

我国塑料大棚结构优化及性能研究现状

姚璇,史旖旎,苏春杰,王洪义,杨凤军

(黑龙江八一农垦大学园艺园林学院,黑龙江大庆163319)

摘要:塑料大棚作为农业设施主要类型之一,在解决我国北方地区淡季吃菜难、提供鲜嫩蔬菜上有着重要作用。但在实际生产中,因塑料大棚所在地理环境恶劣和其结构与建造缺陷等,棚室结构难以抵抗暴风、暴雪等极端恶劣天气,且可能存在光热环境不好、稳定性不足等问题。该文介绍了塑料大棚的发展与主要结构类型,对近年来塑料大棚结构创新优化与性能研究进行了归纳总结,分析了其结构在生产中的实际问题,提出了未来发展相关建议。

关键词:塑料大棚;结构创新;优化;性能研究

中图分类号:S625

文献标识码:A

doi:10.14031/j.cnki.njwx.2024.06.024

Research Status of Structural Optimization and Performance of Plastic Greenhouses in China

YAO Xuan, SHI Yini, SU Chunjie, WANG Hongyi, YANG Fengjun

(College of Agronomy, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China)

Abstract: Plastic greenhouses, as one of the main types of agricultural facilities, play an important role in solving the difficulty of eating vegetables during the off-season in northern China and providing fresh and tender vegetables. However, in actual production, due to the harsh geographical environment and structural and construction defects of plastic greenhouses, the structure of greenhouses is difficult to resist extreme weather conditions such as storms and blizzards, and there may be problems such as poor light and thermal environment and insufficient stability. The article introduces the development and main structural types of plastic greenhouses, summarizes the innovative optimization and performance research of plastic greenhouses in recent years, analyzes the practical problems of their structures in production, and puts forward relevant future development suggestions, which is of great significance for promoting the standardized development of plastic greenhouses.

Keywords: plastic greenhouse; structural innovation; optimization; performance study

0 引言

2022年3月6日,习近平总书记在全国政协十三届五次农业界、社会福利和社会保障界委员联组会时指出“要树立大食物观,向设施农业要食物”^[1]。随着我国经济与科技的飞速发展,人民生活质量的多样化需求日益增长,尤其是从吃得饱到吃得好、吃得健康的转变和对绿色、安全、新鲜水果、蔬菜的需求,大大促进了设施农业的发展,“向设施农业要食物”的嘱托正在逐步成为现实。塑料大棚是农业设施中主要且重要的温室类型,据统计,截至2022年,我国温室大棚面积约为186.2万hm²,占全国温室总面积的65%以上^[2]。

塑料大棚简称“冷棚”,是指没有砖、石等围护结构,大棚表面全部由塑料薄膜覆盖的简易保护地

基金项目:黑龙江八一农垦大学设施园艺工程技术教学案例库项目(ALK202309);黑龙江八一农垦大学研究生精品课程建设项目(JPKC202310);黑龙江八一农垦大学三纵基础(自然)项目(ZRCPY202223);黑龙江八一农垦大学教学研究课题(NDJY2128)

作者简介:姚璇(1992—),女,山东昌邑人,硕士,讲师,研究方向为设施园艺。

栽培设施,棚内无加温设施,一般跨度为6~12m,长度为30~100m,具体尺寸设计会根据大棚种类、用途、栽培作物不同而有所差别。由于大棚结构简单、建造方便、造价经济等优点,从东北到华南地区应用都较为广泛,尤其在在我国北方地区,能够在早春和晚秋季节为人们及时供应鲜嫩蔬菜,充分解决了淡季吃菜难的问题,可提前和延后各一个月左右的生产时间,具有巨大的社会效益。但在实际生产过程中,由于所处自然环境不同以及塑料大棚本身结构设计和建造等问题,塑料大棚难以抵御极端恶劣天气,存在可靠性不足、保温性和夏季散热性不好的问题,因此,近些年众多学者在塑料大棚结构优化与创新方面有很大突破^[3]。本文介绍了塑料大棚的发展与主要结构类型,总结了其发展规律,并对近年来塑料大棚结构创新优化与性能研究进行了归纳,分析了其结构在生产中的实际问题,提出了相关发展建议,对提高塑料大棚结构稳定性、促进棚室结构标准化发展具有重要意义。

1 塑料大棚主要结构类型

我国的塑料大棚最早于20世纪50年代出现,初期主要是一些简易设施,如塑料小拱棚等,到了60—70年代,主要使用竹木结构和钢筋焊接结构大

棚,80 年代以后,我国吸收了国外的大棚技术经验,能够自行生产制造镀锌钢管大棚和塑料薄膜,自此,塑料大棚开始快速发展、大量推广,推动了我国现代农业生产的发展。现代生产中应用较多的塑料大棚,从结构和建造材料上主要分为竹木结构大棚和钢架结构大棚等。

1.1 竹木结构大棚

竹木结构大棚是大棚初期的一种类型,该结构类型由竹木等材料建造而成,由拱杆、拉杆、立柱等组成大棚骨架,其中立柱和拱杆相连,拱杆与拱杆之间的距离一般为 1 ~ 1.2 m,用纵向拉杆连接,形成一个整体,作为主要受力构件,承受棚膜及风雨雪的压力。骨架建成后,在骨架上覆上塑料薄膜,起到采光和保温的作用,配以防虫网、压膜线,并将压膜线固定于地锚上,提高大棚结构抗拔能力。此种类型大棚的优势为材料便宜,结构简单,建造成本较低,但大棚内部空间较低、立柱较多,遮光较严重,作业不方便,难以实现设施园艺机械化作业。

基于竹木结构大棚存在的问题进行优化,首先要去掉立柱,提高室内空间,因此,从结构和材料上进行改进,将原来的部分骨架材料由竹木更换为钢材,即钢筋拱架与竹拱杆相互交替支撑,形成了钢竹混合结构大棚,提高了其承载能力,结构更为稳定。

1.2 钢架结构大棚

基于混合结构大棚,将其骨架材料全部换为钢材,由钢筋、钢管或两种结构焊接形成钢架结构大棚,结构坚固,室内空间高大,透光性好,适宜小型机械作业,但钢架易生锈、腐蚀,随后出现了镀锌钢管塑料大棚。镀锌钢管塑料大棚的钢管及配件表面均采用热镀锌防腐处理,耐腐蚀性强。随着温室标准化生产的发展,装配式大棚应运而生,其骨架均进行工厂化生产,组装式结构,建造方便,可拆卸迁移,棚内空间大,作业方便,整体强度高,承受风雪能力强,使用寿命可达 15 年以上。

区别于单栋塑料大棚,钢架连栋型大棚结构稳定性增强,室内空间高大,提高了大棚的保温性、透光性以及土地资源利用率,且便于中小型机械进入设施内机械化作业,带来了更高效益^[4]。近年来,各地针对不同自然环境和栽培需求对大棚主要结构进行优化创新,形成了多种类型的新型大棚结构。

2 塑料大棚结构创新与性能研究现状

2.1 塑料大棚结构创新

塑料大棚在风雪荷载作用下易发生破损,所以其结构设计需考虑大棚的承载能力、抗风雪能力、稳定性、保温、采光等多方面内容。徐雨晴^[5]为提高塑料大棚抗风降温能力,提出了抗风、降温性能良好的新型结构大棚——大跨度 M 型大棚;杨小锋

等^[6]、周长吉^[7]针对海南、台湾等经常受台风灾害影响的地区,从骨架、覆盖材料、基础做法等方面进行分析,设计了抗风型大棚,最高抗台风级别可达 12 级。

我国北方地区冬季较为寒冷,塑料大棚难以抵御严寒天气,科研人员对此设计了保温型大棚,如单拱单膜塑料大棚、单拱多膜塑料大棚、多拱多膜塑料大棚等形式,当遇寒冷天气、降雪天气,可防止作物受冻害,改善室内光热环境,提升夜间室温。史旖旎^[8]在桁架拱塑料大棚骨架受力分析基础上,提出了基于功能提升的塑料大棚加固方案;王君等^[9]研究了徐州地区有外保温覆盖的大跨度塑料大棚越冬生产能力,可在徐洲地区大面积推广应用。

随着科学技术的进步,越来越多的新材料应用于设施农业中,如高强度、高韧性的骨架材料,如透光率高、耐候性强、防流滴性好、抗拉强度好的长寿膜等。相变材料具有储热密度高、放热温度变化稳定、成本低的优势,在航空航天、建筑节能等领域广泛应用,将相变材料的新型环保节能技术应用于大棚中,可调节室内温度、改善温室热环境,王柏超等^[10]以相变材料石蜡为主,自制相变石蜡板,内置于温室大棚内,探究了室内热环境改善情况与提温效果,结果表明,三种典型天气下温室大棚内置相变石蜡板可有效改善温室热环境,温室内温度最高可提高 10.2 °C,且温光环境满足大多数设施作物。陈淑琴等^[11]设计一种内含相变材料的集热装置置于塑料大棚内,与对照大棚进行比较,发现试验大棚内气温较对照大棚高 2.7 ~ 6.9 °C。

随着设施园艺机械化、智能化的快速发展,一方面温室结构逐渐向大型化方向发展。王克磊等^[12]针对塑料大棚土地利用率低、农业机械操作不便的问题,设计了一种跨度为 9.6 m 的新型大跨度单体塑料大棚,长度 40 m,脊高 4.5 m,其骨架为两椽拱杆与一椽双拱镀锌钢管拱架交替支撑,内部设置拱形钢管抗风斜支撑,表面覆盖 0.1 mm 厚散射光 PO 膜,结构稳定,抗风能力强,提高了大棚机械化作业程度。武莹等^[13]根据采光原理和保温性能原理设计了大跨度非对称塑料大棚,跨度范围为 17 ~ 20 m,脊高 5.6 ~ 6 m,南北屋面投影比为 1.5,东西山墙材料为厚阳光板,可根据保温性需求设置双层非对称大棚,通过棚室结构的改变,改善了室内光热环境,并测试了冬季室内温光环境,验证了其具有推广可行性。马瑞等^[14]基于宁夏彭阳县地理位置与气候特点,经多年试验,总结出一种跨度范围为 10 ~ 12 m 的新型钢架塑料大棚,棚内不设立柱,空间大,可充分进行机械化和智能化作业。

另一方面,物联网、传感器、遥感等技术逐渐应用于农业设施中,可实现智能化远程控制、植物病虫害检测、智能灌溉等功能。陈慧^[15]开发了一种物

联网温室大棚智能监控系统,以实现温室环境智能化控制;张瀚中等^[16]设计了基于 WSNs 的温室大棚智能灌溉控制系统;周晓磊等^[17]将智能远程控制系统应用于双膜双结构新型蔬菜大棚中,实时监测大棚内的温、光、水、气、土等信息并上传至云端,同时实现了病虫害检测、智能施肥灌溉和自动卷膜功能。

2.2 塑料大棚性能研究

众多学者主要对塑料大棚的光热性能、保温性能和结构安全性能进行研究并进行大量试验,陈斌^[18]在桁架拱塑料大棚骨架内灌注水泥净浆,以提高大棚的承载能力;魏存兴^[19]对新型大棚结构——弧边方钢管骨架塑料大棚进行了全动力风荷载作用下的受力分析,给出了安全性评价;吴潇等^[20]对闲置期的水稻育秧大棚进行了二次利用,栽培吊挂木耳菌,利用 ABAQUS 软件对不同吊挂形式下的骨架进行受力分析,以满足棚室结构的安全性。贾聪^[21]将其团队研发的 M 型双连栋塑料大棚和耳肩式多层覆盖三连栋塑料大棚与普通连栋塑料大棚进行对比,分析其透光性能,结果表明 M 型双连栋塑料大棚光照更加均匀,夏季降温与冬季保温效果均有显著增加,而耳肩式多层覆盖三连栋塑料大棚夏季温度略高,冬季保温性得到增强。

3 总结与展望

当前,塑料大棚作为园艺设施占比最大的类型,其结构、性能的不断升级一直是现代农业发展的新型动力,各项技术在实践中不断成熟,但同时,塑料大棚的发展也受到多种因素限制。主要有三点:1)多数塑料大棚的选址和搭建全部依靠农户个人经验,没有科学依据,随意选择空地搭建大棚的现象易出现方位、角度不合理,通风效果不好等问题,没有体现标准化建设,且各类新型结构层出不穷,是否适宜当地自然气候、是否适合推广应用,有待给出规范及标准;2)我国幅员辽阔,不同地区塑料大棚结构因其自然条件等原因有一定差异,不能一味地重视骨架尺寸,需合理考虑大棚环境及结构的稳定性;3)园艺设施因其空间有限,大型机械无法进入内部作业,随着自动化、智能化的不断发展,塑料大棚宜机化结构研究迫在眉睫。

随着科学技术的不断进步,新型材料的引入和大棚结构优化大大改善了其内部环境与抗灾害能力,攻克塑料大棚面临的技术难题已不是问题。在智慧农业的大环境下,伴随着物联网、传感器、遥感等技术在大棚上的推广,设施塑料大棚的发展可为现代化农业、节能减排、推进乡村振兴做出巨大贡献。

参考文献:

[1] 许勤. 树立大食物观 端稳中国饭碗[J]. 黑龙江粮食, 2022(10): 4-6.

- [2] 王皓. 东北地区设施园艺产业发展研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2020.
- [3] 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.
- [4] 高晓东, 余汉清, 卞晓东, 等. 苏南连栋塑料温室构型优化与应用集成技术[J]. 长江蔬菜, 2019(4): 20-22.
- [5] 徐雨晴. 大跨度 M 型农业大棚结构抗风降温性能研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2023.
- [6] 杨小锋, 刘建, 曹明, 等. 热区经济型抗台风钢管塑料大棚结构优化设计[J]. 中国农机化学报, 2016, 37(12): 48-52.
- [7] 周长吉. 周博士考察拾零(四十) 走进宝岛的温室 11 台湾抗台风温室基础做法[J]. 农业工程技术(温室园艺), 2014, 34(12): 20-24.
- [8] 史旒旋. 基于功能提升的桁架拱塑料大棚骨架使用阶段受力性能研究[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2022.
- [9] 王君, 李衍素, 张爱民, 等. 外保温覆盖大跨度塑料大棚在徐淮地区番茄越冬生产上的实践[J]. 中国蔬菜, 2021(8): 51-57.
- [10] 王柏超, 田智勇, 宁丹, 等. 寒冬内置相变石蜡结构塑料大棚光热环境研究[J]. 北方园艺, 2021(22): 74-81.
- [11] 陈淑琴, 朱毅攀, 谢静超, 等. 相变材料在南方塑料大棚中的冬季使用策略及效果研究[J]. 太阳能学报, 2020, 41(11): 205-211.
- [12] 王克磊, 朱隆静, 苏世闻, 等. 新型大跨度单体塑料大棚透光性能分析[J]. 中国农机化学报, 2021, 42(2): 45-50+57.
- [13] 武莹, 李建明, 肖金鑫, 等. 新型大跨度非对称塑料大棚内冬季透光变化特征研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2019, 47(6): 97-106.
- [14] 马瑞, 冯万贵. 一种新型钢架塑料大棚及其推广应用前景[J]. 蔬菜, 2023(1): 42-45.
- [15] 陈慧. 基于物联网的温室大棚智能监控系统研究[D]. 杭州: 浙江科技学院, 2021.
- [16] 张瀚中, 曹江涛, 邵鹏飞, 等. 基于 WSNs 的温室大棚智能灌溉控制系统设计[J]. 控制工程, 2019, 26(1): 108-113.
- [17] 周晓磊, 王振海, 陈辉, 等. 一种双膜双结构新型蔬菜大棚智能远程控制系统设计与实现[J]. 自动化与仪表, 2022, 37(9): 25-28.
- [18] 陈斌. 桁架拱塑料大棚骨架受力性能与灌浆加固研究[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2016.
- [19] 魏存兴. 弧边方钢管骨架塑料大棚全动力风荷载下受力性能研究[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2023.
- [20] 吴潇, 张恩喆, 赵梓瑞, 等. 吊袋栽培下水稻育秧大棚骨架受力性能分析[J]. 安徽农学通报, 2023, 29(22): 138-143.
- [21] 贾聪. 不同结构连栋塑料大棚光温性能比较[D]. 泰安: 山东农业大学, 2021.