

# 盐湖农业及其发展战略研究

孔凡晶<sup>1</sup>, 郑绵平<sup>1</sup>, 张洪霞<sup>2</sup>, 李真<sup>3</sup>, 王利伟<sup>1</sup>

(1. 自然资源部盐湖资源与环境重点实验室, 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037;  
2. 鲁东大学农学院, 山东烟台 264025; 3. 南京农业大学资源与环境学院, 南京 210095)

**摘要:** 我国是多盐湖国家, 拥有丰富的盐沼带及咸水资源, 发展盐湖农业对于荒漠化治理、生态环境保护, 对发展西部落后地区经济, 开拓具有干旱、半干旱地区特色农业, 具有现实和长远战略意义。随着全球人口增长, 粮食短缺, 淡水资源缺乏, 充分利用咸水资源及盐碱地资源发展盐湖农业对保障人类食品安全十分必要。本文梳理了近年来在盐湖农业方面的认识及发展成果, 指出发展盐湖农业存在的问题, 并提出把盐湖农业列入国家科技规划、对盐湖流域盐碱地进行功能区划等创新驱动盐湖农业发展建议。

**关键词:** 盐湖农业; 盐湖生态系统; 盐湖生物  
**中图分类号:** F327 **文献标识码:** A

## Salt Lake Agriculture and Its Development Strategy

Kong Fanjing<sup>1</sup>, Zheng Mianping<sup>1</sup>, Zhang Hongxia<sup>2</sup>, Li Zhen<sup>3</sup>, Wang Liwei<sup>1</sup>

(1. Key Lab of Salt Lake Resources and Environments, Ministry of Natural Resources of the PRC, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2. College of Agronomy, Ludong University, Yantai 264025, Shandong, China; 3. College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** China has numerous salt lakes, and the development of salt lake agriculture is of realistic and strategic significance in desert control, ecological environment protection, economic growth in the west, and development of featured agricultures in semi-arid and arid regions. As world population grows, food and fresh water shortage is aggravated, and thus developing the salt lake agriculture becomes essential in guaranteeing human food security. Strategic studies on the salt lake agriculture becomes especially urgent. This paper depicts recent achievements of the salt lake agriculture and identifies the problems in salt lake agriculture development. Finally, suggestions are proposed on innovation-driven development of the salt lake agriculture, including enrolling it into national science and technology planning, and zoning saline-alkali land in salt lake basins by functions.

**Keywords:** salt lake agriculture; salt lake ecosystem; salt lake organisms

收稿日期: 2019-01-08; 修回日期: 2019-01-22

通讯作者: 郑绵平, 中国地质科学院矿产资源研究所, 研究员, 中国工程院, 院士, 主要研究方向为盐湖学, 矿产勘探与普查;  
E-mail: zhengmp2010@126.com

资助项目: 中国工程院咨询项目“盐湖流域盐碱地利用和盐湖农业发展战略研究”(2014-ZCQ-06); 国家自然科学基金专项基金项目“盐湖流域盐碱地利用及盐湖农业发展战略研究”(L1422036)

本刊网址: www.enginisci.cn

## 一、前言

“盐湖农业”是从事盐湖流域盐水域与盐碱地系统生产食物和多种材料的科技与生产活动。盐湖及其生态环境可发展成为一种新型的农业，它既为一种盐水域水产养殖业，又与盐水域周缘盐沼泽耐盐生物群落相关联，从而构成水产-农牧业研究发展的新领域 [1]。我国是多盐湖国家，拥有丰富的盐沼带及咸水资源，发展盐湖农业对于荒漠化治理、生态环境保护，对发展西部落后地区经济，开拓具有干旱、半干旱地区特色农业，具有现实和长远的战略意义。近年来，全球气候变化引起湖泊干涸，盐湖流域荒漠化趋势严重加剧，盐湖周边频繁发生的沙尘暴，严重影响着人们的健康和环境。随着全球人口增长，粮食短缺，淡水资源缺乏，充分利用咸水资源及盐碱地资源发展盐湖农业对保障人类食品安全十分必要。人民科学家钱学森先生在给郑绵平的信中指出，盐湖农业是 21 世纪产业。本研究依托中国工程院与国家自然科学基金联合资助的咨询项目“盐湖流域盐碱地利用和盐湖农业发展策略研究”，对我国盐湖资源及技术现状进行了调研分析，对取得的认识和成果进行了梳理，提出“创新驱动盐湖农业发展”的建议，在盐水域和盐碱地以科技利用盐环境中的盐碱地、盐水域以及盐生物资源，发展种植业、养殖业以及相关多种工业、科学材料高值化产业，优化盐境生态环境。利用现代科学技术发展环境友好型、资源节约型、多领域多学科综合型盐境生物产业新领域，具有重要的战略意义。

## 二、盐湖农业研究的战略地位与应用价值

### (一) 发展盐湖农业具有重要的生态学意义

受近期气候干暖、湖面下降、湖泊盐化、湖区牧场退化等不利因素的影响，盐湖流域荒漠化趋势严重加剧。例如，北京周边的安固里诺尔、查干诺尔、乌拉盖高毕等湖泊正在急速干涸，湖盆流域荒漠化严重；内蒙古自治区的湖泊总面积从 2001 年至 2010 年前后，出现了大面积萎缩现象；京津冀风沙源区形成超过 2000 km<sup>2</sup> 的盐碱湖盆。裸露的湖盆逐渐盐漠化、沙漠化，成为新的化学物尘源或沙尘源。研究表明，干涸盐湖粉尘贡献占总量的

27%，却提供了 96.1% 的盐尘。盐尘在污染、腐蚀、毒害等方面危害极大，盐尘暴中含有密度很高粒径很细的硫酸盐、氯化物及 Mn、As、Rb、Pb、Sr、Cr 等有害重金属元素，极大地污染空气、土壤、水质、食物，并腐蚀设备，引发疾病，导致受害区生态与自然环境的恶化，成为治理的难点 [2]。因地制宜地发展盐湖农业，可使荒漠区恢复生机、绿化环境，从而降低粉尘污染外围城市环境，对于荒漠化治理、生态环境保护，具有重要的现实意义和长远的战略意义。

### (二) 发展盐湖农业对保障我国粮食安全具有重要的意义

当今世界人口迅速增长，食品短缺，特别是廉价的高质量蛋白质不足，农业生产已不能满足一些国家，特别是第三世界国家人口迅速增长的需要。我国也面临着耕地减少，粮食自给率降低的严峻形势。对此，习近平总书记要求“我们自己的饭碗主要要装自己生产的粮食”。积极研究开发盐湖农业技术，大力发展盐湖农业，利用盐水域发展水产养殖业；将广袤的盐湖、盐滩、盐田变为“良田”，扩大粮食等种植，能够增加粮食等食物供给，对我国粮食安全，保障  $1.8 \times 10^9$  亩（1 亩  $\approx$  666.667 m<sup>2</sup>）耕地红线具有重要的作用。

### (三) 发展盐湖农业具有重要的经济价值

盐湖系统中蕴含着丰富的盐生生物资源，通过发展盐湖农业可以实现其经济价值。盐水域已知最具有实用意义的盐湖生物有盐藻、卤虫、螺旋藻、轮虫、嗜盐菌和嗜碱菌等。嗜盐的杜氏藻内胡萝卜素可高达 8%~10%（干重），并富含 30% 左右甘油和 30%~40% 蛋白质以及脂肪酸、叶绿素和四烯油等（干重），具有重要的营养和保健价值，盐藻在市场上十分畅销 [3,4]。盐卤虫干重蛋白质含量达 57%~60%、脂肪约为 18%，并含有多种氨基酸、不饱和脂肪酸、维生素等，特别是含鱼虾蟹生长所需要的 EPA 和矿物质，可作为性腺发育激素和抗病害载体，能使鱼虾早成熟，因而成为对虾、蟹幼体和高档鱼的优质饲料之一 [5]。对这些生物资源的开发利用具有重要的医药和营养价值，经济前景广阔。

盐沼带有多种盐生植物分布，多为牛羊喜吃的

饲料，也可作为能源植物。盐湖盐生植物有很大的经济价值，富含营养和多种元素。仅禾本科高品质优等牧草就有 11 种，如星星草、短芒大麦草、传统药材肉苁蓉、锁阳。有的还可作为中药材，具有重要的经济价值。当地草原用盐值得开发，碱蓬含共轭亚油酸，可以食用，有医疗价值，也可以作为旅游景观植物，每到秋季，盐湖滩地呈现大片红色景观。盐碱地植被的梯度比变化，耐盐植物的独特习性等，都是进行科研和生态旅游的最佳选择 [6]。

### （四）盐湖生物具有重要的科学价值

盐湖、盐碱湖是一类重要的但非常脆弱的生态系统，还赋存有大量的各种具有重要科学和实用意义的盐湖生物，如目前已开展大量盐生经济植物种植，某些嗜碱细菌已开始用于工业生产，嗜盐菌（视）紫膜是理想的光电转化材料，具有广泛的应用前景；一些极端嗜盐微生物能代谢产生可以降解的聚羟基脂肪酸酯新型塑料；盐生植物和嗜盐菌及嗜碱菌中的抗盐基因可以作为特殊基因库，可以培育抗盐或抗盐碱的新的生物品种等 [7]。

总之，发展盐湖农业，可以保护盐湖生物资源，改善和恢复恶化的盐湖生态环境；盐湖流域盐碱地还可以作为粮食后备种植基地，保障粮食安全，增加当地农牧民收入；发展盐湖农业具有良好的社会效益、生态效益和经济效益。

## 三、盐湖农业已取得的认识和成果

### （一）发展盐湖农业的资源基础

#### 1. 众多的盐湖资源

中国为多盐湖国家，据考察统计，面积大于  $1 \text{ km}^2$  的现代内陆盐湖有 813 个，占全国  $1 \text{ km}^2$  以上天然湖泊总数的 29.04%；盐湖面积为  $4 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，约占全国湖泊总面积的一半以上。我国盐湖具有水化学类型多样等特点 [8]。特别是在我国西部内陆盐湖和东部滨海、与其相邻的广袤盐碱土和盐咸水域，总量分别为  $1.5 \times 10^9$  亩和  $4.926 \times 10^{10} \text{ m}^3$ ，这是值得引起重视的潜在土地资源和盐类矿产。地球上的第四纪盐湖主要分布于近代第四纪早期干旱和半干旱气候带，大致可将全球盐湖分布区划分为二带和二区；将我国盐湖带划分为四个盐湖区：青藏高原盐湖区（I）、西北部盐湖

区（II）、东北部盐湖区（或称中北部盐湖区）（III）和东部分散盐湖区（IV）。在盐湖区再分亚区和小区 [9]。

#### 2. 盐湖农业资源：盐生生物

盐湖是湖泊中一种极端的类型，是一种特殊的水生和陆生生物生态环境。超过一般生物种群的耐盐度，在此极端的高盐环境，仍有个别生物种与其种群的多数成员不同，能够适应而繁衍，这种生物称之为盐生生物。

随着盐湖湖水含盐度的增高，盐生生物的属种越来越稀少，那些能适应高（超）盐度的盐生生物，由于寡有天敌，反而更加孳生、繁盛，在条件适宜时其繁殖范围可扩展至整个盐湖（盐田）。盐湖生态系统包括盐沼带（I）和盐水域（II）两个亚系统。盐沼带（I）以多种盐生物为主，如盐蒿、盐生藜科、田菁、红柳、紫穗槐等，往往构成重要的牧场。

盐湖生物不仅有大量微生物、藻类，还有一些较高等的动植物，如端目纲、甲壳类、单子叶植物、昆虫以及脊椎动物（火烈鸟、罗非鱼等） [1,7]。

#### 3. 盐湖农业资源：盐碱地资源

盐湖流域盐碱地资源及人口规模：我国是多盐湖的国家，盐湖主要分布在西部干旱或半干旱地区，经济欠发达。盐湖流域主要涉及青海、西藏、新疆、内蒙古，以及黑龙江、吉林、甘肃、宁夏八个省（区）；盐湖流域盐碱地面积为  $5.236 \times 10^6 \text{ km}^2$ ，占全国盐碱地的 55.9% [10]。

以柴达木盆地为例，柴达木盆地共有湖泊 51 个，除可鲁克湖为淡水湖和 7 个半咸水—咸水湖外，其他皆为盐湖，湖表卤水及晶间卤水矿化度都超过  $50 \text{ g/L}$ 。其中有 6 个面积较大的干盐湖，盐类沉积储量居我国之冠。盆地中 6 大干盐湖各自的面积，名列世界现代盐湖面积前列，再加上柴达木盆地干旱少雨的气候条件使得柴达木盆地具有大面积的盐碱地。有资料显示含盐量较高、未开发利用的盐碱地约占总土地面积的 11.7%，但是柴达木地区农业用地、草地、林地中盐碱土面积占比也很大，因此该区盐碱地资源非常丰富，具体数据目前尚未统计。柴达木盆地盐碱土类型以荒漠盐土、草甸盐土、沼泽盐土以及湖滨盐滩为主。盐碱土壤由于其不适于传统作物的生长，鉴于以往国内外盐碱地利用的研究，多注重采取人工改良土壤工程措施来适应“淡水”作物生长，但是对土壤进行改良需要大

量的淡水进行洗盐,并且这些改良的土壤在耕作过程中很容易发生次生盐渍化,因此柴达木地区大量的盐碱地资源几乎未被利用。大面积的盐碱地资源为发展盐湖农业提供了大量的土地资源 [11,12]。

## (二) 盐湖农业进展成果

1. 利用盐生生物进行内蒙古干涸盐湖区生态治理

近年来,随着全球气候变化,湖泊干涸,盐湖流域荒漠化趋势严重加剧。比如在北京周边的 6 大湖泊安固里诺尔、查干诺尔、乌拉盖高毕等急速干涸,张北县的安固里诺尔,距北京 200 km,在 2004 年干涸,湖盆流域盐碱地荒漠化。北京每年春季频繁发生的沙尘暴,严重影响着人们的健康和环境。2008 年以来在干涸盐湖先锋植物碱蓬治理技术上取得重要突破,目前在查干诺尔、安固里淖种植面积达到 10 000 hm<sup>2</sup>,受到国内外相关领域的重视。取得了良好的生态效益、社会效益和经济效益。

2. 利用种植盐生经济植物进行青海经济转型

研究表明,种植盐生经济植物是进行青海经济转型的重要的经济形式:①尽管格尔木察尔汗盐湖区盐生植物类型比较单一,但其经济价值和生态价值相当可观;②气候整体变湿,盆地地下水位上升,为发展生态盐湖农业提供了最重要的水资源保障;③目前黑、红枸杞种植已在盆地形成产业,河东农场、河西农场、大格勒乡、诺木洪等地已大面积种植,枸杞产值已非常可观,合理的生态盐湖农业完全可以使当地致富。除枸杞外,白刺、罗布麻、芦苇等当地植物的高值化皆有潜力,此外还可引入与当地环境适应的物种,提升生态盐湖农业产值。

## 四、发展盐湖农业存在的问题

(1) 盐湖农业是现代农业发展的新业态,具有高科技、高投入、高效益、高风险的特性,必须正视和解决目前存在的认识不足、措施不力等诸多问题,加强具有独具特色的盐湖农业发展之路,显得十分迫切和必要。

(2) 盐湖农业是一个涉及多领域、多部门、多学科的新兴研究领域,在理论体系和实践上都需要

进行完善。由于基础相对薄弱,土地、政策、税收、金融、人才、投入等配套政策不健全,发展合力尚未形成,加之商业化开发利用不够,也制约了盐湖农业的发展。

(3) 目前盐湖开发主要生产无机盐,有的地区盐湖生态环境和生物资源受到破坏,如柴达木盆地,仅有个别的盐湖还保留着原始的生态和微观层次的微生物资源,亟待进行保护和查明“达尔文之树黑洞”,抢救濒危的生物基因资源 [13]。

## 五、盐湖农业创新驱动发展的建议

(1) 加强盐湖农业科技创新,把盐湖农业列入国家科技规划。集中多学科人才,逐步创建与发展我国盐湖全国性和地区性以至企业性专门研究开发机构,逐步建立具有我国特色的盐湖农业创新体系。

(2) 对盐湖流域气候、水资源、土壤和植被条件进行了调查分析,把盐湖流域盐碱地进行功能区划,盐碱地划分为:①可改良盐碱地;②自然发展的盐碱地;③混合发展的盐碱地。盐水域可划分为:①已有可利用盐生物资源(盐藻、螺旋藻、卤虫等)的盐水域;②尚未发现盐生物资源的盐水域。干盐滩依据盐类的类型划分微生物群落类别。通过现代生物学与技术等开展多学科研究,实现学科发展和资源的科学利用,提升农业潜力。

(3) 建立盐湖区域土壤、水文、气象、生物种群和种质优良与品系五个基础数据库;基于这五个数据库,结合不同地域的生物、水文水利和土壤技术进行农业改造。需要重点支撑的重大工程和需要重点研发的项目有:①基于水文技术的节水土壤去盐化处理方案;②西部盐湖地区周边土壤和水文数据库建设;③盐湖与周边地下水的交互影响;④盐湖周边地区农业土壤改造中土壤肥力的提升;⑤基于矿物的盐湖淡水化处理方案;⑥盐湖以及周边水资源的合理调配以及系统水利工程建设;⑦深入开展耐盐/嗜盐生物种质的生理、生态、行为、病理实验研究。

(4) 在青海、新疆、内蒙古、沿海等不同的生态区设置不同的盐湖农业示范基地,建立起国家一二三产业融合的盐湖农业基地。

(5) 政府应对盐湖农业取得的成效给予奖励和

税收优惠, 推进盐湖农业市场化和产业化机制的模式创新, 调动企业及广大农牧民的积极性。

### 参考文献

- [1] 郑绵平. 论“盐湖农业”[J]. 地球学报, 1995, 16(4): 404–418.  
Zheng M P. Study on “salt lake agriculture” [J]. Acta Geoscientica Sinica, 1995, 16(4): 404–418.
- [2] 韩同林. 京津地区沙尘暴与盐碱尘暴浅析[J]. 科学(上海), 2008, 60(1): 46–49.  
Han T L. Initial analysis on dust storm and salt dust storm in Beijing-Tianjin region [J]. Science (Shanghai), 2008, 60(1): 46–49.
- [3] 孔凡晶, 郑绵平. 盐湖杜氏藻研究的回顾与展望[J]. 盐业与化工, 2007, 36(5): 27–33.  
Kong F J, Zheng M P. Retrospect and prospect of study on dunaliellain salt lake [J]. Journal of Salt Science and Chemical Industry, 2007, 36(5): 27–33.
- [4] 陈峰. 微藻生物技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999.  
Chen F. Microalgae biotechnology [M]. Beijing: China Light Industry Press, 1999.
- [5] 马志珍, 陈汇远. 中国盐湖卤虫的生物学特性及其在对虾育苗中的应用[J]. 渔业信息与战略, 1994 (11): 14–19.  
Ma Z Z, Chen H Y. Studies on Biological characteristics of brine shrimps (*Artemia* spp.) from saline lakes of China and the nauplii as a feed for penaeid shrimp, *Penaeus chinensis* Osbeck larvae [J]. Fishery Information and Strategy, 1994 (11): 14–19.
- [6] Glenn E P, Brown J J, Blumwald E. Salt tolerance and crop potential of halophytes [J]. Critical Reviews in Plant Sciences, 1999, 18(2): 227–255.
- [7] 孔凡晶, 郑绵平. 盐湖生物学研究进展——第二届“盐湖生物学及嗜盐生物与油气生成学术研讨会”综述[J]. 地球学报, 2007, 28(6): 603–608.  
Kong F J, Zheng M P. Research progress in saline lake biology: A review of the 2nd conference of saline lake biology and its relationship with petroleum generation [J]. Acta Geoscientica Sinica, 2007, 28(6): 603–608.
- [8] Zheng M P, Tang J, Lin J, et al. China salt lakes [J]. Hydrobiologia, 1993, 267: 23–26.
- [9] 郑绵平. 论中国盐湖[J]. 矿床地质, 2001, 20(2): 181–189.  
Zheng M P. On saline lakes of China [J]. Mineral Deposits, 2001, 20(2): 181–189.
- [10] 王遵亲, 祝寿泉, 俞仁培, 等. 中国盐渍土[M]. 北京: 科学出版社, 1993.  
Wang Z Q, Zhu S Q, Yu R P, et al. The saline soil in China [M]. Beijing: China Science Publishing & Media Ltd (CSPM), 1993.
- [11] 王现洁, 孔凡晶, 孔维刚, 等. 发展柴达木盆地盐湖农业的资源基础[J]. 科技导报, 2017, 35(10): 93–98.  
Wang X J, Kong F J, Kong W G, et al. Resource base of developing saline lake agriculture in Qaidam Basin [J]. Science & Technology Review, 2017, 35(10): 93–98.
- [12] Wang X J, Kong F J, Kong W G, et al. Edaphic characterization and plant zonation in the Qaidam Basin, Tibetan Plateau [J]. Scientific Reports, 2018, 8: 1822.
- [13] 王家利, 储立民. 青藏高原盐湖微型和微微型真核浮游生物[J]. 科技导报, 2017, 35(12): 32–38.  
Wang J L, Chu L M. Eukaryotic pico- and nano-plankton community in Qinghai-Tibetan Plateau saline lakes [J]. Science & Technology Review, 2017, 35(12): 32–38.