

海水灌溉农业的属性特征及其发展^{*}

韩立民，张 振

(中国海洋大学管理学院 青岛 266100)

摘 要：作为现代农业的一个分支，海水灌溉农业集节约土地资源和淡水资源、保障粮食和营养安全、提高生态效益和经济效益的功効于一身，在农业经济乃至国民经济中发挥着日益重要的作用。文章以海水灌溉农业的概念特征为着眼点，分析了海水灌溉农业的分类及属性特征，论述了其起源与发展以及我国发展海水灌溉农业的意义和有利条件，对海水灌溉农业进行了系统的介绍。

关 键 词：海水灌溉农业；海水农业；陆地农业；耐盐植物

随着人口增加，耕地资源和淡水资源日益短缺，农业生产方式迫切需要进行战略性调整^[1]。在社会经济快速发展和农业科技不断进步的条件下，海水灌溉农业凭借其突出优势，在有效缓解资源紧张，保障粮食和营养安全中发挥了重要作用，已成为沿海农业发展的重要方向。可以预计，海水灌溉农业若在世界范围内形成规模化、产业化生产，以淡水灌溉支持的传统农业将发生巨变，农业生产将进入一个更为广阔的空间。

1 海水灌溉农业的概念内涵

农业是指人类有意识地利用生物机体的生命力，将外界环境中的物质和能量转化为生物产品，以满足社会需要的一种生产经济活动。徐质斌先生在 1978 年将农业分为两大类型——陆地农业和海洋农业。广义的陆地农业 (Land Agriculture) 包括种植业、林业、牧业、渔业等，狭义的陆地农业仅指种植业。海洋农业，即海水农业 (Seawater Agriculture)，指人类通过海洋生物技术，利用生物将海洋中的物质和能量转化为具有使用价值的产品的社会生产活动，包括海洋渔业和海水灌溉农业 (Seawater Irrigating Agriculture)。海洋渔业由海洋捕捞业 (Marine Fishing Industry)、海洋牧业 (Marine Ranching Industry) 和海水养殖业 (Marine Aquaculture Industry) 构成。海洋

捕捞业，是指人类利用渔船、渔具和捕捞机械等生产工具从海洋中直接获取具有一定的经济价值、社会价值、美学价值的自然生长的海水动植物的生产活动，是海洋渔业的重要组成部分^[2]。海洋牧业，是指为增加特定海区资源量或引进外来水产经济物种，通过增殖放流和移植放流等手段将生物苗种 (目的生物) 经过中间育成以及 (或) 人工驯化后放流入海，利用海区中的天然饵料，并投放人工鱼礁等措施建设适于目的生物生存的生态环境，借助声、光、电或目的生物自身的生物学特性，运用现代生物资源监测技术和环境监测技术等发展的海洋产业^[3]。海水养殖业，是指利用海域进行水生动植物的人工培育，而获取产品的一项生产事业，它包括繁殖、饲养和培养海洋水产经济动植物生产的部门及其有关活动，海水养殖业是海洋渔业不可缺少的组成部分^[4]。农业系统细分如图 1 所示。

由图 1 可知，海水农业是农业的重要组成部分，海水灌溉农业是海水农业的一个重要分支，海水农业与海水灌溉农业是包含与被包含的关系。因此，海水灌溉农业不能等同于海水农业。

如何界定“海水灌溉农业”，国内学术界迄今尚未达成共识。徐质斌等认为，海水灌溉农业是以海水资源、沿海滩涂资源和耐盐植物为劳动对象的特殊农业^[5]。王霞等认为，海水灌

^{*} 基金项目：山东省 2013 年度农业重大应用技术创新课题“山东省海水灌溉农业空间结构布局与政策框架设计” (鲁财农指 [2013] 136 号) 阶段性研究成果。

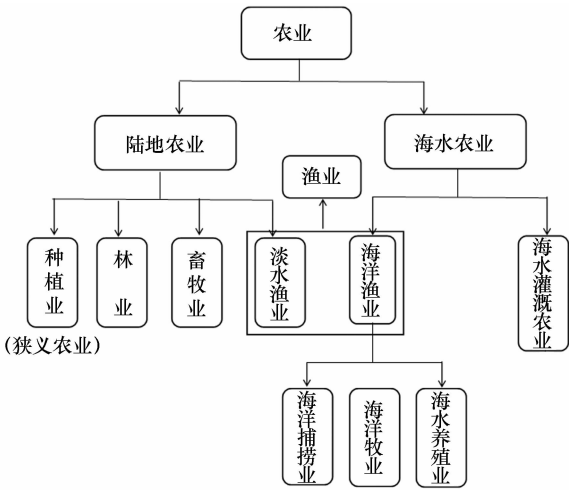


图 1 农业系统结构

溉农业是指在沿海盐碱荒滩地和盐碱地上，种植能用海水浇灌的耐盐作物的农业^[6]。林栖凤等认为，是指在沿海盐碱荒滩上，种植能用海水灌溉的野生驯化的和转基因的耐盐作物，以及对其产品进行加工的农业^[7]。叶利民等认为，海水灌溉农业就是从海洋中抽吸的海水灌溉种植耐盐性农作物^[8]。笔者认为，海水灌溉农业是指以沿海滩涂资源为载体，以生物技术为依托，对先天具有较强耐盐能力以及后天选育驯化的耐盐植物进行全海水灌溉或者海水与淡水混合灌溉的农业生产经济活动，是一项集水、土、植物资源综合开发的系统生态工程和特殊产业，也是现代农业的一个重要分支。需要指出的是，在技术经济条件成熟的前提下，在内陆盐碱荒地引用海水对耐盐植物进行灌溉的农业生产活动也属于海水灌溉农业。但就目前而论，海水灌溉农业主要分布在沿海滩涂。本文所涉及的沿海滩涂，均是指广义的沿海滩涂，包括潮上带、潮间带和潮下带，海水灌溉农业主要指在沿海滩涂进行的农业活动。

2 海水灌溉农业的分类及其属性特征

2.1 海水灌溉农业的分类

如上所述，农业可以分为陆地农业和海水农业，海水灌溉农业是海水农业的一个分支。以耐盐植物为立足点，我们可以对海水灌溉农业进行多方面分类：

2.1.1 从耐盐植物的来源角度

从耐盐植物的来源角度看，海水灌溉农业可以分为两类：① 直接对野生耐盐植物进行筛选、驯化的海水灌溉农业，如种植海蓬子、菊芋、碱蓬等植物，由于这些植物先天耐盐能力较强，只需筛选适合的品种进行驯化培育，提高植物的耐盐碱、防病虫害或者高产等能力，在此基础上发展而成海水灌溉农业；② 利用生物技术提高植物耐盐性以获取耐盐植物的海水灌溉农业，如将野生耐盐植物红树的基因通过生物技术转入番茄、茄子、辣椒等，大幅提高淡水作物的耐盐能力。

2.1.2 从耐盐植物的效用角度

从耐盐植物的效用角度看，海水灌溉农业可以分为两类：① 栽培侧重于经济效益的耐盐植物的海水灌溉农业，如种植碱蓬，用于生产蔬菜、食用油、保健品；种植海蓬子，可用于制药和获取食用油；② 栽培侧重于生态价值的耐盐植物的海水灌溉农业，如种植互花米草，其草体韧性强，受海浪冲击弯曲到一定程度后可以恢复原状，有消浪固堤、绿化滩涂和改良土壤的作用；种植怪柳，怪柳具有较强的耐盐碱和耐干旱能力，可用于恢复盐碱地、绿化干旱地区公路环境和制作盆景^[9]。

2.1.3 从耐盐植物的用途并兼顾植物学分类法 的角度

从耐盐植物的用途并兼顾植物学分类法 的角度看，海水灌溉农业大致可以分为 4 类：① 栽培耐盐粮食作物的海水灌溉农业，如种植耐盐大麦、盐角草等；② 栽培耐盐经济作物的海水灌溉农业，例如种植碱蓬、海蓬子等；③ 栽培耐盐药用作物的海水灌溉农业，例如种植芦荟、罗布麻等；④ 栽培耐盐饲料和绿肥作物的海水灌溉农业，例如种植滨藜、苜蓿等。

2.2 海水灌溉农业的属性特征

海水灌溉农业的四大突出特点使其成为区别于陆地农业，也区别于其他海水农业的特色农业类型，具体表现在：

2.2.1 对生物资源的选择多元化

海水灌溉农业的生物资源既可以是海洋植物，也可以是陆地植物。有些植物的耐盐能力是

与生俱来的, 如海带、红树林、大米草、海蓬子等, 有些陆地淡水植物如大麦、茄子等也可以通过生物技术培育成为适宜海水灌溉的耐盐作物。

2.2.2 对灌溉水源的使用具有创新性

海水灌溉农业对耐盐植物进行全海水灌溉或者海水与淡水混合灌溉, 开发了海水的全新用途。如毕氏海蓬子含有丰富的铁、镁、碘、钾等矿物质, 具有预防癌症、美白肌肤的功效, 可以用全海水灌溉。番杏含有丰富的铁、钙、维生素等营养元素, 具有缓解肠炎、肾病、败血病疼痛的效用, 可以耐 $1/3$ 的海水。

2.2.3 实现了海陆资源交叉利用

陆地农业所利用的水、土、植物资源都来源于陆地, 其他海洋农业发展利用资源都源自于海洋, 而海水灌溉农业土地资源来自海洋, 水资源是海水或海水和陆地淡水的混合水, 植物资源主要是陆地植物, 也有诸多海洋植物。因此, 海水灌溉农业对实现综合利用海陆资源的长远发展目标具有促进作用。对陆地和海洋资源的交叉利用, 是海水灌溉农业的本质特征。

2.2.4 可以充分利用废置资源

在海水灌溉农业产生之前, 大量的沿海滩涂、海水资源被长期废弃, 耐盐植物也没有实现应有的价值, 而且盐碱地面积不断扩大, 海水侵蚀海岸现象日益严重。海水灌溉农业的诞生及发展, 实现了充分利用沿海滩涂、海水和耐盐植物资源, 改善生态环境, 创造巨大生态效益、经济效益和社会效益的目的, 开创了农业发展的新领域^[5]。

3 海水灌溉农业的起源与发展

20 世纪 40 年代末期, 海水灌溉农业的雏形开始出现。1949 年生态学者 Hugo Boyko 和园艺学者 Elisabeth Boyko 在以色列城市埃拉特, 在沙地上用淡水与海水的混合水灌溉植物, 宣告海水灌溉农业的诞生。20 世纪 80 年代, 随着全球淡水危机的意识觉醒, 海水灌溉农业逐步走向深入。20 世纪 90 年代, 美国科学家成功将海草的基因注入高粱, 美国亚利桑那州立大学塔可逊环境研究实验室从约 800 种耐盐植物中筛选出一种可以直接用全海水灌溉的植物海蓬子 (*Salicornia europaea* L.), 并先后培育出海蓬子 SOS-7、SOS-10 号两个品系, 这标志着海

水灌溉农业取得了里程碑式的发展。目前, 美国已成功培育出 2 种全海水灌溉小麦、29 种海水与淡水混合灌溉春小麦和耐 $2/3$ 海水的番茄。印度已培育出耐 80% 海水的春小麦。墨西哥栽培的海蓬子也可以用全海水灌溉, 而且生产过程中无需使用农药和化肥。许多国家的科学家正致力于将培养的细胞或愈伤组织通过盐胁迫诱导耐盐突变体, 已经在部分农作物、牧草、草坪草、烟草、部分果树、林木上取得一定成功^[10]。以海蓬子为代表的部分海水灌溉农业已进入专业化和规模化的生产阶段。

20 世纪 60 年代起, 我国开始海水灌溉农业研究。南京大学仲崇信教授从英国引进了耐盐植物大米草, 在江苏以固堤促淤为目的进行种植, 70 年代末又从美国引进互花米草, 在消浪固堤、促淤造陆, 净化环境、改良土壤等方面效果显著。中国科学院海洋研究所邢军武成功筛选出可用全海水直接灌溉的优良碱蓬品种, 在青岛市试验种植几百亩, 平均亩产 120 kg。1996 年山东省东营农业学校和山东师范大学在东营市合作建成我国第一家盐生植物园, 占地 3.33 hm² 余, 收集保存耐盐植物 150 多种, 成功培育和引进耐盐经济作物 80 多种。海南大学林栖凤教授利用生物工程技术已获得了可用海水直接浇灌的耐盐豇豆、辣椒、茄子和番茄等作物并繁殖到第四代, 被列为国家“九五”重点科技攻关项目。2001 年江苏大丰晶隆海洋发展有限公司被中国科学院植物保护研究所确认为海水灌溉农业的中试基地, 目前已成为全国最大的耐海水蔬菜生产基地^[6]。山东寿光投资 2.16 亿元建设了国内首家海水蔬菜高科技产业园, 主要以种植黑枸杞、海虫草 (西洋海笋)、海芹等品种为主, 同时, 海滨甘蓝等新品种正在进行试种。2013 年, 山东寿光海水蔬菜产品通过了中绿华夏“有机蔬菜”认证, 成为我国海水蔬菜规模化发展的领军者。总体来说, 我国海水灌溉农业的研究和试验开始较早, 取得了一些重要科研成果。但是整个行业仍处在初级阶段, 仅有为数不多的品种 (如, 海蓬子、黑枸杞等) 进入产业化生产阶段。其他传统淡土粮食和蔬菜作物的海水灌溉多处于试验阶段, 距离产业化仍有较大距离。

4 我国发展海水灌溉农业的战略意义

发展海水灌溉农业是功在当代，利在千秋的开创性事业。我国发展海水灌溉农业的意义主要表现在以下几个方面：

4.1 发展海水灌溉农业有利于有效节约淡水资源

目前，世界普遍面临着淡水资源匮乏的危机。海水约占全球表面水资源总量的 96.5%，淡水资源约占 2.53%，其他水资源约占 0.97%，而人类实际可以利用的淡水资源仅占地球总水量的 0.26% 左右。

作为农业大国，我国人均水资源占有量少，而农业用水占用水总量的 70%，但是，由于水资源短缺，迄今我国仍有 61% 的耕地没有水资源保证。随着经济和工业化进程的不断发展和推进，人口增长对淡水资源造成的压力日趋紧张，而水污染问题又加剧了淡水的供求矛盾。一定程度上，海水可视为无穷无尽的潜在水资源。利用海水或海水与淡水的混合水灌溉耐盐植物，可有效地减少淡水资源的使用量，变相增加了国民可利用水资源总量。况且，通过发掘海水的全新用途，可以完善海水综合利用结构，同时打破传统农业以淡水为支撑的格局，农业生产将获得更广阔的发展空间。

4.2 发展海水灌溉农业有利于缓解人地矛盾

进入 21 世纪，虽然我国人口增速减慢，但

人口总量还在不断增加，人均耕地不断减少。据统计，我国近 10 年增加约 7 845 万人，耕地面积约为 1.22 亿 hm^2 （2011 年），人均耕地面积约为 0.09 hm^2 ，远远低于世界平均水平，与此同时，我国土地盐碱化、次生盐渍化面积不断扩大，形势异常严峻。山东大学海水灌溉农业专家夏光敏教授指出，若在盐碱荒地和沿海滩涂都种植耐盐作物，那么全国可多增耕地 0.4 亿 hm^2 ，相当于中国现有耕地面积的 1/3，从而大幅度增加了可利用的土地面积。因此，发展海水灌溉农业，充分利用沿海滩涂，可以有效缓解我国人多地少的紧张状况，同时对土地改良，提高土地肥力也具有积极的作用。

4.3 发展海水灌溉农业能够获取可观的经济效益

适用于海水灌溉农业的耐盐植物，在传统淡土种植较少，而许多潜在用途尚待发掘，因此海水灌溉农业产品更易于培育缝隙市场。大米草、苜蓿是优良牧草，可以改良牧场，提高载畜能力；罗布麻既可以用于纺织又可以制药；芦苇、柽柳等可用于编织；海蓬子可用做蔬菜和榨油，产量可观；碱蓬可用于生产蔬菜、食用油、保健品等等。利用盐碱荒地和海水这类边际资源栽培上述耐盐植物，充分发掘其用途和价值，开辟新的市场领域，对于优化农业生产结构、促进区域经济发展具有重要意义。

表 1 前景较好的耐盐经济植物介绍

耐盐植物	土壤及灌溉要求	种植周期（月）	收获物	亩产量	用途
碱蓬	0.6%~1.5% 的盐土生长，用含盐 1.5%~2.0% 的海水灌溉	4—10 月营养生长	嫩茎叶	8 000~1 000 kg （鲜重）	蔬菜
		11 月收获种子	种子	100 kg（干重）	榨油
海蓬子	0.6%~1% 的盐土生长，用含盐 1%~1.5% 的海水灌溉	2—9 月生长期	嫩茎、嫩尖	1 100~1 300 kg （鲜重）	蔬菜
		10 月收获种子	种子	120~150 kg （干重）	榨油
菊芋	0.6%~0.8% 的盐土生长，用含盐 0.9%~1.5% 的海水灌溉	5—11 月生长期， 12 月收获	地下块茎	3 000~4 000 kg	特菜、提炼酒精和果糖
柽柳	1%~1.5% 的盐土生长，用含盐 0.4%~2.4% 的海水灌溉	2~3 年	苗木	100~350 株	绿化、薪柴

4.4 发展海水灌溉农业有利于实现巨大的生态价值

党的十八大报告指出，建设生态文明，是关系人民福祉、关乎民族未来的长远大计，要把生态文明建设放在突出地位。我国沿海地区土地盐碱化、风沙化比较严重，尤其是山东鲁北地区、江苏苏北地区，原因是地下水水位高，含盐量高，水分蒸发后将盐分析出留在地表。在沿海滩涂种植耐盐植物，除了对盐渍土壤具有生物修复作用外，还具有良好的消浪护滩、促淤造陆和净化环境的效果。盐碱地作为一类地球广泛存在的地质地貌，其存在具有自然学意义，海水灌溉农业遵循自然法则，将海水资源、耐盐植物和盐碱地三者“盐”的特性有效组合进行农业生产，规避了传统开发盐碱地耗费大量淡水资源淋洗或者移用客土不可持续的方式。

4.5 发展海水灌溉农业有利于推动内陆地区盐土农业的发展

除了沿海滩涂，我国还有 0.37 亿 hm^2 内陆盐碱荒地，这些土地资源基本处于闲置状态。发展海水灌溉农业，若解决耐盐植物的筛选培育技术和农艺问题，尤其是获取普遍耐盐、适种于沿海滩涂和内陆盐碱地的植物，也就基本解决了内陆盐碱地的农业利用问题，将有力地推进内陆盐土农业的发展，获得巨大的经济、生态和社会效益。

4.6 发展海水灌溉农业有利于实现粮食和营养安全的目标

在现有耕地面积基础上，依靠提高单产来提高粮食产出的空间逐渐缩小，而开辟广袤的沿海滩涂，发展海水灌溉农业，可有效增加农业生产面积和粮食产量，对保障国家粮食和营养安全起到促进作用。据估算，发展海水灌溉农业，我国每年可增产耐盐小麦、水稻、油料作物约 1.5 亿 t，从而极大地降低粮食和营养风险，保障国家食品安全。

5 我国发展海水灌溉农业的有利条件

作为世界上的农业大国之一，我国必须抓住机遇，充分利用优势条件发展海水灌溉农业。

我国发展海水灌溉农业有利条件主要有：

5.1 自然资源条件

海水灌溉农业的发展离不开水、土、植物资源，具体是指海水、沿海滩涂和耐盐植物资源。我国大陆海岸线长达 1.8 万 km，面积大于 500 m^2 的海岛 6 900 多个，海岛岸线长约 1.4 万 km，滩涂面积 594.2 万 hm^2 ，集中分布在沿海省、市、自治区（表 2）。由于入海江河携带大量泥沙，河口滩涂还以每年 2 万~3 万 hm^2 的速度继续淤长^[7]。据 2002 年赵可夫教授研究，我国共有耐盐植物 502 种，分属 71 科，208 属，包括草生植物、灌木和树木，在湿地、沿海滩涂、沼泽地带以及干旱、内陆盐化沙漠均有分布，可作为粮食、饲料、药材、纤维与化工原料及绿化与观赏的耐盐植物。广阔的滩涂面积和丰富的耐盐植物资源，为我国发展海水灌溉农业奠定了坚实的资源基础。

表 2 我国沿海 11 个省、市、自治区滩涂面积

省、市、自治区	滩涂面积/万 hm^2
辽宁	73.8
河北	27.9
天津	5.8
山东	121.1
江苏	84.4
上海	30.5
浙江	57.4
福建	37.1
广东	101.8
广西	34.8
海南	19

数据来源：《中国海洋统计年鉴 2012》，海洋出版社。

5.2 技术支撑条件

长期以来，我国在致力于耐盐植物的栽培，栽培技术发展迅速，海水灌溉农业的技术条件也日臻成熟。利用细胞工程技术，将培养的细胞或愈伤组织通过盐胁迫诱导耐盐突变体，已经在部分农作物、草本植物、部分树木上取得一定成功，对多种蔬菜的研究也取得一定的成果^[11]，为我国发展海水灌溉农业提供了强有力的技术支撑。

5.3 政策保障条件

随着海水灌溉农业规模的逐渐扩大，海水灌溉农业模式逐步为社会公众所了解，并受到各级政府的关注和支持。我国有关部门多次召开学术研讨会和工作会议进行专门研讨，并将相关课题列入科技发展计划予以支持。随着海水灌溉农业的进一步发展，沿海省市将会制定和完善促进海水灌溉农业发展的法律法规和优惠政策，增强技术服务和基础设施建设，为海水灌溉农业的发展提供良好的政策环境条件。

5.4 其他有利条件

近些年来，以海水灌溉农业为发展对象，我国完善了沿海滩涂的保护和开发制度，建立了相关的国家农业科技园区和高新技术产业示范区，设立了专项扶持资金，加大了商业性金融支持力度，组织了科研力量开发耐盐植物，并逐步落实海水灌溉农业技术的研发与推广示范工作。

参考文献

[1] 王金环,韩立民. 海水灌溉农业的内涵、特征及发展对策建议[J]. 浙江海洋学院学报:人文科学版,

2013(4):6—10.

[2] 刘国瑞. 烟台市海洋捕捞业可持续发展问题研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2013.

[3] 王爱香,王金环. 发展海洋牧场 构建“蓝色粮仓”[J]. 中国渔业经济,2013(3):69—74.

[4] 纪鹏翔. 青岛市城阳区海水养殖业发展对策研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2008.

[5] 徐质斌. 中国海水灌溉农业的发展前景和对策[C]//2002 年海洋科技与经济发展国际论坛论文. 青岛:科学技术出版社,2002.

[6] 王霞,王金满. 海水灌溉农业发展状况及其前景[J]. 新疆农垦经济. 2003(6):48—51.

[7] 林栖凤,李冠一. 海水灌溉农业和盐土农业研究概况和进展[C]//2005 年全国海洋高新技术产业化论坛论文集. 青岛:科学技术出版社,2005.

[8] 叶利民,徐芬芬,徐卫红,等. 海水灌溉农业[J]. 生物学教学,2010(6):6—8.

[9] 马超颖,李小六,石洪凌,等. 常见的耐盐植物及应用[J]. 北方园艺,2010(3):191—196.

[10] 刘春辉. 海水灌溉芦荟活性成分分析及多糖的研究[D]. 大连:大连理工大学,2007.

[11] 徐质斌. 海水灌溉农业的展望与对策[J]. 农业现代化研究,2002(2):89—92.