

# Acquisition and Suggestion of Technical Parameters for Irrigation and Drainage Projects of Saline Alkali Soil in the Yellow River Delta

Xunjun Wang<sup>1,2,3</sup>, Liang Dong<sup>1,4</sup>, Zheng Ma<sup>3,4</sup>, Fuli Zheng<sup>4</sup>, Xiaoxia Dong<sup>1,2</sup>, Baisong Zhang<sup>3,4\*</sup>

<sup>1</sup>Scientific Experimental Station of Preservation of Cultivated Land in Shandong of Ministry of Agriculture, Institute of Agricultural Resources and Environment, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan Shandong

<sup>2</sup>Key Laboratory of Agricultural Environment of Huang-Huai-Hai Plain of Ministry of Agriculture, Institute of Agricultural Resources and Environment, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan Shandong

<sup>3</sup>Shandong Provincial Key Laboratory of Agricultural Non-Point Source Pollution Control and Prevention, Institute of Agricultural Resources and Environment, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan Shandong

<sup>4</sup>Shandong Provincial Key Laboratory of Plant Nutrition and Fertilizer, Institute of Agricultural Resources and Environment, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan Shandong

Email: jameswang003@126.com, zhangbosong1962@163.com

Received: Nov. 17<sup>th</sup>, 2018; accepted: Dec. 3<sup>rd</sup>, 2018; published: Dec. 10<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

In order to improve the irrigation and drainage engineering of the saline-alkali wasteland in the Yellow River Delta more effectively, data were collected from saline alkali wasteland which was not exploited in Tingluo Town, Lijin County, Dongying City. The results show that the soil texture in this area is mostly sand or sandy loam soil, soil depth is between 0.8 - 2.6 m, the soil permeability coefficient is between 0.03 - 0.81 m·d<sup>-1</sup>, the soil is semi permeable, and the infiltration rate is between 0.7 - 1.23 mm·min<sup>-1</sup> and the soil stability is good. The groundwater depth is between 1.2 - 2.4 m, most of which is shallower than critical depth of groundwater.

## Keywords

Yellow River Delta, Saline Soil, Irrigation and Drainage, Soil Improvement

---

# 黄河三角洲盐碱地灌排工程改良技术参数的采集及建议

王学君<sup>1,2,3</sup>, 董亮<sup>1,4</sup>, 马征<sup>3,4</sup>, 郑福丽<sup>4</sup>, 董晓霞<sup>1,2</sup>, 张柏松<sup>3,4\*</sup>

\*通讯作者。

文章引用: 王学君, 董亮, 马征, 郑福丽, 董晓霞, 张柏松. 黄河三角洲盐碱地灌排工程改良技术参数的采集及建议[J]. 土壤科学, 2019, 7(1): 16-22. DOI: 10.12677/hjss.2019.71003

<sup>1</sup>山东省农业科学院农业资源与环境研究所, 农业部山东耕地保育科学观测实验站, 山东 济南

<sup>2</sup>山东省农业科学院农业资源与环境研究所, 农业部黄淮海平原农业环境重点实验室, 山东 济南

<sup>3</sup>山东省农业科学院农业资源与环境研究所, 山东省农业面源污染防治重点实验室, 山东 济南

<sup>4</sup>山东省农业科学院农业资源与环境研究所, 山东省植物营养与肥料重点实验室, 山东 济南

Email: jameswang003@126.com, zhangbosong1962@163.com

收稿日期: 2018年11月17日; 录用日期: 2018年12月3日; 发布日期: 2018年12月10日

## 摘要

为了更有效地对黄河三角洲未开发利用的盐碱荒地实施灌排工程改良, 本文对东营市利津县汀罗镇未开发利用的盐碱荒地进行数据采集。结果表明: 该区域土壤质地多为砂土或砂壤土, 土层深度为0.8~2.6 m之间, 土壤渗透系数0.03~0.81 m·d<sup>-1</sup>之间, 均为半透水性土壤, 土壤入渗率介于0.7~1.23 mm·min<sup>-1</sup>, 土层稳定性好, 地下水埋深介于1.2~2.4 m之间, 大部分浅于当地地下水临界深度。

## 关键词

黄河三角洲, 盐碱土壤, 灌排, 土壤改良

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

黄河三角洲濒临渤海, 盐碱地分布广泛, 有 4000 多万亩中低产田和 1000 多万亩未被利用的盐碱荒地。该区地下水埋深较浅, 水中含盐量极高, 加之降雨分布不均、蒸发作用强烈等特点, 导致生态环境恶化和土壤次生盐渍化严重, 严重影响着当地农业生产以及园林绿化等产业的发展[1] [2] [3]。

灌排工程措施由于具有节地、不影响农田机械化操作、改盐效果好等优点, 是目前应用较多的一种盐碱地工程改良措施。灌排工程遵循“盐随水来、盐随水去”的水盐运移规律, 利用人工或机械将排盐管埋入地表以下一定深度内, 沿排水方向布置一定间距、平行的、相互联系的地下排水盐管网系统, 汇入管道的灌溉水或雨水, 将充分溶解的土壤盐分随水通过管道排出土地, 从而达到有效降低土壤含盐量、改良盐碱地的目的[4] [5]。由于排盐管埋深、间距、管径需要按土壤含盐量、地下水埋深、矿化度、渗透系数、土层厚度及地形来设计, 不能一个标准, 否则达不到预期的效果[6]。因此, 对东营市利津县汀罗镇未开发利用的盐碱荒地进行数据采集, 为灌排改良工程设计提供科学合理的基础和背景资料。

## 2. 内容与方法

### 2.1. 数据采集区域状况

土壤数据采集区域位于黄河三角洲东北部利津县境内的汀罗镇(E118°35'01"~118°37'56", N37°46'39"~37°48'43"), 地处黄河三角洲腹地, 东靠济南军区黄河三角洲生产基地, 南依黄河与垦利县毗壤, 西北与河口区相邻。数据采集区域土地总面积 1.0 万亩, 居罗孤路两侧, 区位独特, 交通便利。该区域地势较平坦, 土壤盐碱化程度不一, 呈插花状分布。土壤为潮土, 质地有砂土和砂壤土。数据采集

区地下水矿化度较高, 不适合灌溉, 可利用的地表水源有黄河和挑河。由于该区土壤盐碱化程度较重, 土地开发利用程度低, 区域内多为盐荒地, 零星种植小麦 - 玉米。

## 2.2. 数据采集时间及内容指标

土壤数据采集时间是在 2017 年 4 月, 的主要技术指标及对应方法如表 1。

**Table 1.** Index and method of data collection

**表 1.** 数据采集指标及方法

序号	数据采集指标	技术方法	方法依据
1	土层深度及厚度	田间钻孔法	GB50026-2007
2	土壤机械组成	土壤比重计法	NY/T 1121.3-2006
3	土壤容重	环刀法	NY-T 1121.4-2006
4	土壤田间持水量	环刀法	TD/T1043.1-2013
5	土壤渗透系数	田间原位注水法	GB50026-2007
6	土壤入渗率	双环法	GB50026-2007
7	土壤 pH 值	酸度计法	NY/T 1121.2-2006
8	土壤盐分	重量法	NY/T 1121.16-2006
9	土壤 EC 值	电位法	TD/T1043.1-2013
10	土壤碱解氮	碱解扩散法	LY-T 1228-1999
11	土壤速效磷	碳酸氢钠浸提钼锑抗比色法	LY-T 1228-1999
12	土壤速效钾	醋酸铵浸提火焰光度法	LY-T 1228-1999
13	地下水埋藏深度	水位计测量法	TD/T1043.1-2013
14	地下水临界深度	查表法	GB50026-2007
15	地下水矿化度	电导法	TD/T1043.1-2013

## 2.3. 布点原则和数量

土壤数据采集布点遵循土壤数据采集点的代表性和均匀性原则。布点数量依据 NY/T 395-2000 农田土壤环境质量检测技术规范, 利用 GPS 定位技术, 对项目区的数据采集布点采用分块随机布点法。共计布点 120 个, 涵盖面积约 10,000 亩。

## 3. 数据采集结果

### 3.1. 土壤剖面层次特征

土壤剖面是指从地面向下挖掘所裸露的一段垂直切面。不同类型的土壤, 具有不同形态的土壤剖面。土壤剖面可以表示土壤的外部特征, 包括土壤的若干发生层次、颜色、质地、结构、新生体等。通过数据采集发现(见图 1), 项目区土层深度为 0.8~2.6 m 之间。并且由于项目区为黄河冲积而形成, 所以部分数据采集的土体中存在流沙层, 且呈现垂直面深浅及水平面位置不规则分布的现象。

### 3.2. 土壤质地与粒径分布状况

土壤质地是土壤物理性质之一, 指土壤中不同大小直径的矿物颗粒的组合状况。土壤质地与土壤通气、保肥、保水状况及耕作的难易有密切关系, 是拟定土壤利用、管理和改良措施的重要依据。肥沃的土壤不仅要求耕层的质地良好, 还要求有良好的质地剖面。虽然土壤质地主要决定于成土母质类型, 有相对的稳定性, 但耕作层的质地仍可通过耕作、施肥等活动进行调节。

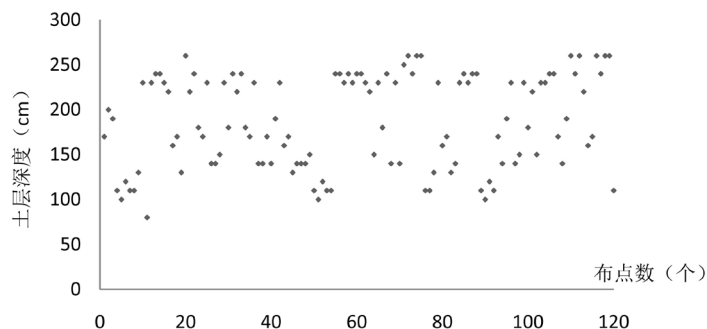


Figure 1. The data acquisition of soil depth

图 1. 土层深度数据采集情况

土壤数据采集过程中采用手测法粗略观察土壤质地情况，并分析土壤颗粒组成，利用国际制土壤质地分类三角坐标图查找相应的土壤质地类型。通过数据采集发现，在数据采集区内，土壤质地类型主要有两类：砂土和砂壤土，沙土占 39%，砂壤土占 61%，由图 2 看出，粒径为 2 mm~0.02 mm 的砂粒含量较高，占 59%~91%，0.02 mm~0.002 mm 粉粒含量占 5%~37%，大于 2 mm 的石砾和小于 0.002 mm 的黏粒占的比例很小。

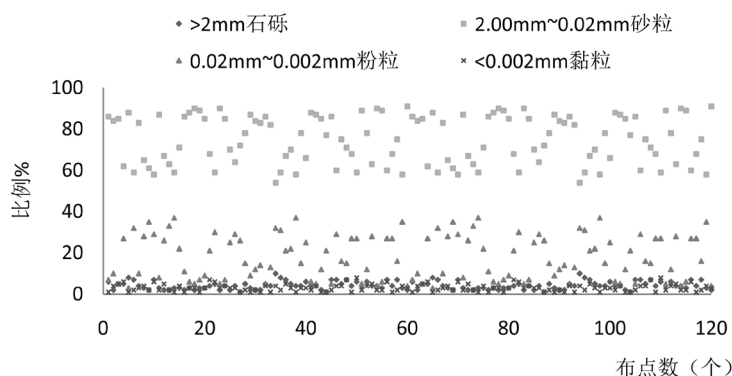


Figure 2. The distribution of soil particle size

图 2. 调查土壤粒径分布状况

### 3.3. 土壤盐分组成与含盐量

土壤盐分状况是由自然条件下当地的气候、地貌、水文及地质等诸因素决定的。盐分对土壤的作用以及盐化度可由盐分的数量和其化学组成来表示。

经分析，该区内土壤盐分类型为  $\text{Cl}^-$ - $\text{SO}_4^{2-}$  类型。其中阴离子以  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  为主， $\text{CO}_3^{2-}$  较少， $\text{HCO}_3^-$  几乎没有；阳离子以  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  为主。土壤盐分差异较大：在 0~20 cm 土层土壤含盐量为  $0.59\sim 32.87 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  之间，其中，非盐化土[7] [8] (土壤含盐量  $< 1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) 占 4%，轻度盐化土[7] [8] (土壤含盐量  $1\sim 2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) 占 26%，中度盐化土[7] [8] (土壤含盐量  $2\sim 4 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) 占 18%，强度盐化土[7] [8] (土壤含盐量  $4\sim 6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) 占 15%，其余 37% 为盐土(土壤含盐量  $> 6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )。此外，20~40 cm 土层土壤盐分为  $0.94\sim 27.69 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，40~70 cm 土层土壤盐分为  $0.56\sim 21.61 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，70~100 cm 土层土壤盐分为  $0.76\sim 17.58 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

### 3.4. 土壤酸碱度

土壤酸碱度，又称“土壤反应”，它是土壤溶液的酸碱反应。主要取决于土壤溶液中氢离子的浓度，以 pH 值表示[7]。样品测定情况见图 3。发现采集区内土壤酸碱度差异变化不大，在 0~20 cm 土层土壤

pH 值为 7.63~8.89 之间, 其中, 83% 为非碱化土壤(土壤 pH 值 < 8.5, 碱化度 < 5%), 17% 为弱碱化土壤(土壤 pH 值 8.5~9.0, 碱化度 5%~15%)。此外, 20~40 cm 土层土壤 pH 值为 7.67~9.42 之间, 40~70 cm 土层土壤 pH 值为 7.79~9.25 之间, 70~100 cm 土层土壤 pH 值为 7.78~9.22 之间。即土壤 20 cm 以下土层碱化度较大, 最强碱化程度达到中碱化土壤。这可能是由于项目区土壤盐分主要以  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  为主, 盐基离子由于天气原因随蒸发积于表层, 所以导致下层碱度较大。

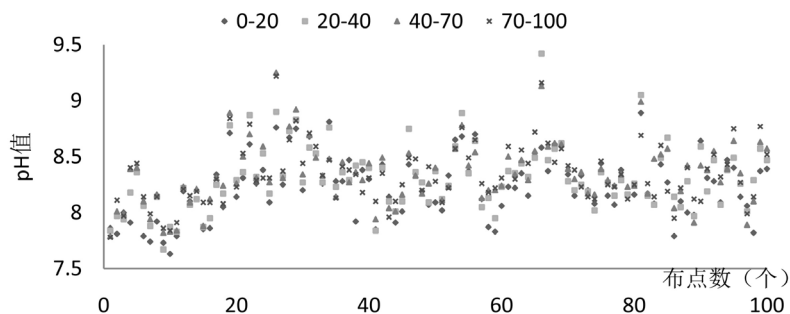


Figure 3. The pH value of soil

图 3. 调查土壤的酸碱度

### 3.5. 土壤速效养分

土壤速效养分是土壤所能提供给植物生活必需的、易被作物吸收利用的营养元素, 主要是指速效氮、磷、钾养分, 是评价土壤自然肥力、肥沃贫瘠的主要因素。

通过对土样的分析测试, 结果见图 4, 在所取 120 份表层土壤样品中, 土壤碱解氮含量在  $15.60 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ~ $24.01 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  之间, 速效磷含量介于  $7.06 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ~ $8.62 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  之间, 速效钾含量介于  $66.78 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ~ $86.29 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  之间。氮、磷缺乏, 钾适中, 要对该区土地进行农业生产利用, 土壤养分提升的施肥措施是关键。

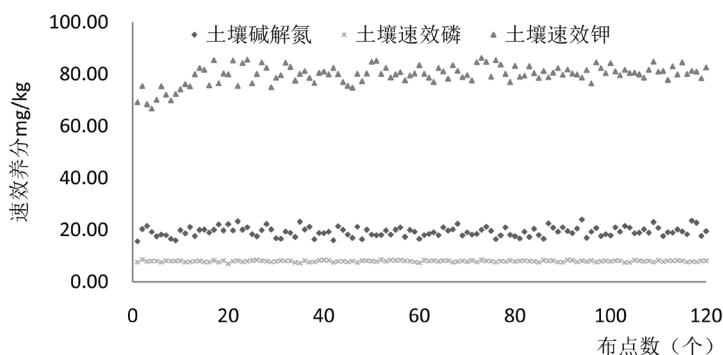


Figure 4. The content of available nutrients

图 4. 土壤速效养分含量

### 3.6. 土壤渗透性与持水性能

土壤渗透性是土壤重要特性之一, 与土壤质地、结构、盐分含量、含水量等有关。土壤渗透性与持水性能通过土壤渗透系数、土壤入渗率及田间持水量来表示。测试结果见图 5 和图 6, 数据采集区内土壤田间持水量为 24.37%~41.08%之间。该区域内土壤渗透系数为  $0.03$ ~ $0.81 \text{ m}\cdot\text{d}^{-1}$  之间, 均为半透水性土壤, 土壤入渗率介于  $0.7$ ~ $1.23 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$  之间。

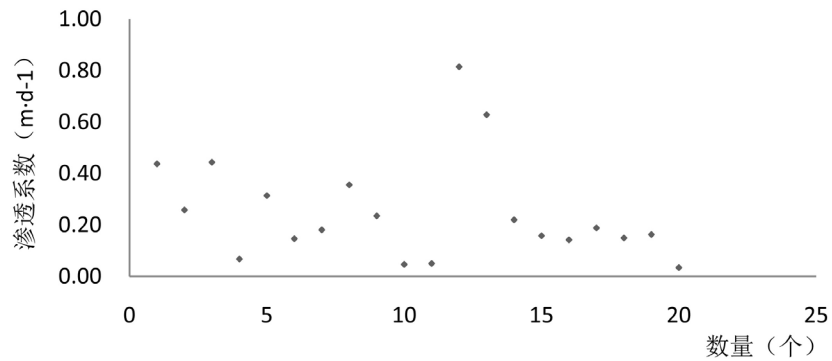


Figure 5. The permeability coefficient of soil

图 5. 调查土壤的渗透系

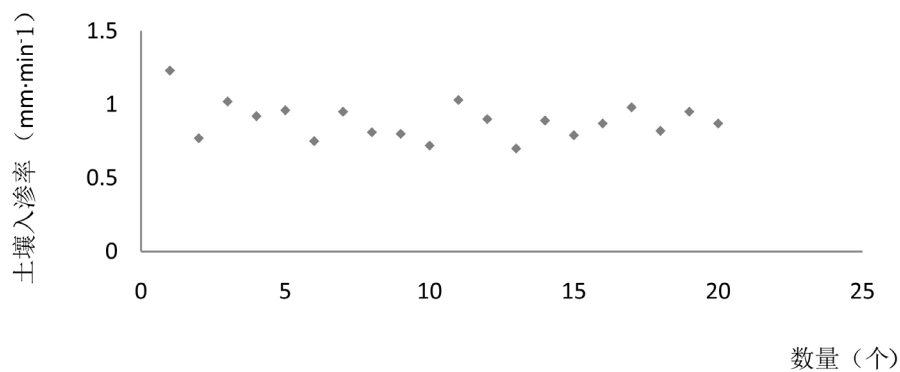


Figure 6. The infiltration rate of soil

图 6. 调查土壤的入渗率

### 3.7. 地下水埋深

地下水埋深是指地下水水面到地表的距离。同一地区，地下水水埋深及含水层厚度有季节变化，多雨季节埋深变浅，干旱季节则相反。本次数据采集处于在 4 月份~5 月份期间，结果见图 7，表明：地下水埋深介于 1.0~1.5 m 的土地占 35%，属于强烈积盐深度，土壤呈强烈盐渍化；地下水埋深介于 1.5~2.0 m 的土地占 40%，属于积盐深度，土壤呈较轻的积盐过程；地下水埋深介于 2.0~2.5 m 的土地占 25%，属于稍安全深度，土壤积盐迅速下降，处于临界深度范围；地下水埋深<1.0 m 和>2.5 m 的土地没有。

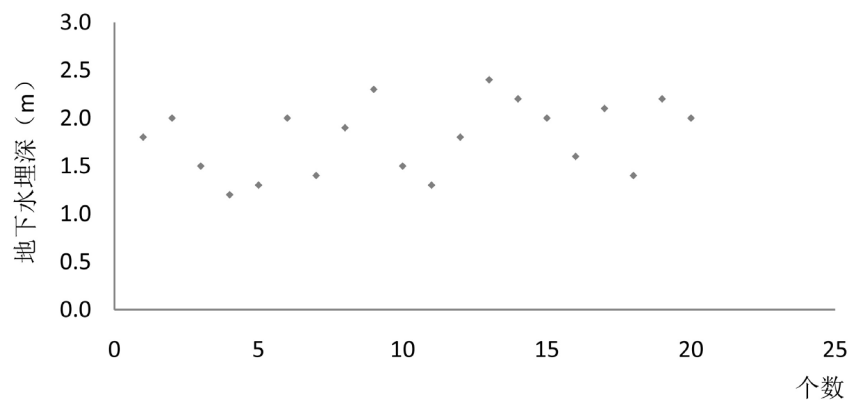


Figure 7. The groundwater depth of soil

图 7. 调查土壤的地下水埋深

### 3.8. 地下水临界深度和矿化度

地下水临界深度亦称临界水位,是指限制土壤次生盐渍化发生的最浅地下水埋深。地下水矿化度是指地下水中水分蒸发后剩余的残渣重量。测试发现,该区域地下水临界深度为2.1~2.3 m。地下水矿化度结果见图8,介于12.69~20.08 g·L<sup>-1</sup>之间,所有样品的干残余物均在10~30 g·L<sup>-1</sup>范围内,所以,项目区内地下水均属于强矿化水。

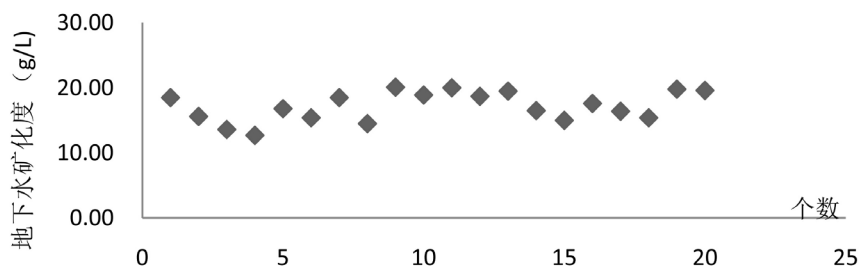


Figure 8. The salinity of groundwater

图8. 地下水矿化度

## 4. 土地整治暗管改良工程的相关建议

滨海盐碱地具有地下水埋深浅,土壤盐分重,土壤水盐季节性变化强烈等特点,适宜推广灌排改良工程。本次土壤数据采集结果显示,数据采集区土壤质地多为砂土或砂壤土,土层深度为0.8~2.6 m之间,土壤渗透系数0.03~0.81 m·d<sup>-1</sup>之间,均为半透水性土壤,土壤入渗率介于0.7~1.23 mm·min<sup>-1</sup>,土层稳定性好。地下水埋深介于1.2~2.4 m之间,大部分浅于当地地下水临界深度,所以,实施灌排改良工程时,管道位于地下水位以上,而且疏松周围土壤,增加土壤透水性,利于土壤上层盐分更易向下随水排出,降低作物根系土壤环境盐分,保证作物正常生长。对于没有排水沟的地块尤其是盐荒地,需要重新开挖排水沟,以使淋洗的盐分能充分排出。

## 基金项目

国家重点研发计划(2017YFD0300408);公益性行业(农业)科研专项(201503121-06);山东省重点研发计划(2016CYJS05A01, 2017GNC10116, 2017cxgc0311)。

## 参考文献

- [1] 关元秀,刘高焕,刘庆生,等.黄河三角洲盐碱地遥感数据采集[J].遥感学报,2001,5(1):46-52.
- [2] 李怡学,冬野光亮,李新举.黄河三角洲盐渍土可持续利用对策[J].水土保持学报,2003,17(2):55-61.
- [3] 杨劲松,姚荣江.黄河三角洲地区土壤水盐空间变异特征研究[J].地理科学,2007,27(3):348-353.
- [4] 迟道才,程世国,张玉龙,等.国内外暗管排水的发展现状与动态[J].沈阳农业大学学报,2003,34(3):312-316.
- [5] Ritzema, H., Satyanarayana, T.V., Raman, S., et al. (2008) Subsurface Drainage to Combat Water Logging and Salinity in Irrigated Lands in India: Lessons Learned in Farmers' Fields. *Agricultural Water Management*, 95, 179-189. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.09.012>
- [6] 水利部国际合作司,水利部农村水利司,等.美国国家灌溉工程手册[M].北京:中国水利水电出版社,1998:281-299.
- [7] 中国土壤学会.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000:12+85+266-292.
- [8] 王遵亲,祝寿泉,俞仁培,等.中国盐渍土[M].北京:科学出版社,1993:83-95.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2329-7255，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[hjss@hanspub.org](mailto:hjss@hanspub.org)