

# 草莓立体栽培装备研究进展

吕程辉<sup>1</sup> 廖 剑<sup>1</sup> 陈 鸿<sup>1</sup> 卢泽民<sup>1</sup> 高星星<sup>1</sup>

王 锐<sup>1</sup> 谢敬波<sup>1</sup> 庞雄斌<sup>1</sup> 罗 欣<sup>1</sup> 王 瑞<sup>2</sup>

1. 武汉市农业科学院, 湖北 武汉 430345 2. 江夏区农业技术推广中心, 湖北 武汉 430345

**摘要:**草莓立体栽培利用栽培槽、栽培管、栽培柱等设备作为草莓生长的载体,能够提高温室空间利用率,避免连作障碍,减小人工劳动强度,方便日常栽培管理和果实采摘,提高草莓产量和品质。为此,对目前国内国外常见的 H 型、A 型、墙体、柱式、悬吊式等不同形式的草莓立体栽培装备的技术特点和研究进展进行总结和归纳,展望我国草莓立体栽培装备的研究和发展趋势。

**关键词:**草莓;立体种植;无土栽培;设施装备

**中图分类号:**S668.4;S628

**DOI:** 10.3969/j.issn.2097-065X.2023.02.005

## 0 引言

草莓果肉鲜美,富含氨基酸、维生素和矿物质等营养物质,具有较高的营养价值,受到消费者青睐。我国是草莓生产和消费大国,草莓栽培面积、产量和消费量均位居全球首位。目前我国草莓种植栽培模式主要是露地栽培,该模式存在果实产量低、人工劳动强度大、土壤连作障碍等问题<sup>[1]</sup>。草莓立体栽培通过栽培槽、栽培管、栽培柱等设备作为草莓生长的载体,能够提高温室空间利用率,减小人工劳动强度,方便日常栽培管理和果实采摘,提高草莓产量和品质,观赏性更强,适合观光采摘,并且立体无土栽培选用合适基质代替土壤,能够避免土壤连作障碍<sup>[2]</sup>。20世纪80年代至今,日本、美国、西班牙、意大利等国家开发了不同形式的草莓立体栽培装备,近年来,我国也在大力发展推广应用草莓立体栽培技术。

## 1 H 型栽培架

H 型栽培架主要由 H 型立柱支架、栽培槽和排水槽等组成,具有制作方便、成本低、方便人工管理和采摘等优点。根据层数可分为单层 H 型栽培架、双层 H 型栽培架、三层 H 型栽培架。双层和三层 H 型栽培架进一步增加了单位面积种草莓植株数,从而提高草莓产量。对于多层 H 型栽培架,由于上层光照环境优于下层光照环境,因此上层草莓的生长状况和产量优于下层草莓,并且下层草莓成熟时间晚于上层草莓<sup>[1]</sup>。

2015年,王春玲等将两层和三层的 H 型栽培架进行不同组合,测试分析了两层与两层相邻布置、三层与三层相邻布置、两层与三层交替布置等 3 种不

同组合处理下草莓的光照环境、生长状况和产量,结果表明 H 型栽培架以两层与两层相邻布置方式得到的各项指标最佳,更适合用于草莓立体栽培的生产推广应用<sup>[3]</sup>。

日本草莓高架栽培技术大多是在 H 型栽培架的基础上进行改进,如栃木模式、滋贺模式、长崎模式、大分模式、福冈模式等<sup>[4]</sup>。以日本阿格里斯株式会社的高架栽培装置为例说明:该装置主要由骨架、网兜、托管、塑料卡件等组成,如图 1 所示。骨架和托管的材质均为镀锌钢管。网兜包括上下两层,上层网兜栽培两行草莓,通过托管保证上层网兜内基质水平和水分均匀分布,骨架两侧的下层网兜各种植一行草莓。2018年,北京市昌平区从日本阿格里斯株式会社引进草莓高架栽培设备,示范结果表明草莓品质与地栽草莓无明显差异,并且和常规栽培相比,具有节水、节肥、节约等优点<sup>[5]</sup>。

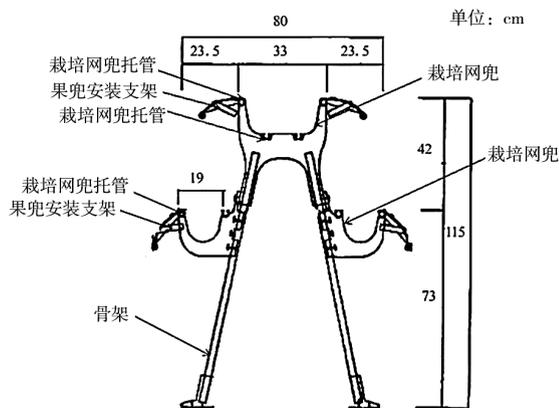


图 1 阿格里斯栽培架

由于草莓根系对环境温度敏感,在冬季草莓种植管理时,应采取合适的保温方法,可考虑在栽培架下方设置暖风管或温水管<sup>[6]</sup>。日本诚和株式会社<sup>[7]</sup>、农业部规划设计研究院<sup>[8]</sup>研发了储热式草莓高架栽培装置。栽培架下方设置储热蓄水槽,与热泵主机、循环泵相连。白天温室内多余的热量储存

在储热水槽的水中,并通过热泵制冷降低温室温度,晚上将储水槽中水的热量释放到温室内,并使用热泵加热实现温室加温的效果,以达到节约能源的目的。

## 2 A型栽培架

传统A型栽培架由A型支架、栽培槽等组成,A型支架两侧各安装若干个排栽培槽。栽培架南北向摆放,栽培架之间应保持合适的间距,以确保光照条件。

在传统A型栽培架结构基础上,相关科研人员进行了改进。2011年,赵永志等<sup>[9]</sup>提出了一种温室移动式立体栽培装置,主要包括A型栽培架、栽培槽、导轨、滑轮、支撑轴、传动机构等,如图2所示。人工转动手摇主动轴时,通过传动机构和滑轮带动栽培架水平移动,从而改善草莓植株光照,提高草莓产量和品质,同时方便空出人行通道进行栽培管理<sup>[9]</sup>。

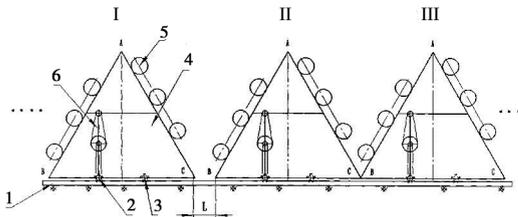


图2 移动式立体栽培装置<sup>[9]</sup>

2011年,赵永志等<sup>[10]</sup>还提出了一种温室开合式立体栽培装置,主要包括支架、栽培槽、转动主轴、减速电机、曲柄连杆机构等,如图3所示。栽培架支架为A型支架,需要进行栽培管理或采摘果实时,通过减速电机带动曲柄连杆机构转动调整栽培架角度使两侧支架处于和地面垂直状态。

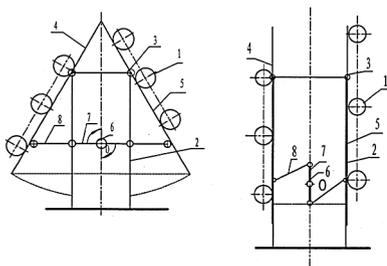


图3 开合式立体栽培装置<sup>[10]</sup>

2015年,宋卫堂<sup>[11-12]</sup>提出了一种手动追日式多层立体草莓栽培系统和一种自动追日式多层立体草莓栽培系统,主要包括指示杆、栽培支架、栽培槽、曲柄连杆机构、电机、控制箱等,如图4所示。通过手动或自动控制曲柄连杆机构转动调节栽培支架角度,使栽培支架上方的指示杆的影子和栽培支架中轴线重合,使草莓最大程度地均匀接受光照。2017年,王春玲等<sup>[13]</sup>将三层追日式与固定式栽培架的草莓冠层光环境、根际及冠层温度环境、草莓产量进行了试验测试对比,结果表明追日式栽培系统能够有

效改善冠层光温环境,增加草莓品质和产量。

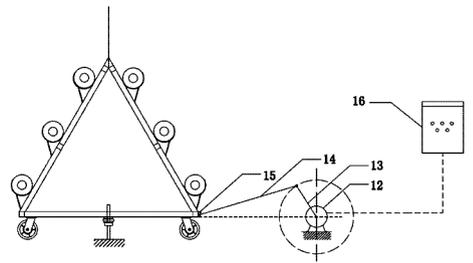


图4 自动追日式多层立体草莓栽培系统<sup>[12]</sup>

## 3 墙体栽培架

墙体栽培是通过特定栽培设备附着在建筑物的墙体表,采用栽培槽或管道进行草莓立体无土栽培,能够节约土地,提高空间利用率,增加草莓产量,还具有提高冬季温室温度,保护墙体等作用<sup>[14]</sup>,如图5所示。



图5 墙体栽培架

## 4 柱式栽培架

柱式栽培装架主要由立柱、栽培钵、滴液盒等组成,如图6所示。各栽培钵相互错开安装在立柱上,通过滴液盒从上往下供给营养液,并且可通过液管回收循环利用营养液。通过旋转立柱保证植株均匀采光、生长整齐。由于草莓根部相对集中在栽培钵内,浇水施肥时能够直接作用在草莓根部,因此肥料利用率高、见效快。并且由于各柱式栽培架之间相对独立,能够有效避免病虫害的传播。



图6 柱式栽培架

## 5 悬吊式栽培架

悬吊式栽培是将栽培槽悬吊在空中进行栽培,悬吊式栽培下方空间大,可进行育苗等其他作业,如

图7所示。悬吊式栽培装置主要包括栽培槽、电机、钢丝绳、滴灌系统。通过电动控制调整栽培槽悬吊高度,提高温室空间和太阳光照利用率,并且便于空气流通,方便管理和采摘。同时能够调节栽培槽坡度,方便多余营养液回收<sup>[15]</sup>。



图7 悬吊式栽培架

2022年,武汉市农业科学院农业机械化研究所研制了一种悬吊式栽培架,主要包括钢结构框架、栽培槽、电机、传动轴、齿轮箱、卷管、吊钩、行程开关、滴灌系统、物联网系统等。电机固定在钢结构框架上,通过传动轴和齿轮箱带动卷管转动,栽培槽通过吊钩和钢丝绳悬吊在卷管上,实现栽培槽的高度调节,电机设置起始和结束位置行程,钢结构框架上设有行程开关,实现平衡位置的自动悬停,处于平衡位置时所有栽培槽处于同一水平高度,采光一致性好。同时设置水肥一体化滴灌系统实现精准施肥,通过调节吊钩高度实现栽培槽坡度调节,方便多余营养液回收。

## 6 草莓立体栽培装备发展趋势展望

草莓立体栽培具有节约土地、节水、节肥、节药,产量和品质高,方便栽培管理和果实采摘,能有效减少土传病害,劳动强度低等优点,发展潜力大。近年来,通过引进国外成熟技术和国内企业、科研单位自主研发,我国草莓立体栽培设施装备得到了快速发展:

(1)草莓立体栽培模式推广和应用。草莓立体栽培模式在日本、美国、欧洲等国家和地区的应用历史较广泛。近年来,我国在政府财政的大力支持下,北京、上海、东北、河北、江苏等地区开展了草莓立体栽培示范和推广,但和日本、美国、欧洲等国家相比草莓立体栽培模式占比仍偏低。草莓立体栽培模式符合都市农业发展方向,适合在休闲观光采摘园、科技示范园等大型农业区进行大规模推广和应用。

(2)草莓立体栽培装备自动化和智能化升级。将传统草莓立体栽培技术与物联网技术、深度学习技术、图像识别技术、智能机器人技术等结合,建立草莓在线生长监控系统,通过评估和改善草莓生长环境条件<sup>[16]</sup>,提高草莓的品质和产量,并研发适合立体栽培的草莓采摘机器人<sup>[17]</sup>,进一步降低人工强度。

(3)草莓立体栽培模式生产性能评价。开展草

莓立体栽培模式生产性能评价,定量分析对比不同栽培模式下的光照环境、植株营养生长、果实产量与品质、经济效益等指标<sup>[18]</sup>,有助于草莓立体栽培装备优化设计和技术推广应用。

## 参考文献:

- [1] 路河. 草莓高效基质栽培技术手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2018.
- [2] 赵霞, 周厚成, 李亮杰, 等. 草莓高效栽培与病虫害识别图谱[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2017.
- [3] 王春玲, 宋卫堂, 赵淑梅, 等. H型栽培架组合方式对光照及草莓生长和产量的影响[J]. 农业工程学报, 2017, 33(2): 234-239.
- [4] 沈建生, 林贤锐, 王艳俏. 日本高设草莓主要模式及栽培关键技术[J]. 中国南方果树, 2010, 39(6): 74-77.
- [5] 陈明远, 齐长红, 陈加和, 等. 草莓轻简化高架栽培设备引进与应用[J]. 蔬菜, 2019(11): 60-63.
- [6] 陈明远, 齐长红, 于静湜, 等. 日本阿格里斯草莓高架栽培模式的引进[J]. 中国蔬菜, 2020(11): 104-106.
- [7] 陈怀勳, 赵彬, 陈明远, 等. 储热式草莓高架栽培技术的引进与应用[J]. 中国蔬菜, 2012(21): 44-47.
- [8] 李邵, 齐飞, 尹义蕾, 等. 一种蓄热式草莓高架栽培装置[P]. 北京: CN204697627U, 2015-10-14.
- [9] 赵永志, 曲明山, 魏荔, 等. 一种温室移动式立体栽培装置[P]. 北京: CN201947713U, 2011-08-31.
- [10] 赵永志, 曲明山, 宋卫堂, 等. 一种温室开合式立体栽培装置[P]. 北京: CN201911140U, 2011-08-03.
- [11] 宋卫堂, 赵永志, 赵淑梅, 等. 一种手动追日式多层立体草莓栽培系统及其使用方法[P]. 北京: CN104429700A, 2015-03-25.
- [12] 宋卫堂, 赵淑梅, 赵永志, 等. 一种自动追日式多层立体草莓栽培系统及其使用方法[P]. 北京: CN104429699B, 2017-02-22.
- [13] 王春玲, 宋卫堂, 赵淑梅, 等. 追日式草莓立体栽培架改善光温环境提高草莓产量[J]. 农业工程学报, 2017, 33(11): 187-194.
- [14] 邢文鑫, 赵永志, 曲明山, 等. 草莓立体栽培概况[J]. 河北农业科学, 2011, 15(7): 4-7.
- [15] 朱文莉, 陈为兰, 吴巧玲, 等. 智能温室可升降吊挂式草莓立体无土栽培技术[J]. 现代农业科技, 2022(16): 60-63.
- [16] 倪添, 苏焯琴, 刘银萍, 等. 草莓数字化高架栽培模式初探[J]. 上海蔬菜, 2022(3): 51-53.
- [17] 张凯良, 杨丽, 王粮局, 等. 高架草莓采摘机器人设计与试验[J]. 农业机械学报, 2012, 43(9): 165-172.
- [18] 揭琳南, 焦书磊, 王秀娟, 等. 一种新型设施草莓立体栽培模式的探讨[J]. 中国农业大学学报, 2019, 24(2): 61-68.

作者简介: 吕程辉, 男, 1990年生, 工程师、硕士。研究方向为设施园艺装备。廖剑(通讯作者), 男, 1985年生, 高级工程师、硕士。研究方向为设施园艺装备。