

DOI:10.11937/bfyy.201504011

拉萨市闭锁型人工光照育苗系统的设计与研发

朱荣杰¹, 李宝海², 王世彬¹, 杨 斌¹, 相 栋¹, 卜云龙³(1. 西藏自治区农牧科学院 蔬菜研究所, 西藏 拉萨 850032; 2. 西藏自治区农牧科学院, 西藏 拉萨 850032;
3. 北京京鹏环球科技股份有限公司, 北京 100094)

摘 要:针对西藏传统日光温室环境下生产的蔬菜种苗成活率低、品质差、不利于种苗的大规模、商品化生产的现状,西藏农牧科学院研制了一套闭锁型人工补光育苗系统,该系统配置有育苗生产栽培架、空调系统、CO₂ 补充装置、空气搅拌风机、营养液循环系统和电气控制装置。该系统能够将育苗室和外界隔离,空间利用率高。采用科学化、标准化管理措施,运用机械化、自动化手段,使种苗在最适环境下生长,具有高效、快速、节能的育苗新技术。

关键词:闭锁型;人工光照;工厂化育苗;设计与开发

中图分类号:S 604⁺.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)04-0049-04

随着西藏蔬菜产业的不断壮大及人们对食品安全的日益重视,蔬菜育苗的需求量及品质的要求也在逐年

第一作者简介:朱荣杰(1979-),女,内蒙古呼和浩特人,硕士,助理研究员,现主要从事设施蔬菜栽培等研究工作。E-mail:zrjtaas@126.com.

责任作者:李宝海(1956-),男,内蒙古科尔沁右翼前旗人,硕士,研究员,博士后合作导师,研究方向为农产品质量安全与检测技术及现代设施农业。

基金项目:国家“863”计划资助项目(2013AA103002-3)。

收稿日期:2014-11-19

提高。传统日光温室环境下生产的种苗存活率低、品质差、整齐度不高,不利于种苗的大规模商品化生产,不仅增加了育苗成本,而且限制了工厂化育苗在西藏的推广与发展。针对该问题,西藏自治区农牧科学院工厂化果菜立体无土栽培系统及蔬菜工厂化雾培系统研究课题组研发了一种闭锁型人工光育苗系统,该系统是通过自动化智能控制,采用标准化生产技术措施,运用机械化、自动化手段,使种苗在最佳温湿度和光照环境下快速生长。

闭锁型育苗系统(Closed-type transplant production

- [3] Palmer K N. Smouldering combustion in dusts and fibrous materials[J]. Combustion and Flame, 1957, 1: 129-154.
- [4] Ohlemiller T J. Modeling of smoldering combustion propagation[J]. Progress in Energy and Combustion Science, 1985, 11: 277-319.
- [5] 郭继业. 省柴节煤灶灶坑[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [6] 白义奎, 王铁良, 佟国红, 等. 日光温室燃池即热系统传热机理与数

学模型[J]. 农业机械学报, 2006(9): 37.

[7] 白义奎. 日光温室燃池—地中热交换系统研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2007.

[8] 杨世铭, 陶文铨. 传热学[M]. 4 版. 北京: 高等教育出版社, 2006.

[9] 田维治. 基于燃池利用供热方式的研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2011.

A Simulation Study on Shape and Depth of Fire-pit

LIU Wen-he, XU feng

(College of Water Conservancy, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110000)

Abstract: According to the current existing fire-pit heating system of structure, material properties and operating conditions. With help of ANSYS software, finite element analysis of fire-pit heating system in the solar greenhouse. T-fire-pit, circular fire-pit, square fire-pit were simulated, the effect of soil heating was studied between three types of fire-pit, to select the best type. Meanwhile, as T-fire-type as example, depth of 1.2 m, 1.3 m, 1.4 m were simulated, to select the suitable depth of fire-pit. The results showed that, in the outside conditions under the same environment, the same depth, the same pool area of circular, square, T-fire-pit had the best effect of soil heating. Using the T-fire-pit, the fire-pit depth of 1.2 m had the best effects on the soil heating. Through the analysis of the fire-pit depth and shape, could provide theoretical basis for the design of fire pool heating system in the future.

Keywords: solar greenhouse; fire-pit; ANSYS; simulation research

system)是目前最先进的高效育苗生产系统,1999年,该概念最先由日本的 Toyoki 等^[1]提出,采用不透光的绝热材料将外界与育苗室隔离,限制水分、热量和空气等物质与外界的交流,利用人工光源为植物幼苗提供光照。通过控制密闭空间中的温湿度和光照,达到幼苗生长所需的最佳条件,实现种苗的工厂化生产。该系统的优点是能够将幼苗的生产与外界隔离,减少外部环境对幼苗生长的影响,能够将植物种子到幼苗整个生长过程中所产生的污染降到最低,实现零排放,同时能够提高水分、热能、空间等资源的高效利用,完全摆脱了自然条件的束缚和地域性的限制。Toyoki 曾预言,在 21 世纪,农业所需的大部分种苗将由闭锁型人工光育苗体系进行工厂化生产,他也在千叶大学建立了第一个主要用来进行科学研究的闭锁式人工光育苗系统,研究证实水分和 CO₂ 利用率可达到 90%,耗电成本仅占总成本的 3%~5%^[2]。因此,设计和开发闭锁育苗系统具有节省资源和空间、无污染、自动化程度高、生产速度快、周期短、不受外界条件影响、生产计划性强等优点,该系统的研发和应用已经成为近年来研究的热点^[3-8]。通过调研,课题组设计和开发出了适合西藏地区的闭锁型人工补光育苗系统。

1 闭锁型人工补光育苗系统结构组成及材料

该育苗系统建在西藏农牧科学院国家农业科技示范园区内,面积 36 m²,用不透光的绝热壁板作为围护结构,这种材料是一种强度高、保温性能好的绝热材料,能够大大减少通过壁板的传热,并能防止室内外气温差而造成壁内侧的结露,同时,在窗户内侧增加一个手动卷帘窗(起到保温遮光的作用)。配置有育苗生产栽培架、空调系统、CO₂ 补充装置、空气搅拌风机、营养液循环系统和电气控制装置等。

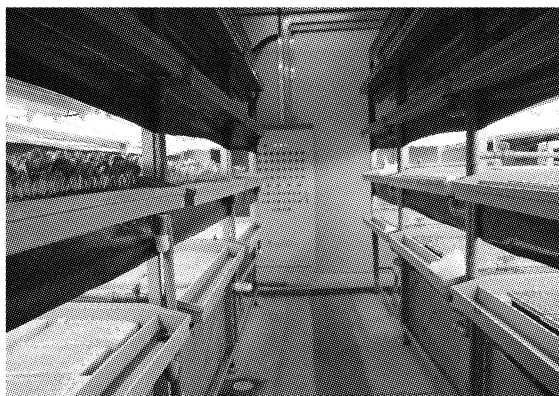


图 1 人工光闭锁育苗系统

2 闭锁型人工补光育苗系统的车间配套系统设计

2.1 人工光源的选择与配置

光不仅是植物光合作用的主要原料,而且影响到植物的形态建成、生长发育以及生理代谢等。在设施农业发展过程中为了弥补自然光源,通过人工补光的形式来促进植物的生长发育,目前人工补光的光源主要有 LED 灯、荧光灯、白炽灯、钠灯等。该项目采用发光二极管(light emitting diodes,LED)和荧光灯 2 种人工光源混合使用;LED 是一种固体人工光源,具有较低的功耗、波谱窄、功耗低、寿命长的特点,在设施农业中应用广泛。因此,在人工光源调控系统中,选择 LED 和荧光灯搭配组合 2 种光源^[9]。

人工补光光源配置为闭锁育苗车间的栽培架共有 4 个,每个分为 4 层。其中每个栽培架前 3 层采用荧光灯,另外 1 层采用 LED 灯。共设置荧光灯为 $18 \times 3 \times 4 = 216$ 盏,LED 灯 $21 \times 1 \times 4 = 84$ 盏。

2.2 多层式育苗床

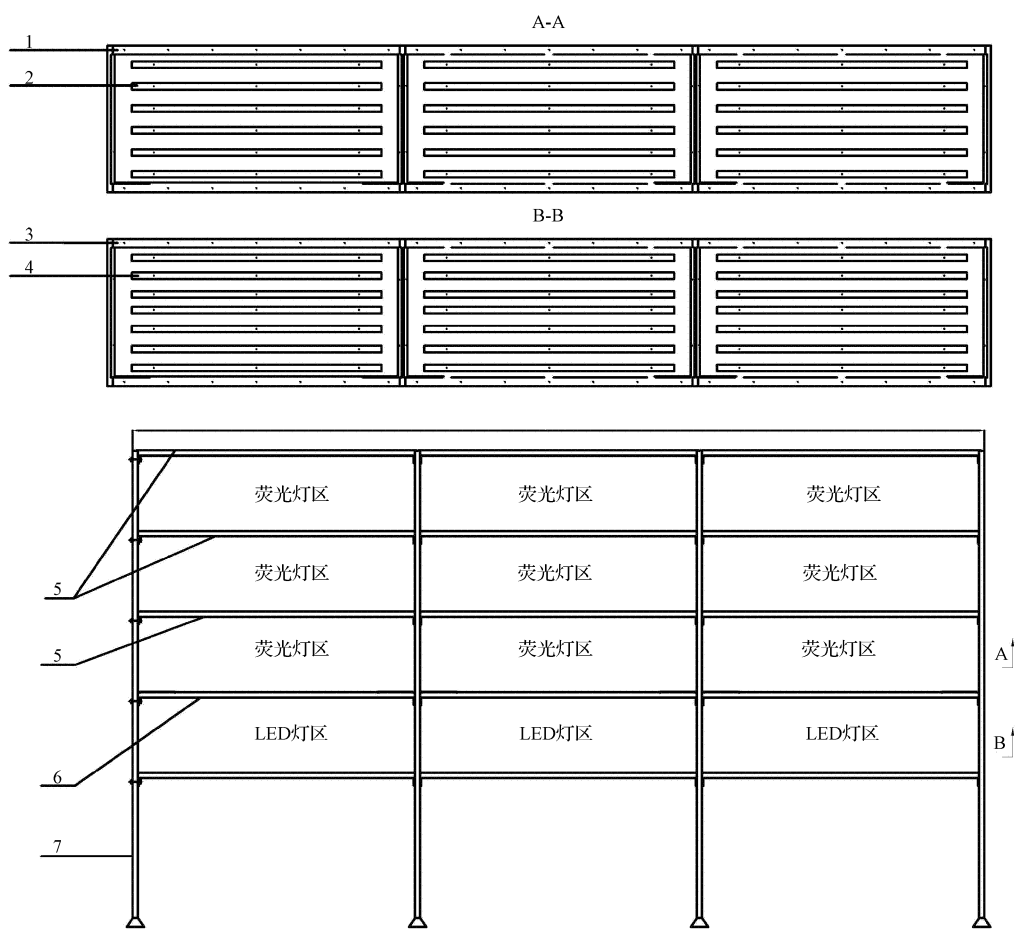
该育苗系统配置 4 组育苗生产栽培架,规格为 4 020 mm×700 mm×1 900 mm(长×宽×高)。栽培架的钢骨架通过热镀锌处理,并在后期喷塑。每台栽培架共 4 层,每层可放置 12 个育苗盘,按每盘可育苗 60 株计算,每次育苗可达 11 520 株,完全可以实现工厂化生产种苗的要求。栽培架前部布置有灌水用的导水槽和管道,每层并排布置育苗盘,根据育苗盘规格合理栽培种苗。栽培床箱采用塑料床箱,人工光源采用荧光灯管和 LED 灯管,3 层采用荧光灯管,1 层采用 LED 灯。在车间内部配置 1 台环流风机,搅拌空气,以利于空气温度和湿度的均匀。

2.3 营养液供给系统

营养液系统主要由营养液循环再利用系统和紫外消毒系统 2 个部分构成。

2.3.1 营养液循环再利用系统 营养液循环再利用装备是由营养液循环系统、紫外消毒系统组成。该项目拟设置 1 个营养液池,体积为 3 m³。营养液循环系统主要由栽培床、营养液池、供液管道系统、回流管道系统组成。栽培床用于盛放营养液,给作物提供营养和水分。供液管道系统将贮液池中的营养液输送到栽培床中供作物需求,它主要包括供液管道、阀门等部分组成;而回流管道系统是将栽培床内的营养液回流至贮液池中。贮液池设在栽培架以下,地面以上,以便让栽培床中流出的营养液回流到贮液池中。

2.3.2 消毒系统 紫外线消毒装置利用波长为 225~275 nm 的紫外线对微生物进行杀灭作用。其特点是杀



注:1. 荧光灯顶面反光铝板;2. 荧光灯;3. LED灯顶面反光铝板;4. LED灯;5. 荧光灯架;6. LED灯架;7. 框架支柱。

图2 栽培架示意图



图3 栽培架实物

菌速度快,不改变水的物理、化学性质,不增加水的臭味,不产生对人体有害的卤代甲烷化合物,无副作用;水处理筒体采用进口优质不锈钢,可满足 1.2 MPa 的工作压力,具有防锈、强度高、无金属离子污染、设备表面易于清洁等优点;紫外线灯选用国家卫生部门、防疫部门鉴定的专业新产品,功率 30 W,主线谱 253.7 nm,此波

长的紫外线杀菌率最高,可达 98%以上,耗能低。

2.4 CO₂ 补气系统

植物依靠空气中 CO₂ 作为光合作用的原料之一,但空气中 CO₂ 浓度远不能满足植物对 CO₂ 的需求。通过人工补充 CO₂ 气肥的方式能够明显提高植物的干重^[10-13]。CO₂ 补气装置采用气瓶型,能够明显提高作物光合作用,使植株生长加快,根系发达,枝繁叶茂,增产增收。

2.5 给排水系统

通过设置给排水系统,大大提高了水分的循环利用率,能够将多余的水分及时排除、回收再利用;并在育苗车间布置一个洗手池,同时配置营养液池补水系统。

2.6 空调系统

采用 1 台格兰仕 5 匹的分体空调和加湿机的组合方式,精确自动调控蔬菜生长所需的最佳温度和湿度,制冷量为 12 kW,制热量为 15.9 kW,循环风量为 1 900 m³/h,除湿量为 4.38 L³/h。同时配置 1 台环流风机,使得育苗室内的温度、湿度均匀。

2.7 自动化 PLC 控制系统

20 世纪 60 年代,美国推出可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)取代传统继电器控制装置以来,PLC 控制系统得到了快速发展,尤其在农业生产领域应用更加广泛,在闭锁型人工补光系统中,PLC 控制系统是最为核心的部分,是闭锁型育苗系统工作的关键。通过控制室内的环境参数如:温度、湿度、光照、CO₂ 浓度、营养液的 EC 值、pH 值以及开始和结束的时间。根据不同作物的生长习性,精确调控植物生长发育最适环境。课题组根据蔬菜生长环境需求,开发出的环境因子控制系统包括温湿度、CO₂ 浓度、光照和通风系统。

采用空调机加内外对流调节相结合的方式进行环境调控,温度控制在 15~25℃,湿度在 60%~85%,CO₂ 浓度控制在 1 000 mg/kg 左右。每天总光照时数 10~12 h。

3 结语

闭锁型人工补光育苗系统将育苗室与外界环境彻底隔离,使育苗环境免受外界因子的影响,实现了温度、湿度、CO₂ 浓度、光照、营养液等因子的综合调控,按照不同蔬菜生长发育特点,精确调控最适的生长发育环境,使幼苗的根冠比达到最佳,为培育壮苗提供了保证,节省了劳力、财力,缩短了育苗的周期。闭锁型工厂化育苗系统作为目前最为先进的高效育苗生产系统,具有很好的推广前景。为了验证及优化该系统的功能,根据设施装备与设施园艺相结合的原则,已在该闭锁型育苗系统内栽培了西红柿、辣椒、黄瓜、生菜与西葫芦,目前已生长 2 周,长势良好,下一步拟进行育苗效果的深入试验,以便在西藏拉萨地区应用和推广。

(该文作者还有李东星,单位为北京京鹏环球科技股份有限公司。)

参考文献

- [1] Toyoki K, Chireki K, Chun C H, et al. Necessity and concept of the closed transplant production system[M]//Transplant production in the 21st century. Springer Netherlands, 2000: 3-19.
- [2] Toyoki K, Ohyama K, Afreen F, et al. Transplant production in closed systems with artificial lighting for solving global issues on environmental conservation, food, resource and energy[M]. Proc. of ACESYS III Conference, Rutgers University, CCEA (Center for Controlled Environment Agriculture). 1999: 31-45.
- [3] 侯艳锋, 曲英华. 闭锁型育苗系统的开发与利用[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(23): 7071-7072, 7089.
- [4] 刘水利. 人工光源在闭锁式植物工厂中的应用研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2007.
- [5] 朱本海. 人工光型密闭式植物工厂的洁净与环境控制[D]. 北京: 中国农业大学, 2006.
- [6] 贺冬仙, 朱本海, 杨珀, 等. 人工光型密闭式植物工厂的设计与环境控制[J]. 农业工程学报, 2007, 23(3): 151-158.
- [7] 卜云龙, 张栋. 闭锁型工厂化育苗系统的研究开发[J]. 蔬菜集约化高效育苗技术, 2010(7): 196-200.
- [8] 李东星, 许明, 周增产, 等. 闭锁型工厂化育苗系统的研究与试验[J]. 长江蔬菜, 2013(7): 37-41.
- [9] 崔瑾, 徐志刚, 邸秀茹. LED 在植物设施栽培中的应用和前景[J]. 农业工程学报, 2006, 24(8): 249-253.
- [10] 王修兰, 徐师华, 李佑祥, 等. 环境 CO₂ 浓度增加对玉米生育生理及产量的影响[J]. 农业工程学报, 1995, 11(2): 109-114.
- [11] 侯玉栋, 邢禹贤. 蔬菜 CO₂ 施肥及研究进展[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 1997, 28(1): 73-78.
- [12] 王书洁, 赵生. 保护地蔬菜生产中液态 CO₂ 施放效果[J]. 沈阳农业大学学报, 1997, 28(2): 167-168.
- [13] 王修兰, 徐师华. CO₂ 浓度倍增对大豆各生育期阶段的光合作用及干物质积累的影响[J]. 作物学报, 1994(5): 520-527.

Design and Development of Artificial Lighting Closed-type Seedling Production System

ZHU Rong-jie¹, LI Bao-hai², WANG Shi-bin¹, YANG Bin¹, XIANG Dong¹, BU Yun-long³, LI Dong-xing³

(1. Institute of Vegetable Sciences, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Lhasa, Tibet 850032; 2. Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Lhasa, Tibet 850032; 3. Beijing Kingpeng International Hi-Tech Corporation, Beijing 100094)

Abstract: There are low survival rate and production for seedlings in traditional greenhouse in Tibet, and is not conducive to large-scale commercial production of seedlings. Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences developed a set of artificial light closed-type transplant production system. The system contains air-conditioning system, CO₂ supplementary devices, air mixing fan, nutrient fluid circulation system and electrical control devices. Artificial light closed-type transplant production system have many advantages, such as produced rapidly, short cycle, highly automation, clean and efficient space utilization. This system uses adiabatic panel enclosed the space, which could control the inside and outside material and heat exchange of the system within the minimum limits, and could achieve the overall regulation and control of the temperature, relative humidity, CO₂, light, nutrition and other factors.

Keywords: closed-type transplant production system; artificial lighting; factory seedling; design and development