

垂直植物工厂设计与实践探讨

赵新立

上海沪防建筑设计有限公司 上海 201703

摘要: 探究垂直植物工厂设计与实践,能够进一步提升垂直植物工厂生产效率和质量,强化资源利用率,解决目前农业生产面临的资源紧缺、不确定性强等问题。本文对垂直植物工厂设计与背景进行了研究,并结合实际项目分析了垂直植物工程设计与实践策略,希望能为相关从业者开展工作提供一定的理论依据。

关键词: 垂直;植物工厂;设计

前言: 植物工厂指的是通过设施内高精度环境控制,实现农作物周年连续生产的高效农业系统,植物工厂内的计算机能够为作物提供需求光照、湿度、温度、营养,实现精准调控和供给,从而实现高效生产。垂直植物工厂是一种全新的生产形式,在对工厂进行设计时缺乏对应的参照案例,这就需要设计人员具有较强的专业能力和实践经验,在本案例中,通过对已经投入使用的垂直植物工厂设计进行探究,就能找到其中存在的一些问题,这对于提升设计质量、强化应用质量有着重要作用。

1 垂直植物工厂设计与实践背景研究

在2023年,全国首座无人化垂直植物工厂在成都正式投入使用,这座高20层的植物工厂引领了我国农业发展方向,让农业进一步向着标准化、产业化方向发展、进步。

本项目位于上海市崇明区,项目名称为崇明区永隆数智草莓植物工厂项目,项目投资约10662万元,总建筑面积约为10800m²。项目旨在打造现代化的草莓生产基地,推动草莓产业从传统种植模式向现代化、智能化方向转型,延长草莓产业链,打造出草莓种植、加工、销售一体化的发展模式,实现农业产业提质升级。在该项目中,希望利用全新的智能温室技术来精确调控草莓的生长环境,提升草莓产量和质量,并且实现草莓的规模

化、集约化生产,提升土地利用率、降低生产成本,在永隆村打造高品质草莓品牌,助力乡村振兴工作^[1]。

2 垂直植物工程设计与实践策略

2.1 结合作物开展设计工作

作物对于植物工厂设计会产生较大影响,在开展设计工作时,一定要考虑作物植株大小、作物空间喜好等诸多因素,避免出现空间利用率较低或是空间不足影响作物生长等情况。本项目种植的作物为草莓,草莓是一种蔷薇科草莓属的多年生草本植物,具有耐寒、耐阴、不耐旱、不耐涝、不抗高温、不抗严寒等特点,草莓喜欢生长在温暖、阳光充足的环境中,一般植株高10cm—40cm,根系分布在15cm—20cm的土层内,少数植株根系能生长至40cm。在过去种植草莓时,一般会选择地势平坦、土壤肥沃、土质疏松的沙壤土地块,其种植的行距和株距一般为30cm和40cm左右,这能保证草莓苗获得充足的光照,同时也能提升土壤空间利用率。但不同草莓需要不同的种植间距,例如,法兰帝草莓的株距一般在15cm左右,丰香草莓间距则为16cm—18cm^[2]。

如表1所示,灌溉量对草莓生长会产生较为明显的影响,这说明草莓对于灌溉量较为敏感,但160m³灌溉量时,草莓生长数据明显低于144m³时灌溉量时,说明草莓是一种不抗旱但也不抗涝的作物,因此,采用滴灌十分容易控制灌溉量,以免由于灌溉量问题,影响草莓生长。

表1 灌溉量对草莓生长的影响

灌溉量 (m ³ /666.7m ²)	茎粗 (cm)	叶柄粗 (cm)	株高 (cm)	叶面积 (cm ²)	根冠比
160	1.05a	11.02a	22.33a	15.25b	0.38b
144	1.12a	11.33a	23.66a	16.18a	0.39b
128	0.97b	10.96ab	20.ab	14.50bc	0.42ab
112	0.69c	9.50b	18.54b	13.88c	0.45a

结合上述数据内容,在开展垂直植物工厂设计时,设计人员设置的草莓种植区约为4300m²,种植净空为5m,总培育面积约为2万方。草莓种植以垂直方式开展,

作者简介: 赵新立(1974.10.25),男,汉,本科学士,河南省,国家一级注册建筑师,研究方向(建筑设计)

在5m净空内共设置了6层培育箱，每箱种植5株草莓，根据估算，在该项目中，单株草莓产量能够达到1.2—1.5kg/年，预计该项目每年能产出高质量草莓超400t。由于草莓是一种喜好阳光的作物，植物工厂采用玻璃温室的方式建设，以确保草莓苗能够获取到充足的光照，对于低层难以获得光照的草莓苗，则采用模拟日光的方式为其提供充足光照，以保证其健康成长。草莓属于较为娇弱的植物，因此，为了保障草莓生长，在设计时就充分考虑了草莓生长特点，在每一个草莓种植模组中都集成了植物照明、营养液调控、滴灌、智能环控等技术，确保草莓苗能够高质量成长，并实现草莓的高效产出^[3]。

2.2 设计组培实验室

组培实验室是草莓培育的重要区域，本项目计划建设占地约1000m²的组培实验室，以保证草莓培育工作高质量、高效率地开展，满足最初设计的草莓生产需求。在设计组培实验室时，一定要遵循科学合理、操作便捷、安全卫生等原则，一定要保证操作空间充足，并确保人员流动畅通无阻，以免影响到培育实验工作开展。同时，实验室设计还要考虑到未来的拓展性、可升级性，要预留足够的端口和空间。设计人员需要对草莓组培工作进行深入学习了解，根据实验流程和操作需求，合理地组培实验室进行功能区域划分，如，准备区、接种区、培养区、观察区等，每个区域要做好标识和隔离，以免出现交叉感染、误操作等情况。同时，组培实验室对于清洁度有着较高要求，设计人员要提前做好消毒、净化设计，实验室内应该安装有空气净化系统以及各类消毒装置，保证实验室内的空气清洁度满足实验要求，同时，良好的杀菌消毒也能避免病毒、细菌以及其他病原体对人和植株造成影响，影响整体培育质量。

在设计组培实验室时，也要结合草莓种植的特性进行。草莓喜日照，但为了保证实验室环境，在设计时应该避免自然日照对实验结果带来影响。因此，在室内应该设计安装无影灯、模拟日照设备，这不仅能保证工作人员在开展工作时有着清晰的视野，同时也能模拟日照条件，让草莓良好生长。在该项目中，需要在组培实验室设置四个培养间，并设置清洗间、组培瓶放置间、接种间、灭菌间等区域。由于项目特殊性，在培养间内无需安装灌溉系统、控温系统和湿度控制系统，所有环境均由工作人员自行调节，以满足工作人员的需求^[4]。

2.3 将所有技术相互融合

在垂直植物工厂项目中，需要应用大量现代化技术，设计人员需要对其进行合理的分布，以确保各项技

术相互之间融合，同时便于工作人员操作，以免引发部分技术无法发挥出应有作用，甚至产生负面作用。

草莓喜爱日照，在设计时需要寻找对应的日照模拟设备。在该项目中，设计人员选择了四维开发生产的高效率植物灯，其PPFD $\geq 220\mu\text{mol/s/m}^2/@30\text{cm}$ ，灯具光谱采用红蓝，十分适于草莓生长。该灯具还能实现灯光30%~100%强度可调，满足不同品种的光照需求。在设计灯具位置时，设计人员采用AI技术进行模拟设计，找到了最佳安装点位，以保证所有植株都能接收到充足的光照。草莓种植采用滴灌系统，灌溉时间、灌溉量都能使用设备进行调节，种植盆、种植架采用四维研发、生产的产品，符合食品级材料需求，每个种植盆能够同时种植5株草莓。灌溉系统与营养系统、监控系统、环境系统连接，全部受到智能终端系统控制，远程实时监控利用传感器对室内数据、草莓生长情况进行监控，数据会传输到智能终端系统中，系统就能根据实际情况，智能化地调整环境、灌溉、照明等系统，保证能够为草莓构建出良好的生长环境。

本项目采用四维生态农业数智化应用系统，通过将物联网与数字云平台结合，实现农业生产环境的智能感知、智能预警、智能决策、智能分析等功能，为农业生产提供精准化SOP自动管理、可视化管理、智能化决策，提升草莓生产管理质量，为草莓生产构建出良好的环境。在智能化模式下，资源利用率大幅度提高，利用AI、大数据、云计算等技术，还能实现智能化的环境控制、一键智能种植、种植生产调度等功能，将数字赋能与草莓生产工作，克服草莓生长缓慢、受季节限制等问题，促进草莓种植产业规模化、标准化、现代化进程，推动草莓产业链高质量发展^[5]。

结语：通过建设崇明区永隆数智草莓植物工程项目，能够树立起崇明区高端农业品牌形象，提升上海农业的国际知名度和影响力。在设计垂直植物工厂时，一切都需要围绕种植作物进行，要根据生长特点以及工作人员需求，来合理的设计各功能区，并保证所有技术设备能够高效应用，确保现代化技术能够高效促进作物生长，实现建设垂直植物工厂的目的。

参考文献

- [1]童俊华,刘刘霓红,孙良,等.植物工厂岩棉块种苗移植机移植部件设计与试验[J].农业机械学报,2024,55(3):106-114.
- [2]张一舍,仝宇欣,张义,等.植物工厂双通道导气通风模式对生菜冠层热交换的影响[J].农业工程学报,2024,40(22):154.

[3]王婷婷,金娜.在多层技术工程实践中促进学生生命意识发展——以《设计与建造“植物工厂”》一课教学为例[J].湖北教育,2023(19):7-9.

[4]郑建锋,贺冬仙,季方.草莓原种苗工厂化育苗工艺设

计与繁育量预测[J].农业工程学报,2022,38(S01):226-231.

[5]薛金金,张龙,吴梁玉,等.光伏-光热-风冷热泵式供能植物工厂空调系统设计[J].新能源科技,2024,5(2):20-25.