



## 试论黄河三角洲生态农牧化高质量发展的策略与途径

袁秀堂<sup>1</sup>, 于正林<sup>1</sup>, 王清<sup>1</sup>, 刘辉<sup>1</sup>, 张立斌<sup>2</sup>, 林承刚<sup>2</sup>,  
王天明<sup>3</sup>, 刘富祥<sup>4</sup>, 许家磊<sup>5</sup>, 杨红生<sup>1,2,6\*</sup>

(1. 中国科学院烟台海岸带研究所, 山东 烟台 264003;

2. 中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071;

3. 浙江海洋大学, 浙江 舟山 316022;

4. 烟台中集蓝海洋科技有限公司, 山东 烟台 264001;

5. 中科通和(山东)海洋科技有限公司, 山东 东营 257000;

6. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:** 黄河三角洲自然资源丰富、生态系统独特, 其生态保护和高质量发展已上升为国家战略。在资源环境约束趋紧、生态系统退化的严峻形势下, 黄河三角洲生态农牧化是实现其高质量发展的重要方式之一。为构建绿色、低碳、循环的黄河三角洲生态农牧化新模式, 本研究分析了其高质量发展面临的问题, 提出其发展的理念和目标。在此基础上, 针对性地提出多元驱动的高质量发展策略与途径, 即通过“场景驱动”以优化宏观布局, 利用“种业牵动”、“牧养互动”和“装备推动”以完善产业体系, 采用“强强联动”以创新协同范式, 运用“政策促动”以实现整体升级, 构建场景匹配的三场连通、三产融合的黄河三角洲生态农牧化发展新模式, 实现机械化、智能化、数字化和体系化的协同发展。研究结果可为推动黄河三角洲生态农牧化高质量发展提供参考。

**关键词:** 高质量发展; 生态农牧化; 发展目标; 策略与途径; 黄河三角洲

**中图分类号:** S 937

**文献标志码:** A

现代黄河三角洲是指 1934 年以来形成的扇形区域, 陆地面积约 3 000 km<sup>2</sup><sup>[1]</sup>, 海岸线长约 420 km, 滩涂面积约 10 万 hm<sup>2</sup>, -10 m 等深线以内的浅海面积 4 800 km<sup>2</sup><sup>[2]</sup>。黄河三角洲生境多样、生物资源丰富, 是我国农业和渔业的主产区之一, 2020 年农林牧渔业总产值超过 300 亿元<sup>[3]</sup>。

近年来, 国家高度重视黄河三角洲的生态保护和高质量发展并将之上升为国家战略, 先后出台了《黄河三角洲高效生态经济区发展规划》<sup>[4]</sup>和《山东半岛蓝色经济区发展规划》<sup>[5]</sup>。2019 年和

2021 年习近平总书记就黄河流域生态保护和高质量发展发表重要讲话, 指出“下游的黄河三角洲是我国暖温带最完整的湿地生态系统, 要做好保护工作, 促进河流生态系统健康, 提高生物多样性”<sup>[6]</sup>以及“要加强下游河道和滩区环境综合治理, 提高河口三角洲生物多样性”<sup>[7]</sup>。

在资源环境约束趋紧、环境污染严重、生态系统退化的严峻形势下<sup>[8-9]</sup>, 科学合理地开发黄河三角洲农、牧、渔业资源, 保护脆弱的生态环境, 实施海岸带生态农牧化, 成为黄河三角洲高质量

收稿日期: 2022-01-17 修回日期: 2022-03-07

资助项目: 国家重点研发计划 (2021YFB3901304); 中国科学院科研仪器设备研制项目 (YJKYYQ20210034)

第一作者: 袁秀堂(照片), 从事生物资源修复及滩涂生态农牧场研究, E-mail: xtyuan@yic.ac.cn

通信作者: 杨红生, 从事养殖生态学、海参遗传育种与养殖、海洋牧场建设研究, E-mail: hshyang@qdio.ac.cn



发展的重要课题之一。曾呈奎<sup>[10]</sup>于1965年提出了我国海洋农牧化的构想,1985年指出海洋农牧化主要包括“农化”和“牧化”<sup>[11]</sup>。在前人的基础上,针对黄河三角洲区域生态保护与高质量发展,杨红生<sup>[12]</sup>提出了海岸带生态农牧场的概念,即基于生态学原理,利用现代工程技术,陆海统筹构建盐碱地生态农场、滩涂生态农牧场和海洋生态牧场,营造健康的海岸带生态系统,从而形成“三场连通”和“三产融合”的海岸带保护和持续利用新模式<sup>[12]</sup>。

在系统梳理黄河三角洲生态农牧化发展面临问题的基础上,提出了多元驱动的生态农牧化高质量发展策略与途径,以期推动黄河三角洲生态保护和高质量发展。

## 1 黄河三角洲生态农牧化面临的问题

目前,黄河三角洲的产业现状:盐碱地以棉花种植等为主;滩涂以池塘养殖刺参和对虾为主;近海资源开发以传统捕捞为主,海洋牧场建设刚起步<sup>[12]</sup>。盐碱地农业、滩涂养殖业和海洋牧场相对独立发展,陆海连通性受阻,黄河三角洲的高质量发展难以提升。黄河三角洲生态农牧化尚处于起步阶段,目前,盐碱地生态农牧场已建立了133 333 m<sup>2</sup>“耐盐牧草-人工湿地-耐盐花卉苗木-特色产品-生态农业园”综合利用模式核心示范区;滩涂生态农牧场已开展柽柳(*Tamarix chinensis*)-肉苁蓉(*Cistanche deserticola*)种植、海蓬子(*Salicornia bigelovii*)-刺参(*Apostichopus japonicus*)综合种养、海马齿(*Sesuvium portulacastrum*)-银鲑(*Oncorhynchus kisutch*)综合种养技术研究以及互花米草(*Spartina alterniflora*)入侵防治,并在黄河三角洲滩涂养殖区域进行了推广应用,其中柽柳-肉苁蓉种植超过1.33 km<sup>2</sup>;浅海生态牧场主要开展了海草床和牡蛎礁生境修复等工作,保护修复示范区面积超过6.67 km<sup>2</sup><sup>[13]</sup>。虽然做了大量的工作,但是黄河三角洲生态农牧化的高质量发展仍然面临着许多问题。

### 1.1 宏观布局待优化

当前黄河三角洲的生态农牧化缺乏陆海统筹的宏观布局规划体系。一是国家和省级层面缺少对海岸带生态农牧化的顶层设计,缺乏对海洋生态环境、渔业生产发展和社会经济发展的综合统计调查,未进行统筹规划和科学布局。二是我国

生态农牧场建设以企业单位为主体,存在“一企一家”的建设束缚。三是当前黄河三角洲的生态农牧化未针对水盐场景提出科学问题和关键技术,并不匹配合适的农牧化模式。

### 1.2 产业体系不完备

黄河三角洲生态农牧场建设尚未形成系统性的产业体系,仍需加强种业、牧养、装备、加工、流通、品牌等体系化建设。在种业方面,高效可控、功能完善的“保育测繁推”一体化健康种业技术体系不完备,如原种缺乏科学保护、良种培育和覆盖率不足等<sup>[14]</sup>;我国水产新品种培育以生长性状改良为主,而兼顾抗病、高饲料转化率或品质等性状的研究亟需深入。在牧养方面,独立发展的盐碱地农业、滩涂养殖业和海洋牧场导致三场之间物质和能量的流通受阻,未形成完整的“三场连通”技术体系。在装备方面,当前劳动力短缺、人力成本日益增高<sup>[15-16]</sup>的背景下,我国农牧化生产装备落后,机械化程度低<sup>[17]</sup>,亟需场景适用性、水陆兼用性、精准化和智能化的技术装备,以实现自动化、无人化或少人化的装备技术体系。在产品加工和品牌建设方面,缺乏用于生态农牧场循环利用的功能产品,缺少盐碱地名优品牌建设。

### 1.3 创新体系不健全

科技创新体制机制不健全限制了黄河三角洲生态农牧化。其一,黄河三角洲生态农牧场主要由科研机构主导,依靠少数高新企业运行,配套产业发展相对不足,无法产生产业集聚效应,短期内难以形成规模效益。其二,黄河三角洲生态农牧化存在科技与产业“两张皮”的问题,科研院所与产业分离,没有真正发挥企业的主体作用和技术创新作用,导致技术研究与产业脱节<sup>[12, 18]</sup>。其三,科技和创新资源配置分散、低效,创新链、产业链、政策链、资金链和人才链之间缺乏深度融合。

### 1.4 政策支持待加强

目前,各级政府缺少海岸带生态农牧场建设发展的创新保障和激励政策,如实施海岸带生态农牧化高质量发展的政策措施、制订优惠政策吸引各种资本参与海岸带生态农牧场的建设以及出台人才引进和培养的优惠政策等。缺少针对黄河三角洲生态农牧化关键技术的国家重大科技专项

或重点研发计划的有力支撑。同时,生态农牧场功能区划、海域使用金征收、农牧业补贴及企业融资等政策工具的运用尚未对海岸带生态农牧场的规模化发展提供强有力的支持。

## 2 黄河三角洲生态农牧化高质量发展理念与目标

### 2.1 发展理念

以习近平生态文明思想为指导,坚持“新发展理念”,践行“两山”理论,贯彻“系统观念”,遵守“四水四定”原则,实现黄河三角洲生态农牧化高质量发展。

坚持“新发展理念” “创新、协调、绿色、开放、共享”的新发展理念深刻揭示了实现更高质量、更有效率、更加公平、更可持续发展的必由之路,是黄河三角洲生态农牧化的发展思路、发展方向和发展着力点。

践行“两山”理论 黄河三角洲生态农牧化的高质量发展要牢固树立“绿水青山就是金山银山”的发展理念,坚定不移走生态优先、绿色发展的现代化道路。在实施生态农牧化过程中要注重生态保护和修复,充分利用水域自然生产力,保护生物多样性。

贯彻“系统观念” 贯彻习近平“把系统观念贯穿到生态保护和高质量发展全过程”的讲话精神。黄河三角洲生态农牧化的高质量发展要把握好全局和局部的关系,坚持山水林田湖草沙冰是生命共同体的系统思想;同时,结合黄河流域发展的“上游源头涵养、中游生态治理、下游生态保护”和“上下游、干支流、左右岸统筹谋划”的原则,综合施策、系统发力。

遵守“四水四定”原则 坚持习近平“以水定城、以水定地、以水定人、以水定产”的“四水四定”指示,走好水安全有效保障、水资源高效利用、水生态明显改善的集约节约发展之路。在水的保护和利用方面,坚持节水优先,统筹优化黄河三角洲生态农牧化的用水结构;在水污染治理方面,对盐碱地生态农场、滩涂生态农牧场和海洋牧场实施水污染综合治理。

### 2.2 发展目标

黄河三角洲生态农牧化高质量发展的目标:以黄河三角洲资源要素为依托,以高质量发展为核

心,以科技创新为抓手,运用数据驱动的研究新范式,实现机械化、智能化、数字化、体系化的协同发展,构建场景匹配的“三场连通”、“三产融合”的黄河三角洲绿色、低碳、循环的生态农牧化发展新模式。

## 3 黄河三角洲生态农牧化高质量发展策略与途径

针对黄河三角洲生态农牧化面临的问题,在分析黄河三角洲发展理念和目标的基础上,提出了多元驱动的生态农牧化高质量发展的策略与途径,即以“场景驱动”为基础,以“种业牵动”、“牧养互动”和“装备推动”为动力,以“强强联动”和“政策促动”为保障,实现黄河三角洲生态农牧化高质量发展新模式(图1)。

### 3.1 场景驱动,优化宏观布局

查明场景复杂性,合理规划布局 黄河三角洲处于陆地、河流和海洋的交汇地带,多种物质和动力系统交融,多类生态系统交错分布,是典型的多重生态界面<sup>[9]</sup>,其场景具有复杂性。根据盐土特征,可分为盐碱地(盐度 < 10)、滩涂(盐度 < 20)和浅海(盐度 < 30)三个水盐场景<sup>[12]</sup>;从陆域到浅海,分布着池塘、盐沼湿地、滩涂、河口和浅海等开发场景。黄河三角洲生态农牧化应根据不同场景,分别施策,合理规划布局:①开展黄河三角洲生态农牧化不同场景系统调查和资源承载力综合评估工作,结合场景类型、生态功能和农牧渔业资源特点,科学规划适宜于不同场景的生态农牧场建设区域;②基于不同水盐场景,结合卫星遥感、北斗导航等新技术,采用景观生态学的原理,以“在开发中保护,在保护中开发”为原则,规划“保护-修护-重建”为一体的生态农牧化布局;③运用系统性原理,将黄河三角洲的不同水盐场景作为一个整体,贯通陆地-滩涂-近海,加强河口与海岸线、黄河上下游与入海口左右岸之间的联系,建立体系化的黄河三角洲生态农牧场。

解析场景动态性,实现数字化管理 由于水盐的运移驱动,黄河三角洲的不同场景具有动态性<sup>[20]</sup>和关联性,物质、能量和信息在不同场景之间、场景与外界之间存在联系与交换。黄河三角洲生态农牧化应根据场景动态性,实现数字化管理:①依托黄河三角洲陆地和海洋的生产和经营



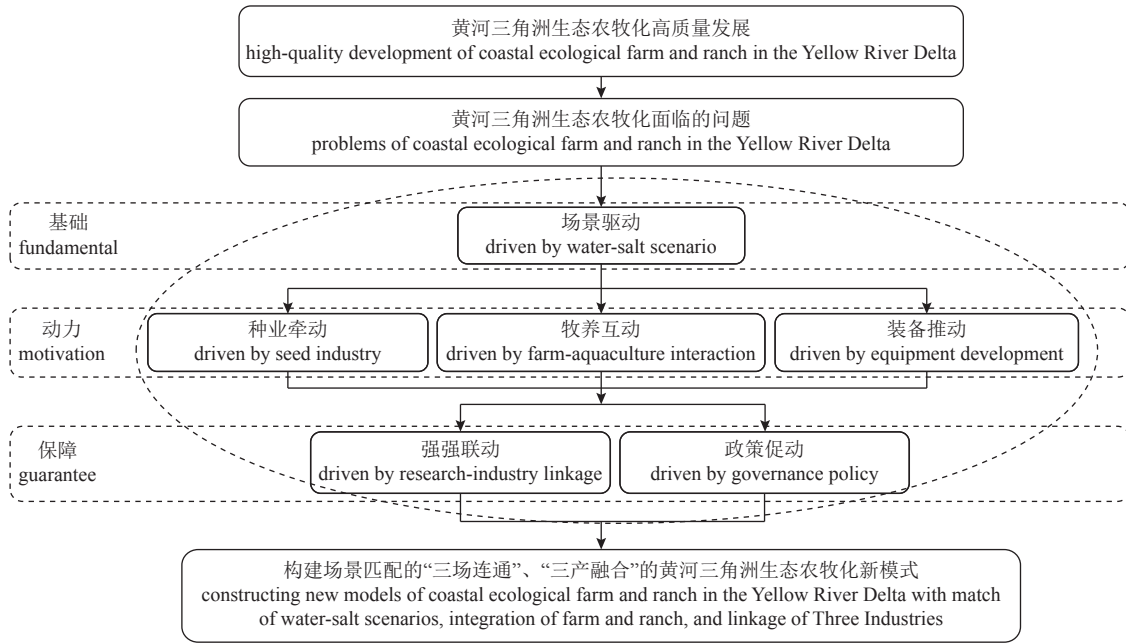


图 1 黄河三角洲生态农牧化高质量发展多元驱动逻辑图

Fig. 1 Multiple driving logic diagram of high-quality development of coastal ecological farm and ranch in the Yellow River Delta

平台, 搭建大数据平台和指挥调度系统, 监测黄河三角洲水盐场景的动态变化; ②基于场景观测的大数据构建黄河三角洲生态农牧化的研究新范式; ③加强大数据在规划布局、承载力评估、环境预测、病害防控等方面的应用, 实现生态农牧化的实时监控、远程控制和智能决策的数字化管理。

### 3.2 种业牵动, 彰显“芯片”功能

立足原种保护, 改善生物多样性 黄河三角洲具有丰富的种质资源<sup>[21]</sup>, 根据不同场景开展原种资源的保护工作具有重要意义: ①开展黄河三角洲不同水盐场景原种资源遗传多样性评估, 更好地筛选利用优质原种, 如湿地中的芦苇、碱蓬和海草, 滩涂中的文蛤 (*Meretrix meretrix*)、西施舌 (*Macra antiquata*) 和近江牡蛎 (*Crassostrea rivularis*), 浅海中的花鲈 (*Lateolabrax japonicus*)、梭鱼 (*Liza haematocheila*) 和大银鱼 (*Protosalanx hyalocranius*) 等; ②加强外来物种互花米草的治理, 近 10 年来互花米草在黄河三角洲的分布范围迅速扩张<sup>[22-23]</sup>, 对黄河三角洲原种的生物多样性和栖息地质量等造成威胁<sup>[12]</sup>; ③依据不同场景加大原种场建设, 如耐盐植物 [怪柳、白刺 (*Nitraria tangutorum*)、盐地碱蓬 (*Suaeda salsa*)、羊草 (*Leymus chinensis*)] 和特色经济动物 [如中华绒螯

蟹 (*Eriocheir sinensis*)、黄河刀鲚 (*Coilia nasus*)、文蛤、中国明对虾 (*Fenneropenaeus chinensis*)、大银鱼] 等<sup>[24]</sup>。

强化良种培育, 提升产业原动力 良种是黄河三角洲生态农牧化的“芯片”, 培育优质、高产、抗逆的优良品种, 是黄河三角洲种业健康持续发展的关键因素之一<sup>[14, 25]</sup>。加大良种培育力度, 提升黄河三角洲生态农牧化的原动力: ①针对不同场景, 利用经济种类的生物学特性和遗传背景等相关数据选育新品种。盐碱地重点开展耐盐植物优良品种培育, 如海水蔬菜中海马齿的北移驯化、海蓬子的无土栽培; 滩涂和浅海以主要水产经济物种 (鱼类、虾蟹、藻类、贝类、海参等) 为重点, 培育具有抗逆、抗病、抗盐碱等优良性状的新品种, 如文蛤抗逆抗病优良性状选育, 淡水鱼耐盐驯化, 中华绒螯蟹、凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*)、刺参等优质、高产品种选育等。②利用高新技术进行良种培育。基因编辑等前沿技术是种业发展的“光刻机”<sup>[26-27]</sup>; 转基因育种、全基因组选择育种、DNA 标记辅助育种等关键技术均成为种业持续发展的“发动机”<sup>[28-29]</sup>。黄河三角洲良种培育应充分利用高新技术, 不断提升种业原动力。③采用表型精确测评加强优良品种遗传改良<sup>[30]</sup>。在良种培育工作中, 针对优良品种的目标性状开展生长和品质等性状测试, 建立生

物经济性状特征数据库,根据性状特征数据及系谱信息,加强优良品种育种改良工作。

**推进苗种繁育,提高种业覆盖率** 黄河三角洲的种业发展应从“重视数量”转向“提升质量”、从“规模扩张”转向“结构升级”、从“要素驱动”转向“创新驱动”<sup>[14]</sup>。在苗种繁育方面,当前培育的品种是通用型的,未考虑不同水盐场景和农牧化模式等特殊要求。应分场景、分物种,建设原、良种苗种(如黄河三角洲特色和重要养殖对象中华绒螯蟹、凡纳滨对虾、花鲈、刺参、文蛤)高效扩繁和生态化健康培育示范基地,构建规模化、生态化的健康苗种繁育体系。在推广应用方面,以原、良种推广和产业化为目标,一是应加强“产、学、研”结合,从设施设备和标准化入手,构建高效可控、功能完善的“保育测繁推”一体化黄河三角洲健康种业推广新模式;二是加大优质品种的市场宣传和推广力度,增加优质原、良种市场占有率<sup>[14,31]</sup>。

### 3.3 牧养互动,促进模式创新

**陆海联通,优化产业空间布局** 黄河三角洲生态农牧化产业空间布局可依据不同水盐场景分别施策,陆海联动、上下贯通。①产业联通。发挥不同水盐场景资源优势,分区域优化产业空间布局,如在陆基区域发展精准养殖业和高效设施农业,在滩涂开展优良水产品增养殖,在浅海开展海洋牧场建设;拓展生态旅游业、农产品加工业、能源产业、现代物流业等产业融合发展,加强产业之间资源、技术、劳动力等生产要素相互流通,促进黄河三角洲生态农牧化空间资源的合理配置。②陆海统筹。生态农牧化产业空间布局的科学规划必须以陆-海统筹为前提,加强海洋与陆地的资源要素交流,提高生态系统的能级,实现陆地和海洋的生态、经济、景观等互相流通<sup>[32]</sup>。③动态化空间布局。综合考虑资源利用和生态保护的关系,在陆海联通的基础上,结合人工智能、北斗导航等新技术研发农牧化环境监测技术,动态监测农牧化区域内水土资源、湿地生态系统、鸟类[如丹顶鹤(*Grus japonensis*)、白头鹤(*G. monacha*)、白鹤(*G. leucogeranus*)和金雕(*Aquila chrysaetos*)等]和经济动植物(如菊芋(*Helianthus tuberosus*)、怪柳、碱蓬、肉苁蓉、海马齿等经济植物以及文蛤、刺参、中华绒螯蟹、凡纳滨对虾、花鲈和梭鱼等经济动物)多样性等问题,

探索陆海联通规律并进行环境安全预警,为黄河三角洲生态农牧化空间布局动态化调整提供数据支撑。

**三场连通,实现三产有机嵌合** 在黄河三角洲不同水盐场景构建相互贯通、融合发展的盐碱地农场、滩涂生态农牧场和海洋牧场,根据“宜种则种,宜养则养,宜牧则牧”的原则,盐碱地生态农场重点发展耐盐经济植物种植[如黑果枸杞(*Lycium ruthenicum*)、白刺、海马齿、海滨木槿(*Hibiscus hamabo*)、枸杞(*L. chinense*)、单叶蔓荆(*Vitex trifolia* var. *simplicifolia*)、忍冬(*Lonicera japonica*)等]与高值化利用(如菊粉益生饵料、抗菌饵料与水体抗菌剂、壳聚糖有机酸盐等);滩涂生态农牧场重点开展入侵物种互花米草的控制、重要经济动植物健康苗种培育与生态种养殖<sup>[33]</sup>;海洋牧场聚焦海草床、天然牡蛎礁及重要渔业资源的保护、修复与养护。强化“三场”间的物质和能量流通,如优质饲料、健康苗种及功能肥料的互相供给与支撑,实现黄河三角洲生态农牧化的“三场连通”新模式。在“三场连通”的基础上,创新三产高效融合发展新模式。

### 3.4 装备推动,实现智能产业升级

黄河三角洲生态农牧化应借助现代化、机械化生产装备来推动生态保护和高质量发展,其生产装备发展理念:场景适用性、水陆兼用性、技术精准化、设备智能化,最终实现自动化、无人化或少人化,推动黄河三角洲生态农牧化的智能升级。

**构建盐碱地无人化农场** 针对盐碱地池塘的不同经济物种,采用新技术(如北斗定位和导航、物联网等)与装备,结合新思路,研发机械化、精准化、智能化池塘养殖配套设施,如日常监测、投饵无人船等;研发经济物种机械化、自动化采捕新装备,如利用生物集群行为学研发生物信息素或食物诱导的高效诱捕装备等,实现盐碱地池塘无人化管理。

**实现滩涂少人化农牧场** 研发适用于滩涂场景生态农牧场的机械化、生态化播苗装备以及自动化监测和精准化苗种计量装备。研发滩涂贝类机械化、智能化、环境友好型采捕装备,代替传统的破坏滩涂环境的泵吸式、耙式、水枪式滩涂贝类采捕器。通过研发适用于滩涂应用场景的滩涂原位监测设备、播苗及采捕设备,提升黄河

三角洲滩涂生态农牧场的机械化和智能化水平,实现少人化管理。

**创建浅海智能化牧场** 利用北斗精准定位、5G通信和卫星遥感等新技术,研发适用于浅海应用场景的自动化、智能化、无人化海洋牧场环境监测装备,如水面自主监测船、水下巡检机器人与水下采收机器人等,打造黄河三角洲智慧浅海生态牧场<sup>[34]</sup>。

### 3.5 强强联动,创新协同范式

**集成创新要素,破解脱节难题** 聚集项目、人才、平台等创新要素,加强科研与产业融合,解决产业和科研脱节问题;通过金融激励、市场行为等方式,增强科学家和企业家的责任感:①强化企业创新主体地位,形成以企业为主体、市场为导向、产学研用深度融合的技术创新体系,如加强企业、高校和科研机构等的技术合作,提升科研、产业技术创新能力;②鼓励企业家提出技术难题,激发企业家的创新活力和创造潜能,发挥企业家在推动科技成果转化中的重要作用;③深化人才体制机制改革,鼓励科学家“揭榜挂帅”,将科研与产业深度融合,提升整体创新活力,有效解决生活和生产的实际问题;④创新政府管理方式,发挥政府引导作用;⑤加强国际科技合作与交流,注重人才培养,积极引进国外先进技术和装备。

**多种渠道融资,提升创新活力** 黄河三角洲生态农牧化需要各级政府提供多元化融资渠道,促进科技成果向现实生产力转化:①政府应加强财政资金支持,加大财政科技资金引导力度,采取政府资金与社会资金相结合的形式,设立黄河三角洲生态农牧化专项资金,培育多元化投融资体系;②通过财税政策、特许经营等途径吸引企业运营生态农牧场,鼓励企业增加研发投入;③在合理产业策划的基础上,国家相关银行及专门基金应加强对黄河三角洲生态农牧化的货币信贷支持力度,大力推动可持续性投资、发行债券和上市等现代金融手段支撑黄河三角洲生态农牧化的资金短缺问题。逐步形成以政府投入为引导、企业投入为主体、社会资金广泛参与的多元化融资渠道<sup>[35]</sup>,不断提高科技创新活力。

### 3.6 政策促动,实现整体升级

**整合研发资源,提升创新能力** 实施以科研项目为途径、以创新人才政策为引领、以创

新平台为载体的研发资源融合发展政策,推动黄河三角洲的生态农牧化。出台黄河三角洲生态农牧场建设的扶持政策和系列产业科技发展规划,与大型企业、高新企业等建立易推广、效果显著的产业基地,支持企业开展适用性技术研发和管理模式创新,促进技术成果转化,加快形成市场竞争力,带动黄河三角洲生态农牧化产业的高质量发展。

**实施融合发展,做强全产业链** 科学规划和融合发展黄河三角洲生态农牧化的全产业链。第一产业方面,以发展盐碱地农牧业、滩涂增养殖业和浅海渔业为重点;第二产业方面,以生物制品和动植物食品的精深加工、提质增效功能性保健品以及功能肥料的开发等为重点;第三产业方面,以黄河三角洲的生态旅游、休闲渔业和文化产业等为开发重点<sup>[12]</sup>。贯通海洋生物育种与健康养殖、高端装备制造、海洋生物医药、海水综合利用、海洋可再生能源<sup>[36]</sup>以及海洋食品、海水淡化、海洋物联网、冷链物流、餐饮服务、海洋旅游<sup>[37]</sup>等产业,形成全产业链跨界融合的新驱动范式。积极引导黄河三角洲高新企业、大型企业以及中小企业建立产业联盟,促进产业集群式发展。

**前瞻布局专项,创新发展模式** 黄河三角洲生态农牧化亟需科技示范专项的有力支撑:①出台黄河三角洲保护政策,如在动植物和水产种质资源保护区逐步施行全面禁捕;②实施黄河三角洲滩涂生态农牧化科技创新示范工程,针对黄河三角洲生态农牧化的关键技术进行攻关,聚焦黄河三角洲陆海生境演变及生态农牧化规划布局、滩涂重要物种生产全过程智能化装备研发、耐盐碱植物种植与滩涂农渔综合种养殖、滩涂生物资源高值利用、浅海生境修复与生物资源养护等,构建黄河三角洲生态农牧化高质量发展新模式并进行推广示范。

## 4 结论

黄河三角洲生态保护和高质量发展亟待科技创新的引领和支撑,海岸带生态农牧化是实现黄河三角洲高质量发展的重要手段。目前,宏观布局待优化、产业体系不完备、创新体系不健全和政策支持待加强等问题,制约了黄河三角洲生态农牧化的高质量发展。黄河三角洲生态农牧化必须坚持“新发展理念”、践行“两山”理论、贯彻“系



统观念”和遵守“四水四定”的原则，以构建绿色、低碳、循环的生态农牧化高质量发展新模式为目标，以“场景驱动”优化宏观布局，以“种业牵动”、“牧养互动”和“装备推动”完善产业体系，以“强强联动”创新协同范式，以“政策促动”实现整体升级，实现机械化、智能化、数字化、体系化的“四化协同”发展，全面推进黄河三角洲生态农牧化的高质量发展。

(作者声明本文无实际或潜在的利益冲突)

### 参考文献 (References):

- [1] 侯西勇, 宁吉才, 邢前国, 等. 黄河三角洲湿地生境演变遥感监测 [M]. 北京: 科学出版社, 2021.  
Hou X Y, Ning J C, Xing Q G, *et al.* Remote sensing on wetland habitat evolution in the Yellow River Delta[M]. Beijing: Science Press, 2021 (in Chinese).
- [2] 李云飞. 黄河入海水沙特征与三角洲海岸线变化对调水调沙的响应研究 [D]. 郑州: 郑州大学, 2016.  
Li Y F. Study on the response of incoming water/sediment variation characteristics and coastline change in Yellow River Delta to water-sediment regulation[D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2016 (in Chinese).
- [3] 东营市统计局, 国家统计局东营调查队. 2020年东营市国民经济和社会发展统计公报 [EB/OL]. (2021-07-08). <http://www.csmcity.cn/zlzx/info-6668.html>.  
Dongying Municipal Bureau of Statistics, Dongying Investigation Team of National Bureau of Statistics. Statistical bulletin of national economic and social development of Dongying City in 2020[EB/OL]. (2021-07-08). <http://www.csmcity.cn/zlzx/info-6668.html> (in Chinese).
- [4] 国务院批复“黄河三角洲高效生态经济区发展规划” [EB/OL]. (2009-12-03). [http://www.gov.cn/jrzg/2009-12/03/content\\_1479474.htm](http://www.gov.cn/jrzg/2009-12/03/content_1479474.htm).  
The State Council approved the "development plan of high efficiency ecological economic zone in the Yellow River Delta"[EB/OL]. (2009-12-03). [http://www.gov.cn/jrzg/2009-12/03/content\\_1479474.htm](http://www.gov.cn/jrzg/2009-12/03/content_1479474.htm) (in Chinese).
- [5] 国家发展和改革委员会. 山东半岛蓝色经济区发展规划 [EB/OL]. (2011-01). [https://wenku.so.com/d/bb6fcc1d070a1ae90796a4269fc7b5ec?src=www\\_rec](https://wenku.so.com/d/bb6fcc1d070a1ae90796a4269fc7b5ec?src=www_rec).  
National Development and Reform Commission. Development planning of Shandong Peninsula blue economic zone[EB/OL]. (2011-01). [https://wenku.so.com/d/bb6fcc1d070a1ae90796a4269fc7b5ec?src=www\\_rec](https://wenku.so.com/d/bb6fcc1d070a1ae90796a4269fc7b5ec?src=www_rec) (in Chinese).
- [6] 习近平. 在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上的讲话[J]. 求是, 2019(20): 4-11.  
Xi J P. Speech at the symposium on ecological protection and high quality development in the Yellow River Basin[J]. Qiushi, 2019(20): 4-11 (in Chinese).
- [7] 习近平主持召开深入推动黄河流域生态保护和高质量发展座谈会并发表重要讲话 [EB/OL]. (2021-10-22). [http://www.gov.cn/xinwen/2021-10/22/content\\_5644331.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2021-10/22/content_5644331.htm).  
Xi Jinping presided over the symposium on deeply promoting ecological protection and high-quality development of the Yellow River Basin and delivered an important speech[EB/OL]. (2021-10-22). [http://www.gov.cn/xinwen/2021-10/22/content\\_5644331.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2021-10/22/content_5644331.htm) (in Chinese).
- [8] Zhao Y L, Li J S, Qi Y, *et al.* Distribution, sources, and ecological risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the tidal creek water of coastal tidal flats in the Yellow River Delta, China[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2021, 173: 113110.
- [9] Fang L L, Wang L C, Chen W X, *et al.* Identifying the impacts of natural and human factors on ecosystem service in the Yangtze and Yellow River Basins[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 314: 127995.
- [10] 曾呈奎, 毛汉礼. 海洋学的发展、现状和展望[J]. *科学通报*, 1965, 16(10): 876-883.  
Zeng C K, Mao H L. Development, present situation and prospect of oceanography[J]. *Chinese Science Bulletin*, 1965, 16(10): 876-883 (in Chinese).
- [11] 曾呈奎. 海洋农牧化大有可为[J]. *科技进步与对策*, 1985(2): 9-10.  
Zeng C K. Marine farm and ranch have great prospects[J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 1985(2): 9-10 (in Chinese).
- [12] 杨红生. 海岸带生态农牧场新模式构建设想与途径——以黄河三角洲为例[J]. *中国科学院院刊*, 2017, 32(10): 1111-1117.  
Yang H S. Conception and approach on new model of ecological farm and ranch constructions in coastal zone—a case of the Yellow River Delta, China[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2017, 32(10): 1111-1117 (in Chinese).
- [13] 杨红生, 赵建民, 韩广轩. 黄河三角洲生态农牧场构建原理与实践 [M]. 北京: 科学出版社, 2022.  
中国水产学会主办 sponsored by China Society of Fisheries

- Yang H S, Zhao J M, Han G X. Principle and practice of constructing coastal ecological farm and ranch in the Yellow River Delta[M]. Beijing: Science Press, 2022 (in Chinese).
- [14] 杨红生. 现代水产种业硅谷建设的几点思考[J]. *海洋科学*, 2018, 42(10): 1-7.
- Yang H S. Several strategies for the modernization of the construction of the aquaculture seed industry silicon valley[J]. *Marine Sciences*, 2018, 42(10): 1-7 (in Chinese).
- [15] Huang Y, Sheng L G, Wang G W. How did rising labor costs erode China's global advantage?[J]. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2021, 183: 632-653.
- [16] Tan Y C, Liu X M, Sun H W, *et al.* Population ageing, labour market rigidity and corporate innovation: evidence from China[J]. *Research Policy*, 2022, 51(2): 104428.
- [17] 黄一心, 田昌凤, 孟菲良, 等. 中国池塘养殖设施装备历史、现状和发展研究[J]. *渔业现代化*, 2020, 47(3): 10-15.
- Huang Y X, Tian C F, Meng F L, *et al.* Research on the history, current situation and development of pond culture facilities and equipment in China[J]. *Fishery Modernization*, 2020, 47(3): 10-15 (in Chinese).
- [18] 桂建芳. 水生生物学科学前沿及热点问题[J]. *科学通报*, 2015, 60(22): 2051-2057.
- Gui J F. Scientific frontiers and hot issues in hydrobiology[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2015, 60(22): 2051-2057 (in Chinese).
- [19] 崔丙奎. 黄河三角洲高效生态经济区现状及发展重点研究[J]. *商场现代化*, 2011(35): 52.
- Cui B K. Study on the current situation and development focus of high efficiency ecological economic zone in the Yellow River Delta[J]. *Market Modernization*, 2011(35): 52 (in Chinese).
- [20] Fan Y S, Chen S L, Zhao B, *et al.* Shoreline dynamics of the active Yellow River Delta since the implementation of water-sediment regulation scheme: a remote-sensing and statistics-based approach[J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2018, 200: 406-419.
- [21] 韩名强. 黄河三角洲种质资源的保护[J]. *种子科技*, 2012, 30(9): 13-14.
- Han M Q. Protection of germplasm resources in the Yellow River Delta[J]. *Seed Science & Technology*, 2012, 30(9): 13-14 (in Chinese).
- [22] Ren G B, Zhao Y J, Wang J B, *et al.* Ecological effects analysis of *Spartina alterniflora* invasion within Yellow River Delta using long time series remote sensing imagery[J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2021, 249: 107111.
- [23] Zhag X H, Zhang Z S, Li Z, *et al.* Impacts of *Spartina alterniflora* invasion on soil carbon contents and stability in the Yellow River Delta, China[J]. *Science of the Total Environment*, 2021, 775: 145188.
- [24] 孟新翔, 王晶, 张崇良, 等. 黄河口渔业资源底拖网调查采样断面数对资源量指数估计的影响[J]. *水产学报*, 2019, 43(6): 1507-1517.
- Meng X X, Wang J, Zhang C L, *et al.* Effects of sampling transect number on estimation of abundance index for bottom trawl surveys of fisheries resources in the Yellow River Estuary[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2019, 43(6): 1507-1517 (in Chinese).
- [25] 张振东. 国家级水产原良种场发展概况与建议[J]. *中国水产*, 2015(7): 32-34.
- Zhang Z D. Development situation and suggestions of national aquatic original and improved seed farm[J]. *China Fisheries*, 2015(7): 32-34 (in Chinese).
- [26] Chandrasekaran M, Boopathi T, Paramasivan M. A status-quo review on CRISPR-Cas9 gene editing applications in tomato[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2021, 190: 120-129.
- [27] 丁君, 韩冷姝, 常亚青. 水产动物种质创制新技术及在海参、海胆遗传育种中的应用[J]. *渔业科学进展*, 2021, 42(3): 1-16.
- Ding J, Han L S, Chang Y Q. Application of germplasm innovation technology in sea cucumber and sea urchin genetic breeding[J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2021, 42(3): 1-16 (in Chinese).
- [28] Varshney R K, Bohra A, Yu J M, *et al.* Designing future crops: genomics-assisted breeding comes of age[J]. *Trends in Plant Science*, 2021, 26(6): 631-649.
- [29] 赵玉山, 刘志. 高新技术是种业持续发展的动力[J]. *种子科技*, 2002, 20(2): 68-69.
- Zhao Y S, Liu Z. Advanced and high-tech is motive force in sustained development of seed industry[J]. *Seed Science & Technology*, 2002, 20(2): 68-69 (in Chinese).
- [30] Chen L, Xu J, Sun X W, *et al.* Research advances and future perspectives of genomics and genetic improve-



- ment in allotetraploid common carp[J]. *Reviews in Aquaculture*, 2021, doi: 10.1111/raq.12636.
- [31] 韩坤煌. 我国水产种业产业的发展现状分析与对策建议[J]. *福建水产*, 2015, 37(6): 495-501.  
Han K H. Analysis of development status and suggestions of aquatic seed industry in China[J]. *Journal of Fujian Fisheries*, 2015, 37(6): 495-501 (in Chinese).
- [32] 龚蔚霞, 张虹鸥, 钟肖健. 海陆交互作用生态系统下的滨海开发模式研究[J]. *城市发展研究*, 2015, 22(1): 79-85.  
Gong W X, Zhang H G, Zhong X J. Research on the development mode of coastal area basing on ecosystem of sea-land interaction[J]. *Urban Development Studies*, 2015, 22(1): 79-85 (in Chinese).
- [33] 杨红生, 邢丽丽, 张立斌. 黄河三角洲蓝色农业绿色发展模式与途径的思考[J]. *中国科学院院刊*, 2020, 35(2): 175-182.  
Yang H S, Xing L L, Zhang L B. Study on green development model and approach of blue agriculture in the Yellow River Delta[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2020, 35(2): 175-182 (in Chinese).
- [34] 杨红生, 章守宇, 张秀梅, 等. 中国现代化海洋牧场建设的战略思考[J]. *水产学报*, 2019, 43(4): 1255-1262.  
Yang H S, Zhang S Y, Zhang X M, *et al.* Strategic thinking on the construction of modern marine ranching in China[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2019, 43(4): 1255-1262 (in Chinese).
- [35] 刘昭乐, 徐佳慧. 我国现代农业资金来源多元化研究——基于“政府引导, 市场主导, 社会参与”理念[J]. *当代经济*, 2020(5): 96-99.  
Liu Z L, Xu J H. Research on the diversification of modern agricultural capital sources in China - based on the concept of "government guidance, market leading and social participation"[J]. *Contemporary Economics*, 2020(5): 96-99 (in Chinese).
- [36] 韩立民, 张静. 山东海洋战略性新兴产业发展现状与模式分析[J]. *中国渔业经济*, 2013, 31(3): 5-11.  
Han L M, Zhang J. Discussion on the development mode of marine strategic emerging industry of Shandong[J]. *Chinese Fisheries Economics*, 2013, 31(3): 5-11 (in Chinese).
- [37] 徐杰, 韩立民, 张莹. 我国深远海养殖的产业特征及其政策支持[J]. *中国渔业经济*, 2021, 39(1): 98-107.  
Xu J, Han L M, Zhang Y. Industrial characteristics and policy support of China's deep sea aquaculture[J]. *Chinese Fisheries Economics*, 2021, 39(1): 98-107 (in Chinese).

## On the strategies and approaches of high-quality development of coastal ecological farm and ranch in the Yellow River Delta

YUAN Xiutang<sup>1</sup>, YU Zhenglin<sup>1</sup>, WANG Qing<sup>1</sup>, LIU Hui<sup>1</sup>, ZHANG Libin<sup>2</sup>, LIN Chenggang<sup>2</sup>,  
WANG Tianming<sup>3</sup>, LIU Fuxiang<sup>4</sup>, XU Jialei<sup>5</sup>, YANG Hongsheng<sup>1,2,6\*</sup>

(1. *Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China;*

2. *Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China;*

3. *Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316022, China;*

4. *Yantai CIMC-BLUE Ocean Technology Co., Ltd., Yantai 264001, China;*

5. *Zhongke-Tonghe (Shandong) Ocean Technology Co., Ltd., Dongying 257000, China;*

6. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)*

**Abstract:** The Yellow River Delta is rich in natural resources and has a unique ecosystem. The ecological protection and high-quality development in the Yellow River Delta have become a national strategy. Under the severe constraints of resources and environments as well as the serious degradation of ecosystems, the ecological protection and high-quality development of the Yellow River Delta urgently need the guidance and support of scientific and technological innovation. The implementation of coastal ecological farm and ranch is considered to be one of the important ways to achieve high-quality development. In order to create new models of green, low-carbon and

circular coastal ecological farm and ranch in the Yellow River Delta, this paper analyzed the existing problems in coastal ecological farm and ranch, and put forward the high-quality developmental concepts and targets. At present, the unoptimized macroscopical planning, the incomplete industrial system, the imperfect innovation system, and the unstrengthened policy support of coastal ecological farm and ranch have restricted the high-quality development of coastal ecological farm and ranch in the Yellow River Delta. Furthermore, multi-driven high quality development approaches were raised as follows. Firstly, optimizing the macroscopical planning driven by water-salt scenario, that is, identify the complexity of the water-salt scenario and plan the layout reasonably; analyze the dynamics of the water-salt scenario and accomplish digital management. Secondly, highlighting the "chip" function driven by seed industry, that is, improve biodiversity based on native species protection; strengthen the cultivation of improved seed to enhance the driving force of industry; promote seed breeding to improve the coverage of seed industry. Thirdly, promoting model innovation driven by farm-aquaculture interaction, that is, connect land and sea to optimize industrial spatial layout; integrate farm and ranch, and establish linkage between Three Industries. Fourthly, realizing the intelligent upgrading of industry driven by equipment development, that is, build unmanned farms in saline and alkaline land; realize less populated farms and ranches on the tidal-flat area; create shallow sea intelligent ranches. Fifthly, innovating the collaborative paradigm driven by research-industry linkage, that is, integrate innovative elements to solve the problem of disconnection between industry and scientific research; financing through multiple channels to enhance innovation vitality. Finally, achieving industrial upgrading driven by governance policy, that is, integrate research and development resources and improve innovation ability; implement integrated development and strengthen the whole industrial chain; forward-looking layout of special research projects and innovative development modes. Therefore, stakeholders could construct new developmental models of coastal ecological farm and ranch in the Yellow River Delta with match of water-salt scenarios, integration of farm and ranch, and linkage of Three Industries, to realize the coordinated development of mechanization, intelligence, digitization and systematization. Our study is helpful to provide a reference for the high-quality development of coastal ecological farm and ranch in the Yellow River Delta.

**Key words:** high-quality development; ecological farm and ranch; development target; strategies and approaches; Yellow River Delta

**Corresponding author:** YANG Hongsheng. E-mail: hshyang@qdio.ac.cn

**Funding projects:** Key Project of the National Social Science Fund of China (2021YFB3901304); Scientific Research Instrument and Equipment Development Project of Chinese Academy of Sciences (YJKYYQ20210034)