

文章编号: 1001-8166(2006)02-0157-04

# 渤海湾风暴潮倒灌对沿岸农田土壤盐分的影响<sup>\*</sup>

张国明<sup>1,2</sup>, 顾 卫<sup>1,2</sup>, 吴之正<sup>3</sup>, 史培军<sup>1,2\*</sup>

(1·北京师范大学资源学院灾害与公共安全研究所, 北京 100875; 2·北京师范大学环境演变与自然灾害教育部重点实验室, 北京 100875; 3·北京师范大学地理学与遥感科学学院, 北京 100875)

**摘 要** 2003 年 10 月 11 日渤海湾沧州范围内发生特大温带风暴潮, 其摧毁沿岸养殖场后涌向沿海农田区域, 海水倒灌农田浸泡持续时间达 10 ~15 d 不等。2004 年 5 月 3 日, 对浸泡农田土壤采样进行盐分分析, 结果表明, 经海水浸泡后农田全部盐碱化, 且盐分主要聚集在土壤表层, 46% 的土地出现碱斑, 0 ~90 cm 土体内土壤含盐量较浸泡前普遍增加, 0 ~10 cm 表层含盐量高达 1.134%; 浸泡后 0 ~25 cm 土体内含盐离子组成较之浸泡前有显著变化, Cl<sup>-</sup> 含量增加了 33.3%, Na<sup>+</sup> +K<sup>+</sup> 含量增加了 39.4%。降雨淋溶可以使土壤盐分含量明显下降, 且为主要影响因素。经过一年后, 土壤盐分含量降低到 0.308%, 而两年后, 受灾土壤盐分含量降低到 0.265% 左右, 可以种植耐盐性较强的作物。

**关 键 词** 风暴潮; 土壤盐分; 影响; 农田  
中图分类号: S153 文献标识码: A

渤海一年四季均有风暴潮发生, 其中渤海湾和莱州湾沿岸是我国风暴潮灾害频发且严重的区域, 历史上曾发生多次强风暴潮灾害<sup>[1,2]</sup>。根据史料记载渤海湾沧州岸段历史上曾发生过数十次灾害性风暴潮, 建国后至今先后于 1965 年 11 月 7 日、1985 年 8 月 19 日、1992 年 9 月 1 日和 1997 年 8 月 20 日及 2003 年 10 月 11 日, 共发生 5 次造成严重灾情的风暴潮。并且近 10 年来发生频次呈增多趋势<sup>[3]</sup>。2003 年 10 月 11 日, 渤海西岸沧州段沿海发生的特大温带风暴潮, 造成沿海的南排河、中捷友谊农场部分村庄进水, 有的屋内积水达 20 cm, 盐场、虾蟹池大部分被冲垮, 部分海堤被冲毁, 水利、通讯、电力遭到破坏。局部海水通过河道、养殖池漫入农田, 大面积棉花和其他农作物受海水浸泡时间长达半月, 土壤含盐量急剧上升, 严重影响到该地区的农业生产。2004 年对风暴潮成灾农田进行调查, 发现近 46% 的

土地出现碱斑, 土壤盐碱化程度严重。本文基于从 2003 年 11 月到 2005 年 11 月, 对中捷友谊农场受灾农田土壤盐分变化监测结果, 初步分析了此次风暴潮后, 受灾农田土壤盐分的动态变化特征。

## 1 调查与采样

河北沧州中捷友谊农场四分场十三队由于地势低洼, 农田受 2003 年 10 月 11 日渤海特大温带风暴潮影响最为严重, 海水冲破海防堤后灌入棉田, 由于黄赵公路地势高, 将海水挡在了路北, 棉田被海水浸泡时间最长, 受灾最为严重。据此, 本试验采样点选在十三队路北海水浸泡棉花田进行(图 1)。采样在每年 5 月、9 月、11 月左右进行, 地下水水位较浅, 仅为 90 cm 左右, 土壤分 0 ~10、10 ~25、25 ~55、55 ~90 cm 四层采样, 并进行化验, 2 年共采样 7 次。土壤盐分采用室内常规分析方法进行化验。

\* 收稿日期: 2005-12-20; 修回日期: 2006-01-16。

\* 基金项目: 国家 863 计划重大专项资助项目“渤海海冰资源开发与农业综合利用技术研究”(编号: 2004AA224020); 国家自然科学基金重点项目“渤海海冰作为淡水资源的储量测算”(编号: 40335048)资助。

作者简介: 张国明(1977-), 男, 山西孝义人, 博士研究生, 主要从事资源高效利用与区域发展研究。E-mail: zgm@ies.cn

\* 通讯作者: 史培军(1959), 男, 陕西靖边人, 教授, 主要从事环境演变与自然灾害研究。E-mail: spj@bnu.edu.cn

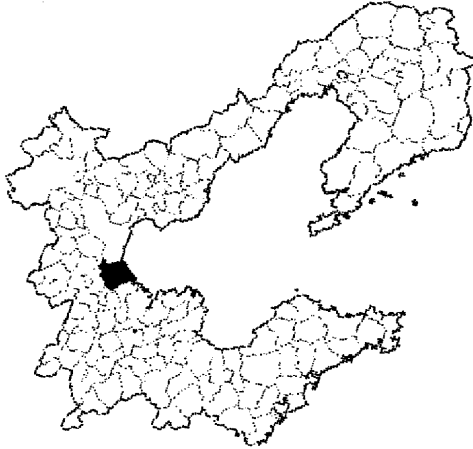


图 1 试验点位图

Fig. 1 Location of study area

## 2 结果与分析

### 2.1 风暴潮浸泡前后土壤盐分含量比较

由表 1 可以明显看出,海潮水浸泡农田后,土

壤盐分离子组成发生了较大变化,0~10 cm 土层中  $\text{Cl}^-$  含量增加了 33.3%,  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  含量也增加了 39.4%,  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  含量较之浸泡前也大大增加,10~25 cm 土壤虽也有相似特征,但增加幅度比 0~10 cm 要小。说明经海潮水浸泡后,表层土壤成为海水盐分的“滤网”,海水中含有各种盐类,其中 90% 左右是氯化钠,海水下渗与蒸发过程中,盐分一部分聚集土体表面,一部分滤在 0~25 cm 土体当中。另外海水还含有氯化镁、硫酸镁、碳酸镁及其他盐类。因此浸泡后土壤中各离子含量均大于浸泡前。25~55 cm 的土层各离子组成比例和浸泡前相当,但含量较之浸泡前仍有所提高。浸泡 10 多天,水分运移多少会带一部分离子进入下层土壤,但由于上层土壤充当了很好的过滤器,因此 25~90 cm 土层盐分组成变化比例远远小于表层土壤。

对海潮水浸泡过和未浸泡土壤分层分析(图 2),可以看出,海潮水浸泡后农田土壤含盐量均有超高,尤以表层 0~10、10~25 cm 严重。海水浸泡后表层 0~10 cm 土壤含盐量高达 1.134%、10~25

表 1 海潮水浸泡农田前后土壤盐分离子组成比较

Table 1 Soil saline ion constitutes of farm land before and after seawater soaking

土壤	深度 (cm)	全盐 (%)	$\text{CO}_3^{2-}$ (%)	$\text{HCO}_3^-$ (%)	$\text{Cl}^-$ (%)	$\text{SO}_4^{2-}$ (%)	$\text{Ca}^{2+}$ (%)	$\text{Mg}^{2+}$ (%)	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$ (%)
浸泡前	0~10	0.158	0.003	0.085	0.017	0.007	0.002	0.001	0.043
	10~25	0.145	0.00	0.043	0.032	0.024	0.004	0.004	0.038
	25~55	0.233	0.002	0.046	0.064	0.048	0.005	0.01	0.058
	55~90	0.245	0.00	0.058	0.082	0.023	0.004	0.001	0.077
浸泡后	0~10	1.134	0.021	0.098	0.35	0.154	0.041	0.033	0.437
	10~25	1.015	0.018	0.084	0.31	0.146	0.035	0.029	0.393
	25~55	0.468	0.009	0.096	0.21	0.026	0.058	0.004	0.065
	55~90	0.364	0.007	0.078	0.097	0.068	0.008	0.009	0.097

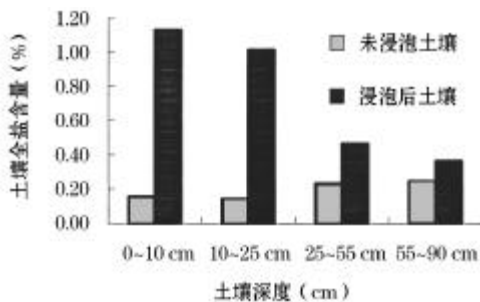


图 2 海潮水浸泡前后土壤全盐量比较

Fig. 2 Soilsalt content of farm land before and after seawater soaking

量不如上层剧烈,只略有增加。说明此次风暴海水浸泡后土壤表层 0~25 cm 土壤盐化剧烈。25 cm 以下土壤含盐量浸泡后虽比浸泡前略高,但提高幅度不大,分析其原因,虽然海水浸泡时间长达 10 多天,但是由于土壤上部截留大量盐分,随着土壤深度增加,只会有少量的盐分随着水分运移途径下移到深层土壤。由此可以看出,风暴潮海水倒灌农田影响土壤质量主要是使农田土壤表层盐碱化程度大大加重。

### 2.2 风暴潮海水浸泡前与浸泡后土壤 pH 值比较

由图 3 可以看出,农田土壤浸泡前,由表层到深层 pH 呈波形特征变化,浸泡后整个土体 pH 增强趋势呈倒 U 形。原因是海潮水浸泡前,土壤表层经过

cm 高达 1.015%。而 25~55 cm 和 55~90 cm 增加

夏季降雨,土壤表层0~10 cm盐分大部分被淋洗到了下部,处于一年中最好土质状态,pH值仅为8.2。海潮水的倒灌对农田土壤pH值产生较大影响,海潮水浸泡农田后,各层土壤pH较浸泡前均有所升高,土壤碱性表现更强。分析其原因,海潮水带来大量碱性离子,附集于土壤表层,因此表层土壤pH值增强,0~10 cm土壤碱化程度最大,pH值增强了0.7。10~25 cm土层pH比被浸泡前也碱性增强,由8.5到8.7,pH值仅增强了0.2。25~55 cm土层与10~25 cm变化一致。其余各土层pH变化也呈现出表层土壤碱化程度大于底层土壤的特征。

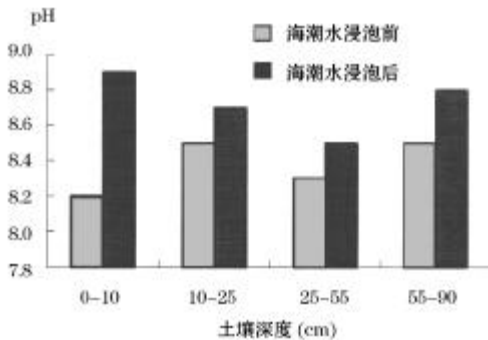


图3 海潮水浸泡前后土壤pH值比较图

Fig.3 pH value of the soil before and after seawater soaking

### 2.3 风暴潮后2年中土壤含盐量变化特征分析

土壤中水盐运动规律是“盐随水来,盐随水走,水去盐存”。海潮水浸泡农田后,土壤含盐量必然要增加,而一般作物适宜在土壤含盐量<0.25%,最高0.5%的环境下生长<sup>[5]</sup>,经风暴潮海水破坏后的土壤,必须经过适当改良才可进行农业种植。由图4可以看出,2004年5月初,取土样化验结果显示,0~10 cm表层土壤盐分略有下降,但降幅不大,10~20 cm土层也有所下降,较之表层下降幅度要大。这表明,秋季后期降雨与冬季降雪对其土壤盐分下降产生明显影响,但脱盐效果不明显。春季大风,土壤返盐高峰,导致表层0~10 cm盐分含量略高于10~20 cm,仍不适宜玉米、高粱等作物种植。2004年5月初,曾试播棉花,出苗率仅35%。

结合试验点气象站降雨数据分析,从2004年10月海潮水浸泡后到2005年11月,不同深度的土壤含盐量均有所下降,特别是0~10 cm、10~25 cm表现为大幅度下降。0~10 cm土壤含盐量由开始的1.134%下降到0.239%,脱盐率达78.9%,10~

25 cm土壤含盐量下降了0.751%,脱盐率达73.9%。试验区地处渤海沿岸,一年内降雨多集中在6~8月,由图5可以看出,2004年和2005年6~8月降雨量将近450 mm,与图4土壤两次大幅脱盐规律相一致。2004年8月27日采样分析,90 cm土体脱盐率达55.7%,脱盐效果明显。2004年11月12日采样,土壤表层盐分含量略有升高,其原因是秋季降雨明显减少,而大风盛行,蒸发作用加强,土壤盐分表聚作用的结果。到2005年11月4日最后一次采样,海潮水浸泡过的土壤盐分已经降低到0.265%左右,对于耐盐性较强的作物品种如棉花、向日葵等,可以进行种植。

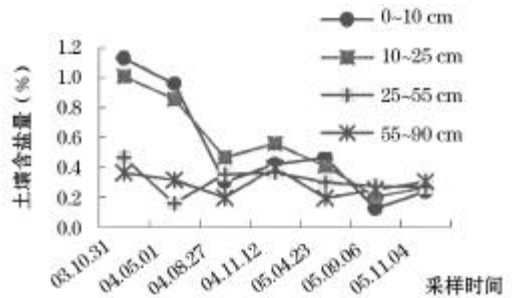


图4 风暴潮后2年内不同时期土壤盐度特征

Fig.4 Change of soil salinity after two years of the storm surge

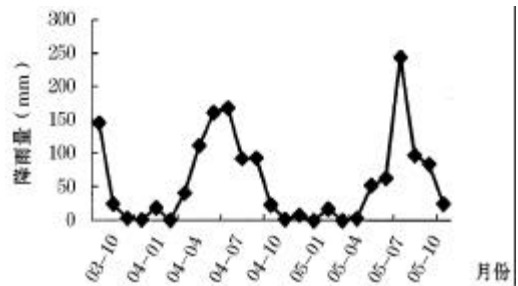


图5 2003年11月至2005年10月各月降雨量

Fig.5 Monthly precipitations from 2003

November to 2005 October

### 3 结论与讨论

风暴潮海水倒灌农田对土壤盐分变化影响严重,主要是海水中含量较多的 $Cl^-$ 和 $Na^+$ 离子在土壤表层聚集,土壤pH值升高,土壤呈碱性化;降雨是受淹土壤脱盐的主要影响因素,经过2年的降雨淋洗,0~90 cm土壤盐分可降低到0.265%左右,可以种植一些耐盐性较强的作物。通过种植作物,结合田间管理进一步对受淹土壤进行改良,可以将受淹后的盐碱化土壤改良为稳产农田。

本次由温带天气系统引起的温带风暴潮,由于事先未有预报,所以损失较大。据统计,这次风暴潮淹没虾蟹池 0.47 万  $\text{hm}^2$ , 损失 8 000 万元; 淹没盐场 50 座, 损失 4 960 万元; 淹没农田 1.8 万  $\text{hm}^2$ , 损失 5 500 万元; 为减轻海潮对农田造成的灾害影响, 加快受淹土壤盐碱化改良, 提出以下对策:

加强农田基本建设, 巩固农田区域海防堤建设; 严格控制地下水开采, 从根本上解决水资源短缺问题, 避免地面沉降; 尽快修复、开挖淤积河道、排灌渠道, 保证土壤盐分淋洗、排盐; 加强农田管理措施, 平整土地, 增施有机肥, 深耕土壤, 清理海潮水淤泥; 因地制宜、结合土壤盐分改良程度合理安排灾后作物品种选择种植, 加强栽培管理。

#### 参考文献 (References):

- [1] Yang Guishan. Historical change and future trends of storm surge disaster in China's coastal area [J]. *Journal of Natural Disasters*, 2000, 9(3): 23-30. [杨桂山. 中国沿海风暴潮灾害的历史变化及未来趋向[J]. *自然灾害学报*, 2000, 9(3): 23-30.]
- [2] Hu Xin, Jing Hua, Wang Fuxia, et al. Analysis of synoptic system and wind-field structure of a storm surge in Bohai Sea [J]. *Meteorological Science and Technology*, 2005, 33(3): 235-239. [胡欣, 景华, 王福侠, 等. 渤海湾风暴潮天气系统及风场结构个例分析[J]. *气象科技*, 2005, 33(3): 235-239.]
- [3] Zhang Xueying, Shao Rongmin, Gao Mengchuan. Research on the cause of formation of the coastal sea storm in Tianjin and its prevention and reduction measure [J]. *Journal of Tianjin University of Technology*, 2005, 21(2): 60-63. [张雪莹, 邵荣敏, 高孟川. 天津沿海风暴潮的成因与防灾减灾措施研究[J]. *天津理工大学学报*, 2005, 21(2): 60-63.]
- [4] Zhang Zhiyue. Analysis of Cangzhou sea border 10.11 huge storm surge cause of formation [J]. *Marine Forecasts*, 2004, 21(2): 74-77. [张志悦. 沧州沿海“10.11”特大温带风暴潮灾情成因分析[J]. *海洋预报*, 2004, 21(2): 74-77.]
- [5] Cui Jianyun, Xu Wenzheng, Gao Xiaomei, et al. Analysis of storm tide and rainstorm of Shandong on 2003 Oct. 11-12 [J]. *Journal of Shandong Meteorology*, 2005, (2): 19-21. [崔建云, 徐文正, 高晓梅, 等. 2003 年 10 月 11-12 日山东暴雨及风暴潮分析[J]. *山东气象*, 2005, (2): 19-21.]
- [6] Ye Xujun, Wang Zhaoqian, Wang Chenghong, et al. Impacts of typhoon storm on farmland ecological environments in the eastern coastal area of Zhejiang Province and their countermeasures [J]. *Eco-Agriculture Research*, 1999, 7(4): 38-40. [叶旭君, 王兆骞, 汪成宏, 等. 台风风暴对浙东沿海农田生态环境的影响及其对策[J]. *生态农业研究*, 1999, 7(4): 38-40.]

## The Effect of Storm Surge on Soil Salt Content of the Farm lands along the Bohai Bay in China

ZHANG Guo-ming<sup>1,2</sup>, GU Wei<sup>1,2</sup>, WU Zhi-zheng<sup>3</sup>, SHI Pei-jun<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Disaster and Public Security, College of Resources Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disasters, Ministry of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 3. College of Geography and Remote Sensing Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

**Abstract:** On October 11, 2003, a huge storm surge attacked the Changzhou region in the Bohai bay of China. The surge smashed the shrimp breeding fields and flooded the coastal farms. These farms were inundated for a period from 10 days to 15 days. On May 3, 2004, a salinity analysis was carried out for the soil samples from the seawater-soaked farms. Result shows that these farms had all been salinized. 46% of the lands had alkalipots; the content of salts in the soil (0-90 cm) had increased evidently while the salts mainly concentrated at the surface layer (0-10 cm), where the salt content was as high as 1.134%; constitutes of saline ions at the 0-25 cm layer also changed greatly: the  $\text{Cl}^-$  increased for 33.3%, while the  $\text{Na}^+$  and  $\text{K}^+$  altogether increased for 39.4%. It is found that rainfall is an effective and also primary way to desalinize these soils. Two years after the storm surge, salt content of the affected soils had dropped to around 0.265%, at which level some salt-enduring crops can be grown.

**Key words:** Storm surge; Salt content; Effect; Farm lands.