

# 改良初期不同改良剂配比对土壤理化性质和油葵苗期的影响

胡敏<sup>1</sup>, 史海滨<sup>2</sup>, 李为萍<sup>2</sup>

1. 内蒙古农业大学职业技术学院, 包头 014109

2. 内蒙古农业大学水利与土木建筑工程学院, 呼和浩特 010018

**摘要** 土壤改良剂的研究与应用对改良盐渍化土壤具有重要意义。选取粉煤灰、脱硫石膏、二元改良剂(脱硫石膏+牛粪)作为土壤改良剂,分别设定改良剂施用量和灌水量进行大田油葵种植实验。分析了改良初期,改良剂种类、改良剂施用量和灌水量对盐渍化土壤pH值、全盐含量(TDS)和油葵出苗率的影响。结果表明,T<sub>7</sub>处理(施脱硫石膏29.86 t/hm<sup>2</sup>、高灌水)土壤pH值降低最大,为2.36;TN<sub>6</sub>处理(施二元改良剂22.40 t/hm<sup>2</sup>、低灌水)土壤TDS降低值最大,为81.32%,而对照处理(未施改良剂)pH值和TDS最大降低值仅为1.45和76.06%;油葵出苗率最高的是TN<sub>1</sub>处理(施二元改良剂14.92 t/hm<sup>2</sup>、高灌水),为70.83%,比对照处理最高值多37.16%;施加改良剂能有效降低土壤pH值和TDS,明显改善土壤状况,促进作物生长,且在灌水的合理调控下,能有效提高改良剂的改良效果。

**关键词** 盐渍化土壤;改良剂;改良;土壤理化性质;油葵出苗率

**中图分类号** S156.2

**文献标志码** A

**doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2015.08.004

## Effect of different compositions of soil amendments on the soil physical-chemical properties and oil-sunflower seedling at the early improvement-period

HU Min<sup>1</sup>, SHI Haibin<sup>2</sup>, LI Weiping<sup>2</sup>

1. College of Vocational and Technical, Inner Mongolia Agricultural University, Baotou 014109, China

2. College of Water Conservancy and Civil Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, China

**Abstract** The soil amendments play an important role in improving the soil salinization. In this paper, the coal fly ash, the FGD gypsum, the dual modifier (desulfurization gypsum + cow dung) are selected as the soil amendments, meanwhile, the compositions and application rates of the amendments and the irrigation amount are taken as the main influencing factors in the oil-sunflower-planting tests in the field to study their effects on the salinization soil pH values, the TDS, and the oil-sunflower seedling emergence rate in the early period of improvement. It is shown that the highest reduction amount of the soil pH value is achieved by the T<sub>7</sub> treatment (application of the desulfurization gypsum of 29.86 t/hm<sup>2</sup>, high irrigation), reaching 2.36. The highest reduction amount of the soil TDS is achieved by the TN<sub>6</sub> treatment (application of the dual modifier of 22.40 t/hm<sup>2</sup>, low irrigation), reaching 81.32%, but they are only 1.45 and 76.06% in the control treatment (no applications of amendments). The highest oil-sunflower seedling emergence rate is achieved by the TN<sub>1</sub> treatment (application of the dual modifier of 14.92 t/hm<sup>2</sup>, high irrigation), reaching 70.83%, 37.16% more than the control treatment. Application of the soil amendments can effectively reduce the soil pH value and the TDS, improve the soil

收稿日期:2014-10-27;修回日期:2015-03-09

基金项目:国家科技支撑计划重点项目(2011BAD29B03);国家自然科学基金项目(51209114);内蒙古自治区自然科学基金项目(2012MS0303);

内蒙古自治区高等学校科学研究项目(NJZY12088)

作者简介:胡敏,副教授,研究方向为节水灌溉新技术,电子信箱:jxxx666@sina.com;史海滨(通信作者),教授,研究方向为节水灌溉原理及应用,电子信箱:shb@imau.edu.cn

引用格式:胡敏,史海滨,李为萍.改良初期不同改良剂配比对土壤理化性质和油葵苗期的影响[J].科技导报,2015,33(8):30-35.

conditions significantly, and promote the crop growth. Furthermore, the effect of amendments can be enhanced with the proper regulation of irrigation.

**Keywords** soil salinization; amendment; improvement; soil physical-chemical properties; oil-sunflower seedling rate

全世界盐渍化土壤面积已达  $1.0 \times 10^9 \text{ hm}^2$ <sup>[1]</sup>, 占陆地面积的30%左右, 并广泛分布在世界各地。虽然已经采取了水洗盐、种稻改碱、施用脱硫石膏、施用氯化钙等一系列的措施改良盐渍化土壤, 但世界上的盐渍化土壤仍以每年1.4%的速度扩展。特别是在中国, 盐渍土的比例明显高于世界水平, 约有盐渍化土壤  $3.6 \times 10^7 \text{ hm}^2$ , 占全国可利用土地面积的4.88%<sup>[2]</sup>。盐渍化土壤呈现出土粒分散, 湿时膨胀泥泞、通透性极差, 干时硬结、表面积盐、结成白色棉絮状盐晶、耕性极差等特性, 严重影响着作物的生长和发育。

中国三大灌区之一的内蒙古河套灌区, 地处中国西部黄河河套平原, 灌区面积  $1.12 \times 10^6 \text{ hm}^2$ , 是中国主要的粮油生产基地。灌区气候干旱, 冬季严寒少雪, 夏季高温干热, 降雨稀少, 蒸发强烈; 地下水年平均埋深为1.5~2.0 m, 灌季与非灌季埋深分别为0.5~1.5 m和1.5~2.0 m<sup>[3]</sup>。由于受到气候、水文地质条件的影响, 盐渍化、次生盐渍化土壤分布广泛, 盐渍化问题严重威胁着灌区的粮食生产安全、经济效益和生态平衡。

盐碱地土壤改良剂的研究始于19世纪末, 研究内容从单一改良剂到合成改良剂<sup>[4]</sup>、从一次施入到多次持续施入、从室内实验到大田实验, 取得了许多土壤改良的研究成果<sup>[5-12]</sup>。

国内研究者利用生产高浓度磷肥的副产物磷石膏<sup>[13]</sup>、燃煤脱硫副产物脱硫石膏<sup>[14]</sup>、有机质<sup>[15,16]</sup>以及生产沼气后的残余物沼渣、沼液<sup>[17]</sup>等进行改良盐碱土实验研究, 结果表明这些改良剂对改良盐渍化土壤均有显著作用。郭继勋等<sup>[18]</sup>对生物、物理、化学3种改良方式进行了比较研究, 研究结果表明3种方法均能降低土壤pH值、电导率和增加土壤含水率。李取生等<sup>[19]</sup>提出对低洼易涝盐碱地采取包括施用土壤改良剂、增施有机肥、以砂压碱等多种形式的土壤改良措施。王令钊<sup>[20]</sup>提出当土壤中水溶性钙含量高时, 作物的抗盐性增强, 因而增施含钙的肥料, 可提高盐环境中植物的生存能力及抗病能力。马文军等<sup>[21]</sup>、乔玉辉等<sup>[22]</sup>、张永波等<sup>[23]</sup>、何莎等<sup>[24]</sup>研究指出通过采取咸碱水、咸淡水混灌、轮灌的方式或施用改良剂等方法, 并伴以深耕翻、增施有机肥、优化灌溉制度等农业措施, 能够有效控制地下水位, 防治次生盐碱化, 保持良好的土壤生态环境。

国外, Mohammed等<sup>[25]</sup>指出石膏能够改良和防治土壤盐渍化, 起到改善土壤理化性质和养分有效性的作用。Northcote等<sup>[26]</sup>通过田间实验研究, 提出施用石膏可以改善土壤透水性能, 减轻土壤结壳, 并提高作物的产量。Singh等<sup>[27]</sup>提出在施用改良剂和有机肥的同时, 种植耐碱环境的植物, 可以改善土壤物理性状、增加土壤肥力。Chun等<sup>[28]</sup>和Sakai等<sup>[29]</sup>通过大田实验, 提出脱硫副产物能降低盐渍化土壤pH值、ESP和代换性钠, 提高作物出苗率和产量。

国内外盐渍化土壤改良的研究与探索取得了一定成果,

但研究中同时涉及多种改良剂效果比较、不同灌水量调控的并不多见。本文旨在通过田间实验探求节水条件下, 不同改良剂在施用初期对土壤理化性质和作物生长情况的影响, 为持续改良盐渍土的技术和方法提供一定的理论支持。

## 1 田间实验

### 1.1 实验设计

实验田位于河套灌区沙壕渠实验站光荣二队, 选择未开垦盐碱荒地。为保证土壤空间均匀性, 将地块深耕30 cm、充分平整后, 随机选取5点采集土样测定实验田的土壤性状, 经测试, 土壤均匀性较好, 土壤pH值为10.63, 干容重为  $1.613 \text{ g/cm}^3$ , 电导率(土壤饱和提取液的电导率, EC)为  $0.98 \text{ mS/cm}$ , 土壤全盐含量(TDS)为  $5.83 \text{ g/kg}$ ,  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 含量为  $1.24 \text{ g/kg}$ , 根据盐渍土壤分类标准, 实验地为重度盐渍土, 若不改良作物很难生长。

研究以康地T562油葵为指示作物, 以改良剂种类、施用量和灌水水平为影响因素进行实验设计, 共设30个处理(表1)。其中: 改良剂选取粉煤灰、脱硫石膏和二元改良剂(脱硫石膏+牛粪), 其施用量依据土壤情况及计算公式<sup>[30]</sup>求得后设置; 灌水水平设置为高灌水、中灌水和低灌水3个水平(表2), 其中高灌水依据当地生产中的灌水量设置, 中灌水和低灌水分别以高灌水的87.5%和75%设置, 以达到节水目的。灌水分3次, 分别在油葵的苗期、现蕾期和开花期灌水。

实验采用的粉煤灰颜色灰黑, 主要成分为  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{CaO}$ , 富含钾和磷。脱硫石膏颜色微黄, 主要成分为  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。2种改良剂均呈散状, 颗粒细小均匀。二元改良剂中的牛粪是经充分发酵的牛粪便。

在耕种前30 d, 将选定的实验田深翻, 并按  $9 \text{ m} \times 7 \text{ m}$  的规格网格布置小区。小区间距1 m, 各小区设置高20 cm、宽15 cm的土围堰以实现分区灌水和消除改良剂侧渗影响。小区布置好后, 按实验设计分别在各小区土壤表层均匀撒施改良剂, 然后再次深翻至40 cm并充分平整土地, 以便改良剂与土壤均匀混合、提高肥料与灌水的有效利用。土地平整完成后进行春灌, 以便加快改良进程, 为作物苗期提供良好生育环境。搁置30 d后播种, 种植油葵, 株距40 cm、行距60 cm。施底肥磷酸二铵  $375 \text{ kg/hm}^2$ , 灌三水前施尿素  $225 \text{ kg/hm}^2$ 。

### 1.2 测定指标

分别在春灌前、油葵苗期取0~10、10~20、20~40、40~60、60~80、80~100 cm土样。将采集的土样分别平铺放置在室内自然风干, 并过2 mm筛备用。所有土样均制备2份1:5土水比浸提液, 以测定各层土壤pH值、EC和TDS<sup>[31]</sup>。出苗期, 当子叶出土展开达全田总穴数75%时, 调查田间出苗率<sup>[32]</sup>。

表1 田间实验设计  
Table 1 Experimental design of field

处理号	灌水水平	改良剂种类	改良剂施用量/(t·hm <sup>-2</sup> )	处理号	灌水水平	改良剂种类	改良剂施用量/(t·hm <sup>-2</sup> )	处理号	灌水水平	改良剂种类	改良剂施用量/(t·hm <sup>-2</sup> )
CK <sub>1</sub>	高灌水	不施	0	CK <sub>2</sub>	中灌水	不施	0	CK <sub>3</sub>	低灌水	不施	0
F <sub>1</sub>	高灌水		7.46	F <sub>2</sub>	中灌水		7.46	F <sub>3</sub>	低灌水		7.46
F <sub>4</sub>	高灌水	粉煤灰	14.93	F <sub>5</sub>	中灌水	粉煤灰	14.93	F <sub>6</sub>	低灌水	粉煤灰	14.93
F <sub>7</sub>	高灌水		22.39	F <sub>8</sub>	中灌水		22.39	F <sub>9</sub>	低灌水		22.39
T <sub>1</sub>	高灌水		14.93	T <sub>2</sub>	中灌水		14.93	T <sub>3</sub>	低灌水		14.93
T <sub>4</sub>	高灌水	脱硫石膏	22.39	T <sub>5</sub>	中灌水	脱硫石膏	22.39	T <sub>6</sub>	低灌水	脱硫石膏	22.39
T <sub>7</sub>	高灌水		29.86	T <sub>8</sub>	中灌水		29.86	T <sub>9</sub>	低灌水		29.86
TN <sub>1</sub>	高灌水		14.92	TN <sub>2</sub>	中灌水		14.92	TN <sub>3</sub>	低灌水		14.92
TN <sub>4</sub>	高灌水	二元改良剂	22.40	TN <sub>5</sub>	中灌水	二元改良剂	22.40	TN <sub>6</sub>	低灌水	二元改良剂	22.40
TN <sub>7</sub>	高灌水		29.86	TN <sub>8</sub>	中灌水		29.86	TN <sub>9</sub>	低灌水		29.86

注:灌水水平设计见表2;二元改良剂为脱硫石膏与牛粪的混合物,各占施用量的50%。

表2 灌水水平设计  
Table 2 Design of irrigation level

灌水水平	灌水量/(m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> )		
	第一水	第二水	第三水
高灌水	1200	1050	795
中灌水	1050	900	675
低灌水	900	750	570

## 2 结果与分析

土壤pH值表征土壤的酸碱度,pH值高,则土壤黏粒膨

胀、扩散,土壤物理特性变差;土壤TDS表征土壤含盐量,是土壤盐渍化程度的标志,是抑制作物生长的主要因素。由于油葵在苗期对土壤理化性质的响应比较敏感<sup>[33]</sup>,因此,依据实验中春灌前及油葵苗期采集的土壤理化性质及油葵出苗率等数据进行分析,以得出改良初期节水改良对干旱区盐渍土壤理化性质和作物生长的影响效果。

### 2.1 土壤pH值

不同改良剂、不同灌水量条件下0~100 cm土壤pH降低值见表3。由表3可知,改良初期,不同改良剂对盐渍土pH值均产生了影响,不同程度地降低了土壤pH值。在30个处理中,灌水量和改良剂都是导致土壤pH值变化的因素。

表3 土壤pH值的变化  
Table 3 Changes of soil pH values

改良剂	改良前pH值	高灌水各处理	改良初期pH值	pH降低值	中灌水各处理	改良初期pH值	pH降低值	低灌水各处理	改良初期pH值	pH降低值
粉煤灰	10.37	F <sub>1</sub>	8.72	1.65	F <sub>2</sub>	8.88	1.49	F <sub>3</sub>	8.72	1.65
	10.37	F <sub>4</sub>	9.02	1.35	F <sub>5</sub>	9.27	1.10	F <sub>6</sub>	9.05	1.32
	10.37	F <sub>7</sub>	8.83	1.54	F <sub>8</sub>	9.10	1.27	F <sub>9</sub>	8.80	1.57
脱硫石膏	10.37	T <sub>1</sub>	8.35	2.02	T <sub>2</sub>	8.37	2.00	T <sub>3</sub>	8.54	1.83
	10.37	T <sub>4</sub>	8.25	2.12	T <sub>5</sub>	8.38	1.99	T <sub>6</sub>	8.26	2.11
	10.37	T <sub>7</sub>	8.01	2.36	T <sub>8</sub>	8.59	1.78	T <sub>9</sub>	8.22	2.15
二元改良剂	10.37	TN <sub>1</sub>	8.61	1.76	TN <sub>2</sub>	8.26	2.11	TN <sub>3</sub>	8.43	1.94
	10.37	TN <sub>4</sub>	8.14	2.23	TN <sub>5</sub>	8.21	2.16	TN <sub>6</sub>	8.18	2.19
	10.37	TN <sub>7</sub>	8.67	1.70	TN <sub>8</sub>	8.56	1.81	TN <sub>9</sub>	8.79	1.58
对照处理	10.37	CK <sub>1</sub>	9.17	1.20	CK <sub>2</sub>	8.92	1.45	CK <sub>3</sub>	8.99	1.38

从灌水量大小看,高灌水、中灌水和低灌水条件下,分别为T<sub>7</sub>、TN<sub>2</sub>和TN<sub>6</sub>处理土壤pH降低值最大,分别为2.36、2.11和2.19。说明不同改良剂在改良过程中需要与其相适应的灌水量才能实现较好的改良作用。其中,粉煤灰在不同灌水量和施用量耦合下均未达到同等条件下pH降低值最大,这也进一步说明了脱硫石膏和二元改良剂的改良效果要好于粉煤灰。

从改良剂种类看,施加不同改良剂对盐渍土pH值的影响不同。总体来说,施用脱硫石膏的各处理土壤pH值要比其他各处理降低得多,平均降低值为2.04,而二元改良剂、粉煤灰和对照处理平均降低值分别为1.94、1.44和1.34。30个处理中,粉煤灰在低灌水条件下施用量为7.46 t/hm<sup>2</sup>时(F<sub>3</sub>)、脱硫石膏在高灌水条件下施用量为29.86 t/hm<sup>2</sup>时(T<sub>7</sub>)、二元改良剂在高灌水条件下施用量为22.40 t/hm<sup>2</sup>时(TN<sub>4</sub>),土壤pH降低值最大,分别为1.65、2.36和2.23,而未施加改良剂的处理在中灌水条件下(CK<sub>2</sub>)使土壤pH降低值最大,为1.46。这说明,施加改良剂、灌水淋洗都能够降低盐渍土pH值,但相对来说,在灌水条件下施加脱硫石膏对盐渍土pH值的降低效果更为明显。

## 2.2 土壤TDS

改良初期,不同改良剂对盐渍土TDS均产生了影响,不同程度地降低了土壤TDS,30个处理0~100 cm土壤TDS的平均降幅为68.25%。在高灌水条件下,不同类型改良剂使土壤TDS降低值达到最大的处理分别是F<sub>7</sub>、T<sub>1</sub>和TN<sub>4</sub>;在中灌水条件下,不同类型改良剂使土壤TDS降低值达到最大的处理分别是F<sub>2</sub>、T<sub>2</sub>和TN<sub>5</sub>;在低灌水条件下,不同类型改良剂使土壤TDS降低值达到最大的处理分别是F<sub>3</sub>、T<sub>6</sub>和TN<sub>6</sub>。为了能够比较出不同改良剂对土壤TDS的影响,选择上述9个处理和3个对照处理,绘制出0~100 cm土层TDS的变化(图1)。由图可知,在高灌水条件下,施加改良剂的各处理土壤TDS的降低值均明显大于对照处理,而其中较大者为T<sub>1</sub>处理;在中、低灌水条件下,各处理0~40 cm土层TDS的降低值相差不大,施加改良剂的各处理土壤TDS的降低并没有体现出优于对照处理的结果,而在40~100 cm土层中,施加改良剂的各处理土壤TDS的降低均大于对照处理,而其中降低较大者为T<sub>2</sub>和FN<sub>6</sub>处理。这说明,在灌水条件下,改良剂能够使土壤TDS大幅降低,而且灌水量越大TDS降低的越大。

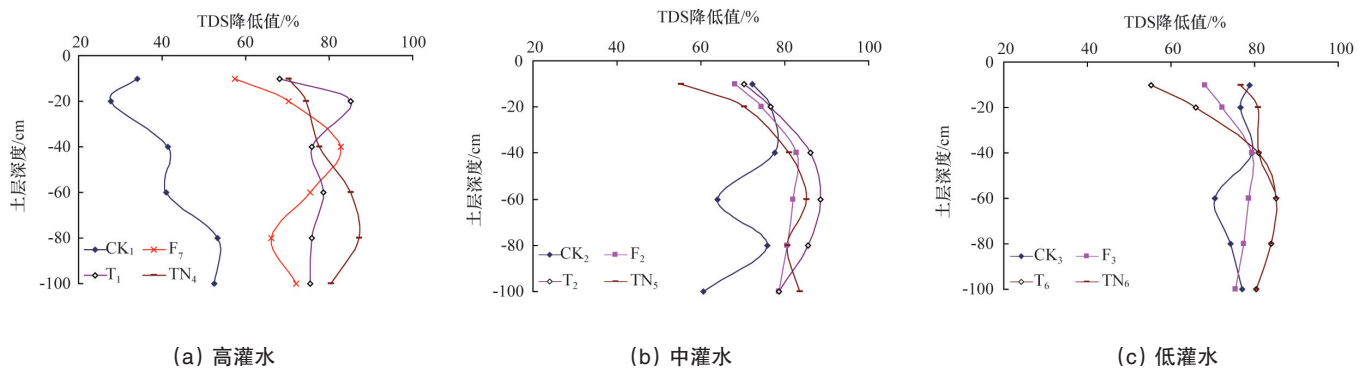


图1 土壤TDS变化

Fig. 1 Changes of the soil TDS

## 2.3 油葵出苗率

由于改良剂中充足的Ca<sup>2+</sup>置换出了土壤中的Na<sup>+</sup>,增加了土壤胶体间相互吸引的作用,从而形成土壤团粒结构,土壤孔隙度增加、容重降低,作物生长环境改善。改良初期,最直观的表现就是油葵的出苗率显著增加。

油葵在播种6 d后出苗,14 d后基本稳定,当子叶出土展开达全田总穴数75%时,调查田间出苗率如表4。由表4可知,各处理间油葵出苗率有明显差异。施加改良剂的各处理明显好于对照处理,施加二元改良剂的各处理明显好于施加粉煤灰和脱硫石膏的各处理。施加二元改良剂为14.92 t/hm<sup>2</sup>的各处理,在不同灌水条件下油葵出苗率均为最大。不同改良剂和施用量条件下,中灌水条件下各处理的出苗率大多要好于高灌水和低灌水条件下的各处理。这说明,改良剂的种类、施用量以及灌水量都是影响土壤改良效果和作物生长发

表4 各处理油葵出苗率

Table 4 Oil-sunflower seedling rates with different handling treatments

高灌水 各处理	出苗率	中灌水 各处理	出苗率	低灌水 各处理	出苗率
CK <sub>1</sub>	23.00	CK <sub>2</sub>	33.67	CK <sub>3</sub>	28.33
F <sub>1</sub>	26.23	F <sub>2</sub>	34.52	F <sub>3</sub>	31.33
F <sub>4</sub>	33.33	F <sub>5</sub>	53.85	F <sub>6</sub>	62.18
F <sub>7</sub>	39.74	F <sub>8</sub>	48.08	F <sub>9</sub>	48.40
T <sub>1</sub>	50.00	T <sub>2</sub>	60.67	T <sub>3</sub>	58.97
T <sub>4</sub>	60.23	T <sub>5</sub>	62.04	T <sub>6</sub>	57.10
T <sub>7</sub>	62.80	T <sub>8</sub>	45.83	T <sub>9</sub>	50.56
TN <sub>1</sub>	65.48	TN <sub>2</sub>	70.83	TN <sub>3</sub>	64.42
TN <sub>4</sub>	61.42	TN <sub>5</sub>	51.44	TN <sub>6</sub>	51.94
TN <sub>7</sub>	52.38	TN <sub>8</sub>	54.60	TN <sub>9</sub>	54.60

育的因素。改良剂中添加合适的有机固体废弃物(牛粪),可以提高改良剂的改良效果,改善土壤团粒结构,增强土壤持水能力,提高土壤肥力,从而促进作物生长发育。而灌水量在改良剂改良的进程中也起着不可忽视的作用,灌水量的大小不但要满足作物生长的需求,而且要满足改良剂中可溶性盐溶解、置换和运移过程的需求。从本研究可以看出,灌水量并不是越大越好,而是与改良剂的种类和施用量达到最佳的耦合量才能达到土壤改良的最佳效果。

### 3 结论

1) 施加改良剂降低了土壤 pH 值、TDS,对调节土壤盐分运移方向、改善土壤理化性质有着非常明显的效果。

2) 改良剂改良盐渍化土壤过程中,不但要选择合理的施用量,还要选择合适的灌水量进行调控,即达到改良剂施用量与灌水量的最佳耦合才能达到改良土壤的最优效果。

3) 利用改良剂改良盐渍化土壤是一个复杂的离子吸附交换和反应过程,受到环境因素、土壤特性的影响,因此,要彻底改良盐渍化土壤,必须形成一个科学有效的改良机制,这也是今后研究探求的重点。

#### 参考文献(References)

- [1] 张瑞军, 韩旭, 康艾, 等. 土壤盐渍化调查研究[J]. 西部资源, 2014, 58(1): 188-189.  
Zhang Ruijun, Han Xu, Kang Ai, et al. The investigation and study of soil salinization[J]. Western Resources, 2014, 58(1): 188-189.
- [2] 王佳丽, 黄贤金, 钟太洋, 等. 盐碱地可持续利用研究综述[J]. 地理学报, 2011, 66(5): 673-684.  
Wang Jiali, Huang Xianjin, Zhong Taiyang, et al. Review on sustainable utilization of salt-affected land[J]. Acta Geographica Sinica, 2011, 66(5): 673-684.
- [3] 桑以琳. 内蒙古河套灌区碱化土壤的发生原因和特性[J]. 土壤学报, 1996, 33(4): 398-404.  
Sang Yilin. The causes and features of the alkaline soil in Hetao Irrigation District[J]. Acta Pedologica Sinica, 1996, 33(4): 398-404.
- [4] 陈义群, 董元华. 土壤改良剂的研究与应用[J]. 生态环境, 2008, 17(3): 1282-1289.  
Chen Yiqun, Dong Yuanhua. Progress of research and utilization of soil amendments[J]. Ecology and Environment, 2008, 17(3): 1282-1289.
- [5] 王金满, 杨培岭, 付梅臣, 等. 脱硫石膏副产物改良苏打碱土的田间效应分析[J]. 灌溉排水学报, 2008, 27(2): 5-8.  
Wang Jinman, Yang Peiling, Fu Meichen, et al. The optimum field application mode of sodic soils reclaimed with by-product from flue gas desulphurization[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2008, 27(2): 5-8.
- [6] 郝金标, 邢尚军, 张建峰. 几种重盐碱地土壤改良利用模式的比较[J]. 东北林业大学学报, 2003, 31(6): 99-101.  
Xi Jinbiao, Xing Shangjun, Zhang Jianfeng, et al. Comparison of several amelioration models for high saline-alkaline soil[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2003, 31(6): 99-101.
- [7] 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.  
Ji Yongfu, Lin Haiming, Yang Zihui, et al. Study on the effects of land cover on salt content and moisture content in saline or alkaline soil during thawing[J]. Arid Zone Research, 2005, 22(1): 17-23.
- [8] 肖国举, 秦萍, 罗成科, 等. 犁翻与旋耕施用脱硫石膏对改良碱化土壤的效果研究[J]. 生态环境学报, 2010, 19(2): 433-437.  
Xiao Guojun, Qin Ping, Luo Chengke, et al. Study on effects of plowing and rotary tillage on improved solonchic soil with desulfurized gypsum[J]. Ecology and Environment, 2010, 19(2): 433-437.
- [9] 王全九, 孙海燕, 姚新华. 滴灌条件下石膏配比对盐碱土水盐运移特征影响[J]. 农业工程学报, 2008, 24(11): 36-40.  
Wang Quanjiu, Sun Haiyan, Yao Xinhua. Effects of gypsum proportion on water and salt transport characteristics under drip irrigation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008, 24(11): 36-40.
- [10] 朱庭芸. 灌区土壤盐渍化防治[M]. 北京: 农业出版社, 1992: 32-38.  
Zhu Tingyun. Prevention and control of soil salinization in the irrigation area[M]. Beijing: Agriculture Press, 1992: 32-38.
- [11] 樊丽琴, 杨建国, 纪立东, 等. BGA 土壤调理剂在盐土上的应用效果[J]. 中国农学通报, 2011, 27(24): 202-206.  
Fan Liqin, Yang Jianguo, Ji Lidong, et al. The application effect of BGA soil conditioner in saline soil[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(24): 202-206.
- [12] 王金满, 杨培岭, 石懿, 等. 脱硫副产物对改良碱化土壤的理化性质与作物生长的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(3): 34-37.  
Wang Jinman, Yang Peiling, Shi Yi, et al. Effect on physical and chemical properties of soil and sunflower growth when sodic soils reclaimed with by-product from flue gas desulphurization[J]. Journal of Soil Water Conservation, 2005, 19(3): 34-37.
- [13] 官娅莉, 陈静曦, 李洪飞. 磷石膏对盐碱土的改良研究[J]. 内蒙古环境科学, 2008, 20(1): 57-59.  
Guan Yali, Chen Jingxi, Li Hongfei. The study on saline and alkaline soil amelioration with phosphorus gypsum[J]. Inner Mongolia Environmental Protection, 2008, 20(1): 57-59.
- [14] 李焕珍, 徐玉佩, 杨伟奇, 等. 脱硫石膏改良强度苏打盐渍土效果的研究[J]. 生态学杂志, 1999, 18(1): 25-29.  
Li Huanzhen, Xu Yupei, Yang Weiqi, et al. Study on effect of using sulfur-removal gypsum as an amendment to the heavy soda saline-alkali soil[J]. Chinese Journal of Ecology, 1999, 18(1): 25-29.
- [15] 邵玉翠, 任顺荣, 廉晓娟, 等. 盐渍化土壤施用有机物-脱硫石膏改良剂效果的研究[J]. 水土保持学报, 2009, 23(5): 175-183.  
Shao Yucui, Ren Shunrong, Lian Xiaojuan, et al. Effects of combined applications of organic matter and gypsum[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2009, 23(5): 175-183.
- [16] 周连仁, 杨德超. 盐渍化农田有机无机肥配施比例的筛选[J]. 东北农业大学学报, 2013, 44(11): 25-28.  
Zhou Lianren, Yang Dechao. Screening of salinization of farmland organic manure and inorganic fertilizer ratio[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2013, 44(11): 25-28.
- [17] 蔡兴, 蒋其鳌, 常运诚, 等. 沼气肥改良碱土及其增产效果研究[J]. 土壤通报, 1999, 30(1): 4-6.  
Cai Xing, Jiang Qiao, Chang Yuncheng, et al. The biogas fertilizer to improve solonchic soil and increase yield[J]. Chinese Journal of Soil Science, 1999, 30(1): 4-6.
- [18] 郭继勋, 姜世成, 孙刚. 松嫩平原盐碱化草地治理方法的比较研究[J]. 应用生态学报, 1998, 9(4): 425-428.  
Guo Jixun, Jiang Shicheng, Sun Gang. Comparative study on remedy ways of saline-alkali grassland in Songnen Plain[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1998, 9(4): 425-428.

- [19] 李取生, 李秀军, 李晓军, 等. 松嫩平原苏打盐碱地治理与利用[J]. 资源科学, 2003, 25(1): 15-20.  
Li Qusheng, Li Xiujun, Li Xiaojun, et al. Sodium bicarbonate soil management and utilization in Songnen Plain[J]. Resources Science, 2003, 25(1): 15-20.
- [20] 王令钊. 对富含石膏的盐渍化土壤作物耐盐性的探讨[J]. 土壤肥料, 1997(2): 15-17.  
Wang Lingzhao. The discussion of crop resistance to salt of the soil salinization rich in plaster[J]. Soils and Fertilizers, 1997(2): 15-17.
- [21] 马文军, 程琴娟, 李良涛, 等. 微咸水灌溉下土壤水盐动态及对作物产量的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(1): 73-80.  
Ma Wenjun, Cheng Qinjuan, Li Liangtao, et al. Effect of slight saline water irrigation on soil salinity and yield of crop[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2010, 26(1): 73-80.
- [22] 乔玉辉, 宇振荣. 河北省曲周盐渍化地区微咸水灌溉对土壤环境效应的影响[J]. 农业工程学报, 2003, 19(2): 75-79.  
Qiao Yuhui, Yu Zhenrong. Effect of brackish water on soil environment in saline area of Quzhou of Hebei Province[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2003, 19(2): 75-79.
- [23] 张永波, 王秀兰. 表层盐化土壤区咸水灌溉试验研究[J]. 土壤学报, 1997, 34(1): 53-59.  
Zhang Yongbo, Wang Xiulan. Salt water irrigation in area with a salinized surface soil horizon[J]. Acta Pedologica Sinica, 1997, 34(1): 53-59.
- [24] 何莎. 劣质水灌溉条件下不同类型土壤盐碱化的影响研究[D]. 天津: 天津理工大学, 2010.  
He Sha. Effect of Marginal water irrigation on salinize-alkalization of different soils[D]. Tianjin: Tianjin University of Technology, 2010.
- [25] Mohammed S S, Negm M A, Rehan M G. Gypsum amendment against soil alkalinity in relation to tomato plants. II. Change in agro chemical properties and nutrient availability of the soil[J]. Egyptian Journal of Soil Science, 1997, 37(1): 93-109.
- [26] Northcote K H, Srene J K M. Australia soil with Saline and sodic properties[J]. Commonwealth Scientific and Indian Research Organization Australia, Division of Soils Soil Publication NO.27, 1972.
- [27] Singh H, Singh G, Singh J. Effect of Eucalyptus tereticornis litter on properties of a sodic soil[J]. Journal of the Indian Society of Soil Science, 1997, 45(3): 565-566.
- [28] Chun S, Nishiyama M, Matsumoto S. Sodic soils reclaimed with by-product from flue gas desulfurization: Corn production and soil quality [J]. Environmental Pollution, 2011, 114: 453-459.
- [29] Sakai Y, Matsumoto S, Sadakata M. Alkali soil reclamation with flue gas desulfurization gypsum in China and assessment of metal content in corn grains[J]. Soil & Sediment Contamination, 2004, 13(1): 65-80.
- [30] Wang J M, Yang P L. The effect on physical and chemical properties of saline and sodic soils reclaimed with byproduct from flue gas desulphurization[C]. Proceedings of the 7th Inter Regional Conference on Environment and Water. Beijing: China Agriculture Press, 2004, 10: 1015-1021.
- [31] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011.  
Bao Shidan. Soil agrochemical analysis[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2011.
- [32] 杨体强, 侯建华, 苏恩光, 等. 电场对油葵种子苗期干旱胁迫后生长的影响[J]. 生物物理学报, 2000, 16(4): 780-784.  
Yang Tiqiang, Hou Jianhua, Su Enguang, et al. Effect of electric field treatment of oil sunflower seeds on the growth under drought stress in seedling stage[J]. Acta Biophysica Sinica, 2000, 16(4): 780-784.
- [33] 王金满, 杨培岭, 张建国, 等. 脱硫石膏改良碱化土壤过程中的向日葵苗期盐响应研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(9): 1863-1868.  
Wang Jinman, Yang Peiling, Zhang Jianguo, et al. Salinity effect on sunflower at seedling stage during improving sodic soils reclaimed with by-product from flue gas desulphurization(BFGD)[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(9): 1863-1868.

(责任编辑 王媛媛)

## · 学术动态 ·



中国科学技术协会

## 中国电工技术学会召开第八次全国会员代表大会

2015年3月21日,中国电工技术学会第八次全国会员代表大会在北京召开。原机械工业部副部长、中国电工技术学会七届理事会理事长孙昌基,原机械工业部电工局局长、中国电工技术学会七届理事会名誉理事长周鹤良,中国机械工业联合会执行副会长赵驰出席会议,近300多名会员代表参加会议。

会议以无记名投票形式选举产生第八届理事会领导机构,选举天津工业大学校长杨庆新为第八届理事会理事长,裴相精为秘书长。会议选举189人组成第八届理事会,选举丁立健、马伟明等57人为第八届理事会常务理事。

详见中国科协网<http://www.cast.org.cn/n35081/n35548/n38635/16320735.html>。