

开发海冰水资源及改良滨海盐碱土的研究

张国明^{1,2,3}, 张峰^{1,2}

(1. 北京师范大学地理学与遥感科学学院, 北京 100875; 2. 北京师范大学区域地理研究实验室, 北京 100875; 3. 北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875)

摘要 在总结海冰资源开发利用研究进展基础上, 分析环渤海地区盐碱土其特殊的形成过程和原因; 并结合研究工程效益提出与海冰淡水农业灌溉密切结合的改良利用对策和相关措施。

关键词 环渤海地区; 海冰淡水; 盐碱土; 改良利用

中图分类号 S156.99 **文献标识码** A **文章编号** 0517 - 6611 (2009) 23 - 11139 - 03

Research on the Development of Sea Ice-water Resources and Improvement of Seashore Saline Soil

ZHANG Guo-ming et al (College of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875)

Abstract Based on summarizing the research progresses on the development and utilization of sea ice-water resources, the specific forming course and reasons of saline soil in the rim area of Bohai Sea were analyzed. Combining with the research engineering benefits, the improvement utilization strategies and related measures of agricultural irrigation with sea icy freshwater were put forward.

Key words Rim area of Bohai Sea; Sea-ice freshwater; Saline soil; Improvement utilization

环渤海地区是我国重要的农业基地, 耕地面积达2 656.5 万 hm^2 , 占全国耕地总面积的 1/4 之多, 粮食产量占全国的 23% 以上。我国环渤海地区经济发展的同时, 水资源与耕地资源也在相对减少, 区域人口的增多引发了粮食需求缺口, 进而影射到农业灌溉用水增加; 城市化发展也导致城市用水增加, 工业发展导致的工业需水量增加等诸多需水缺口背景下, 限制农业灌溉用水已成为“知其不可为而为之”的无奈之举。环渤海区域拥有大量的中低产盐碱田和盐碱荒地, 是该区未来农业发展的重要后备耕地资源, 开发改造这些中低产盐碱田及荒地可为环渤海地区的农、工业发展规划提供重要保证^[1]。环渤海区域 80% 的土地受到水分条件和肥力条件的制约, 缺水或水资源分布不均是导致这一地区中低产田及荒地普遍存在的主要原因^[2]。如果将海冰资源开发利用进行农田灌溉改良盐碱土地, 对增加环渤海地区后备耕地资源、提高单位土地粮食产量具有重大意义。

1 环渤海区域海冰水资源的开发与利用

1.1 海冰脱盐机理及研究现状

环渤海区域作为我国重要人口、工业和城市集聚区, 可持续发展的主要瓶颈就是缺水问题。渤海“固态”海水——海冰资源丰富, 海冰在结冰过程中, 将各种各样的离子浓缩成盐卤而排出冰体进入海水, 致使海冰总盐度大大降低; 初次成冰盐度在 3% 左右。若再成冰, 其盐度可降低到 0.5% ~ 2.0%, 其盐度可接近淡水^[3]。将其作为我国环渤海地区乃至北方后备淡水资源加以淡化利用^[4], 是近年来非常规水资源开发利用领域研究的新动向, 并且已经引起国家和社会的高度重视与大力支持。虽然国内外以往对海冰的研究主要集中在海洋科学和大气科学 2 个领域, 侧重于海冰的减灾防灾和冰雪圈的全球气候响应分析^[5-8]; 但是近年来, 渤海海冰资源化研究, 在海冰成冰脱盐机理、海冰资源量估算^[9-11]和工程性开采、海冰淡化技术^[12]以及海冰水农业应用^[13-14]等方面取得了一系列的积极进展。

1.2 海冰资源状况

渤海海冰作为淡水资源的潜在可利用储量在重冰年可达到 1 000 亿 m^3 , 在常冰年可达 410 亿 m^3 。利用一些方法进行海冰淡化后的海冰融水, 其盐分含量可被控制在 200 mg/L 以下, 水质可达到国家城市生活用水和农田灌溉用水标准, 渤海海冰充分利用自然冷温, 从初冰至终冰可以保证有 70 d 以上的冰期^[10-11]。这为海冰水农业综合利用提供了前提条件。

1.3 海冰资源可能利用途径

海冰二次融水或经过离心脱盐后, 其盐度可达到或接近淡水的盐度指标, 其作为淡水资源的利用主要在农业灌溉和城市清洁及工业用水方面得以体现。环渤海地区缺水由来已久, 春季干旱少雨, 风大盛行, 土壤返盐现象非常严重。海冰水灌溉既可以缓解播种需水矛盾, 又可进行土壤压盐, 结合夏季多降雨来改良盐碱土。目前, 国家科技部 863 课题的“海冰资源淡化与利用技术”课题组已经开展了利用海冰水灌溉玉米、棉花、大豆等作物的灌溉试验, 并取得了良好的增产效果。

2 环渤海滨海盐碱地现状、分布特征

2.1 现状

我国盐碱土面积达 3 667 万 hm^2 , 列世界第 4 位, 占世界盐碱土总面积的 3.85%^[15]。其中盐碱耕地近 670 万 hm^2 , 约占我国总耕地面积的 5%^[16]。我国华北平原、黄淮海平原靠近渤海周围的滨海地区, 近年来由于过度抽取地下水而导致海水倒灌, 形成了新的大面积的次生盐渍化耕地。2002 年在河北沧州的黄骅市中捷国营农场, 由于海潮的侵袭, 导致大面积耕地被海水淹没, 次年田间出现大范围的碱斑, 也严重影响了当地农民的农业生产。

2.2 分布及特征

环渤海区域包括秦皇岛市的昌黎县, 唐山市的乐亭、滦南、丰南 3 个县, 天津市的 7 个市辖区, 沧州市的黄骅、海兴 2 个县市, 滨州地区的无棣、沾化 2 个县, 东营市的利津、垦利、广饶、河口、东营等 5 个县市区, 潍坊市的寿光、昌邑、寒亭等 3 个县市区, 青岛市的平度市, 烟台市的莱州、招远、龙口、长岛、蓬莱、栖霞、福山等 7 个县市区, 共 31 个县市区^[17]。该区北连京津唐经济区, 南接黄河经济带和山东半岛经济区, 在黄淮海平原有其重要的经济地位。位于河北省东部, 地处黑龙港流域最东端的黄骅市, 是环渤海地区盐碱土分布的典型代表区域, 土壤类型为潮土, 全市耕地

基金项目 国家 863 计划资助项目 (2006AA100206)。

作者简介 张国明 (1977 -), 男, 山西孝义人, 博士, 从事资源高效利用与区域发展研究。

收稿日期 2009-04-13

面积 5.02 万 hm^2 , 土壤普查面积 7.27 万 hm^2 , 其中旱地占 90% 以上, 盐碱地占 79% [18]。

环渤海地区的盐碱土以滨海盐土为主, 是我国沿海农牧业利用、有潜力可挖的土壤资源。区域内耕地开发时间不长, 耕地是在海退地的基础上开发出来的。环渤海地区的滨海盐土是受海水和海潮影响, 而在海滩沉积物上形成的; 土壤以潮盐土为主, 主要特征是土体含盐量大, 地下水埋深较浅, 矿化度高, 养分含量低; 长期的不合理利用已经引起当地生态环境恶化, 阻碍甚至将破坏系统的生产力。例如, 长期超采地下水, 已经引起了海水倒灌、土壤退化、次生盐渍化面积增大等问题。近 50 年来的开发虽然取得了一定的成绩, 但也尝到过不少的教训。因此, 坚持综合、高效和持续利用的原则, 合理开发利用该区域的盐碱土地, 扩大滨海盐土资源的开发, 提高区域垦殖率, 将是实现全国耕地动态平衡和京、津、唐区域经济发展的重要保证。

2.3 垦殖状况 环渤海区域拥有大量的中低产盐碱田和盐碱荒地, 是该区未来农业发展的重要后备耕地资源, 开发改造这些中低产盐碱田、荒地可为环渤海地区的农、工业发展规划提供后备土地。滨海地区由于其灌溉水源相对较充足, 灌溉技术相对发达, 再加上 20 世纪 50~60 年代期间黄淮海盐碱土治理工程的优势条件, 目前已经是渤海湾地区的粮食生产基地 [19]。对比不同地区盐碱土的垦殖率与耕荒比可以看出, 华北地区垦殖率已经很高, 进一步大面积开发后备耕地资源的潜力不大, 而环渤海滨海地区垦殖率仅为 44.32%, 可以作为环渤海经济发展的后备耕地资源的盐碱荒地, 其农业生产潜力还可挖掘 (表 1) [20]。

表 1 环渤海区域与华北地区盐碱土的垦殖率与耕荒比

Table 1 The reclamation ratio and waste land ratio of saline soil in the areas around Bohai Sea and North China

地区 Areas	盐碱土分布的范围 Distribution range of saline soil	垦殖率//% Reclamation ratio	耕荒比 Waste land ratio
华北 North China	黄淮海平原	79.40	1:0.25
环渤海 Areas around Bohai Sea	辽、冀、津、鲁 滨海区域	44.32	1:1.25

3 环渤海滨海盐碱土形成及危害

3.1 形成特点 滨海盐土在土壤盐分组成方面以氯化物占绝对优势, 其形成基本上是以年高潮浸润带为中心向海岸与陆地 2 个方向发展的。这里讨论的环渤海地区滨海盐土主要是指分布在距海面较远、地势较高、海拔 3~4 m 的地带。这个区域的土壤现已摆脱海水侵袭影响, 受自然降雨淋洗, 土壤盐分逐渐降低, 1 m 高度土体平均含盐量 1.0%~1.5%, 地下水矿化度 40~70 g/L, 指示作物一般生长有马鞭草、海蔓荆、盐蒿等植物。过去这里曾有“播种几次不纳苗, 种一葫芦种子打半瓢”的民谣。

环渤海地区地处大陆季风的季节性干旱气候区, 冬季寒冷干燥, 多强冷空气侵入; 春季干旱少雨, 由于冷暖空气交替, 雨大风盛行, 土壤蒸发严重; 再由于降水的季节性分配, 大气蒸发与地下水位都有季节性的变化, 因此, 该区盐碱土的水盐运动过程基本可以分为春季强烈蒸发—积盐阶段 (3~6 月初)、夏季淋溶—脱盐阶段 (6 月底~8 月)、秋季土壤

蒸发—积盐阶段 (9~11 月)、冬季相对稳定阶段 (12 月~翌年 2 月) 4 个阶段, 该区盐碱地水盐运动一般就是以蒸发—积盐、淋溶—脱盐和相对稳定 3 种形式表现的。

3.2 对农业危害形式 滨海盐碱土对农业的危害有盐害、碱害和由土壤有机质含量低而导致的瘦害 3 种形式。首先是土壤可溶性盐过多对农业造成盐害, 受到盐害的农作物, 轻则生产受影响, 产量降低; 重则烧苗, 甚至导致颗粒无收。可溶性盐类对作物的危害顺序是碳酸钠 (Na_2CO_3)、碳酸氢钠 (NaHCO_3)、氯化镁 (MgCl_2)、氯化钙 (CaCl_2)、氯化钠 (NaCl)、硫酸镁 (MgSO_4)。从离子看又以 CO_3^{2-} 、 Cl^- 危害性最大 [21]。其次, 碱害也会对该区农业生产产生很大的危害, 土壤碱化性高, 土壤物理性质受到破坏, 土粒分散度大, 湿时泥泞, 干时板结; 耕层土壤龟裂, 且不透水、不透气, 使影响土壤肥力因素的水、肥、气、热不协调, 导致土壤宜耕性、宜种性和生产性都很差。

环渤海地区的盐碱土地由于开发时间不长, 本身土壤的有机质含量就很低, 土壤中盐分含量高时, 可抑制作物对养分的吸收, 使作物产生“生理瘦害”, 俗称“碱大了吃肥”。

近年来由于黄河断流, 部分河流淡水受到污染, 致使大面积的水田变为旱田, 高产田降为低产田, 由于干旱导致的次生盐碱化问题也越来越严重, 加之使用碱性地下水灌溉, 有机质不足等原因而出现了脱盐碱化, 已经表现出了对农业生产的危害。2005 年沧州地区春旱导致棉花普遍减产, 这也是土壤盐碱化危害农业的原由之一。

4 利用渤海海冰淡水资源改良滨海盐碱土的新思路

4.1 开发利用渤海海冰淡水资源进行抗旱灌溉 环渤海区域淡水资源短缺, 区域农业用水量占该地区可利用水资源总量的 80%, 水资源状况存在总量减少、需求增长过快等特点, 沧州地区人均水资源仅 150~190 m^3 。渤海海冰资源开发利用是具有中国特色的海水间接利用方式, 目前在国际上尚无先例。如果在干旱时利用冬季储存的海冰水给作物浇关键水, 通过降低土壤盐度来控制土壤根层溶液浓度不要超过作物生理极限, 从而满足作物对水分的需求, 使其最后获得高产, 完全可以解决该区域春季降水少的“卡脖子旱”现象。对河北省南皮县 10 年定位研究结果显示 [22], 即使用半咸水和微咸水灌溉的小麦、玉米连作, 比不灌的旱作增产 1.2~1.6 倍。而浇盐度略高的海冰融水而增加的土壤盐分, 又可在雨季降雨及灌淡水时淋洗排走, 不发生根层土壤积盐。因此, 将海冰水作为关键水在春季灌溉农田, 不但能保证作物出苗, 而且还能保证作物生育初期需水而增产, 使年年春旱的玉米、棉花等春播作物能增产, 此举可大大减缓环渤海粮食生产的压力。

4.2 通过台田—浅池模式立体种养改良土壤排咸防盐 20 世纪 60 年代, 利用深沟排水直通入海的排水系统, 把过去雨涝淹地、涝后返盐的不利因素转化为伏雨洗盐、雨后排咸的有利条件 [23], 取得了粮食的高产与土壤的改良效果。现阶段通过海冰资源开发和盐碱地改造有效结合的新模式, 广挖池淡化海冰、筑台田改良土壤、产淡水浇灌作物、养鱼虾多种经营; 海冰融水灌溉不同于灌溉淡水, 灌溉改良盐碱土也存在着顺利排盐的问题。利用海冰水农田灌溉改良盐碱土, 排

水水利是相当关键的一步。海冰融水农田灌溉,多多少少要在耕层土壤造成盐分的积累,通过台田-浅池土地开发模式相对抬高耕层土壤,开放式降低地下水水位,另外结合环渤海区域雨季降雨,完全可以达到土壤淋洗脱盐效果。试验证明,在沟排比较好的条件下,用 2~6 g/L 的海冰融水灌溉的土壤经过雨后不会发生积盐。

环渤海盐碱土区域在大兴水利、改造盐碱荒地上取得很大成绩,如果能有海冰淡水作为保证,再结合实践中总结出来的“高筑埝、深排咸、细平地、增肥源”改造盐碱地 12 字诀加上“海冰水、灌溉田、旱季灌,雨季排”新 12 字诀,并在国家统筹解决南水北调的同时,继续搞好水利工程的配套建设和管理,就能在环渤海地区再造一个高产、稳产粮棉区。

参考文献

- [1] 何书金,李秀彬,朱会义,等.环渤海地区耕地变化及动因分析[J].自然资源学报,2002(3):345-352.
- [2] 何书金,李秀彬,朱会义,等.环渤海地区耕地利用态势及保护开发途径[J].地理研究,2002(3):331-308.
- [3] 史培军,哈斯,袁艺,等.渤海海冰作为淡水资源:脱盐机理与可利用价值[J].自然资源学报,2002(3):353-361.
- [4] 王静爱,苏筠,刘目兴.渤海海冰作为淡水资源的开发利用与区域可持续发展[J].北京师范大学学报:社会科学版,2003(3):85-72.
- [5] 顾卫,顾松刚,史培军,等.海冰厚度的时间变化特征与海冰再生周期研究[J].资源科学,2003,25(3):24-32.
- [6] 陈伟斌,徐学仁,周传光.离心转速对渤海灰白冰脱盐作用的实验研究[J].海洋学报,2004,26(1):25-32.
- [7] 刘钦政,白珊,吴辉斌.中国海冰研究[J].海洋预报,1998,15(4):8-14.

- [8] 白珊,刘钦政,李海.渤海的海冰[J].海洋预报,1999,16(3):1-9.
- [9] 史培军,范一大,哈斯,等.利用 AVHRR 和 MODIS 数据测算海冰资源量——以渤海海冰资源测算为例[J].自然资源学报,2002,17(2):11-16.
- [10] 顾卫,张秋义,谢锋,等.用气候统计方法估算辽东湾海冰资源量得尝试[J].资源科学,2003(3):9-16.
- [11] 顾卫,史培军,刘扬,等.渤海和黄海北部地区负积温资源的时空分布特征[J].自然资源学报,2002,17(2):41-46.
- [12] 徐学仁,陈伟斌,刘明,等.海冰淡化方法研究:浸泡离心脱盐法[J].海洋科学,2003,27(10):50-53.
- [13] 肖建国,解利昕,王继忠,等.渤海海冰融水盆栽小麦试验研究——海冰融水对小麦生长发育和土壤盐分积累的影响[J].资源科学,2003,25(3):33-66.
- [14] 张国明,顾卫,吴之正,等.海冰水不同盐含量处理对棉花、小麦和玉米种子萌发影响[J].北京师范大学学报:自然科学版,2006,42(2):219-222.
- [15] 熊毅,李庆远.中国土壤[M].2版.北京:科学出版社,1987:233-251.
- [16] 李彬,王志春,孙志高,等.中国盐碱地资源与可持续利用研究[J].干旱地区农业研究,2005(2):154-158.
- [17] 吴凯.环渤海区域水环境问题及其防治对策[J].地理科学,1997,17(3):231-236.
- [18] 石元春,辛德惠.黄淮海平原的水盐运动和旱涝盐碱的综合治理[M].石家庄:河北人民出版社,1983:4-8.
- [19] 王遵亲,祝寿泉,俞仁培,等.中国盐渍土[M].北京:科学出版社,1993:1-3,130-136.
- [20] 李承绪.河北土壤[M].石家庄:河北科技出版社,1990:256-286.
- [21] 石元春,李保国,李韵珠,等.区域水盐运动监测预报[M].石家庄:河北科学技术出版社,1991.
- [22] 田魁祥.近滨海缺水盐渍区综合治理技术研究[M].北京:科学出版社,1992:1-24.
- [23] 方生,陈秀玲.关于黄淮海东部平原南水北调受水区水资源优化配置与生态环境综合治理的建议[J].地下水,2002,24(3):131-133.

(上接第 11111 页)

2.2.2 不同时间处理试验结果。由图 5 可知,改性后的粉煤灰随时间的增加除氟能力有一定变化,在处理时间为 30 min 时,有一个较小的处理优势^[9]。故在复合除氟时选取处理时间为 30 min。

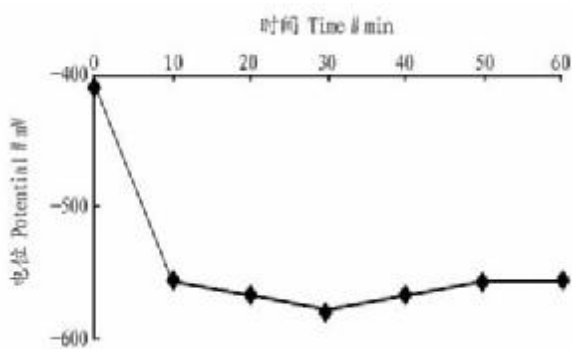


图 5 不同处理时间对除氟效果的影响

Fig. 5 The influences of different treatment time on fluorine removal effect

2.2.3 不同温度处理试验结果^[10-11]。试验结果表明,当温度为 20、40、60、80 °C 时,相应电位值分别为 -520、-491、-459、-412 mV,可以看出,改性后粉煤灰对 F⁻ 离子的去除能力随着温度的增加而减小,在室温下的处理效果最佳。

3 结论

试验结果表明,在室温 20 °C、处理时间 30 min、pH 值为 6 时,粉煤灰与海泡石用量均在 100 mg/50ml 时就已经达到

了处理标准(国家标准为 10 mg/L,当电位低于 -395 mV 时即达标),而且复合后的处理效果要好于二者单独处理的效果。增加用量虽然可以进一步提高处理效果,但随加入量的增加处理效果的增长并不明显,且会无形中增加处理成本,所以无论从实际处理效果,还是经济方面考虑,选取每 50 ml 废水加入 200 mg 复合剂(即 AlCl₃ 改性的 100 mg 粉煤灰与 100 mg 海泡石,粉煤灰-海泡石 4 mg/ml 废水):处理后残留 F⁻ 离子的电位值为 -550 mV,对应的 F⁻ 离子浓度为 0.009 mg/L,远低于国家标准,处理效果良好。

参考文献

- [1] 杨胜科,王文科.改性海泡石除氟影响因素分析及机理探讨[J].化工矿物与加工,2000(4):1-3.
- [2] 王雪琴,李珍,杨友生.海泡石的改性及应用研究现状[J].中国非金属矿业导刊,2003(3):11-13.
- [3] 李静,高玉杰,任继春.海泡石的活化[J].纸和造纸,2003(3):45-46.
- [4] 杨翠英,刘晓明,马晓隆.海泡石的酸改性对其吸附性能的影响[J].山东科技大学学报:自然科学版,2005,24(3):98-100.
- [5] 左勤勇,高玉杰,李静.海泡石的热活化与酸活化实验[J].中华纸业,2005,26(4):60-61.
- [6] 李松军,罗来涛.海泡石改性研究[J].江西科学,2002(3):63-64.
- [7] 金东日,王清珊,郑兴.改性粉煤灰的制备及表征[J].粉煤灰综合利用,2006(1):26.
- [8] 王代芝,周珊,赵桂芳.用改性粉煤灰处理含氟水的试验[J].粉煤灰综合利用,2005(4):27-28.
- [9] 李亚峰,孙凤海,牛晚扬,等.粉煤灰处理废水的机理及应用[J].矿业安全与环保,2001(4):30-32.
- [10] 李剑超,褚君达,丰华丽,等.我国粉煤灰在废水处理中的最新应用研究[J].广西电力工程,2001(2):76-78.
- [11] GLYNN HENRY J. HEINKE GRAY W. Environmental science and engineering, prentice-hall international editions, prectice [J]. USA: Hall Englewood Cliffs, N J, 1989:58-60.