

丁亚会,张云鹤,孙 宁,等.我国设施农业发展的国际经验与启示[J].江苏农业科学,2023,51(16):1-8.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.16.001

我国设施农业发展的国际经验与启示

丁亚会^{1,2}, 张云鹤^{1,2}, 孙 宁^{1,2}, 傅国海³, 林 森^{4,5}, 陈 诚^{4,5}

(1. 国家农业智能装备工程技术研究中心,北京 100097; 2. 北京市农林科学院智能装备技术研究中心,北京 100097;

3. 全国农业技术推广服务中心,北京 100026; 4. 国家农业信息化工程技术研究中心,北京 100097;

5. 北京市农林科学院信息技术研究中心,北京 100097)

摘要:设施农业是现代化农业生产管理模式的典型代表之一,其快速发展不仅能解决农产品全年均衡供应的问题,也在高效利用农业资源、提升农业生产经营管理水平和促进农民增收等方面做出巨大贡献。根据文献资料,分析并归纳了我国设施农业的发展进程与现状、存在的问题与不足,总结了发达国家设施农业的发展经验。研究发现,虽然我国设施农业经过几十年快速发展,取得了长足进步,但仍存在政府主导地位不明确、科技含量和机械化水平低、经营管理混乱、技术人员缺乏等问题,并依据建议从稳定的政策导向和财政支持、建设专业化的生产主体、完善的服务体系和培养科技创新型人才等方面营造良好的设施农业发展环境,以期促进我国农业可持续性发展,推动现代化农业建设进程。

关键词:设施农业;现代化农业;发展现状;问题与不足;经验借鉴

中图分类号:S-1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)16-0001-08

设施农业一般是指利用农业物联网技术、机械与工程技术、信息化技术和现代化经营管理技术等各项技术,通过改善农作物局部生长环境^[1-2],提供一个环境因子(光、热、水、气、肥)可根据作物生长和发育需求而设定的“舒适空间”,一定程度上减少或消除自然环境对农业生产的限制^[3],表现为生产季节周年性和生产类型多样性的现代农业生产方式^[4-5]。设施农业是现代农业科技水平和集约化程度的集中体现形式,较传统农业生产方式具备了抵御风险能力强、物质与能量投入大、科技密集度高、地域差异性显著和社会、经济、生态三重性等特点和优势^[6-8],并已成为世界各国现代农业发展的重点^[9-10]。随着传感器技术、计算机技术和 5G 通信技术等的快速发展,物联网技术、云计算、大数据和人工智能等在设施农业等现代农业生产中推广、应

用和普及^[11],我国传统农业的现代化转型正在加速进行。

20 世纪 60 年代中期,吉林省长春市建立了我国第 1 个塑料大棚,至今我国设施农业已经蓬勃发展 60 多年^[12]。但在我国设施农业规模不断扩大,总体发展水平逐步提高的背景下,设施农业快速发展过程中并存的问题与不足俨然已限制其进一步发展,亟需解决。研究发达国家设施农业的发展模式和成功经验,对于弥补我国设施农业发展过程中的问题与不足,推动我国设施农业现代化建设的可持续发展等均具有十分重要的意义^[13]。目前,世界上设施农业发达的国家有荷兰、美国、日本、以色列、加拿大、法国和西班牙等^[14]。由于荷兰、以色列和日本国土面积小、人口数量相对较大等原因导致的人均耕地面积小,与我国有一定的相似性,且以色列水资源极度匮乏,对我国西北地区设施农业发展极具借鉴和指导意义,因此选取这 3 个国家进行分析,从政策法规、服务体系、科技创新和人才培养等方面分析了其发展经验,以期为我国设施农业发展提供经验借鉴。

回顾文献资料,本研究浅析了我国设施农业的发展现状,指出现存问题与不足,分析对比了以荷兰、日本和以色列为代表的发达国家设施农业发展的成功经验,并依据提出我国设施农业未来发展的

收稿日期:2022-11-02

基金项目:北京市科技计划(编号:Z211100004621006);北京市农林科学院青年科研基金(编号:QNJJ202027);“科技创新 2030”项目子课题(编号:2021ZD0113602)。

作者简介:丁亚会(1990—),男,山东济宁人,硕士,研究实习员,主要从事在农业资源利用和农业技术推广。E-mail:dingyahui00@163.com。

通信作者:陈 诚,高级工程师,主要从事农业信息化技术研究。E-mail:chenc@nrcita.org.cn。

对策与建议。

1 我国设施农业的发展现状

1.1 重要意义

在农业农村发展面临的诸多问题中,确保农民增收、粮食安全和农业可持续发展是 21 世纪初以来我国农业发展面临的最大挑战^[15]。设施农业作为一种高投入、高产出、高效益、资金密集、劳动力密集和科技含量密集型产业^[16],在推动建设智慧农业、周年供应农产品、保障粮食安全和增加劳动就业岗位等方面均有重要作用^[17]。

1.1.1 促进农业可持续发展,以科技创新带动产业升级 设施农业是世界现代农业发展史上的一次革命,也是我国现代农业的重要组成部分^[18],它是传统粗犷农业生产方式向现代集约型农业生产方式过渡的有效途径和实现农业现代化的必经之路^[19],有利于推动我国农业可持续性发展。此外,有研究表明,科技创新与农业生产有长期的均衡关系,与农业产值同步增长^[20-21]。过去几十年,同样验证了科技发展与创新为我国农业增长起到非常重要的作用,成为农业发展的主要驱动力之一^[22]。设施农业是现代农业科技、智能装备和先进生产管理体系的集中表现,对带动农业产业升级和农业生产方式转变的重要性不言而喻。

1.1.2 打破时令限制,保障农产品质量安全与粮食安全 设施农业利用现代农业工程技术、信息技术、生物技术与智能装备等技术集成,通过调节设施内温湿度、光照、CO₂ 浓度等环境因素以充分利用土壤、气候和生物潜能,一定程度摆脱自然环境的束缚,在有限生长环境中获得更高产、更优质的农产品,通过提高农业生产效率、打破季节时令限制、全年均衡供应农产品等方式,保障了我国农产品质量安全与粮食安全。

1.1.3 促进农业技术与装备升级,提高生产效率和资源利用率 因劳动力成本较高和机械化作业需求等原因,国外发展农业技术与装备较早,目前,已形成自动化水平较高的技术装备体系。我国设施农业技术与装备相较国外起步晚,但发展迅速,已在节水灌溉、施肥管理、环境调控、共热降温、育苗育种、智能监测和远程控制等农业生产和农艺管理措施等方面不断创新升级,明显改善了传统落后的农业生产方式,显著提高了作物产出率和生产者劳动价值,并逐步向智能化、专业化和绿色化方向

发展。

1.1.4 增加就业岗位与农民收入,加速更新现代农业生产观念 一方面,设施农业通过全季节生产供应方式增加劳动力需求量,减少了农户的剩余劳动时间;另一方面,因地制宜开展农业旅游观光、果园采摘体验和私人果蔬农场等定制化生产和多样化服务,逐步形成以现代化农业生产为主体、一二三产业联合发展的新局面和新业态,以增加农业生产附加值,显著提高农民收入。此外,以设施农业为代表的现代农业科技园区还向人们表现出了现代农业科学技术、智能装备和生产管理的魅力和良好的发展前景^[23]。通过园区的集中示范和带动作用,现代农业的高机械化水平、智能化管理水平和绿色可持续性发展理念深入人心,加速更新了农民的现代农业生产观念,对培育现代化农业的复合型人才有积极作用。

1.2 现状与成就

我国设施农业发展始于 20 世纪 80 年代,从类型上划分,包括塑料大棚、连栋温室和日光温室 3 种形态^[24-25]。据统计资料(图 1)显示,2008—2018 年,我国设施温室总面积(除香港、澳门和台湾地区)基本呈连年递增趋势,并以塑料大棚和日光温室为主,两者面积占比超 97%^[26-28]。2018 年全国温室面积已超过 189.4 万 hm²,塑料大棚、连栋温室和日光温室占比分别为 66.6%、30.5% 和 2.9%^[29]。由图 2 可知,我国设施农业集中分布于东部和中部地区,北部地区次之,西部地区和南部地区较少。其中,江苏省、山东省、辽宁省和河北省的设施温室面积稳居前 4 位,分别为 33.9 万、29.1 万、18.0 万、15.4 万 hm²。至今,我国已发展成为设施农业大国,设施农业面积位居世界第一,且部分省市地区已成为设施产业的集聚区和优势区^[17]。根据农业农村部全国农业技术推广服务中心预测,至 2030 年,我国设施园艺总面积将达 2020 年的 2 倍^[30]。因此,为满足我国设施农业的快速增长需求,进一步提高发展质量,亟需解决目前设施农业发展中存在的问题与不足。

从设施农业技术与装备发展状况来看,我国设施农业技术装备发展始于 20 世纪 90 年代中期,起步较晚,但发展迅速。目前,不论是设施温室的硬件结构及其配套设施,如育苗设备、降温设备、供热设备、水肥一体机、通风系统和室内环境调控系统

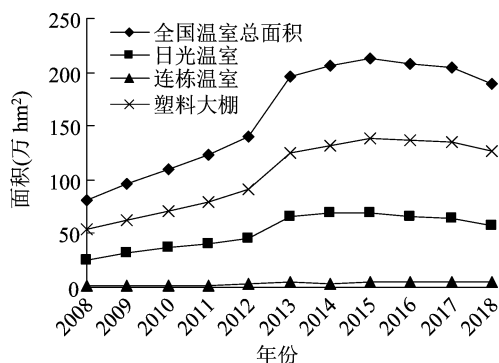
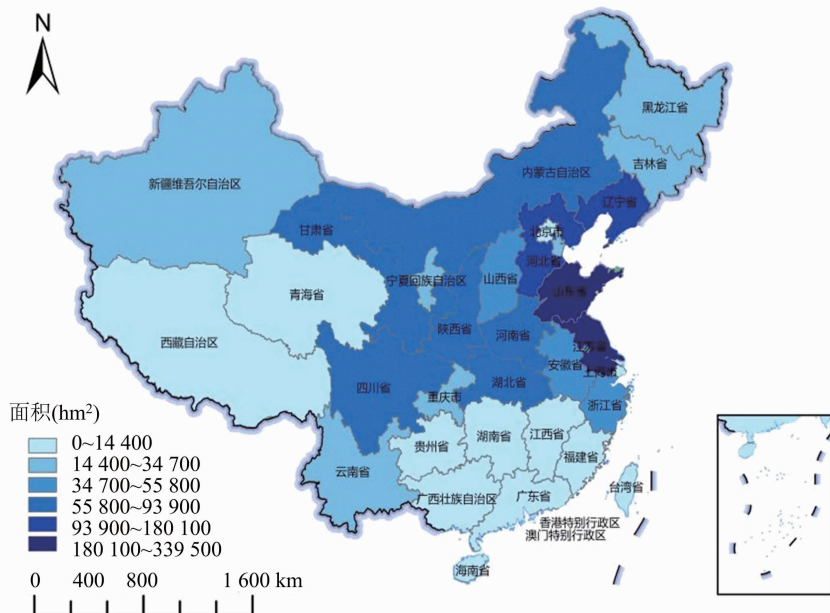


图1 2008—2018 年全国温室面积变化情况



基于自然资源部标准地图服务网站 GS(2019)1823 号标准地图制作，底图边界无修改

图2 2018 年全国温室面积分布

落后等问题逐渐显现。据统计,2012 年我国设施园艺机械化水平仅为 32.5%^[34],2014 年蔬菜机械化综合水平仅为 20%,仍处于农业机械化发展的初级阶段^[35]。其中,由于各生产环节机械化标准不统一、水平参差不齐等原因,已严重影响了我国设施农业的生产效率、管理水平和经济收益。2022 年 1 月 5 日,农业农村部发布的《“十四五”全国农业机械化发展规划》中明确表示,2025 年我国设施农业机械化率总体达 50% 以上。因此,设施农业技术与装备的发展空间和潜力巨大,未来必将成为我国农业科技创新的目标和重点。

1.3 存在问题

相比发达国家设施农业起步早、发展快,并形成集成化、规模化和自动化的产业规模,我国设施农业发展存在较多问题。总体表现为:(1)宏观管理不到位、资金投入不合理。设施农业涉及园

等,还是生产经营管理系统,如自动化作业、远程控制、病虫害防治、气象预警、专家决策系统、物流运输系统和质量追溯系统等,均在设施农业实际生产过程中有成熟应用,并取得了良好的社会效益、经济效益和生态效益。尽管如此,我国与设施农业发达国家的设施技术和装备规模庞大且性能稳定,并正通过集成和再创新以带动产业升级^[33]。与此同时,我国设施农业技术与装备存在的研发积累不足、应用推广

艺、畜牧、水产等多个部门,而在我国设施农业建设和发展过程中存在着多头管理现象,没有明确的管理体系。同时,设施农业属于高投入型产业,而我国对设施农业投入的资金相对较少,且资金来源分配不合理。(2)我国设施农业规模较大,但设施技术水平偏低,配套设备结构与功能简单,无法形成设施农业所需精准、高效型的工厂化生产体系,整体性能有待提升。(3)科技含量低导致的生产机械化和自动化水平较差,缺乏专业性设备设施或农用机具,生产作业仍以人为主,劳动生产率不高^[36]。(4)经营管理混乱,不论是设施园区的管理制度、管理经验,还是经营管理系统的设计与实际应用效果均有待提升,以完善产前至产后的全链条服务。(5)技术人员缺乏,亟需规范、系统的职业培训制度和流程,为我国设施农业可持续发展培养和储备专业性和复合型人才。

2 设施农业发达国家的经验借鉴

设施农业历史久远,尤其西方发达国家在发展设施农业过程中对其补贴和投入较多,因而发展迅速^[37]。目前,荷兰、日本和以色列等设施农业较发达的国家,在设施环境调控、水肥管理、土壤特性演变和专业育种育苗等方面进行全面系统的研究,形成了完整的设施农业技术体系和配套装备^[38]。

2.1 荷兰

荷兰设施农业以先进的玻璃温室及其配套设施为主要特征,拥有玻璃温室超过 1 万 hm^2 ,占农业总产值的 35%。荷兰玻璃温室盛产蔬菜和花卉,出口量均占世界第一,享有欧洲“菜篮子”的美誉。荷兰玻璃温室生产效率高、管理经验强,具体表现为:(1)拥有世界上规模最大、最先进的智慧种植温室;(2)具备先进的种苗研发和种苗种植销售体;(3)研发了科学的温室配套设备和高效的水肥一体种植技术;(4)积累了丰富的种植管理经验、劳工工作经验和自动化设备与系统;(5)打造了发达的自动分拣和物流传输体系。总体上,其设施农业发展经验可概括为以下 4 个方面。

2.1.1 良好的发展环境 荷兰是温带海洋性气候,雨水充足,但光照不足,年均光照时间约为 1 600 h。因此,荷兰政府通过制定适合其自然环境和国家农业发展实际情况的政策和战略,达到了高效利用有限的土地资源的目的。20 世纪 60 年代,荷兰政府积极鼓励和引导调整农业生产结构和布局,逐步向生产机械化、装备集约化和规模产业化的方向发展,以期提高土地生产效率。20 世纪 70 年代,荷兰全国范围内开始推广资金代替土地政策,以发展高效设施农业。因从金融机构获得大量建设资金,温室得以快速发展。自 20 世纪 80 年代至 90 年代中期,荷兰政府开始实施农业补贴政策,其中近 1/2 的政府资金补贴可发放给参与温室生产和管理的农户,极大地提高了温室农户的生产积极性。此后,荷兰政府又着力打造良好的农业宏观产业环境,分别从信贷与补贴政策、拓展欧洲农产品市场、加强水利工程建设、发展农业高新技术与网络信息技术、保护农业知识产权、积极帮助企业宣传、扩大国际合作交流等方面营造了良好的农业发展环境。

2.1.2 生产高度专业化 荷兰设施农业通过不断地发展、完善和创新,逐步形成了高度专业化的生产体系,拥有一流的温室设施及其配套装备。荷兰

温室装备主要包括:温室主体框架、温室遮阳设备、作物生长监控系统、温室环境控制系统(主要包括温度控制系统、二氧化碳补充系统和补光系统等)、智能管控系统和节水灌溉系统等,功能覆盖作物生长发育到收获全过程。在设施温室实际生产中,从基质搅拌、装钵、定植、栽培、施肥、灌溉、采摘、运输,甚至包装等环节全部实现了机械化运作,且室内光、温、水等环境因子,及作物生长状况等均可由物联网和计算机系统进行监测和控制。由此,一栋温室便可变成一座小型农产品加工厂。

2.1.3 市场经营规范化 完整规范的市场经营体系是荷兰温室农产品进入全球消费市场和提供优质服务的重要保障。荷兰政府十分重视农业市场经营体系规范,严格审查申请进入市场的各类主体,并通过制定公平交易制度管理市场交易活动、维护市场正常秩序。完善的农产品交易系统是荷兰农业市场的一大特点,交易系统以产品链为核心,把产前、产中和产后各生产和交易环节连接为一个整体,消费者可通过农产品包装上的二维码获得生产产地、生产日期和保质期等相关信息。此外,为连接市场与农户,“市场拍卖”成为荷兰农业一体化经营的重要一环。农户按照产品质量标准进行分类、分级、包装和检验,并在交易大厅由批发商竞价交易。“市场拍卖”打通了生产者与购买者的中间渠道,有效解决了农产品的销售问题。同时,公平、公正、公开的拍卖过程,不仅有利于保护农户的利益,还可以有效调节市场供求关系,优化资源配置。

2.1.4 完善的社会服务体系 农业合作社在荷兰农业发展中发挥着重要作用,是以减少市场风险和提高生产盈利为目的,由具有相同作物或相似作物的种植户或其他生产者、管理者等自行组织和形成的社会团体。农业合作社类型十分丰富,包括供应合作社、农产品加工合作社、销售合作社、服务合作社和信用合作社等。由此可知,农业合作社不仅存在于农业生产领域,还广泛存在于农产品加工、销售、农业信贷、种植技术交流和农业生产资料供应等领域,实现了生产、检测、市场、信贷、服务、推广和信息系统的全覆盖^[39]。此外,通过农业合作社,还设立了农业安全基金,给予受到自然灾害或经营困难的农户资金帮助,提高农业从业人员的风险抵御能力^[40]。由此可见,完善的社会服务体系已成为荷兰农业稳定发展不可或缺的一部分。

2.2 日本

日本人多地少,人均耕地面积仅为 0.039 hm^2 。自 20 世纪 60 年代起,日本便开始积极发展设施农业,以弥补耕地资源的不足。经过 40 余年的发展,2006 年日本不仅草莓温室栽培面积达 $6\,790 \text{ hm}^2$ ^[3],并凭借最大的果树种植面积和最先进的果树设施栽培技术成为世界上果树设施栽培最成功的国家。此外,日本还是最先采用成套工业设备从事鱼类养殖的国家之一^[13]。在发展设施农业过程中,日本基于本国气候和栽培特点,积极引进和改良其他设施农业较发达国家的温室结构与栽培、种养殖经验,形成了适合日本设施农业发展的技术体系和设施装备,推动了日本设施农业的快速发展^[41]。目前,日本设施温室配套设备及设施温室环境管控技术处于世界领先水平^[42]。日本设施农业得以快速发展,主要归功于以下各方面。

2.2.1 政策引导、财政支持 设施农业的发展充分体现国家意志,而国家意志需要通过法律政策来实现^[43]。20 世纪初,日本政府就已开始制定《肥料管理法》《必行事 14 条》和《奉井地整理法》,分别对肥料使用、农具改进、耕地平整进行了规范管理,积极推动了农业现代化。为保障农业生产用地,日本政府颁布并实施《农地法》《土地改良法》和《关于农业振兴区域建设法》等法规。此后,日本陆续制定《农业基本法》《农业协同组织法》《农村渔业重建完善法》和《重点农业区域建设法》等政策法规,以期扶持农业生产经营。日本还通过出台《农产品价格稳定法》《批发市场法》《农业协同组合法》和《农林渔业团体职员互助会法》等一系列法律法规,充分保障了农产品交易市场秩序和农民的利益。连续、稳定的农业政策保障了日本农业的快速发展,同时,吸引了大量资金进入农业生产。日本政府又适时采用财政补贴政策,进一步推动了农业的飞速发展。

2.2.2 功能齐全的农协组织 众多发达国家在发展农业过程中,均依托农业合作社等类似的社会服务组织,农协组织是日本农业发展行之有效的组织形式。日本农协组织结构根据行政管理级别和区域范围,可分为三级垂直型组织架构,即国家级、都道府县级和市町村基层农协组织,共同组成广泛性和规范性均较高的农业合经济型组织。日本农协组织职能具有丰富的多样性,可实现生产指导、统一销售、集中采购、社会服务、信贷支持和权益保障等多种服务,通过全面的保障措施极大地降低了农

户的生产经营风险,充分保障了农户利益,维护了农业生产和农业市场稳定性。

2.2.3 农业生产的“五化”原则 所谓日本农业生产的“五化”原则,即生产机械化、管理科学化、农产品加工标准化、品种优良化和营销体系化。生产机械化,1966 年日本就已基本实现了农业生产机械化。且随着精品农业的快速发展,其农业机械化水平不断提高,并向着智能化方向发展和转变^[44-45]。管理科学化,日本国立和地方农业科研机构与全国农业改良普及中心组成专家团队,对日本各农业生产区土地状况、作物种植要点、气象特点和病虫害预警与防治等生产管理措施给出准确判断和建议。农产品加工标准化,日本农产品需准确标明原材料所含成分、生产日期、保存方法和生产厂商,以保障质量安全和产品竞争力。品种优良化,优良品种是获得高产的第一步。日本农业发展十分重视优良品种的研发,以期获得更优质、高产和耐病性高的新品种。营销体系化,通过中央批发市场的销售服务系统,农户及生产厂商可以查询每日国内批发市场的农产品销量和海关的进出口通关量^[46],以便及时掌握农产品市场动态,调整生产规模和经营范围。

2.2.4 重视科技创新和人才培养 农业科技创新是农业可持续性发展的动力源泉。日本重视农业科技创新和人才培养,建立了国立/公立科研机构、大学和社会组织(公司、社团等)3 种形式的农业科研体系,政府和企业每年会投入大量资金用于农业技术创新,促进了日本设施农业的快速发展,其果树设施栽培技术、设施水产养殖技术、温室配套设备和环境管控技术及植物工厂能够领先于全世界均得益于此。日本通过农业改良普及部门和农协组织开展全国农业技术推广服务,对农民进行职业技术培训和科普教育,不仅培养了大量农业技术人员,还形成了一套较为完善的农业人才培养制度,为日本农业发展与农技创新等提供了充足的人才储备。

2.3 以色列

以色列位于地中海东部,是典型的亚热带地中海气候,光热充足,但严重缺水,全国每年可利用水资源仅为 20 亿 m^3 ^[47],气候资源与我国西北地区有较大相似性。借鉴以色列设施农业发展经验,可促进和指导我国西北地区设施农业产业发展,克服水资源缺乏、昼夜温差大、冬季寒冷干燥和土地严重沙化等不利环境因素的影响,提升西北地区农业生产力和自然灾害抵御能力^[48],对提高农业生产效率

和促进农民增收等的意义不言而喻。总体上,以色列设施农业的成功经验可以概括为以下 3 个方面。

2.3.1 政府扶持战略 一方面,以色列政府非常重视农业科学研究的投入。每年均会投入上亿美元用于科技创新,不仅支持高校和科研院所的学者申请各类技术开发项目,还支持地方农技推广中心的工作人员参与到技术开发和创新中,促进了以色列农业科技的快速发展。政府还通过低息贷款,鼓励农户建立温室、果园或农产品生产和出口基地,以扶持高品质、高效益农产品的生产活动。另一方面,以色列通过精准的农业生产补贴,降低农户生产经营风险。如把补贴用于农业节水灌溉,给予供水公司一定的优惠政策,不仅减少了农户的生产投入,还对改进节水灌溉技术有促进作用。此外,以色列政府还通过制定政策、法规和设立农业相关的开发基金等方式保障农业科技创新、投资并实施农技推广与应用等,积极鼓励企业或个人投资农业市场建设和开发具有高附加值的农产品^[49]。

2.3.2 科技引领,发展节水农业模式 以色列国土面积的 2/3 为丘陵和沙漠,1/2 以上属于干旱和半干旱地区^[50]。水资源的枯竭迫使以色列最大限度地采用节水灌溉法。1964 年,以色列便在全国范围内建立了可用于灌溉施肥的输水系统(National Water Carrier),并应用于温室作物生产中。经过数 10 年发展,以色列研发并应用了世界上最先进的喷灌、滴灌、微喷灌和微滴灌技术及水肥一体化技术等,使农业生产过程中的水分利用率提高 40% ~ 60%,肥料利用率提高 30% ~ 50%^[51],温室滴灌水分利用率达 90% 以上^[52]。以色列还通过开辟水源、水资源统一管理、调整农业种植结构、因地制宜选择灌溉方法和加强废水处理与应用等方式,逐步发展成为世界上农业节水灌溉的典范,并涌现出 Netafim(耐特费姆)、Plastro(普拉斯特)、Melzerplas-Lego(美兹-雷欧)等一批著名的灌溉公司。除节水灌溉技术外,以色列农业发展还十分重视育苗产业的专业化和工厂化技术、设施温室调控技术、设施温室信息化和自动化技术以及植保技术研究等,通过农业科技研发与创新,促进了以色列设施农业的高效发展。

2.3.3 专业的外销服务组织和对外培训 以色列从 1984 年 80% 的农产品依靠进口来满足本国需求,到如今谷物、油料种子、肉类、咖啡、可可和糖等全国 60% 的农副产品用于出口,年出口创汇约 21

亿美元,其专业的外销服务组织功不可没。早在 1954 年,以色列就成立了农产品出口组织,主要职责包括统筹国内货源、农产品营销、组织产品展销会、收集国际农产品销售市场信息等,并向农户及时反馈有效的市场信息,为做出农业种养植结构和市场运行管理调整提供相关依据,有效提高了以色列农产品对外出口的运营效率。为开拓农产品特别是设施农产品出口市场,以色列还加大了对外培训和宣传工作。通过此举,不仅可展示以色列在温室设施自动化和智能化、节水灌溉技术、水肥一体化技术等农业科技的先进成果,增大其技术成果与智能装备的出口机会,塑造现代农业生产的典范,还可通过激烈竞争促进原有技术与装备不断创新升级,推进农业可持续发展。

3 对我国设施农业发展的启示

基于我国设施农业的发展现状和瓶颈问题,通过学习与借鉴荷兰、日本和以色列设施农业发展的先进经验,可以得到如下启示。

3.1 政府主导和财政支持是关键

在日本、荷兰、以色列设施农业快速发展过程中,各国政府均发挥了关键作用。首先,政府基于自身国情制定和颁布一系列行之有效的法律法规,引导和扶持设施农业发展,建立起设施农业发展的法律体系和法律依据,加强了政府宏观调控和干预能力;其次,根据对不同时期的判断,政府出台合理的设施农业发展的政策法规,适时做出调整和改变,可促进设施农业健康发展和现代化建设;再者,基于政府的政策导向,鼓励和支持农业财政等金融措施,积极引导社会资金重点向设施农业建设注入,加速其快速发展;最后,通过政府的各项优惠政策和财政支持,可有效降低设施农业的市场风险,促进其健康和稳定发展,并保证了农户和经营者的利益。由此,政府对设施农业发展的重要性便不言而喻。

3.2 完善的服务体系是重要补充

不论是荷兰的农业合作社、日本的农协组织,还是以以色列的农业合作组织,均在本国设施农业发展中扮演着不可或缺的重要角色。这种以共同利益为目标的社会服务体系或组织,将农户与农户、农户与生产商及生产商之间的关系紧密连接,组成强有力的命运共同体。通过体系下延伸出多种服务内容,从农产品的生产、加工、技术指导、销售、金融、推广等多个环节,保证农产品由产前到产后的

全链条服务,从而保障各方利益,促进设施农业的稳定发展。目前,由于各种原因导致我国农村合作社的职能较为单一,建议通过完善农业金融市场、信贷、保险和推广等多重属性,为我国设施农业发展提供更全面的服务与保障。

3.3 专业化的生产主体是核心内容

研究荷兰、日本和以色列三国发展设施农业的成功经验可以发现,专业化的生产主体,即先进的设施技术及其配套装备,是设施农业逐步迈向更高层次农业生产方式的核心内容和重要保障^[53]。基于生产主体的专业化,经营者可以利用工业化、机械化和智能化的农业生产经营与管理方式^[54],通过设施技术与装备,精准控制设施内环境状况^[55-56],实现有计划、有规模、有稳定产量和质量保障农产品的周年供应。鉴于此,我国设施农业应积极发展农业物联网、设施机器人、气象灾害预警、病虫害绿色防控、设施环境自动调控、专家决策系统、农产品质量溯源、智能装备等技术与装备^[57-60],缓解目前我国设施农业发展存在的机械化水平低、自动化控制差和经营管理方式落后等问题,为我国设施农业的可持续发展做好充足准备。

3.4 科技创新和人才培养是持续动力

设施农业是现代农业发展的显著标志,已成为世界各国农业科技水平竞争的重要指标。农业科技创新不仅可以抢占设施农业发展先机,同时也是生产主体专业化的前提和关键一步。通过研究发达国家的设施农业发展经验可知,农业科技创新需根据本国国情和气候及资源特点,进行必要的、非重复性核心技术研究,重点提高农业资源的产出率和农业生产效率。此外,在现代农业科技创新体系中,农民与农业生产者和农业经营管理人员等始终是农业科技创新的源动力,同时也是创新成果的实际需求者与实践应用者^[61]。通过政府、农业科研院校、企业和社会服务组织等多种方式培养高素质的现代农业人,做好先进农业科技与设备设施的全国推广、普及和应用等,不仅能促进相关技术与装备的二次创新,还有利于推动我国设施农业的快速和可持续性发展。

4 结论与展望

综上所述,与设施农业发达的国家相比,我国设施农业仍处于发展阶段。借鉴发达国家发展设施农业的成功经验,有利于推动我国设施农业健康、可持续发展。通过文献资料,本研究分析了我国

设施农业发展现状与遇到的瓶颈问题,并基于荷兰、日本和以色列设施农业发达国家的发展经验,依据提出稳定、连续的政策引导和财政支持、建立完善的社会化服务体系、强化生产主体专业化特性和促进科技创新与人才培养等是保障我国设施农业健康、快速发展的重要法宝。

随着现代农业科学技术与智能装备的飞速发展,未来设施农业研究的核心目标将会是不断降低其建设、生产和运行成本,提高设施装备集成率和机械化、自动化水平,改进设施环境调控性能和精度,完善经营管理流程;并将深入探索育种技术、无土栽培技术、绿色防控技术、传感器技术、现代通信技术、智能控制技术和计算机视觉技术等,最终朝着自动化、智能化、精细化、绿色化和节能化的方向发展。

参考文献:

- [1] 齐飞,朱明,周新群,等. 农业工程与中国农业现代化相互关系分析[J]. 农业工程学报,2015,31(1):1-10.
- [2] van Henten E J. Greenhouse mechanization: state of the art and future perspective[J]. Acta Horticulturae,2006(710):55-70.
- [3] 陈丹艳,杨振超,孔政,等. 设施农业固碳研究现状与展望[J]. 中国农业科技导报,2018,20(2):122-128.
- [4] 蔡保忠,曾福生. 农业基础设施的粮食增产效应评估:基于农业基础设施的类型比较视角[J]. 农村经济,2018(12):24-30.
- [5] 陈殿奎. 我国大型温室发展概况[J]. 农业工程学报,2000,16(6):28.
- [6] 张乃明. 设施农业理论与实践[M]. 北京:化学工业出版社,2006:1-17.
- [7] 平英华,胡进鑫,何生保. 我国设施农业发展体系建设构想[J]. 农业开发与装备,2007(3):40-42.
- [8] 李文荣. 论设施农业的创新与发展[J]. 农机化研究,2007,29(8):183-186.
- [9] 徐茂,邓蓉. 国内外设施农业发展的比较[J]. 北京农学院学报,2014,29(2):74-78.
- [10] Redmond R S, Fatemeh K, C Ting K, et al. Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: a transition to plant factories and urban agriculture[J]. International Journal of Agricultural and Biological Engineering,2018,11(1):1-22.
- [11] 骆飞,徐海斌,左志宇,等. 我国设施农业发展现状、存在不足及对策[J]. 江苏农业科学,2020,48(10):57-62.
- [12] 何芬,马承伟. 中国设施农业发展现状与对策分析[J]. 中国农学通报,2007,23(3):462-465.
- [13] 高峰,俞立,卢尚琼,等. 国外设施农业的现状与发展趋势[J]. 浙江林学院学报,2009,26(2):279-285.
- [14] 秦柳. 国外设施农业发展的经验与借鉴[J]. 世界农业,2015(8):143-146.
- [15] 韩俊. 中国粮食安全与农业走出去战略研究[M]. 北京:中国发展出版社,2014:1-8.

- [16]郭世荣,孙 锦,束 胜,等. 国外设施园艺发展概况、特点及趋势分析[J]. 南京农业大学学报,2012,35(5):43-52.
- [17]彭 澎,梁 龙,李海龙,等. 我国设施农业现状、问题与发展建议[J]. 北方园艺,2019(5):161-168.
- [18]胡 建. 现代设施农业现状与发展趋势分析[J]. 农机化研究,2012,34(7):245-248.
- [19]古文海,陈 建. 设施农业的现状分析及展望[J]. 农机化研究,2004,26(1):46-47,56.
- [20]张淑陈,陈建成. 农业科研投资与农业生产率增长关系的实证研究[J]. 云南财经大学学报,2013,29(5):83-90.
- [21]王 洁,夏维力. 陕西省农业科技进步贡献率测算分析:基于索罗余值法[J]. 科技管理研究,2017,37(19):98-102.
- [22]黄季焜. 四十年中国农业发展改革和未来政策选择[J]. 农业技术经济,2018(3):4-15.
- [23]朱 明. 我国农业工程科技创新与农业产业化[J]. 农业工程学报,2003,19(1):7-10.
- [24]张 震,刘学瑜. 我国设施农业发展现状与对策[J]. 农业经济问题,2015,36(5):64-70,111.
- [25]玄爱善. 农业机械在设施农业中的应用[J]. 农业开发与装备,2020(4):20.
- [26]国家统计局. 中国统计年鉴[EB/OL]. [2022-08-04]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/>.
- [27]国家统计局农村社会经济调查司. 中国农村统计年鉴[EB/OL]. [2022-08-04]. <https://data.cnki.net/trade/yearBook/single?id=N2023010191&zcode=Z009>.
- [28]国家统计局. 中国科技统计年度数据[EB/OL]. [2022-08-04]. <http://www.stats.gov.cn/ztcj/ztsj/kjndsj/>.
- [29]中国设施农业信息网. 温室面积[EB/OL]. [2022-08-04]. <http://data.sheshiyuanyi.com/AreaData/>.
- [30]陈昕宇,尹 航. 浅谈我国设施园艺发展现状及对策建议[J]. 安徽农学通报,2020,26(11):66-67.
- [31]齐 飞,魏晓明,张跃峰. 中国设施园艺装备技术发展现状与未来研究方向[J]. 农业工程学报,2017,33(24):1-9.
- [32]蒲宝山,郑回勇,黄语燕,等. 我国温室农业设施装备技术发展现状与建议[J]. 江苏农业科学,2019,47(14):13-18.
- [33]齐 飞,周新群,张跃峰,等. 世界现代化温室装备技术发展及对中国的启示[J]. 农业工程学报,2008,24(10):279-285.
- [34]李中华,孙少磊,丁小明,等. 我国设施园艺机械化水平现状与评价研究[J]. 新疆农业科学,2014,51(6):1143-1148.
- [35]杨敏丽,白人朴. 我国农业机械化发展的阶段性研究[J]. 农业机械学报,2005,36(12):167-170.
- [36]张晓文. 设施农业的发展现状与展望[J]. 农机推广与安全,2006(11):6-8.
- [37]高 翔,齐新丹,李 骅. 我国设施农业的现状与发展对策分析[J]. 安徽农业科学,2007,35(11):3453-3454.
- [38]ten Berge H F M, van Ittersum M K, Rossing W A H, et al. Farming options for The Netherlands explored by multi-objective modelling[J]. European Journal of Agronomy, 2000, 13(2/3):263-277.
- [39]世界现代农业典范——荷兰现代设施农业[J]. 中国农业信息快讯,2002(8):14-16.
- [40]徐 良,王凯荣,郑 丹. 荷兰种植业产业化体系对中国农业发展的借鉴[J]. 陕西农业科学,2016,62(2):94-96.
- [41]Masumoto T, Yuan X, Yoshida T, et al. Status quo and perspectives in integrated management of water resource facilities for agricultural water use in the Upper Tone River Basin[J]. Tech Rep Natl Ist Rural Eng, 2006, 204:115-128.
- [42]Tsuru H, Yokoyama N, Fujii Y. Toward urban agriculture of new style-plant factory laboratory[J]. The Journal of the Institute of Electrical Engineers of Japan, 2006, 126(5):264-267.
- [43]詹嘉放,宋治文,李凤菊,等. 日本、荷兰和以色列发展设施农业对中国的启示[J]. 天津农业科学,2011,17(6):97-101.
- [44]宁翠珍. 自动控制技术与设施农业[J]. 山西农业(致富科技),2007(5):47.
- [45]Washizu A, Nakano S. Exploring the characteristics of smart agricultural development in Japan: analysis using a smart agricultural kaizen level technology map[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2022, 198:107001.
- [46]吴 良. 日本现代农业发展的实践与启示[J]. 世界农业,2012(1):78-82.
- [47]张淑荣,付俊红. 以色列外向型设施农业发展战略:对天津市设施农业发展的启示[J]. 世界农业,2012(7):86-88.
- [48]李 俊,李建明,曹 凯,等. 西北地区设施农业研究现状及存在的问题[J]. 中国蔬菜,2013(6):24-29.
- [49]韩小婷. 以色列现代农业科技创新领域及创新经验[J]. 农业工程技术,2022,42(20):4-5,7.
- [50]陶爱祥. 发达国家节水农业经验及启示[J]. 世界农业,2014(8):151-153.
- [51]宗哲英,王 帅,王海超,等. 水肥一体化技术在设施农业中的研究与建议[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版),2020,41(1):97-100.
- [52]李国臣,马成林,于海业,等. 温室设施的国内外节水现状与节水技术分析[J]. 农机化研究,2002,24(4):8-11.
- [53]Ding B J, Hofvander P, Wang H L, et al. A plant factory for moth pheromone production[J]. Nature Communications, 2014, 5(1):1-7.
- [54]Li G Y, Li X Y, Jiang C H, et al. Analysis on impact of facility agriculture on ecological function of modern agriculture[J]. Procedia Environmental Sciences, 2011, 10:300-306.
- [55]张铁婷,刘厚诚. 日本植物工厂的关键技术及生产实例[J]. 农业工程技术(温室园艺),2016(13):29-33.
- [56]Farrell E, Hassan M I, Tufa R A, et al. Reverse electrodialysis powered greenhouse concept for water-and energy-self-sufficient agriculture[J]. Applied Energy, 2017, 187:390-409.
- [57]魏 斌,毕研飞,孙 昊,等. 江苏常熟国家农业科技园区设施园艺创新技术应用示范[J]. 农业工程技术,2017,37(19):81-85.
- [58]张 骞,淮贺举,孙 宁,等. 信息化引领现代农业园区发展现状与对策研究[J]. 中国农业科技导报,2019,21(12):8-13.
- [59]钟志宏,兰 峰,管帮富,等. 物联网技术在江西现代农业示范园区的应用[J]. 现代园艺,2016(19):75-77.
- [60]王 楠,焦子伟,李东育,等. 我国绿色设施农业栽培关键技术研究进展[J]. 江苏农业科学,2021,49(18):18-24.
- [61]成福伟. 发达国家现代农业园区的发展模式及借鉴[J]. 世界农业,2017(1):13-17.