

# 适用于 LED 植物工厂育苗的多层潮汐式苗床系统的研发及应用

善盈盈<sup>1</sup>, 善新民<sup>2</sup>, 祝勇仁<sup>1</sup>

(1. 浙江机电职业技术学院, 浙江 杭州 310053; 2. 中恒农业科技有限公司, 浙江 衢州 324002)

**摘要:**为填补国内在 LED 植物工厂育苗应用中立体化栽培架的市场空白, 推进植物工厂育苗的产业化发展, 课题组研发了一款多层潮汐式苗床系统。该苗床系统使用潮汐式的灌溉方式, 突破了普通穴盘育苗苗床的层高限制, 并通过在苗床底部安装平衡螺栓和改变传统进回水孔分离的方式, 解决了潮汐式苗床常见的烂根和供水管路堵塞等问题。经实际应用证明, 采用多层潮汐式苗床系统的 LED 植物工厂育苗效率明显优于普通苗床育苗, 具有良好的应用前景。

**关键词:**LED 植物工厂; 穴盘育苗; 多层潮汐式苗床; 产业化发展

**中图分类号:**S 126 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)11-0057-05

秧苗质量是决定作物产量和品质的关键。传统育苗的劳动力成本高、受环境影响大, 且品质难以控制, 正在面临越来越多的挑战<sup>[1]</sup>。LED 植物工厂育苗是一种资源集约型的育苗方式, 它以 LED 灯代替太阳光作为植物生长光源, 通过计算机对秧苗发育过程的光照、温度、湿度、CO<sub>2</sub> 浓度以及水肥等环境条件进行自动控制, 不受地理、气候等自然条件影响, 可按计划进行生产, 秧苗生长周期短、速度快、污染少, 品质显著提高<sup>[2-5]</sup>。LED 植物工厂育苗已成为现代农业的重点发展方向。

LED 植物工厂育苗的关键技术之一就是研发装有 LED 植物生长灯的育苗栽培架(或称苗床)。适用于植物工厂的栽培架必须是立体多层式的, 只有充分提高空间利用率和单位面积产量, 才能降低植物工厂栽培的成本, 提高市场竞争力。但国内的多层栽培架主要用于花卉或蔬菜栽培, 育苗用苗床较少, 且多为单层结构。这主要是因为目前应用中的立体化栽培架只适用于水耕栽培, 即以营养液代替土壤, 将植物根部直接浸在溶液中, 在施肥的同时吸收水分。而育苗采用的是基质土穴盘育苗方式,

秧苗的根部生长在基质土里, 需要使用人工浇灌或机械喷淋的方式进行灌溉。而这 2 种灌溉方式均受灌溉高度影响较大, 不适用于立体化栽培。所以研发多层育苗床及配套的灌溉系统是实现 LED 灯植物工厂育苗市场化的关键技术。

“潮汐式”灌溉是针对盆栽植物和容器育苗所设计的一种底部给水方式<sup>[6]</sup>。灌溉时水由进水口漫出, 并在栽培架中积累至合适高度(称为“涨潮”), 而植物则可利用虹吸原理从底部吸收水分; 灌溉完成后, 水又从回水口退下去(称为“落潮”)。故若使用“潮汐”的方式对穴盘苗株进行灌溉, 整个过程中灌溉水就能从穴盘底部均匀地作用到每株苗, 并摆脱对栽培架高度的限制; 同时, 潮汐式灌溉还可实现对浇灌用水的量化控制及循环再利用, 提高水资源的利用效率, 是一种适用于 LED 植物工厂育苗立体化栽培理念的高效、节能的灌溉方式<sup>[8]</sup>。

实现潮汐式灌溉技术与多层育苗床的结合需要解决 2 个主要问题, 一是因床面不平整而出现的灌溉不均匀, 二是烂根。任建华<sup>[9]</sup>指出, 潮汐式灌溉对植床的工作面要求极为严格, 只有植床表面非常水平才能保证在“涨潮”时水能自由地在灌溉区域流动; “退潮”时, 多余的水能全部回流到蓄水池<sup>[9]</sup>。但实际生产中, 受到材料和加工技术等因素的限制, 苗床表面很难做到水平, 这就会导致秧苗底部长期浸泡在积水中出现烂根。同时, 一般的潮汐式苗床会在床身上布置进水和回水 2 套供水管路<sup>[10]</sup>, 但随着

**第一作者简介:**善盈盈(1984-), 女, 浙江衢州人, 硕士, 讲师, 研究方向为机械制造工艺与装备。E-mail:707651822@qq.com.

**基金项目:**浙江省科技厅公益技术应用研究资助项目(2017c32025)。

**收稿日期:**2017-02-03

苗床层数的增加,管道数量增多、布置更为复杂,一旦基质残渣、灰尘等积累在管道内,就会造成水管堵塞,出现进排水不畅的情况。

针对目前国内多层潮汐式苗床尚无定型产品的情况,该课题组与衢州中恒农业科技有限公司合作,研发一款适用于 LED 植物工厂育苗的新型多层潮汐式苗床,包括苗床的材料选择和工艺设计、苗床结构设计、管路设计以及潮汐灌溉控制系统设计。并通过解决苗床应用中容易出现的“烂根”和管路堵塞等问题,以为多层潮汐式苗床的市场化推广提供硬件支持。

## 1 多层潮汐式苗床的设计

该试验所设计的多层潮汐式苗床如图 1、2 所示,主要由外框、LED 灯、穴盘组、平衡螺栓、不锈钢网垫和苗床托盘组成。

### 1.1 苗床材料和加工工艺选择

多层潮汐式苗床的材料主要从经济实用、高强度、耐腐蚀和使用年限长等方面进行考虑。外部框架以冷轧钢板作为原料,通过焊接的方法进行制作;托盘选用镀锌钢板,通过铆焊方法制作;网垫因为直接浸在水中,所以适宜选用耐腐蚀强的不锈钢材料焊接成型。

### 1.2 苗床结构设计

苗床高 3 层,外部为框架结构,下部用于支撑托盘,顶部用于安装 LED 植物生长灯。

框架底部四角以平衡螺栓进行支撑。安装时,通过调整螺栓的高低,并配合使用水平测试仪,即可实现苗床托盘的水平调整,防止出现灌溉不均匀和积水等问题。

托盘上部依次放置不锈钢网垫和穴盘组,不锈

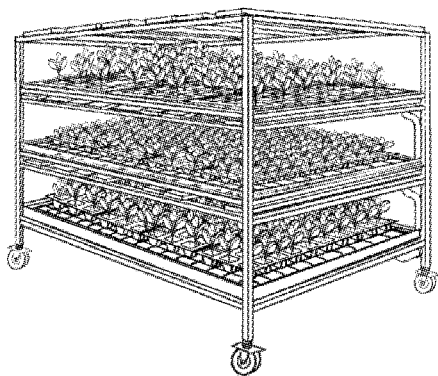
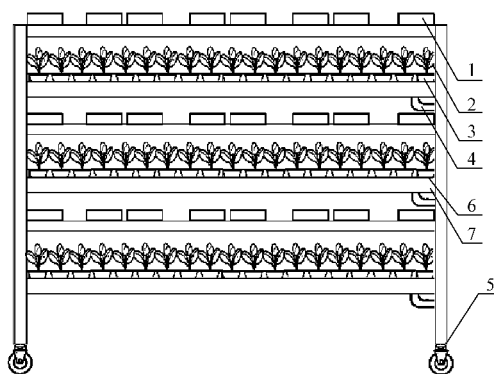


图 1 多层潮汐式苗床示意图

Fig. 1 Diagram of multilayer seed tray with tidal irrigating system



注:1. LED 植物灯;2. 秧苗;3. 穴盘组;4. 进回水管;5. 平衡螺栓;6. 不锈钢网垫;7. 苗床托盘。

Note:1. LED lights;2. Seedling;3. Cell trays;4. Inlet-and-outlet pipes;5. Balance bolts;6. Stainless steel wire mesh;7. Pallets.

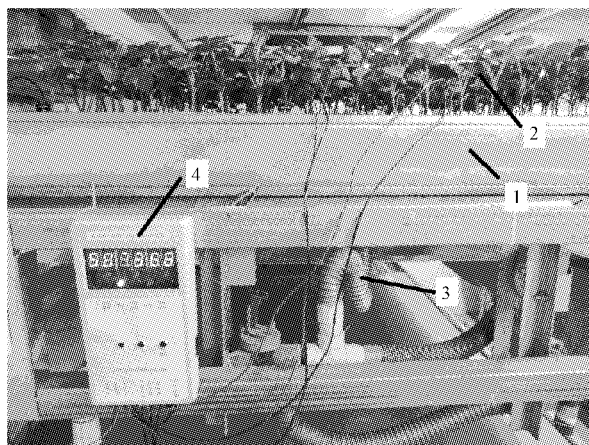
图 2 多层潮汐式苗床平面图

Fig. 2 Diagram of the multilayer seed tray with tidal irrigating system

钢网垫可以避免穴盘组直接接触托盘底部,方便秧苗根部通风,从而减少病菌滋生,有效避免了秧苗“烂根”现象。

## 2 多层潮汐式苗床的自动灌溉系统设计

如图 3 所示,多层潮汐式苗床的自动灌溉系统由苗床托盘、穴盘组、进回水管路系统和自动进回水控制仪组成。



注:1. 苗床托盘;2. 穴盘组;3. 进回水管路;4. 自动进回水控制仪。

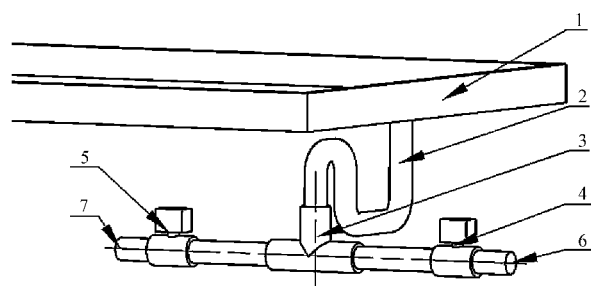
Note:1. Pallets;2. Cell tray;3. Inlet-and-outlet pipes;4. Automatic inlet-and-outlet controller.

图 3 多层潮汐式苗床的控制系统

Fig. 3 Controlling system of the multilayer seed tray with tidal irrigating system

## 2.1 管路设计

传统潮汐灌溉系统一般有进、回水 2 套管路系统。但在多层潮汐式苗床中,考虑到苗床层数多,为简化管理布置,可仅在托盘上开一个孔,同时作为进水和回水孔。该孔通过三通分别连接进水和回水管,如图 4 所示。这种设计不仅简化了管路布置,而且最大的优点是可以通过控制进回水阀交互开闭的方式,对托盘进行进排水,并利用水流上下冲击,解决管道口容易堵塞的问题。



注:1. 托盘;2. 连接水管;3. 三通;4,5. 电磁阀;6. 回水管;7. 进水管。

Note:1. Pallet;2. Joint;3. Tee joint;4,5. Solenoid valve;6. Out-let pipe;7. Inlet pipe.

图 4 潮汐式苗床管路

Fig. 4 Pipes of tidal irrigating seed tray

## 2.2 自动灌溉系统设计

自动进回水控制仪每隔 6 h,自动检测穴盘中基质土的含水量。当含水量低于设定值(设定为 60%)时,控制仪开启水泵和进水阀,水经由进水管缓缓流入托盘。在距托盘底部 0.02 m 处安装有一限位开关,当液面达到限位高度时,系统自动关闭进水阀,水位维持在当前高度使秧苗充分吸收水分。进水停止后,控制仪将以 10 s 的频率检测基质土中的含水量,当含水量达到设定值后,控制仪开启回水阀,多余的水经由回水管反流回蓄水池。另外,该控制仪还设置了水位超高报警装置,当水位高出托盘时,系

统会发出警告,并启动自动排水功能,防止灌溉水溢出苗床。图 5 为多层潮汐式苗床自动灌溉系统的工作流程图。

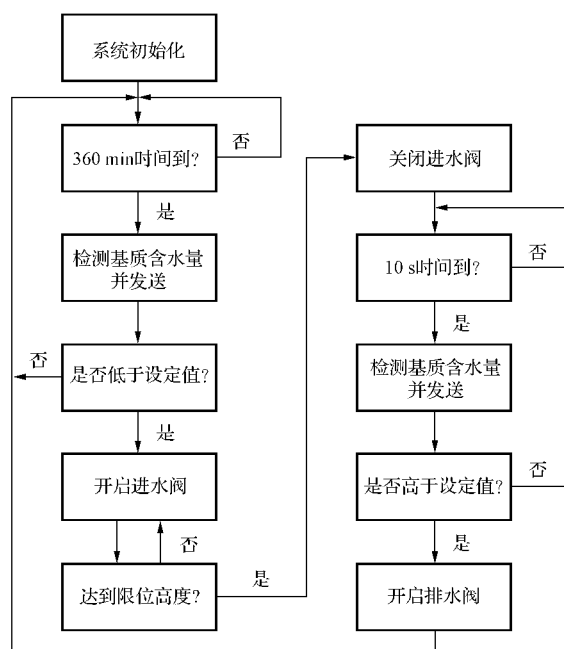


图 5 多层潮汐式苗床自动灌溉系统流程

Fig. 5 Automatic tidal irrigating system with multilayer seed tray

## 3 育苗试验效果分析

为验证该研究所设计的多层潮汐式苗床系统的可行性,将其与普通苗床育苗进行对比试验。试验场地选择在衢州中恒农业科技有限公司的 LED 植物育苗工厂中,选用秧苗为黄瓜苗,育苗时间为 3 个育苗周期(从浸种、催芽至成苗为 1 个育苗周期,一般为 20 d),每个育苗周期选用秧苗 800 株。试验将从秧苗的成活率、耗电量、耗水量、农药消耗、劳动力耗电量、育苗时间、成本等方面进行对比。

表 1

育苗试验对比

Table 1

Contrastive experiment of seedling

名目 Items	第一个育苗周期 1 <sup>st</sup> seedling period		第二个育苗周期 2 <sup>nd</sup> seedling period		第三个育苗周期 3 <sup>rd</sup> seedling period	
	LED 植物工厂育苗	普通苗床育苗	LED 植物工厂育苗	普通苗床育苗	LED 植物工厂育苗	普通苗床育苗
秧苗烂根率 Percentage of root rot/%	0	7	0	9	0	8
耗水量 Water consumption/m <sup>3</sup>	0.19	0.92	0.18	0.90	0.20	0.94
耗电量 Power consumption/W	14	0	13	0	15	0
农药使用量 Pesticide dosage/mL	0	15	0	15	0	15
每日劳动力 Labor force/人	0.25	7.50	0.25	7.50	0.25	7.50
育苗时间 Time/d	16	30	16	32	16	35
单株成本 Cost per plant/元	0.006 3	0.196 6	0.006 3	0.196 6	0.006 3	0.196 7

由表1可知,潮汐式苗床的使用有效杜绝了黄瓜苗烂根的情况;3个试验周期里,潮汐式苗床的耗水率分别为普通苗床的21%、20%和21%,可见采用循环灌溉的方式,能有效的节约水资源;LED植物工厂育苗每个试验周期均有14 W左右的耗电量,而普通育苗耗电量为0 W;由于LED植物工厂采用的是全封闭式的育苗方式,故而无需使用农药,安全、环保;采用了潮汐式苗床的LED植物工厂育苗自动化程度高,对劳动力的消耗远低于普通苗床育苗;3个试验周期中,LED植物工厂培育黄瓜苗的时间均为16 d,较之普通育苗方式时间短且稳定。综上可见,虽然LED植物工厂育苗较大棚育苗费电,但由于它可以循环利用水资源,且育苗周期短、苗株质量好,并且不需要大量的劳动力,因而结合到单颗苗株的成本上,与大棚育苗的差别并不大。因而较之传统的大棚育苗,采用多层潮汐式苗床系统的LED植物工厂育苗具有明显的市场应用优势。

#### 4 结论

该试验设计了一款适用于LED植物工厂育苗的多层潮汐式苗床,填补了此类产品在国内市场上的空白。这款苗床的主要特点表现为,首先,它通过在苗床底部四角安装平衡螺栓的方式,方便、简单地实现了对托盘(即床面)的水平调整,解决了普通潮汐苗床灌溉不均匀和残留水的问题;其次,它以一个进回水孔代替传统潮汐式苗床进回水孔分离的结构,通过控制进回水阀交互开闭的方式,实现自动进回水,并利用水流上下冲击,解决了传统潮汐苗床管道口容易堵塞的问题并实现了穴盘的自动灌溉。

经实际应用证明新型苗床的秧苗烂根率为0%,单个育苗周期的耗水量小于 $0.20\text{ m}^3$ 、耗电量小于15 W,结算至单株苗株的成本约为0.006 3元。与传统的大棚育苗相比,使用多层潮汐式苗床的LED植物工厂育苗,不仅育苗周期短、苗株质量高、人工成本低;同时因为采用了潮汐式的灌溉方式,实现了水资源的循环利用,因而具有良好的市场推广价值。目前该试验对潮汐式苗床的研究仅集中在苗床结构设计方面,而对灌溉指标如灌溉时间、灌溉高

度、灌溉频率等决定秧苗生长情况的重要参数仅是按经验进行设定。后续的研究中将加强对这项内容的研究,以期进一步提高潮汐式苗床的应用效果。

#### 参考文献

- [1] 杨其长,魏灵玲,刘文科,等. 植物工厂系统与实践[M]. 北京:化学工业出版社,2014.
- [2] 古在丰树. 人工光型植物工厂[M]. 北京:中国农业出版社,2014.
- [3] 杨其长,张成波. 植物工厂系列谈(一):植物工厂研究现状及其发展趋势[J]. 农业工程技术(温室园艺),2005(6):38-39.
- [4] GIOIA D M, KIM H H, WHEELER R M, et al. Plant productivity in response to LED lighting[J]. Hortic Sci, 2008, 43:1951-1956.
- [5] 杨其长,徐志刚,陈弘达,等. LED光源在现代农业的应用原理与技术进展[J]. 中国农业科技导报,2011(13):37-43.
- [6] 刘宏久,高艳明,李建设. 潮汐灌溉技术的研究进展[J]. 北方园艺,2014(10):174-177.
- [7] 朱隆静,刘良彬,徐坚. 托盘式潮汐灌溉育苗技术[J]. 温州农业科技,2014(4):35-37.
- [8] 张晓文,田真,刘文禧,等. 潮汐式灌溉系统的研发与推广[J]. 农业工程,2011(1):80-83.
- [9] 任建华. 水和营养液的潮汐式灌溉[J]. 节水灌溉,2004(3):49-50.
- [10] 王成,乔晓军,侯瑞峰. 自动监控技术在设施农业生产中的应用系列(六):潮汐式灌溉系统在设施农业生产中的研究与应用[J]. 温室园艺,2008(9):18-19.
- [11] 浅谈潮汐式灌溉系统的工作原理[EB/OL]. <http://www.gg-aquasmart.cn/hyjs/496.html>. 2008-02-18. [2016-11-15].
- [12] 周长吉,张学军,杨振声,等. 温室灌溉原理与应用[M]. 北京:中国农业出版社,2007.
- [13] CHRIS B. 温室及设备管理[M]. 17版. 北京:化学工业出版社,2009.
- [14] 杨铁颜. 谈地面潮汐灌溉[J]. 农业工程技术(温室园艺),2009(4):24.
- [15] 李光林,李晓东,曾庆欣. 基于太阳能的柑桔园自动灌溉与土壤含水率监测系统研制[J]. 农业工程学报,2012,28(12):146-152.
- [16] 马福生,刘洪禄,杨胜利,等. 无土盆栽红掌潮汐灌溉技术[J]. 农业工程学报,2012,28(24):115-120.
- [17] 刘宏久. 蔬菜穴盘育苗潮汐灌溉技术研究[D]. 银川:宁夏大学,2015.
- [18] 赵颖雷,黄丹枫. 一体化“潮汐式”微环境恒温蔬菜育苗床设计研究与应用[J]. 中国蔬菜,2016(4):101-104.
- [19] 马薇,王秀梅,王洪凯,等. 智能育苗温床控制系统[J]. 长春工程学院学报(自然科学版),2015,16(3):112-115.

## Design and Application of a Multilayer Seed Tray With Tidal Irrigating System for LED Plant Factory

SHAN Yingying<sup>1</sup>, SHAN Xinmin<sup>2</sup>, ZHU Yongren<sup>1</sup>

(1. Zhejiang Institute of Mechanical & Electrical Engineering, Hangzhou, Zhejiang 310053; 2. Zhongheng Agriculture Technology Company, Quzhou, Zhejiang 324002)

# 辽宁省茄子工厂化嫁接育苗技术规程

方 伟, 张 青, 杨 光, 惠成章, 姜 闯, 王秀雪

(辽宁省农业科学院 蔬菜研究所, 辽宁 沈阳 110161)

**摘 要:**工厂化育苗是指在人工控制的环境条件下,充分利用自然资源,采用科学化、标准化的技术措施,使幼苗生产达到快速、优质、高效、成批量而又稳定的一种现代育苗方式。经过多年栽培生产经验,总结育苗设施环境的要求选择、嫁接方法及苗期水肥、病虫害管理等栽培方法,制定了适用于辽宁省茄子工厂化嫁接育苗技术规程,供茄子育苗企业和种植农户参考。

**关键词:**茄子;工厂化;嫁接育苗;规程

**中图分类号:**S 641.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2017)11-0061-03

嫁接育苗可以有效防治茄子土传病害的传播,并且嫁接后秧苗的抗逆性和产量都得到提高,对蔬菜品质也没有不良影响。茄子嫁接技术已成为一项增产节能的创收技术,在设施栽培和耕地面积小、难以实现轮作的地区得到广泛推广。目前,辽宁省茄子工厂化嫁接育苗技术仍存在育苗作业率低、嫁接苗成活率不高、出苗不均匀等问题。因此,亟需制定适合辽宁省的茄子工厂化嫁接育苗技术标准。经过多年栽培生产经验,从技术规范的前瞻性及企业、农户的生产实际2个方面考虑,制定了茄子工厂化嫁接育苗技术规程。此规程对促进茄子工厂化嫁接育苗实现优质、安全、高效目标有重要的现实意义。

## 1 育苗设施

### 1.1 育苗温室

育苗场所采用连栋温室、日光温室、塑料大棚均

可。从性能上看,冬季保温采光好,有相应的保温及加温设备;夏季通风降温方便,需有遮阳和降温设备。温度控制在12~32℃,可以使种苗健康生长。

### 1.2 嫁接种苗愈伤室或愈伤棚

温度控制在25~28℃,弱光照500 lx以下,湿度保持95%以上。愈伤室和愈伤棚的大小依据产量需求而定。

### 1.3 育苗穴盘的规格

茄子工厂化育苗穴盘接穗可以采用规格为98穴或72穴盘;砧木可采用72穴或50穴盘。

## 2 茄子砧木和接穗育苗前的准备

### 2.1 育苗基质配置

2.1.1 茄子接穗育苗基质配置 茄子的播种基质配制根据季节而定,基质主要成分为草炭、珍珠岩、蛭石。4—9月育苗时播种基质配比为草炭:珍珠岩:蛭石=7:1:2(V:V:V),要求保水性强;1—3月及10—12月育苗时播种基质配比为草炭:珍珠岩:蛭石=7:2:1(V:V:V),要求具有通风透气及排湿功能。在基质配制中添加0.5%~1.0%的甜叶菊粉末,可提高种苗抗病性。

**第一作者简介:**方伟(1981-),男,辽宁沈阳人,硕士,助理研究员,现主要从事设施蔬菜栽培技术推广与蔬菜种苗工厂化繁育等研究工作。E-mail:fangwei19811112@163.com.

**基金项目:**辽宁省农村经济委员会资助项目。

**收稿日期:**2017-02-14

**Abstract:** To fill the market gap of multilayer seed trays with tidal irrigating system for LED plant factory and promote the industrial development of plant factory, a multilayer seed tray using tidal irrigating system was designed. By using tidal irrigation, the system broke the height limits for normal plug-seeding trays, and solved the problems of root-rot and pipe-blockage, by adding balance-bolts and putting in and out pipes together. Tests proved that this multilayer seed tray was better in various ways than that of ordinary seed trays, and had good application prospect.

**Keywords:** LED plant factory; plug-seedling; multilayer tidal irrigation tray; industrialization development