

的农业科技创新氛围是全世界最热烈的, 这里的企业家们往往会在很短的时间内专注于一个新技

术的研发, 成功之后将这些技术卖给大型的农业公司, 然后再投入到新的创业项目中。

——• 总结 •——

解放劳动力, 提高劳动效率是现代温室农业发展不断追求的目标。随着人工成本的不断升高, 提高机械化程度, 解放人力是有效的解决途径。纵观荷兰温室发展, 可以发现, 荷兰温室面积在一段时间的不断增长之后基本稳定下来, 这也是我国未来需要经历的一个过程。目前, 我国的温室面积还在不断扩大, 但是未来一定会稳定在一个合理的范围内, 这个范围目前还没有确定。确定发展规模, 协调发展速度是温室园艺从业者必须考虑的问题。规模化经营是实现温室园艺高效生产的必经之路, 因此单个主体的经营面积势必扩大, 而在总量基本稳定的前提下, 设施园艺经营者的数量则势必减少。随着规模化的实现以及人工成本的不断攀升, 现代温室园艺生产的机械化程度势必会不断提高, 很多机械化设备就会在温室中应用, 如穴盘播种机、移动喷灌机、自动卷帘机、机动喷雾机、旋耕机等。在作物种植方面, 由倒茬轮作向单一作物周年生产发展, 随着无土栽培和温室环境调控技术的不断应用, 单一作物周年生产也会更加高效, 生产经营分工也将会不断完善。

我国的现代温室类型几乎包括了世界上最先进的温室类型, 同时, 我国还有符合自身国情的特色温室。近年来我国连栋温室种植面积不断扩大, 对以荷兰为代表的欧洲先进技术非常渴望, 引进国外先进的温室和技术可以帮助我国现代温室园艺发展, 但是在引进来的过程中也需要考虑到

这些是否都符合自身的特点和需求。如我国从荷兰引进了很多温室和生产设备, 但很多技术仅限于并只能在荷兰应用, 这是因为荷兰的很多技术都是为了解决自身发展过程中存在的问题而被发明的, 不一定完全适合我国的情况。因此, 我国的温室发展也需要针对自身存在的问题进行自我的发明创造。

参考文献

- [1] 么秋月.我国大型连栋玻璃温室建造要点与生产管理现状[J].温室园艺,2017(12):10-19.
- [2] 刘铭,张英杰,吕英民.荷兰设施园艺的发展现状[J].温室园艺,2010(8):24-33.
- [3] 丁小明.荷兰设施园艺发展对我国的启示[J].中国蔬菜,2011(3):3-7.
- [4] 顾卫兵,蒋丽丽,袁春新,等.日本荷兰农业科技创新体系典型经验对南通市的启示[J].江苏农业科学,2017,45(18):307-313.
- [5] 李恺,齐飞,魏晓明.欧洲先进温室园艺设施与装备发展现状及启示——记荷兰与德国先进温室园艺技术现场参观[J].温室园艺,2018(11):76-81.

致谢:

特此衷心感谢海南润达现代农业集团股份有限公司的白会超先生和荷兰骑士集团亚洲分公司的郑凯先生为文章提供了素材。

北京京鹏环球科技股份有限公司是我国工厂化农业装备技术研发与制造的领军企业, 已成为中国温室行业民族品牌的代表。自2001年京鹏温室出口海外至今, 印有“中国京鹏”商标的温室已先后在美国、俄罗斯、伊朗、韩国等数十个国家扎根落户。作为我国设施农业装备技术研发的生力军, 在我国智慧温室建造方面有何成果, 对其未来的发展又有何见解, 让我们一起听听京鹏人的声音。

智慧温室发展现状及趋势探讨

李东星^{1,2}, 周增产^{1,2,3}, 余连海^{1,2}, 兰立波^{1,2}, 李秀刚^{1,2}, 李立^{1,2}

(1. 北京京鹏环球科技股份有限公司, 北京 100094; 2. 北京市植物工厂工程技术研究中心, 北京 100094;
3. 北京市农业机械研究所有限公司, 北京 100092)

智慧温室, 是指将温室工程建设技术、无土栽培技术、物联网技术、自动化装备技术、环境控制技术、无线传感器技术、信息技术、大数据技术、无线通信技术等集成于一体, 实现农业生产环境的智能化监控和管理, 从而保障温室内作物的品质、产量得到改善和提高^[1-3]。智慧温室的

发展, 是未来温室产业的发展趋势, 是未来智慧农业的重要保障, 可以为农业生产者提供精准化种植, 可视化管理, 以及智能化决策, 带动我国智慧农业向精准化、机械化、智能化、自动化方向发展。

——智慧温室发展现状——

随着现代农业的快速发展, 温室的智能化管控水平不断提升。以荷兰为代表的欧美国家设施园艺规模大、自动化程度高、生产效率高, 主体温室内的光、水、气、肥等均实现了智能化控制。荷兰番茄温室以每个标准温室10 hm²为效益最大化, 其黄瓜、番茄单产水平已经达到了60~120 kg/m²。以色列的现代化温室可根据作物对环境的不同要求, 通过计算机对环境进行自动监测和调控, 实现温室作物全天候、周年性的高效生产。近年来, 美国、日本等国采用人工补充光照、网络通讯技术和视频技术对温室环境进行远程控制与诊断, 由机械手进行移栽作业, 是世界最先进的全封闭式生产体系^[4]。

2013年11月, 国内首个智慧温室在北京市通州区投产, 3 000 m²的温室将再生能源、现代农业装备以及物联网技术有机融合, 实现作物的高效生产, 是国内第一个拥有自主知识产权的智慧温室, 能够进行工厂化种苗繁育, 花卉、果菜等生产, 进行低碳节能、精准远程控制等农业高新技术试验展示。近几年, 我国智能化温室、植物工厂等智慧温室的面积规模在逐步增大^[5], 在环境智能化控制^[6]、自动化装备技术^[7]、传感器技术^[8]、无土栽培技术、物联网技术^[9]等方面均取得了一定的成效, 但相比规模化、专业化、集约

化、自动化等程度高的设施发达国家还有一定的差距, 仍然处在智慧温室发展的初级阶段。

智能环境控制技术

国外设施园艺发达国家早在20世纪后期就进行了网络化、分布式温室环境控制系统的研发, 并进行了广泛的应用。如, 荷兰研制的CECS计算机控制系统, 通过一系列计算机软硬件配置, 实现了温室施肥、供水和环境自动化控制^[10]。随着我国智慧温室的兴起, 智能环境控制技术水平得到了进一步的提升, “九五”到“十一五”期间, 国内各高校及科研院所研发了温室监控系统, 但这些系统过多关注局部环境调控^[11-14]; “十二五”期间, 基于ZigBee和Internet的温室群环境远程监控系统逐渐兴起, 实现对温室群农作物的动态监测、智能控制、在线决策。目前, 已经针对不同气候特征和作物需求, 成功研制出温室湿帘—风机降温、遮阳保温、采暖通风等环控技术装备及其智能化管控系统, 进一步提升了我国智能温室环控水平^[9]。

自动化装备技术

自动化装备技术包括“种苗装备技术、生产装备技术、物流装备技术、管理装备技术”4个

方面^[15]。国外设施农业发达国家随着温室单体规模不断扩大,劳动力成本持续升高等因素,自动化装备技术发展迅速。美国最早开发出育苗穴盘播种一体化装备,日本、荷兰等开发出蔬菜及盆花的定植、移栽、收获、分级包装、物流等工厂化成套装备,并进行了实际应用,可满足规模化、智能化和信息化的设施园艺生产^[9,16]。目前,我国从育苗、移栽、定植、收获、包装、物流等各个环节均进行了自动化装备技术的研究,并形成了种植、基质栽培、水肥管理、植保、运输、收获、作物生长信息监测等的系列智能化装备成果,如江苏大学设施农业装备研发团队开发的蔬菜苗全自动移栽机、高架草莓苗自主移栽机、温室高架栽培基质智能管理装备、设施园艺水肥智能管理装备、设施园艺智能施药装备、温室智能化现场运输装备、温室智能收获装备等^[7],但目前除了育苗环节的装备较为成熟以外,其他环节的自动化装备还相对薄弱,大部分处于科研试验示范阶段。

无土栽培技术

荷兰是世界上无土栽培最发达的国家之一,主要采用无土栽培技术种植番茄、黄瓜、甜椒和花卉(主要是切花)等,且大部分实现了微电脑控制,达到了现代化、自动化生产管理水平。日本在无土栽培试验研究和大面积应用方面开展了超前性研究,在植物工厂内大面积应用了无土栽培技术,并实现了全自动控制^[17]。我国无土栽培技术的研究应用起步较晚,但发展迅速,目前,已形成了水培(浮板水培、动态浮根、浮板毛管

水培、NFT)、雾培、槽培、袋培、岩棉栽培、沙培、立体栽培、有机生态型无土栽培等多种栽培模式。在智慧温室蔬菜种植中,广泛借鉴荷兰技术,番茄、黄瓜等采用岩棉栽培,生菜等叶菜类采用营养液栽培,且通过应用计算机控制系统,对作物需要的温湿光气等进行自动调控,实现了种植的自动化、数字化,但在精准化方面还存在一定的差距。

传感器及物联网技术

国外农业物联网技术发展迅速,以色列将物联网技术应用于节水灌溉中,即利用一系列口径不同的塑料管道,将水和溶于水中的肥料通过压力管道直接输送到作物根部,水、肥均按需由电脑控制定时、定量供给,在设施种植中起到了非常关键的作用^[18-19]。日本非常重视农业物联网的推广应用,将农业物联网列入日本政府计划,提出到2020年日本农业信息技术化规模将达到600亿日元,农业云技术运用率将达75%^[20]。

我国智慧温室生产中也广泛应用了物联网技术(图1),通过各种传感器实时监测温室内温度、湿度、光照、土壤水分等环境因子数据,在专家决策系统的支持下进行智能化决策,通过电脑、手机、触摸屏等终端实时远程调控湿帘风机、喷淋滴灌、内外遮阳、加温补光等设备,调节温室内生长环境至适宜状态,弥补了传统设施农业参数采集监控的不足,实现了科学监视、科学种植、提高农业综合效益,但其准确度较国际先进水平等仍存在一定的差距。

——• 智慧温室发展趋势 •——

规模化

设施农业发达国家如荷兰,种植花卉和蔬菜温室主要采用玻璃温室,集中分布在海牙和鹿特丹机场之间、Westland、Drenthe省和Limburg省(如Venlo市)几个地区,具有集群式、大面积特点,这样做的好处是可以降低基础设施(道路、

供电、供水等)投资,据了解,2 hm²的温室建设比0.3 hm²温室平均每平方米节约20%的成本。规模化的温室便于种植者进行机械化操作,种植者可积累丰富的经验,提高管理水平和工人的操作技能。我国近些年温室的发展广泛借鉴了荷兰技术,其建设规模也在朝大型化、规模化发展,如由北京京鹏环球科技股份有限公司建设的位于山

东庆云的7 hm²智慧温室, 以及位于石家庄鹿泉区封龙谷的6 hm²现代化连栋温室, 采用荷兰最新技术和先进设计理念, 顶部使用专用的散射玻璃覆盖、折叠式防虫网和进出口的风幕风机系统, 不仅满足了无土栽培、节水灌溉等现代农业需求, 还可提供温室育苗、鱼菜共生、种养循环等环保、节能、安全需求。

自动化

荷兰为增强盆花企业市场竞争力, 解决温室花卉生产劳动力不足、劳动力成本高等问题, 大力发展了自动化生产装备系统, 实现了温室盆花高效自动化生产, 其温室盆花自动化生产装备技术达到世界领先水平^[21]。我国在温室内的育苗环节、移栽环节、收获环节等基本实现了自动化, 随着我国智慧温室大型化、规模化发展以及我国劳动力短缺, 劳动力成本日益提高, 人工依赖度过高的育苗、移栽、收获、包装等生产模式将不能满足需要, 自动化、机械化的温室装备将是未来的发展趋势。

智能化

智慧农业以智慧温室为主体, 依托物联网集成温室内的温湿度采集、光照、CO₂浓度、智能水肥控制、远程监控等多项前沿技术, 通过完善的模块化数据采集和管理, 对温室内的环境进行远程控制。目前, 智慧温室已经初步实现了通过电脑、手机APP等多项智能产品实现远程管理, 实时远程获取温室内部的温湿度、二氧化碳浓

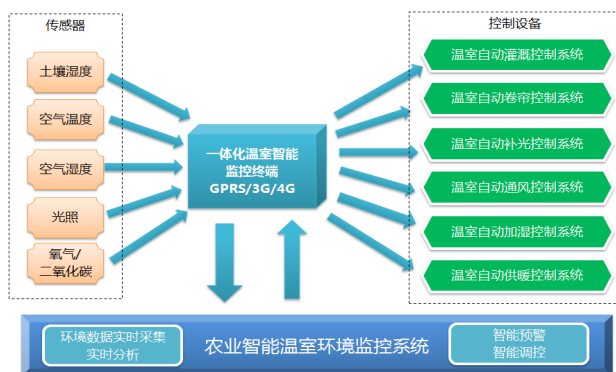


图1 物联网技术

度、光照强度等作物生长环境及视频信息, 实现精细化的管理, 为作物的高产、优质、高效、生态、安全创造条件, 让温室种植者轻松地远程操控温室环境, 实现智能化管理。

精准化

设施农业发达国家如荷兰, 在环境调控、水肥管理、采收管理等各个环节基本做到了精准化控制。如, 在研究LED新型节能光源方面, 荷兰不再将节能效果作为LED照明技术的最终诉求点, 而是在节能的基础上利用各种单色光源或配比光源对植物进行自定义调节; 同时, 荷兰非常注重作物生长过程中的数据积累, 根据作物生理学和生态学原理, 对作物生长发育过程及其与环境的动态关系进行定量描述, 将获得的试验数据加以理论概括和数据抽象, 通过建立作物生长动态模型, 应用于决策支持系统、植物监测、温室气候调控和生产预测与规划^[22]。通过对温室内作物进行精准化控制, 进一步提高作物产量及品质, 随着我国智慧温室的发展, 精准化管理将是必然趋势。

标准化

目前, 在温室建造中, 荷兰TNO研究院的CASTA温室结构计算程序仍然是世界上唯一完整的权威计算程序, 国际上所有的专业温室公司都采用或者借鉴此软件^[23]。温室有别于其他轻钢结构建筑, 除框架是钢结构外, 天沟、屋脊、其他屋面玻璃型材都是整体结构的一部分, 承担着各种载荷, 都需要进行力学计算。温室标准化建设, 可以大大节约建设和运转成本, 是未来智慧温室发展的必然选择。

安全化

荷兰温室病虫害防控坚持源头控制和综合防控的理念, 以温湿度精准调控以及有益昆虫生态系构建为基础, 充分发挥自然调控和生态调控优势, 以种植番茄为例, 定植番茄第1穗花开放时, 在温室内引入熊蜂授粉, 随着开花数量的不断增加, 每周每公顷增加熊蜂4箱。同时温室内引入暗黑长脊盲蝽、丽蚜小蜂、浆角蚜小蜂用于

防治粉虱。我国温室内生产病虫害防治通常采用化学防治,存在污染环境、操作人员易中毒等问题,随着近些年我国温室规模化发展,逐步地以物理防治和生物防治代替化学防治,物理防治通常采用

如防虫网、灯光诱杀、臭氧防治等;生物防治通常采用丽蚜小蜂等天敌来防治害虫^[24],通过物理防治与生物防治相结合策略,达到有效防控病虫害、确保产品安全、减少产量损失的目的。

——• 智慧温室案例——山东水发田园综合体项目 •——

山东水发田园综合体项目总体概况

山东水发田园综合体项目以国家级石斛特色小镇、山东水发设施农业产业集群和周边的美丽乡村示范点为依托,围绕“农业增效、农民增收、农村增绿”的发展策略,以中药材和设施蔬菜为主导产业,以“创新引领、绿色发展”为理念,以区内龙头企业、农村集体组织、农民合作社、乡村创客等为主体,致力于打造精品生产为核心、农旅美村为载体、文化体验为灵魂、绿色田园为底蕴的省级田园综合体。

项目规划占地333.33 hm²,总投资10亿元。是一个集有机果蔬生产加工、休闲采摘、科普教育、田园体验为一体,一二三产业融合发展的现代农业园。

项目分两期建设,一期规划占地约133.33 hm²,包括建设1处占地超7万m²的智能温室超级大棚、占地5万m²的连栋塑料大棚、超大型的牡丹观赏园、3万m²的智能玻璃温室、10万m²的日光温室等;二期主要是建设农业休闲旅游、养老、酒店等设施工程。

功能分区

项目建有绿色智慧温室、连栋塑料温室、科普教育基地、航天科技教育基地、农业科技展示中心、果蔬育苗中心、加工交易物流中心、观光休闲采摘区等,主要经营项目有绿色食品蔬菜生产、加工、销售及休闲采摘、科普教育。

绿色智慧温室建筑面积70 480 m²,其中生产区65 360 m²,配套服务区面积5 120 m²。在设计过程中,结合德州的自然条件,运用系统工程方法,进行多学科技术有机融合,将信息采集、工程技术、自动控制、物联网、生物防治等技术装

备用于设施生产中,充分体现先进性、创新性、经济性、示范性。以实现作物周年生产、智能化管理、精细化作业、规模化生产为目标,在智慧温室设计建造过程中进行了一系列技术创新和高科技集成。

智慧温室技术创新

建筑结构节能化

主体结构计算采用欧盟CASTA软件,采用了新型铝合金天沟,温室覆盖材料采用散射钢化玻璃,温室屋脊采用连续通风天窗。

环境调控精确化

采用荷兰Hortimax公司CX500环境控制系统,温室外部配置了自动化气象站,温室内部配置了精确传感器,通过专家系统,实现了温室内部微气候环境的精确化智能控制。

水肥利用高效化

采用荷兰Hortimax先进的水肥一体化技术,灌溉排水回收再利用,提高水肥的利用率,达到节水灌溉的目的。

植物生长安全化

采用病虫害综合防治管理(IPM)体系,采用物理防治和生物防治相结合的措施,优先选用高质量的性诱剂和粘虫板以及自然天敌措施。

生产管理精细化

采用Hortimax劳动力系统,根据管理者的设置给相应的员工分配工作任务,从而提高员工的工作效率及管理者的利益。

装备应用智能化

集成了番茄生产过程的自动化装备技术,从作业过程中自动行走升降采摘车,到货物运输无人驾驶牵引车的物流系统,到自动卸货、分级、包装系统,实现了全程机械化、自动化,提高了

番茄生产的效率,降低了劳动强度,真正实现番茄工厂化生产。

——• 结论 •——

智慧农业的发展是我国农业发展的必由之路,智慧温室是实现智慧农业的重要保障。从生产模式的角度来看,智慧温室需要创造植物最佳生长环境,创新“环境设施化、形式立体化、资源节能化、流程数字化、管理智能化、技术集成化”的最佳生产模式,开发利用新能源、新材料、新装备,从而达到提高植物产量、品质和效益的目的。在智慧温室产业化发展进程中,规模化、自动化、智能化、精准化、标准化管理是未来农业发展的必然趋势,越来越多的现代农业技术、无土栽培技术、自动化装备技术、物联网技术等应用于智慧温室建设中,让温室内作物生产更加自动化、智能化,安全化,提高温室的产品质量,实现“高品高效”;同时,温室的规模化发展以及精细化、标准化管理可实现“降本降耗”,从而快速推动我国现代农业的发展。

参考文献

- [1] 郭鑫鑫,尹来武,王雪.基于物联网的智慧大棚温室总框概述[J].乡村科技,2017(10):95-96.
- [2] 徐晖.基于PLC的智能温室大棚系统设计[J].兰州文理学院学报(自然科学版),2015,29(4):41-45.
- [3] 孙雪娇,任慧,杨眉,等.浅谈智能温室大棚的系统设计[J].农家参谋,2018(1):82.
- [4] 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.
- [5] 朱芳冰,史春雨.智能化温室的发展现状及趋势[J].现代化农业,2008(12):38-39.
- [6] 李娜,孔德志.智能化温室控制的现状与发展趋势[J].科技视界,2016(4):228-229.
- [7] 毛罕平,刘继展,张晓东.设施园艺智能化装备的创新研发[J].温室园艺,2018(8):10-15.
- [8] 张晨,施俭,付康为,等.支持多平台应用的智慧农业温室大棚监控系统设计[J].江苏农业科学,2018,46(12):197-201.
- [9] 杨其长.我国智能设施园艺突破之路在何方? [J].中国农村科技,2018(1):37-39.
- [10] 李振波,杨晋琪,盖国卫.设施园艺物联网技术与应用进展[J].温室园艺,2018(9):33-38.
- [11] 韩华峰,杜克明,孙忠富,等.基于ZigBee网络的温室环境远程监控系统设计与应用[J].农业工程学报,2009,25(7):158-163.
- [12] 高峰,俞立,张文安,等.基于无线传感器网络的作物水分状况监测系统研究与设计[J].农业工程学报,2009,25(2):107-112.
- [13] 包长春,石瑞珍,马玉泉,等.基于ZigBee技术的农业设施测控系统的设计[J].农业工程学报,2007,23(8):160-164.
- [14] 张猛,房俊龙,韩雨.基于ZigBee和Internet的温室群环境远程监控系统设计[J].农业工程学报,2013,29(4):171-175.
- [15] 齐飞,周新群,丁小明,等.设施农业工程技术分类方法探讨[J].农业工程学报,2012,28(10):1-7.
- [16] 辜松.设施园艺装备化作业生产现状及发展建议[J].温室园艺,2018(2):10-15.
- [17] 万军.国内外无土栽培技术现状及发展趋势[J].科技创新导报,2011(3):11.
- [18] 陈爽,王军,周贤娟.智能温室监控系统设计[J].工业控制计算机,2009,22(4):3-5.
- [19] 赵霞,吴建强,杜永林,等.物联网在现代农业中的应用研究[J].农业网络信息,2011(6):7.
- [20] 沈苏彬,范曲立,宗平.物联网的体系结构与相关技术研究[J].南京邮电大学学报(自然科学版),2009,29(6):1-11.
- [21] 辜松,杨艳丽,张跃峰.荷兰温室盆花自动化生产装备系统的发展现状[J].农业工程学报,2012(19):1-6.
- [22] 么秋月.设施园艺研究进展概述[J].温室园艺,2017(9):14-18.
- [23] 曹新伟,吴乐天,史慧锋.浅谈荷兰温室结构标准化设计[J].新疆农机化,2015(3):36-38.
- [24] 高凤彦.温室害虫生物防治和物理防治技术[J].现代农村科技,2013(19):24-25.