化外,灌溉条件对其影响极大,致使田间灌溉水盐分浓度处于较为复杂的变化过程中。现就其影响因素及作用分述如下:—

1. 土壤原含盐量的影响 灌溉后的溶液浓度受着土壤原含盐量的直接影响,原含盐

表6 不同土壤含盐量与灌溉后溶液浓度的关系

灌溉前原含盐量 (%)	淹灌后总碱度(毫克当量/百克土)	淹灌后 CO ₃ ²⁻ 量(毫克当量/百克土)	灌溉前原含盐量 (%)	淹灌后总碱度(毫克当量/百克土)	淹灌后 CO ₃ ²⁻ 量(毫克当量/百克土)
0.130	0.020	—	0.468	3.624	2.342
0.150	0.684	0.090	0.577	4.144	0.500
0.255	0.887	0.120	0.581	4.891	0.714
0.295	2.860	0.110	0.734	5.542	0.894
0.326	3.299	0.295	0.880	7.456	2.342
0.339	5.973	1.973	1.200	7.117	0.861
0.398	1.149	0.895	1.300	11.353	3.403

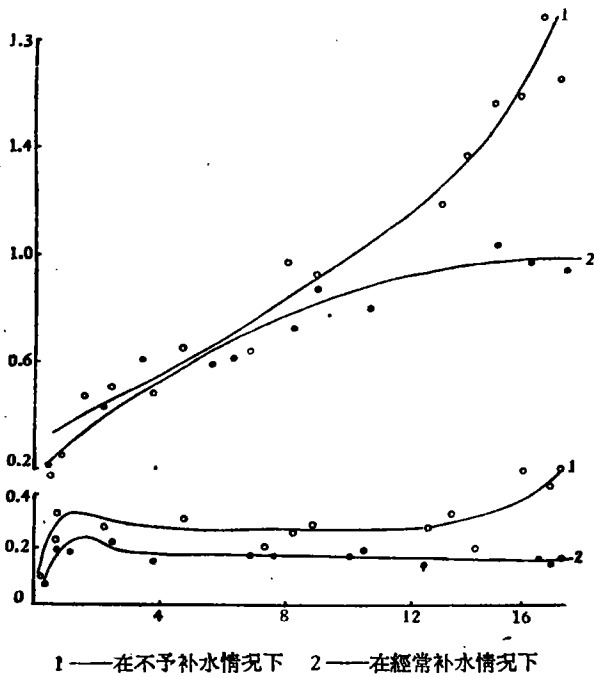
量高者其溶液浓度增加较多,原含盐量低者增加较少(表6)。

由表6可以看出,土壤原含盐量约在0.30%时,经淹灌后溶液浓度的增加开始转快,因此在盐渍化较强的地区必须更加严格地控制耐盐临界浓度才能保证水稻生长良好。

2. 灌水量的影响 灌溉初期苏打盐渍土的溶液浓度在缺乏充分冲洗的条件下有增高趋势,常超过水稻所能耐受的范围,因此在改良初期必须经常注意换水或补以淡水来控制

其溶液浓度,然后才宜种植水稻。我们曾在未经改良的强度苏打盐渍土上进行灌水,当时土壤溶液的含盐浓度达0.23%,总碱度达0.40克/升,3天后含盐量增达0.52%,总碱度达0.82克/升。如不连续补水,半月后土壤溶液含盐浓度可达1.80%,总碱度为2.01克/升,pH值也随之上升;如果实行连续补水,含盐浓度保持在1.0%左右,总碱度为1.13克/升左右。在弱度苏打盐渍化土壤上进行同样的灌溉,情况大为不同,仅在灌溉之初浓度略有上升,往后不但不再上升反略有下降趋势。不予补水的地段,仅仅在水层因蒸发而迫近枯尽时,含盐浓度才转趋上升,表明在弱度苏打盐渍化土壤上灌水量对溶液浓度升降变化的影响较小(图10)。

含盐量(%)



1——在不予补水情况下 2——在经常补水情况下

图10 灌溉初期土壤溶液含盐浓度的变化
(上图系强度苏打盐渍化,下图系弱度苏打盐渍化)

3. 温度的影响 为了说明盐分的溶解随温度升高而增加的情形,曾以强度苏打盐渍化土壤作为试样,进行室内试验。结果表明(表7)土壤溶液及田面水的浓度受温度、水量、时间的影响甚为明显,同等数量的同样土壤其总碱度可由3.52毫克当量增加到9.24

表7 不同温度条件下土壤溶液含盐浓度的变化状况

时间 (小时)	15℃			30℃		
	总碱度	CO ₃ ²⁻	pH	总碱度	CO ₃ ²⁻	pH
土壤:水分=1:5(每百克土中毫克当量)						
24	2.675	0.292	8.6	3.198	0.292	8.5
72	3.161	0.097	8.4	4.439	0.195	8.5
192	3.541	0.243	8.6	5.362	0.316	8.5
土壤:水分=1:20(每百克土中毫克当量)						
24	6.080	1.450	8.7	6.323	1.362	8.5
72	6.907	—	8.7	7.057	—	8.2
129	6.896	—	8.4	9.242	—	8.4

毫克当量，pH 值变化则不大。

田间测定的结果表明，其变化规律大致与室内相同，例如 1958 年 8 月 29 日，水温为 25℃ 时，总碱度为 1.4 克/升，同月 31 日，水温平均下降 4.4℃，总碱度为 1.13—1.19 克/升，较前下降 0.24 克/升，至 9 月 2 日水温上升至 28℃，总碱度增高达 1.64 克/升。

总之，水稻各生育阶段的耐盐临界浓度是决定苏打盐渍化地区灌溉定额的主要依据。但是土壤及其溶液的含盐变化受着各种因子的综合影响，因此必须因时因地灵活掌握严格控制。在实践上，为了保证水稻的正常生长和发育，有时甚至需要降低耐盐临界浓度的范围。

六、排水种稻改良苏打盐渍土的主要结论

1. 自 1955—1960 年期间六年来的试验结果表明，各项处理的水稻产量都有明显的逐渐增长趋势，其中以草炭加厩肥及石膏加厩肥的产量最高，效果最明显。单独施用石膏、厩肥及压沙亦有增产效果，但不及配合施用效果好。在生产实践上，施用有机肥料具有广泛而重要的意义。

2. 在排水种稻的改良条件下，土壤上层特别是耕作层内普遍呈现强烈的脱盐过程，一般在 0—30 厘米土层内能较快地成为适应水稻正常生长的环境。加深耕作层有助于脱盐，能达到更好的改良效果，如果一开始就能够创造一个 30 厘米土层的低浓度环境，那末在最初开垦的年代里，将会使水稻的生育状况得到更好的结果。就各项处理来看，以石膏加厩肥、草炭加厩肥及石灰加厩肥等脱盐作用最为显著，其他亦均具有不同程度的脱盐作用。在盐分组成中，以苏打下降最多，土壤 pH 值也相应有了普遍的下降。不同年份内土壤含盐量虽有起伏，但总的趋势以下降过程为主。

3. 五年来系统观测结果表明，试验地段及其附近的地下水位具有显著的季节变化，原有水位没有很大的变化，只是由于水稻淹灌的作用，使水位季节性变化更加明显。在有排水条件下绝大多数地段地下水主要趋向于淡化状况，并未因淹灌引起大面积地下水状况恶化的现象。

4. 为削弱盐分对作物的危害，在开垦的最初年代里有必要进行冲洗使盐分下降到水稻耐盐临界浓度以内。由于水稻幼苗及分蘖阶段耐盐力弱，因此在这两个阶段必须严格控制盐分浓度。随着改良效果的继续扩大，栽培技术的改善与田间管理水平的不断提高，完全有可能达到合理的灌溉定额。

5. 水稻的正常生长发育，根本上决定于土壤的盐渍程度，因此有必要进行正确的换水，降低土壤及田面水含盐浓度，从而达到增产的目的。在盐渍化较强的地段，换水较频繁具有增产效果。在弱度盐渍化地段实行频繁换水反而有害，一般以 5—7 天换水一次为佳。对盐斑来说，在短期内用单纯的换水难以达到良好的效果，必须考虑采取综合的改良措施。

6. 根据田间的直接测定及观察结果表明，水稻在各个生育阶段具有不同的耐盐能力，以幼苗至分蘖期的耐盐力最弱，孕穗期以后抗盐力明显增强。不同品种的水稻耐盐性也有明显的差异，例如“兴国”品种较“青森 5 号”具有更强的耐盐性能。为了减轻苏打的危害，可以根据水稻的耐盐临界浓度进行控制，但水稻的耐盐性又受着各种因子的制约，如

气候特征、土壤性质、稻苗健壮程度、盐害持续时间等等,因此确定某一地区的耐盐临界浓度时,应就多种因子综合考虑。

7. 根据几年来试验研究的结果,已经有可能初步总结出一套在苏打盐渍土上种植水稻的较完整及系统的措施和应该注意的方面,它的主要内容包括如下:

- (1) 必须具有低矿化度的灌溉水源;
- (2) 必须具有必要的排水系统,借以防止因地下水位升高,盐分聚积地表;
- (3) 一般应采取逐年深翻,逐渐创造一个不小于 30 厘米厚度低含盐量的土层。秋翻有利于土壤的熟化及脱盐,故优越于春翻;
- (4) 根据耐盐临界浓度,正确地掌握灌溉措施,严格控制用水,及时换水;
- (5) 必须做好土地平整工作,实行连片开垦种植;
- (6) 要较多的施用有机肥料;
- (7) 在品种选择方面,必须进行耐盐性及生育期安全性的严格考查,并按土壤盐渍程度分别采用;
- (8) 在栽培技术上,移植具有更多的优越性,密度较一般要适当加大;
- (9) 必须重视盐渍地区的育苗工作,高床宽沟的水床育苗的最大优点是有益于土壤脱盐,避免盐分危害,并且有增高床温的作用;
- (10) 秧苗要壮,秧龄要足;
- (11) 灌水与施肥(特别是易溶性化学肥料)要密切结合,防止养分流失;
- (12) 落水要晚;
- (13) 优良的田间管理水平。

8. 根据本项研究结果,已经改变了过去认为试验地区不宜种稻的错误看法。所有的结果已成为开发利用郭前旗灌区苏打盐渍土的初步依据,同时也可作为改良利用我国东北地区西部及内蒙古自治区东部苏打盐渍土的参考。

主 要 参 考 文 献

- [1] 陈恩凤等: 1957. 郭前旗灌区的碱化草甸盐土. 土壤学报, 5 卷 1 期。
- [2] A. H. 考斯加可夫: 土壤改良原理(中册). 1956. 高等教育出版社。
- [3] B. A. Ковда: Происхождение и режим засоленных почв. 1946, 1947.
- [4] И. Н. Антипов-Каратаев: Мелиорация солонцов в СССР. 1953.
- [5] B. A. 柯夫达等: 怎样改良和垦殖碱土. 科学出版社, 1957.
- [6] И. Н. Антипов-Каратаев: Вопросы мелиорации солонцов. 1958.
- [7] Л. Н. Розов: Мелиоративное почвоведение. 1956.
- [8] W. P. Kelley: Alkali Soils. Reinhold Publishing Corporation, New York, 1951.

МЕЛИОРАЦИЯ СОДОВО-ЗАСОЛЁННЫХ ПОЧВ В ОРОШАЕМЫХ РАЙОНАХ УЕЗДА ГОЦЯНЬЧЖИ ПРОВИНЦИИ ГИРИНА

Чэнь Энь-фун и др.

(Институт леса и почвы АН КНР)

(Резюме)

Опыты проводили в 1955—1960 гг. на 1-ой надпойменной террасе низменности, находящейся на месте слияния рек Нони и второй Сунгарии в западной части провинции Гирин. Уровень грунтовых вод близок к поверхности земли. Отток воды затрудняется. Содово-засоленные почвы занимают здесь большую площадь. В почвах HCO_3' обычно составляет 2.06—4.4 мэкв, CO_3'' 0.36—0.74 мэкв на 100 г. почвы. Содержание Cl' и SO_4'' незначительно. рН 8.0—10.3. Опыты по улучшению содово-засоленных почв с помощью дренирования и возделывания риса проведены в 6 вариантах: 1) торф + навоз; 2) гипс + навоз; 3) гипс; 4) известь + навоз; 5) навоз; 6) заделка песком и контрольный. Как по степени рассоления почвы, так и по урожайности риса, первые 2 варианта показали наилучшие результаты. Варианты 3 и 5 оказались менее эффективными, а эффект рассоления варианта 4 ясно показан только в 3-ом году после заложения опытов. Эффект варианта 6 не значителен. Результат исследования по сравнению с контрольным участком показывает, что дренирование и возделывание риса без всяких других специальных мероприятий могут также дать хорошие результаты, но лишь эффективность их выражается сравнительно медленно.

Результаты 5-летних наблюдений показывают, что на опытных участках и прилегающих к ним площадях уровень грунтовых вод резко изменяется по сезонам, но в большинстве случаев заметный подъем их из года в год не наблюдается. В 22% от всех скважин наблюдалась тенденция повышения минерализации грунтовых вод, а в остальных 78% скважинах степень минерализации грунтовых вод не изменилась или же происходило опреснение. Отсюда видно, что дренирование и возделывание риса не вызывают на больших площадях ухудшение режима грунтовых вод.