

# 不同改良措施对卤阳湖盐碱地土壤性质及玉米产量的影响

徐国凤, 同延安

(西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 利用农艺、生物、化学措施在陕西渭南市卤阳湖进行盐碱地改良田间试验, 研究其对盐碱地的改良效果, 选出适宜的当地盐碱土改良措施, 为采取合理措施治理盐碱地提供依据。试验设9个处理, 分别为对照、垄沟覆膜、平地覆膜、覆盖秆、生物有机肥、羊粪、腐殖酸、石膏、过磷酸钙处理。结果表明: 所有处理均能提高玉米产量, 与对照相比, 羊粪、腐殖酸、过磷酸钙处理显著提升玉米产量, 增产幅度分别为15.2%、16.3%、14.6%。除了平地覆膜处理, 其它处理的百粒重均显著高于对照, 增幅在12.7%~19.1%之间。不同改良措施条件下, 0~20 cm土层土壤养分均有不同程度增加, 其中有机质增幅为0.6%~20.9%, 速效氮增幅为30.6%~109.3%, 速效磷增幅为4.5%~247.4%, 速效钾增幅为23.4%~69.2%; 土壤pH、全盐含量、钠离子均有不同程度的降低, 其中垄沟覆膜与羊粪处理降低土壤pH、全盐含量、土壤 $\text{Na}^+$ 效果显著, pH分别降低2.18%、2.45%, 脱盐率分别达到20.4%、20.2%。垄沟覆膜、覆盖秆、过磷酸钙处理的经济效益与对照相比分别提高了9.44%、12.88%、4.87%。针对该区域盐碱地现状, 从降盐效果考虑, 推荐垄沟覆膜、羊粪为最佳的改良措施; 综合改良效果与经济效益, 垒沟覆膜为最优改良措施。

**关键词:** 盐碱地; 改良措施; 土壤性质; 脱盐率; 经济效益; 玉米产量

中图分类号:S156.4 文献标志码:A

## Effect of soil properties and maize yield in different improvement measures of saline-alkali soil in Luyang Lake

XU Guo-feng, TONG Yan-an

(College of Natural Resource and Environment Sciences, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** In order to select appropriate saline-alkali soil improvement measures, a field experiment was carried out by using agronomic, biological and chemical measures in saline-alkali soil in Luyang Lake of Weinan and provide reasonable basis for saline land improvement. There were nine treatments in the experiment including control, high ridge with mulching film, film mulching, covered straw, bio-organic fertilizer, sheep manure, humic acid gypsum and calcium superphosphate. The results showed that all treatments increased the yield of maize over the control. Sheep manure, humic acid and calcium superphosphate treatments significantly increased maize yield and the increase rates were 15.2%, 16.3%, and 14.6%, respectively. In addition to film mulching treatment, the hundred-grain weight of the other treatments was significantly higher than that of the control in a range of 12.7% to 19.1%. Under different improvement measures, soil nutrients in 0~20 cm layer increased at various degrees, among which the organic matter increased by 0.6%~20.9%, the available nitrogen increased by 30.6%~109.3%, the available phosphorus increased by 4.5%~247.4%, and the available potassium increased by 23.4%~69.2%. The soil pH, total salt content, and sodium content all decreased at some degree. Among them, high ridge with mulching film and sheep manure significantly reduced soil pH, total salt content, and soil  $\text{Na}^+$ . Soil pH was reduced by 2.18% and 2.45% by the two treatments, respectively and desalination rate reached 20.4%, 20.2%, re-

spectively. The economic benefits of high ridge with mulching film, straw-covered and calcium superphosphate treatments increased by 9.44%, 12.88% and 4.87% compared with the control. According to current situation of saline-alkali land in this region, from the perspective of salt-reducing effect, high ridge with mulching film and sheep manure treatment are recommended as the best improvement measures; Comprehensive improvement effects and economic benefits, high ridge with mulching film is the optimal improvement measure.

**Keywords:** saline-alkali soil; improvement measures; soil properties; desalination rate; economic benefit; maize yield

土地是人类赖以生存的基本资源,是农业发展的重要基础<sup>[1-2]</sup>。土壤盐碱化是世界范围内突出的生态环境问题<sup>[3-4]</sup>。盐碱土作为一种潜在耕地的后备土壤资源,蕴藏着巨大的开发潜力<sup>[5-6]</sup>。盐碱土的改良和利用研究经过多年的发展,在国内外专家及学者深入的探讨和研究基础上,获得了丰富成果。从最初采用的单一水利改良措施发展到现在利用水利工程、化学、生物等相结合的综合改良措施,取得了良好的生态、经济以及社会效益<sup>[7-8]</sup>。

卤阳湖地区位于陕西省渭南市富平县、蒲城县境内,地势低洼,地表水与地下水汇集集中,水质矿化严重,土质比较黏重,含盐碱成分复杂,再加上人类活动和本身自然条件的影响,该地区许多地方的土壤已经不能种植作物,严重影响了当地人的生产生活<sup>[9]</sup>。为了改善当地农业生产条件,1974年政府修建了洛西排水系统,但现存的排水工程已经不能发挥效益,成为污水排放沟。由于气候变化,地下水位下降,整个区域内土壤、水域盐碱化程度减轻,但盐碱危害仍然是制约当地农业发展的主要问题。

目前,渭南卤阳湖区域的盐碱土改良,除了

1974年政府修建的排水沟以外,该区并没有采取其它改良措施。本研究利用农艺措施、生物措施、化学措施3种不同的改良措施,在卤阳湖盐碱地上开展田间试验,探究在不同改良措施条件下土壤盐分、盐分离子含量、土壤养分以及作物产量等的变化,明确不同措施的改良效果,提出适宜当地的盐碱土改良措施,为今后当地盐碱土改良和农业生产提供理论依据和技术指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域概况

试验地位于陕西省关中平原东部渭南市蒲城县境内,是关中平原到渭北旱原的过渡地带。该地区属暖温带大陆性半湿润季风气候,全年多东北风,其次为西北风,年平均气温14.5℃,春暖、夏热、秋凉、冬寒,四季分明,日照充足。年平均降水量523 mm,降水集中在7~9月。蒸发量1 726.4 mm,4、5月份蒸发最为强烈,年日照时数2 243 h,无霜期158~220 d。试验区土壤本底值见表1。

表1 供试土壤的主要化学性质

Table 1 The main chemical properties of the tested soil

土层/cm Soil layer	有机质 Organic matter /(g·kg <sup>-1</sup> )	速效氮 Available N /(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效磷 Available P /(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾 Available K /(mg·kg <sup>-1</sup> )	pH	总盐 Total salt /(g·kg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> /(g·kg <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> /(g·kg <sup>-1</sup> )
0~20	16.55	11.84	15.54	166.48	8.54	1.513	0.256	0.146
20~40	7.24	10.25	3.93	85.12	8.80	1.270	0.230	0.124

### 1.2 试验设计

试验共设9个处理,各处理肥料和秸秆用量详见表2。每个处理重复3次,采用单因素完全随机区组设计。小区面积为30 m<sup>2</sup>(3 m×10 m);种植行距70 cm,株距23 cm,种植密度为6.07万株·hm<sup>-2</sup>。垄沟种植,垄宽50 cm,沟宽20 cm,垄高15 cm。夏玉米于2016年6月8日播种,2016年10月5日收获。所有处理均参照当地常规施复合肥(28-6-6)750 kg·hm<sup>-2</sup>,所有肥料播种前一次施用。生育期内灌两次水,其他管理措施与当地保持一致。

### 1.3 试验材料

供试玉米品种为郑单958。采用粉碎小麦秸秆。其它肥料从肥料公司购买,其中生物有机肥来自青海农林科学院土壤肥料研究所(有机质≥40%,有效活菌数≥0.2亿·g<sup>-1</sup>);羊粪来自青海民盛农牧生产资料有限公司,羊粪含量为30%(有机质≥25%);腐殖酸来自内蒙古西蒙生物工程有限公司(有机质≥60%,腐殖酸≥38%);石膏来自陕西万荣材料有限公司,过磷酸钙来自云南云天化国际化工有限公司(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>≥16%)。

表2 试验方案

Table 2 Test plan

编号 ID	措施 Measure	处理 Treatment	施用量/(kg·hm <sup>-2</sup> ) Application amount
CK		对照 CK	0
A1	农艺措施 Agronomic measure	垄沟覆膜 High ridge with mulching film	-
A2		平地覆膜 Film mulching	-
A3	生物措施 Biological measure	覆盖秆 Covered straw	6000
B1		生物有机肥 Bio-organic fertilizer	7500
B2	化学措施 Chemical measure	羊粪 Sheep manure	45000
C1		腐殖酸 Humic acid	5625
C2		石膏 Gypsum	22500
C3		过磷酸钙 Calcium superphosphate	750

#### 1.4 测定项目与方法

在玉米成熟期采用五点法分别采集各处理0~20 cm、20~40 cm土层土壤样品,将所得样品去除根系和石块等杂物,取一小部分鲜样用于速效氮测定,其它样品风干后过1 mm筛用于测定土壤理化性质。

有机质采用重铬酸钾容量法-外加热法测定;速效磷采用0.5 mol·L<sup>-1</sup> NaHCO<sub>3</sub>浸提-钼锑抗比色法;速效钾采用1 mol·L<sup>-1</sup> NH<sub>4</sub>OAC浸提-火焰光度法测定;硝铵态氮用1 mol·L<sup>-1</sup> KCl浸提-流动分析法测定;pH采用酸度计测定,水土比为5:1;土壤全盐含量用电导率仪测定;Na<sup>+</sup>用火焰光度法测定;Ca<sup>2+</sup>用原子吸收分光光度法测定<sup>[10]</sup>。

#### 1.5 数据分析

用Microsoft Excel 2007对原始数据进行处理,用SPSS 19.0软件进行方差及相关性分析,其中多重比较采用Duncan新复极差法。

## 2 结果分析

### 2.1 不同改良措施对玉米产量的影响

玉米是种植范围广、产量较高的作物,但对盐分比较敏感,不同的改良措施均能起到保产、增产的作用。由表3可以看出:所有改良措施均能提高玉米的产量,其中腐殖酸处理增产幅度最大,增产16.3%,平地覆膜处理增产幅度最小,增产6.3%。方差分析表明,羊粪、腐殖酸、过磷酸钙处理与对照之间差异达到显著水平( $P<0.05$ ),其中腐殖酸处理增产效果最佳。在该试验条件下,各处理对玉米的

表3 不同处理下玉米产量

Table 3 Maize yield under different treatments

处理 Treatment	百粒重/g Hundred grain weight	玉米产量/(kg·hm <sup>-2</sup> ) Maize yield	增产/% Increase production
CK	28.09±0.31b	8556±210.8b	-
A1	32.13±0.69a	9435±626.9ab	10.3
A2	28.82±0.27b	9092±300.7ab	6.3
A3	31.65±1.73a	9210±276.7ab	7.6
B1	32.13±0.96a	9652±313.0ab	12.8
B2	32.69±0.35a	9854±54.7a	15.2
C1	33.47±0.36a	9948±62.7a	16.3
C2	32.19±0.17a	9453±525.4ab	10.5
C3	32.66±0.53a	9803±437.9a	14.6

注:同一列不同小写字母表示处理间差异显著( $P<0.05$ ),下同。

Note: Different lowercase letters in the same column mean significant difference at  $P<0.05$  level among treatments, the same below.

百粒重也有明显的提高作用。除了平地覆膜处理,其它处理与对照差异显著( $P<0.05$ ),腐殖酸处理百粒重增幅最大,为19.1%。

### 2.2 不同改良措施对土壤pH、盐分及盐分离子的影响

2.2.1 不同改良措施对土壤pH的影响 不同改良措施对土壤pH值的影响如图1所示。结果表明,各改良措施对土壤pH值都有一定的降低作用。在0~20 cm土层内,各处理pH值的降低幅度为0.05~0.21,其中垄沟覆膜、羊粪、石膏处理显著( $P<0.05$ ,下同)降低了0~20 cm土层内pH值,石膏处理降低幅度最大。在20~40 cm土层内,pH值的降低幅度在0.04~0.18之间;方差分析表明,垄沟覆膜、生物有机肥、羊粪、石膏、过磷酸钙处理能够显著降低土壤pH值;各改良措施不仅对表层土壤pH值有降低效果,对下层土壤的pH值也有降低作用。

2.2.2 不同改良措施对土壤盐分的影响 由图2可知,除了过磷酸钙处理,其它措施均能够降低土壤全盐含量,但是处理之间存在一定的差异。0~20 cm土层内,各处理的土壤全盐含量降低幅度在8.58%~20.41%之间,其中垄沟覆膜和羊粪处理的降盐效果比较显著。20~40 cm土层内,土壤全盐含量的降低幅度较小,在0.32%~13.53%之间,各处理与对照之间没有表现出显著性差异。石膏处理下土壤的全盐含量有所上升,这与石膏的性质有关;石膏的主要化学成分是CaSO<sub>4</sub>,石膏的施入给土壤中带来了Ca<sup>2+</sup>与SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>,因此用电导率仪测定的含盐量也随之增加。

2.2.3 不同改良措施对土壤Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>的影响 对于盐碱土而言,Na<sup>+</sup>是土壤中最重要的离子,土壤溶

液中  $\text{Na}^+$  含量过高,会使土壤粘结,造成其物理性质恶化,从而对作物的生长产生不利影响。由表 4 可以看出,在 0~20 cm 土层内,相比对照各处理土壤的  $\text{Na}^+$  含量都有所下降,降低幅度在 3.8%~23.0% 之间,且均达到显著差异水平;20~40 cm 土层内,土壤  $\text{Na}^+$  含量的降低幅度较小,各处理与对照之间没有表现出显著性差异。过磷酸钙处理下表层土壤的

$\text{Ca}^{2+}$  含量显著增加,增加幅度为 52.0%,这是因为过磷酸钙本身就是含钙物质,它的施用必然会导致土壤  $\text{Ca}^{2+}$  含量的增加。其它处理下  $\text{Ca}^{2+}$  含量虽然有所增加,但与对照差异不显著。从表 4 可以看出,各处理下土壤的  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  呈降低趋势,说明各措施改变了土壤中  $\text{Na}^+$  与  $\text{Ca}^{2+}$  所占的比例。

### 2.3 不同改良措施对土壤养分的影响

**2.3.1 不同改良措施对土壤有机质的影响** 土壤有机质是土壤的重要组成部分,它不仅是土壤微生物赖以生存的能源,还含有各种营养元素,能有效改善土壤的结构,并调节水、气、热等各种因素。如表 5 所示,在 0~20 cm 土层内,与对照相比,羊粪处理有机质含量增幅达 20.9%,差异显著;其他处理的有机质含量虽有一定程度的提升,但没有表现出差异性。20~40 cm 土层内,生物有机肥处理有机质含量比对照高 26.4%,差异显著。说明生物有机肥和羊粪补充到土壤后,提高了土壤有机质的含量。

**2.3.2 不同改良措施对土壤速效养分的影响** 土壤中速效氮、速效磷、速效钾是作物可以直接利用的营养元素,与作物的生长与产量息息相关。由表 5 可知,在 0~20 cm 土层内,相较对照而言,不同处

表 4 不同处理下  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  的含量

Table 4  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  content under different treatments

处理 Treatment	$\text{Na}^+/(g \cdot kg^{-1})$		$\text{Ca}^{2+}/(g \cdot kg^{-1})$		$\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$	
	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm
CK	0.265a	0.246a	0.150b	0.109a	1.77	2.25
A1	0.226b	0.223a	0.191ab	0.125a	1.18	1.79
A2	0.205bc	0.225a	0.177ab	0.124a	1.15	1.82
A3	0.210bc	0.223a	0.199ab	0.113a	1.05	1.98
B1	0.229b	0.252a	0.162b	0.098a	1.41	2.57
B2	0.227b	0.232a	0.179ab	0.101a	1.27	2.29
C1	0.256bc	0.230a	0.201ab	0.097a	1.27	2.36
C2	0.183c	0.214a	0.228a	0.138a	0.81	1.56
C3	0.220b	0.232a	0.170ab	0.120a	1.29	1.94

表 5 不同处理对土壤养分的影响

Table 5 Effect of different treatments on soil nutrient

处理 Treatment	有机质/ $(g \cdot kg^{-1})$		速效氮/ $(mg \cdot kg^{-1})$		速效磷/ $(mg \cdot kg^{-1})$		速效钾/ $(mg \cdot kg^{-1})$	
	0~20 cm	20~40 cm	Available N	Available P	Available K	Available K	Available K	Available K
CK	16.04b	7.39b	10.66d	9.97ab	9.74b	3.62a	147.78b	86.23ab
A1	16.73ab	8.73ab	14.21c	12.69ab	11.61b	4.93a	210.56ab	97.25a
A2	16.36ab	7.35b	13.92c	12.23b	11.05b	2.99a	182.40ab	83.72ab
A3	16.14b	7.44b	15.46bc	11.32ab	10.18b	2.74a	192.14ab	81.38b
B1	18.95ab	9.34a	14.67bc	13.21ab	15.80b	4.12a	233.25a	84.93ab
B2	19.40a	8.41ab	15.28bc	14.50a	12.30b	2.93a	250.00a	88.83ab
C1	19.16ab	7.99ab	21.09ab	11.33ab	12.74b	3.24a	201.64ab	84.31ab
C2	18.67ab	8.68ab	22.31a	11.85ab	18.73b	3.06a	232.94a	82.33ab
C3	17.94ab	7.25b	14.99bc	10.99ab	33.84a	3.37a	202.04ab	83.76ab

理的速效氮含量显著提升,增加幅度在30.6%~109.3%之间;土壤速效磷的增加幅度在4.5%~247.4%之间,其中过磷酸钙处理下提升幅度最大;羊粪、生物有机肥、石膏处理下土壤速效钾分别增加57.8%、69.2%、57.2%,差异显著。20~40 cm土层内,各处理下土壤速效氮、速效磷和速效钾的含量与对照相比均无显著差异。

## 2.4 不同改良措施的经济效益分析

经济效益是衡量不同改良措施实用性的重要指标。表 6 为对照处理的成本核算表,不同改良措施的成本区别主要在于不同改良材料的投加。结合表 3 中玉米平均产量和表 6 中成本项目金额计算出的不同改良措施处理下的投入、产出、经济效益和产投比如表 7 所示。由表 7 可以看出,不同改良措施处理下,玉米的经济效益差异明显,其中垄沟覆膜、覆秸秆、过磷酸钙处理具有较高的经济效益,与对照相比分别提高了 9.44%、12.88%、4.87%,其余处理下经济效益较对照都有所降低。

产投比是指产出与投入的比值,产投比的大小表示投入占产出的比重,值越大投入占产出的比重就越小,资金利用效率就越高,因而能够间接反映资本利用率。由表 7 可以看出,与对照相比,覆秸秆处理下产投比有小幅上升,其它处理的产投比均呈下降趋势,这主要是因为与对照相比,这些处理措施所用的改良材料大幅增加了成本投入。

3 讨论

目前,我国学者对盐碱地改良方式主要分为4种:物理改良措施、化学改良措施、工程改良措施和生物改良措施<sup>[11]</sup>。盐碱地改良的物理措施主要是通

表 6 成本核算表

Table 6 Cost accounting table

处理 Treatment	项目名称 Project name	价格/(元·hm <sup>-2</sup> ) /(yuan·hm <sup>-2</sup> )	计算依据 Calculation basis
	种子 Seed	420	玉米 35 kg·hm <sup>-2</sup> Maize 35 kg·hm <sup>-2</sup>
	播种 Sowing	750	机播 750 元·hm <sup>-2</sup> Mechanical sowing 750 yuan·hm <sup>-2</sup>
CK	农药 Pesticide	600	1 次拌种, 2 次杀虫 One seed dressing, two times insecticides
	肥料 Fertilizer	3000	50 kg 复合肥 200 元 50 kg compound fertilizer 200 yuan
	灌溉 Irrigation	450	2 次灌水 Two times irrigation

过改变土壤的物理结构来调控土壤水盐运动,从而抑制土壤水分蒸发,提高入渗效果<sup>[12]</sup>。其中地面覆盖是常用的一种措施,它可以减少水分蒸发、提高土壤的水分利用率,减少盐分在土壤表层和植物根系的积累,防止土壤返盐<sup>[13-14]</sup>;秸秆覆盖同样可以减少水分蒸发,达到减少地表积盐的效果。本试验结果表明,垄沟覆膜、平地覆膜、覆秸秆3种物理措施都会降低土壤pH及盐分,3种措施处理下土壤0~40 cm土层内pH降低幅度在0.45%~2.18%之间,土壤盐分的降低幅度在0.32%~20.41%之间,其中以垄沟覆膜的效果最好,0~20 cm与20~40 cm土层的降盐率分别达20.41%和13.53%。这与张冰<sup>[15]</sup>、陈敏<sup>[16]</sup>等的研究结果一致,表明地膜与秸秆的覆盖增加了地表覆盖度,能有效抑制土壤返盐,达到降低土壤表层盐分的目的<sup>[17]</sup>。此外,覆膜和秸秆对土壤养分也有一定的提升作用,但与对照相比没有表现出差异性,虽然秸秆腐解后会产生一些有效养分,但由于夏玉米的生长周期较短,覆盖秸秆的优点并不能在当季体现。

对于生物措施，则可以选用一些耐盐碱的作物进行种植，如紫花苜蓿、碱蓬等，通过这些植物的生命活动来增加土壤养分，提高地表覆盖度，从而达到抑制积盐返盐的目的<sup>[8]</sup>。实际生产实践中，人们通过施用有机肥来提高土壤养分，改善土壤理化性状，达到降低土壤盐分的目的<sup>[18]</sup>。近年来，研究发现生物有机肥施入土壤后，在土壤微生物及土壤酶活性影响下能产生大量有机酸，使土壤 pH 下降，并不断释放出土壤中迟效态的氮、磷、钾，有效改善了土壤的理化性质，提高作物根系抗逆性<sup>[19]</sup>。宛彩云等<sup>[20]</sup>的研究表明，施用生物有机肥可显著增强玉米植株的长势，提高产量，与本试验结果一致。羊粪和有机肥的施用能降低 0~40 cm 内土壤 pH，降低幅度在 1.09%~2.45% 之间；表层土壤的盐分显著低

表 7 不同改良措施的经济效益

Table 7 Economic benefits of different improvement measures

处理 Treatment	投入 Input/ (元·hm <sup>-2</sup> ) (yuan·hm <sup>-2</sup> )	产出 Output (元·hm <sup>-2</sup> ) (yuan·hm <sup>-2</sup> )	经济效益 Economic benefits /(元·hm <sup>-2</sup> ) (yuan·hm <sup>-2</sup> )	产投比 The ratio of output to input
CK	5220	12834	7614	2.46
A1	5820	14153	8333	2.43
A2	6095	13638	7543	2.24
A3	5220	13815	8595	2.65
B1	8970	14478	5508	1.61
B2	8595	14781	6186	1.72
C1	8032	14922	6890	1.86
C2	7470	14180	6710	1.90
C3	6720	14705	7985	2.19

于对照,分别降低了15.29%、20.25%;因为耕地选择浅耕,所以20~40 cm内的降盐效果较差。试验结果表明,羊粪与生物有机肥能显著增加土壤养分,改善土壤结构,对盐碱地改良有很好的作用。较大的肥料投入量是土壤养分增加的主要原因。

化学改良措施就是通过施用化学改良剂来增加土壤中可溶性钙含量,然后通过离子代换作用把土壤中有害的钠离子代换出来,结合灌溉使之淋洗,达到盐碱土改良的目的<sup>[21]</sup>。如李旭霖等<sup>[22]</sup>利用石膏、禾康等改良剂在黄河入海口附近滨海重盐碱地上进行改良试验,结果表明石膏和禾康能显著降低土壤容重,增强土壤的通透性,使土壤电导率至少下降15.9%,具有较好的压盐降盐作用。腐植酸作为盐碱土改良物质可以改善土壤理化状况,降低土壤含盐量,调整土壤的酸碱度,对作物根系生长有较好的促进作用<sup>[23]</sup>。石膏能够降低土壤溶液中钠离子饱和度,改善土壤溶液化学性质,促进土壤团粒结构形成,改善土壤物理性状<sup>[24]</sup>。过磷酸钙能够增加土壤中的Ca<sup>2+</sup>浓度,降低Na<sup>+</sup>的浓度,从而在一定程度上降低Na<sup>+</sup>对植物生长所产生的危害,促进植物生长<sup>[25]</sup>。本试验的研究结果表明,石膏能显著降低土壤pH,但土壤盐分高于对照,这是由于土壤盐分的测定选用电导率法,而石膏的主要成分就是CaSO<sub>4</sub>,石膏的施入使土壤中Ca<sup>2+</sup>与SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>增加,导致测定的含盐量也随之增加。腐殖酸和过磷酸钙能降低土壤pH及盐分,但效果不明显。此外,石膏和过磷酸钙的溶解增加了土壤中的Ca<sup>2+</sup>含量,调节了土壤溶液的Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup>浓度比,减轻了Na<sup>+</sup>对植物根系的危害。3种化学措施处理对土壤养分具有明显的提升作用,这也是玉米增产的主要原因。

## 4 结 论

所有盐碱地改良措施均能提高玉米产量,与对照相比,羊粪、腐植酸、过磷酸钙处理显著提升了玉米产量,增产幅度分别为15.2%、16.3%、14.6%。除平地覆膜处理外,其它处理的百粒重均显著高于对照。不同改良措施均能增加土壤中有机质、速效氮、速效磷、速效钾的含量,降低土壤pH、全盐含量、盐分离子浓度,其中垄沟覆膜与羊粪处理效果显著,脱盐率分别达到20.4%、20.2%。分析各处理的经济效益,垄沟覆膜、覆秸秆、过磷酸钙处理的经济效益与对照相比分别提高了9.44%、12.88%、4.87%。针对卤阳湖区域盐碱地状况,建议在以后生产实践中采用垄沟覆膜、羊粪措施,能够显著地改良土壤并起到增产的作用;综合改良效果与经济效益,垄沟覆膜为最优改良措施。

## 参 考 文 献:

- [1] 邓绍云,邱清华.中国盐碱土壤修复研究综述[J].北方园艺,2011,(22):171-174.
- [2] 左静红.苏打盐碱胁迫对北方粳稻灌浆特性及穗部性状的影响[D].长春:中国科学院研究生院(东北地理与农业生态研究所),2013.
- [3] 张翼夫,李问盈,胡红,等.盐碱地改良研究现状及展望[J].江苏农业科学,2017,45(18):7-10.
- [4] 杨劲松.中国盐渍土研究的发展历程与展望[J].土壤学报,2008,45(5):837-845.
- [5] 武永智.盐碱土在不同改良措施下土壤物理化学性质变化的研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2009.
- [6] 周萌,周连仁,孟庆峰,等.长期施用有机肥对草甸碱土碳库管理指数的影响[J].水土保持通报,2013,(5):11-14.
- [7] Liu L P, Long X H, Shao H B, et al. Ameliorants improve saline-alkaline soils on a large scale in northern Jiangsu Province, China[J]. Ecological Engineering, 2015, 81:328-334.
- [8] 张谦,陈凤丹,冯国艺,等.盐碱土改良利用措施综述[J].天津农业科学,2016,22(8):35-39.
- [9] 刘敬美,李新平,李文斌,等.陕西省渭南市卤阳湖盐碱地土壤肥力综合评价[J].水土保持通报,2014,34(5):254-257.
- [10] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [11] 李兵.不同农艺措施对黄淮海平原盐碱障碍农田的改土增产效应[D].石河子:石河子大学,2015.
- [12] 王丽贤,张小云,吴森.盐碱土改良措施综述[J].安徽农学通报(上半月刊),2012,18(17):99-102.
- [13] 纪永福,蔺海明,杨自辉,等.解冻期覆盖盐渍土地表对土壤盐分和水分的影响[J].干旱区研究,2005,22(1):17-23.
- [14] 纪永福,蔺海明,杨自辉,等.夏季覆盖盐碱地表面对土壤盐分和水分的影响[J].干旱区研究,2007,24(3):375-381.
- [15] 张冰,阎永康,李建军,等.盐碱地土壤改良剂和覆膜栽培的增产效应与技术经济评价[J].山西农业科学,2011,39(6):549-551,561.
- [16] 陈敏,王宝山.覆麦秸对盐碱地小麦生长及产量的效应[J].山东师大学报(自然科学版),2000,15(3):307-310.
- [17] 王成宝,杨思存,霍琳,等.地面覆盖方式对新垦盐碱地的抑盐和增产效果研究[J].甘肃农业科技,2014,(11):42-45.
- [18] 李北齐,王倡宪,孟瑶,等.生物有机肥对盐碱土壤养分及玉米产量的影响[J].中国农学通报,2011,27(21):182-186.
- [19] 李北齐,邵红涛,孟瑶,等.生物有机肥对盐碱土壤养分、玉米根际微生物数量及产量影响[J].安徽农学通报(上半月刊),2011,17(23):99-102.
- [20] 宛彩云.生物有机肥对玉米生长发育及产量品质的影响[J].现代农业科技,2009,(12):163-164.
- [21] 王胡军,李纯,钟香梅,等.盐碱地改良技术研究进展[J].农业工程,2014,4(S1):44-47.
- [22] 李旭霖,刘庆花,柳新伟,等.不同改良剂对滨海盐碱地的改良效果[J].水土保持通报,2015,35(2):219-224.
- [23] 王福友,王冲,刘全清,等.腐植酸、蚯蚓粪及蚯蚓蛋白肥料对滨海盐碱土壤的改良效应[J].中国农业大学学报,2015,20(5):89-94.
- [24] 沈婧丽,王彬,许兴.脱硫石膏改良盐碱地研究进展[J].农业科学研究,2016,37(1):65-69.
- [25] 宁晓光,赵秋.过磷酸钙对滨海盐碱土的改良效果[J].天津农业科学,2014,20(3):44-46.