

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.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.10.010

我国设施农业发展现状、存在不足及对策

骆飞¹,徐海斌¹,左志宇^{2,3},赵桂东¹,郭小山¹,王丽平¹

(1.江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所,江苏淮安 223001;2.江苏大学农业工程研究院,江苏镇江 212013;

3.江苏大学现代农业装备与技术教育部重点实验室,江苏镇江 212013)

摘要:设施农业的发展是农业现代化的重要标志,也是现代化农业发展的重要建设任务。我国的设施农业较国外起步晚,在设施建设、技术研究、装备研发、资金投入等方面都与国外发达国家存在较大差距。为了促进我国设施农业的快速发展,推动设施农业领域的技术进步,在综述世界设施农业发展现状的基础上,分别从国外和国内2个方面总结设施农业发展的特点,剖析我国设施农业存在的不足,并提出针对性的对策建议,以期为我国设施农业可持续发展提供一些经验和启示。

关键词:设施农业;设施类型;设施作物;栽培技术;发展现状;特点;不足

中图分类号: F323.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)10-0057-06

设施农业(protected agriculture)是指利用新型生产设备、现代农业工程技术、管理技术调控温室、塑料大棚等保护设施内蔬菜、果树、花卉、鸡鸭、猪牛等动植物生长的温、光、水、土、气、肥等环境参数因子,对动植物的生长发育环境进行整体或局部范围的改善,使动植物生长不受或很少受自然条件制约,在有限的土地上投入较少的劳动力,建立动植物周年连续生产系统,实现动植物高效优质生产的一种现代农业生产方式^[1-3],是属于生产可反时令性、生产可类型多样化的高投入、高产出、高效益产业。美国称“设施农业”为“可控环境农业(controlled environmental agriculture)”,在欧洲及日本等则称为“设施农业(protected agriculture)”,而在我国曾使用过“工厂化农业(industrialized agriculture)”的概念,这些名称只是在文字表达上有所不同,但其实质内涵是一致的^[4]。随着传感器技术、通信技术、计算机技术的不断发展,云计算、大数据、人工智能、物联网等技术在农业生产中得到越来越多的应用。温室大棚可以通过人工的手段构建出适宜农作物生长的生产环境,隔绝外部气候

变化的影响,实现农作物的全天候生长。国内外相关企业与科研机构纷纷投入大量的人力、物力,通过研发智能温室环境监控系统,降低温室的运营成本,进而提高温室的综合经济效益。

1 世界设施农业发展概况

依据自然气候条件、地理位置、经济水平和饮食文化等因素,可将世界设施园艺大致划分为亚洲、地中海沿岸、欧洲、美洲、大洋洲和非洲六大区域。随着社会经济的不断发展,设施农业整体上呈现蓬勃发展的趋势^[5-7]。

据2017年调查数据显示,全世界设施农业总面积达到460万hm²,主要分布在亚洲的中国、韩国和日本,欧洲的荷兰和阿尔巴利亚^[7-8],美洲的美国、墨西哥和委内瑞拉^[6,9],非洲的埃塞俄比亚和埃及^[9-10]以及地中海沿岸诸国。其中,亚洲是世界设施农业发展最快、面积最大的地区,仅中国、日本和韩国3个国家的设施农业面积之和就占世界设施农业总面积的82.90%^[11-16]。

在设施农业体量上,中国设施农业面积达370万hm²,居世界第一,约占世界设施农业总面积的80%,意大利紧随其后位于第二,第三、第四分别为土耳其和韩国。荷兰在人均设施农业温室面积上位居世界第一。

1.1 设施类型

从设施类型上看,有近292万hm²的设施农业类型是塑料大棚(含中小拱棚),占比约为63.5%,

收稿日期:2019-05-08

基金项目:淮安市农业科学研究院院长科研基金(编号: HNY201713);江苏省区域现代农业与环境保护协同创新中心项目(编号:48sky00)。

作者简介:骆飞(1988—),男,江苏连云港人,硕士研究生,助理研究员,主要从事设施农业结构性能优化及其自动化研究。

E-mail:36134676@qq.com。

主要分布在中国、韩国、日本以及地中海沿岸诸国;塑料温室类型面积达130万 hm^2 左右,占比约为28.3%,在中国的江苏省、辽宁省、山东省等地被广泛使用;玻璃温室类型面积达6万 hm^2 左右,占比约为1.2%,结构大多为文洛型(venlo)连栋温室^[7],主要集中在亚洲的中国、非洲的埃及、地中海沿岸的土耳其、意大利和西班牙、荷兰及北欧一些国家;其他类型温室面积占比约为7%。

1.2 设施作物

从栽培作物看,蔬菜占设施园艺总面积的85%以上,以番茄、黄瓜、茄子、甜椒等为主;其次为鲜切花和盆栽花卉。从种植地域分布来看,中国、日本和地中海沿岸国家主要种植蔬菜、草莓和葡萄,欧美一些发达国家以高附加值的鲜切花和盆栽花卉生产为主,如荷兰花卉的生产全部在温室内进行,生产的鲜切花、观赏植物约占世界温室市场的80%,每年出口总额占国际市场花卉贸易的60%,占欧洲市场的70%^[17-18]。

1.3 栽培技术

从栽培技术看,荷兰、美国、日本等发达国家的设施农业技术处于领先水平。发达国家在设施农业发展过程中非常重视环境保护和资源循环利用,实现了生态循环农业的经营模式;此外,随着温室结构优化、设施配套及栽培技术体系完善,能够用计算机对作物生长发育的各种环境因子进行调控,

使设施作物生长不受或很少受自然条件制约,实现作物周年连续生产供应,产出的温室产品能获得高产量、高品质、高利润,畅销国际市场。

2 国外设施农业发展的特点

2.1 单体温室大型化,温室结构轻简化

建造大型化温室有利于提高土地利用效率、方便机械化作业和产业化生产、提升环境控制稳定性以及节省投入资金。因此,国外的温室普遍趋向温室大型化、工厂化,温室结构的轻简化,温室材料的研究热点也集中于以下5个方面:降低设施结构的遮光面积;提升结构材料的隔热性能;提高温室和连接部件的密闭性;延长设施温室墙的使用寿命;便于温室的安装和拆修。美国加利福尼亚州新建造温室的单体面积都在1 hm^2 以上,采用无土栽培技术生产的番茄产量可达75 kg/m^2 。荷兰设施类型大多选用文洛型连栋温室,布局采用平行三段式结构,单体温室面积在4~5 hm^2 (图1)。温室的北面为办公管理区,中间区域为操作车间区,南面为作物栽培区,在每个温室通道安装自动玻璃感应门进行隔断,并对进出人员执行严格的消毒管理,以预防和控制病虫害的发生。此外,因铁天沟散热约占温室散热的16%,荷兰、以色列等普遍采用中空铝合金骨架代替传统温室的单层铁材质天沟,不仅减少了设施温室的支撑结构,也降低了支撑结构的遮



图1 荷兰文洛型大跨度连栋温室

光面积,还有效增加了设施温室的采光,提升了保温效果。

2.2 温室生产引入工业技术,设施农业自动机械化

美国、荷兰、以色列等发达国家将工业领域的先进技术嫁接到设施农业生产管理中,使设施农业被赋予了“工厂化+农业”的内涵,温室生产进入高投入、高产出、高效率管理模式,并实现了将温室各环境因子调控成作物生长发育最适宜的条件,基本摆脱或免受外界环境因素对作物生长的干扰,达到作物周年生产和均衡上市的目的。目前,以美国、日本、荷兰、以色列为代表的发达国家已具备了设施农业设备完善、技术规范、产量稳定、质量安全可靠等特点,也形成了温室研究制造、生产要素聚集、生产资料配套、储藏运输等为一体的设施农业产业体系。如荷兰研制出温室清洗装置,用于清洗温室屋面的落灰来提高温室的透光率^[19]。用智能机器人取代人工生产管理来改善设施环境,以提升劳动生产率和保证设施作业的均一性和一致性^[20]。

2.3 设施农业转向低碳节能、绿色环保

国外在发展设施农业过程中,以保护环境、低碳节能作为前提条件,在探索温室能源高效利用、保护生态环境等方面进行了大量的研究工作。节能新材料、新技术和新能源的利用是温室领域研究的热点和难点,其中相变储热技术和太阳能的有效利用是最具发展前景的节能技术。一些国家通过对温室的覆盖材料进行镀膜处理来改变材料特性,使其具有阻止长波向外辐射而减少热损耗的特性来实现节能效果。荷兰瓦赫宁根大学研制出一种可应用于温室加热降温的太阳能集热器,该集热器可将储存的多余太阳能转换成电能,从而进行冬季供暖与夏季降温,节省能源消耗^[21]。欧盟明确要求温室作物生产全部采用无土栽培,替代费水、费肥、费工的传统种植方式,可避免土壤连作障碍,生产出健康安全的农产品。还有一些国家采用营养液闭路循环系统代替传统的营养液无土栽培技术,通过对营养液的回收、过滤、消毒等技术手段,实现节水 30%~40%、节肥 35%~40%,大大提高了营养液的利用效率,也减少了营养液过剩外排造成的面源污染^[22]。此外,探索温室新型补光光源 LED 也是节能设备研制的热点之一。

2.4 物联网与农业深度融合,助推“智慧农业”

随着互联网、大数据、云平台等技术的普及,温室环境控制逐步实现智能化、网络化管理。荷兰已

将环境智能控制系统应用于现代设施花卉生产中,可以依据花卉生长阶段对于不同环境因子的需求,利用物联网技术对包括温度、光照、空气、湿度、化肥等环境因子的多维调控,并结合遥感技术、管理专家系统、地理信息系统等高新技术对鲜花从移栽、生长、采收、包装储运、自检自控等流程中的信息、图像进行信息化管理,实现了鲜花生产的高度自动化^[23]。美国、日本、以色列等通过研究温室作物生长发育与环境、营养之间的定量关系,构建作物生长发育模型和环境控制信息化模型应用到温室生产管理中,进一步降低了温室系统能耗和运行成本^[24]。日本大力发展植物工厂系统,利用传感器对温室内的环境因子进行自动化采集和校验,将数据传输至计算机、手机等终端,实现了生产过程的自动化、智能化和可视化^[25]。截至 2016 年底,日本拥有 254 家植物工厂,其中超过 200 家都为密闭空间的“人工光型”及“人工光与太阳光并用型”植物工厂,建立起农作物周年连续产出。

3 我国设施农业发展的特点

3.1 因地制宜开发地域性鲜明的设施类型

我国温室结构的发展经过了 4 个时期:20 世纪 30 年代的雏形时期,其结构的典型特征为一面坡加立窗;20 世纪 50 年代的改良时期,一面坡日光温室结构,取消了前立窗,采光角增至 30°,后墙高度降至 0.7~0.8 m,使后屋面坡角增至 26°以上;20 世纪 70 年代至 90 年代的发展时期,开展了基于温室的采光理论对不同纬度地区采光屋面形状和采光面角度进行优化设计,从而确定温室的建筑参数,代表性的温室结构有“感王式”和“鞍山 I 型”;21 世纪初至今的升级时期,我国各地结合区域、资源特点因地制宜地对设施农业温室大棚的结构进行改造升级,形成具有鲜明特征的结构类型,如蓟春型、连栋型、阴阳型、寿光 7 代等新型温室^[26-28]。

3.2 设施农业生产规模逐年扩大

我国是一个农业大国和人口大国,由于人均土地资源的日益匮乏和对农产品的数量与质量的需求,我国就必须坚定不移地走“设施强农”之路。20 世纪 70 年代,我国设施农业面积仅为 0.7 万 hm^2 ,到 20 世纪 90 年代末,我国设施农业面积达到 86.7 万 hm^2 ,绝对面积跃居世界第一^[29-30]。随着适合不同地区、不同自然条件的设施技术不断提

升,财政资金及外界资本的持续投入,我国设施农业生产规模逐年扩大。截至2017年底,我国设施农业面积突破了370万 hm^2 ,在短短20年间体量翻了4~5倍,已成为世界设施农业生产大国,面积和产量都居世界第一。

3.3 设施农业技术装备从引进走向自主研发

20世纪70年代,我国从荷兰、日本、美国、以色列等国家引进先进的设施装备和配套的环境监控技术。到20世纪90年代,我国学者在对国外设施装备和技术引进、消化、吸收的基础上进行集成创新,逐步形成了一些自主知识产权的装备技术,并应用到不同的设施作物生产中,创造了良好的经济效益。毛罕平等成功设计了植物工厂系统,该系统由温湿度子系统、光照子系统、加热子系统、灌溉子系统等多个系统组成,是我国典型的国产化温室测控系统^[31]。将互联网、移动通信和嵌入式等技术引入到设施农业监控系统中,解决了我国地域广阔、气候复杂等因素带来的农业多样性问题,并克服了农业“最后一公里”的问题。我国设施农业从单一环境因子的控制研究转向相互作用耦合的多元变量调节,控制技术从定值开关控制转向多种智能控制技术(模糊控制技术、神经网络控制、遗传算法、专家控制系统、无线传感及物联网等)的集成融合^[32]。国内自主研发的信息管理系统可以实现数据存储和访问的统一管理、系统的可伸缩性、温室设备的模块化和产前产中产后管理。

3.4 农业公司和公司化的实体发挥带头作用

中共中央连续15年(2004—2018年)的“一号文件”都以发展农业为主题。在现有的高度行政、放任市场2种农业发展模式下,提出了别的模式如专业合作社、家庭农场、龙头企业等^[33]。农业公司和公司化的实体是实现与农民共赢的一种农业发展模式,其与农民有着共同的发展目的,以利益为纽带,提高设施农业的效益,以获得更高的经济效益^[34]。要想在国际上与土地资源禀赋丰富和农业高度机械化的国家竞争,我国必须同样依赖规模农业经济效益。目前,国家政策确实把对未来的主要希望寄予农业规模化,积极支持家庭农场、专业大户、专业合作社、农业产业化龙头企业等新型农业经营主体,以及高标准农田建设等现代农业项目。近年来,随着我国设施农业的发展,农民企业逐步壮大,出现了越来越多的家庭农场、专业合作社乃至重点龙头企业。

4 我国设施农业不足之处

4.1 设施投入与国外相比有差距,设施水平有待提高

从数据统计来看,我国多数日光温室为使用者土法上马建造而成,缺乏科学的理论指导,其投资不高于100元/ m^2 。以色列现代化塑料温室须投资500元/ m^2 ,美国设施温室仅覆盖的聚碳酸酯硬质塑料板就须要投资190元/ m^2 ^[35]。虽然我国已经出现一些投入使用的设施环境监控系统,但因国内缺乏相关的技术规范,各个厂家的产品往往自成一家,相互之间并不兼容,且大多存在价格高、可靠性差、地域匹配率低等弊病,导致设施环境监控系统难以在全国范围内进行大面积推广。虽然国外发达国家的温室及环境监控系统自动化与智能化程度较高,具备先进的科技和完备的生产工艺,也拥有很高的可靠性,但从国外引进其价格昂贵,后期维护成本也高,难以在我国市场进行大规模推广应用。对比国外,我国设施配套投入低,日光温室多与土墙结合,费工费力,不利于机械化作业,但是符合我国的基本国情和目前广大农村地区的生产力水平。

4.2 设施栽培土壤质量低,无土栽培推广应用难

我国一些农业设施温室大棚经过多年耕种后,土壤质量问题已经明显显现,土壤中的亚硝酸盐含量严重超标,不溶于水的矿物质(如钙、镁等)在土壤中聚集,从而造成土质变硬板结,农药残留问题突出,致使微生物含量减少^[36]。土壤质量的下降,直接影响到设施农业作物的产量和品质。无土栽培挣脱了土地的束缚,相较于传统土壤种植优势明显,但因目前无土栽培生产成本较高,配套设施不健全,经济效益不显著,尚未被农民接受。无土栽培技术尽管较成熟,但主要还是用在观光农业示范园以及科学研究上^[37]。

4.3 设施农业人才流入较少,涉农人员水平有待提高

目前,我国设施农业主要分布在远离城市中心的农村,这些地区生活和医疗条件较差、交通不便、教育资源稀缺。农业生产相对艰苦,工作强度较大,农业行业利润较低,经营主体前期基于成本压力也难以承担较高的待遇支付,难以与其他行业竞争,无法吸引人才就业。年轻人特别是大学毕业生经过10多年的寒窗苦读,再回家去种地或多或少都有一些不甘心,他们更希望到大城市生活工作,

经营主体只能降低招工的要求^[38]。此外,设施农业监控系统大多都是基于计算机开发设计的,对于从业人员的专业知识和系统的操作使用有较高的要求,人员技能欠缺就很难充分发挥农业设施的生产作用。因此,普遍存在用人难、留人难、人才培养成本高等问题,特别是管理人才、经营人才和技术人才的缺乏,直接制约着设施农业的建设和发展。

5 对策与建议

5.1 设施农业技术装备优化升级

虽然设施生产作业的机械化、环境调控的自动化及生产过程的低碳节能是世界范围内设施农业的发展方向,但是我国现有的设施农业产业应分成2个部分发展,一部分是对低档设施温室大棚进行改造、提档升级,研发特定设施作物种类的专家系统,并结合物联网技术实现单个温室大棚个性化控制;另一部分设施产业向国外发达国家学习,尤其是在我国西北地区拥有广阔的地域、充足的光照资源,如果能充分利用这些优势,借助相变储热新材料、热泵-水罐储热、地下空间储热等技术,将设施农业生产与可再生能源(太阳能、风能等)生产有效地结合起来,开发出适宜非耕地生产的设施农业结构类型,低成本、小型化、稳定可靠的环境控制系统以及智能决策生产管理平台,推动设施农业技术进一步优化升级,达到设施动植物的种养要求控制满足最佳生产环境和高产、优质、高效、安全、周年生产的目,实现集约化、商品化、产业化,进而有力地推动我国农业现代化进程。

5.2 因地制宜发展简易实用的无土栽培

无土栽培虽然具有十分诱人的广阔发展前景,但不能全盘照搬某一国家或某一区域的生产模式,要考虑到各地方自然资源、生产技术、市场环境等因素,尽量简化生产技术,降低生产成本,向着实用、有效、简易的方向发展,便于推广应用。如栽培基质的选择,应在作大量研究的基础上,探索本地资源的充分利用。因各地区气候环境差异和居住人群饮食习惯不同,无土栽培的作物种类和安排作物生产上市的时间不同;因各地区的水体质量、施用肥料种类等因素影响,制定的无土栽培营养液配方也应有所不同。因此,研制配套专用化栽培槽、商品化基质和营养液的自动检测等专用设施、设备,将特定设施作物品种的无土栽培技术编制成操作手册,各操作步骤均有“指导”可循,而农民只须

按此“指导”操作即可。

5.3 培育新型职业农民和建设人才团队

加大设施农业从业人员培训是提高设施农业管理水平和技术应用的重要途径^[39]。坚持把科教兴农、人才强农作为支撑设施农业发展的重大战略,鼓励各类涉农科研高校、职业教育学校大力培养设施农业人才,吸引鼓励广大青年报考设施农业相关的院校,并以培育和建设技术创新、应用推广、生产管理的人才团队为重点,按照现代设施农业生产经营要求,建立设施农业技术装备示范基地、生产管理和系统操作实训基地、委托培养或联合培养人才孵化基地,构建一支有文化、懂技术、善经营、会管理的专业型人才、复合型设施农业经营人才队伍,破解人才缺乏问题,为建立和完善设施农业新技术、新装备推广服务体系提供人才基础。此外,政府部门要结合当地农业特点、工资水平研究出台政策,对新型农业经营主体给予一定的资金补贴,形成“经营主体+政府”的工资支付模式,提高设施农业从业人员的收入水平,让从业者进得来、留得住、干得久^[38]。

5.4 加强政策扶持,引导和监管投入资金的使用

政策扶持是设施农业的根本保证。加快设施农业发展,必须出台强有力的法规政策加以引导和推动^[40],逐步建立起设施农业管理制度和政策扶持措施,如设施用地、财政投入、信贷、保险、应急救助等政策。同时,加大财政资金投入力度,尤其要引导和撬动金融资金和社会资本进入,充分调动起不同层次、不同市场主体投身发展设施农业的积极性,建立和完善资金投入保障制度,从而形成多渠道、多元化、多层次的投入格局和保障机制。此外,还要加强对资金投入的引导和监管,确保资金使用的质量、效率、安全。加大科技创新投入力度,重点支持重大关键技术课题研究,特别是政府资金要向技术含量高、生产效果好、种养户亟需的设施农业装备倾斜。

参考文献:

- [1]陈殿奎. 我国大型温室发展概况[J]. 农业工程学报,2000,16(6):28.
- [2]黄川容,孙朝锋,吴立,等. 基于互联网+的设施农业智慧气象服务应用与探索[C]//第35届中国气象学会年会. 合肥:中国气象学会,2018;7.
- [3]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.

- [4]朱新华,郭文川,贺卫涛. 我国温室设施的现状和发展对策[J]. 农村能源,2001(3):6-7.
- [5]束 胜,康云艳,王 玉,等. 世界设施园艺发展概况、特点及趋势分析[J]. 中国蔬菜,2018(7):1-13.
- [6]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.
- [7]丁小明,魏晓明,李 明,等. 世界主要设施园艺国家发展现状[J]. 农业工程技术,2016(1):22-32.
- [8]Balliu A, Sallaku G. An overview of current situation and trends in albanian vegetables protected cultivation sector [J]. Acta Horticulturae,2016,1142:449-454.
- [9]Jaimez R E, Costa M, Araque O, et al. Greenhouses in venezuela: current status and development prospects[J]. Revista de la Facultad de Agronomia,2015,32(2):145-174.
- [10]Fanos T, Belew D. A review on production status and consumption pattern of vegetable in Ethiopia[J]. Journal of Biology, Agriculture and Healthcare,2015,5(21):82-93.
- [11]麻泽龙,王守强,袁 敏,等. 赴以色列学习设施农业先进技术的思考[J]. 四川农业与农机,2018(2):7-9.
- [12]Sturm B, Marina M, Royapoor M, et al. Dependency of production planning on availability of thermal energy in commercial greenhouses—A case study in Germany [J]. Applied Thermal Engineering,2014,71(1):239-247.
- [13]Anda J D, Shea H. Potential of vertical hydroponic agriculture in Mexico[J]. Sustainability,2017,9(1):140-156.
- [14]Aydođan N G, Kidođlu F, Gül A. A survey on the current status of soilless cultivation in Turkey [J]. Acta Horticulturae,2009,807(2):565-570.
- [15]Singh B. Protected cultivation in India: challenges and strategies [J]. Current Horticulture,2013,1(2):3-6.
- [16]Duffy R. Good agricultural practices for greenhouse vegetable production in the southeast european countries [M]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations,2017.
- [17]钟 钢. 国内外温室发展历程、现状及趋势[J]. 农业科技与装备,2013(9):68-69.
- [18]逢 晶. 中荷两国不同文化影响花卉产业发展的对比和思考[J]. 中国园艺文摘,2016,32(12):67-69,71.
- [19]Cho S E. The realization of greenhouse monitoring and auto control system using wireless sensor network for fungus propagation prevention in leaf of crop [J]. Control and Automation,2009,65:28-34.
- [20]Jin B, Qiao X J, Wang C, et al. Development of voice warning system for the environmental information in greenhouse[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2004;20(3):1002-6819.
- [21]Sonneveld P J, Swinkels G L A M, Bot G P A, et al. Feasibility study for combining cooling and high grade energy production in a solar greenhouse[J]. Biosystems Engineering,2010,105(1):51-58.
- [22]Vander L C J M, Meijer R J M. A view of organic greenhouse horticulture worldwide[J]. Acta Horticulturae,2011,915:15-22.
- [23]Venkiteswaran J J, Schiff S L, St. Louis V L. Processes affecting greenhouse gas production in experimental boreal reservoirs[J]. Global Biogeochemical Cycles,2013,27(2):567-577.
- [24]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.
- [25]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.
- [26]丁小明,周长吉,魏晓明. 下沉式机打土墙结构的日光温室性能与适应性分析[C]//第二届中国·寿光国际设施园艺高层学术论坛论文集. 北京:中国农业科学技术出版社,2011:100-107.
- [27]周长吉. 周博士考察拾零(二) 阴阳型日光温室[J]. 农业工程技术(温室园艺),2011(4):48,52.
- [28]李春生. 藟春型高效节能日光温室的基本结构与性能[J]. 中国蔬菜,2008(4):49-50.
- [29]卢良恕. 中国立体农业概论[M]. 成都:四川科学技术出版社,1999.
- [30]罗 峰. 设施农业传粉昆虫——棉露尾甲的基础研究[D]. 武汉:华中农业大学,2004.
- [31]毛罕平,李萍萍. 工厂化蔬菜生产成套装备及自动控制系统的研究[J]. 农业机械学报,1996,27(增刊1):111-114.
- [32]邢希君,宋建成,吝艳艳,等. 设施农业温室大棚智能控制技术的现状与展望[J]. 江苏农业科学,2017,45(21):10-15.
- [33]黄宗智. 中国农业发展三大模式:行政、放任与合作的利与弊[J]. 开放时代,2017(1):128-153,7.
- [34]林本喜,柯姗姗. 福建省蔬菜出口竞争力研究[J]. 台湾农业探索,2011(6):47-52.
- [35]陈 超,张 敏,宋吉轩. 我国设施农业现状与发展对策分析[J]. 河北农业科学,2008,12(11):99-101.
- [36]王 莉. 设施农业技术发展方向与问题分析[J]. 农业开发与装备,2015(11):93.
- [37]陈淑钦,陈清西. 无土栽培技术在观光农业中的应用[J]. 中国园艺文摘,2012(9):180-181.
- [38]骆 飞,徐海斌,赵桂东,等. 基于区域农业跨越发展的全产业链服务模式思考与探索[J]. 农业科技管理,2018,37(5):74-76,86.
- [39]徐希春,初 江,高晓惠. 设施农业的发展分析[J]. 农机化研究,2008(8):237-240.
- [40]张兆同. 设施农业发展的问题与对策探讨[J]. 江苏农业科学,2014,42(12):1-3.