

# 微型 LED 人工光植物工厂不同种子对生菜生长的影响

刘晨晨, 马 超, 陈洋洋, 谢菁涵, 吴泓均

(宁波工程学院, 浙江 宁波 315211)

**摘 要:** 植物在不同光照条件下生长状况有所不同, 因为不同波长的光线对于植物光合作用的影响是不同的, 植物光合作用需要的光线, 波长一般在 400–720nm 左右。在植物生长所适合的波长范围内, 采用白色节能 LED 灯珠与扩散膜相结合的方式对不同种子在相同的环境条件下进行对比实验, 实验结果显示: 日本种子生菜较我国种子生菜的生长速率更快; 在质量、株高、叶宽及叶长等方面展现出较为突出的优势。

**关键词:** 植物工厂; LED 节能; 无土栽培; 光质生物学

**中图分类号:** TS743

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1008-7109(2017)04-0045-05

## Effects of Different Seeds on Growth of Lettuce in Micro – LED Artificial Light Plant

LIU Chenchen, MA Chao, CHEN Yangyang, XIE Jinghan, WU Hungchun

(Ningbo University of Technology, Ningbo, Zhejiang, 315016, China)

**Abstracts:** The growth conditions of plants vary with different light conditions as the effects of different wavelengths of light on plant photosynthesis are different, which Photosynthesis requires light wavelength range from 400 to 720 nm. Comparative experiments are conducted on different seeds in the same environmental conditions using white energy-saving LED lamp beads in combination with diffusion film within the appropriate wavelength range. The findings show that the seeds from Japan are faster than native seeds in terms of growth speed, exhibiting more significant advantages in quality, plant height, leaf width, leaf length and other features.

**Keywords:** plant factory, LED energy saving, soilless culture, photobiology

## 0 引言

植物工厂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<sup>[1]</sup>, 是利用计算机对植物生育的温度、湿度、光照、CO<sub>2</sub> 浓度<sup>[1,2]</sup>以及营养液等环境条件进行自动控制, 使设施内植物生育不受或很少受自然条件制约的省力型生产方式<sup>[3,4]</sup>, 是一种高投入、高技术、精装备的生产方式<sup>[5]</sup>, 是现代设施农业发展的高级阶段, 代表着未来农业的发展方向。而微型植物工厂即将植物工厂小型化, 但通过

收稿日期: 2017-01-10

修回日期: 2017-10-24

基金项目: 国家级大学生创新创业训练计划项目(201611058008); 浙江省大学生科技创新活动计划资助项目(2016R424011)

通信作者: 吴泓均(1976—), 男, 台湾新竹人, 博士, 副教授, 主要从事纳米材料与半导体先进电子封装研究, E-mail: telvin911@hotmail.com

智能控制系统也可以为植物营造一个适合生长的生态环境<sup>[6]</sup>。

光是植物工厂最重要的环境因素之一,目前农业生物科研与生产活动中使用到的人工光源一般是荧光灯、白炽灯、高压钠灯等<sup>[7]</sup>,然而这些高效照明的光源对促进植物生长的效果微乎其微<sup>[8]</sup>,而 LED 光源则完美解决了这个问题,LED 的光谱波长范围正好在植物光合作用所能吸收的光谱范围之内<sup>[8,9]</sup>。与传统光源相比,LED 灯具有节能高效、寿命长、体积小、耗能低、波长固定、适用范围广、响应时间快、稳定性强、无污染等一系列优点<sup>[9,10]</sup>,在此基础上,LED 光源属于冷光源<sup>[10]</sup>,可以靠近作物进行照明,在离植物很近的地方也不会将植物灼伤;且 LED 灯珠极小,每一个只有 0.3mm,占用空间很小<sup>[11]</sup>,提高了空间利用率,极大程度上降低了植物工厂的运行成本<sup>[12]</sup>。由于 LED 灯珠属于点光源,植物生长受其影响容易产生生长状况不均匀的问题,而光扩散膜刚好可以起到均光作用<sup>[13]</sup>,将两者结合可以达到均匀光照使植物长势均匀<sup>[13]</sup>的效果;除去光源这一影响因素,光照方式与光照时间等因素对生菜生长起到相当大的作用,而生菜作物最适光照方式与光照时间为连续光照 16h<sup>[14,15]</sup>。

生菜属菊科莴苣属,一年或两年生草本植物,又称叶用莴苣<sup>[16]</sup>,随着人们对食物品质产生更高要求,健康的生活饮食习惯观念深入人心,有机绿色无公害蔬菜日益占据人们的餐桌。生菜作为绿色有机蔬菜的一大分支,其需求与质量要求也在逐年提高。而相较于传统种植,植物工厂的高效、无污染、人工可控成为亮点,然而在植物工厂耗电量巨大、运行成本过高难以大范围内推广的障碍下,人们往往难以享受到价格优惠又有助于人体健康的有机绿色蔬菜,再次缩短生菜生长周期、降低绿色有机蔬菜成本成为必然。因此笔者在生菜生长最适光源、最适光照方式与光照时间、最适营养液配比<sup>[17]</sup>条件下,利用白色的 LED 灯珠并结合扩散膜对不同品种的生菜种子进行了对比实验,并详细记录每天植物的质量、株高、叶宽、叶长、叶片数<sup>[18]</sup>等五个生菜生长情况的直接观察和测量参量作为衡量指标,以期达到提高生菜生长速率,缩短生菜生长周期的目的。该指标可操作性强,且实验数据经过平均化处理,具有一定的代表性。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

用作生菜定植的规格为 750mm×420mm×5mm (长×宽×高)的 PVC 板、PC 耐力板制作而成的规格为 780mm×450mm×360mm(长×宽×高)生菜栽培箱、水温控制器、电源控制器、小型风扇、空气过滤棉、空气泵、LED 灯带及光色控制器、扩散膜、植物营养液、12V 稳压器、日本及本土生菜种子若干(日本种子为外周有水溶性凝固态白色糖衣包裹用以提供催芽过程中营养成分的生菜种子、我国种子即普通生菜种子)

种子差别非绝对意义上的差别,日本种子只是在我国种子的基础上在外表面有水溶性凝固态白色糖衣包裹用以提供催芽过程中营养成分,我国种子用湿纸巾包裹催芽达到与日本种子一样的催芽效果。实验研究生菜生长情况,通过比较两类种子的生长速率得出实验结论,种子在催芽时期的影响将微乎其微。

### 1.2 试验方法

试验于自制小型植物工厂内进行,栽植时间为 2017 年 3 月 17 日至 4 月 10 日。具体流程为:将本土生菜种子用湿纸巾包裹催芽后(由于日本种子外有水溶性糖衣包裹故不作多余处理),置于定植装置内开始种植(按照下图 2 均分栽培孔进行,其中左侧为本土种子,右侧为日本种子)。

该试验为对照实验,除种子不同以外,其他各参数均相同:每天连续光照 16h,时间区间为 6:00—22:00,营养液与水的配比为 1:100,水中溶解氧由空气泵每 1h 供给一次。每天观察测量两种生菜的生长情况,主要对生菜的质量、株高、叶片数、叶宽及叶长五个参数进行,至生菜收获,取 15 株生菜参数的平均值,研究不同种子对生菜生长的影响。

连续光照 16h,是生菜生长最适光照方式与最适时间,植物在进行光合作用的同时也将进行一定时间的呼吸作用,一天的 24h 需要给植物留出一定的暗反应时间;每一小时供给一次溶解氧,给植物提供

呼吸作用所需氧气;在保证植物呼吸作用的前提下,尽可能延长植物的光照时间,将对缩短植物生长周期有很大的促进作用。实验在此条件下进行,排除生菜因生长环境不适宜而对实验数据产生的影响,一定程度上保证了实验的有效性与准确性。

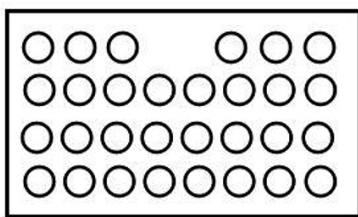


图1 LED灯照射下植物生长整体情况



图2 植物栽培孔分布情况

### 1.3 生菜生长速率计算:

$$V = \frac{C2 - C1}{D}$$

式中, $V$ 为生菜生长速率,g/day、cm/day及片/天, $C2$ 为生菜收获时相关参量,g、cm及片, $C1$ 为生菜种植开始时相关参量,g、cm及片, $D$ 为生菜种植天数。

### 1.4 数据处理:

利用origin8对不同生菜的质量、株高、叶片数、叶宽及叶长等参量随种植天数的变化规律做线性拟合分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 生长速率对比分析

#### 2.1.1 以生菜质量为生长速率指标进行对比

两类种子生长过程中相同时刻生长质量指标趋势如下图3所示:

从实验图表可知,实验使用的日本生菜种子的生长情况远远好于我国生菜种子的生长情况,主要表现为开始与最后收获阶段,日本种子生菜的质量(10.09g及18.85g),均高于本土种子生菜质量(6.12g及15.01g)。虽然在相同的时间内,以生菜质量为指标作植物生长速率分析中,日本生菜种子的质量增长曲线斜率与本土种子的质量增长曲线斜率相差不大(日本种子为:0.523g/day,本土种子为:0.515g/day),但在衡量生菜品质的重要指标之一——质量方面,日本种子的优势十分明显,

#### 2.1.2 以生菜株高为生长速率指标进行对比

两类种子生长过程中相同时刻生长株高指标趋势如下图4所示:

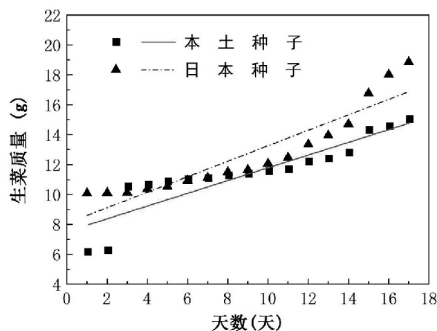


图3 不同生菜种子相同时间生长质量情况

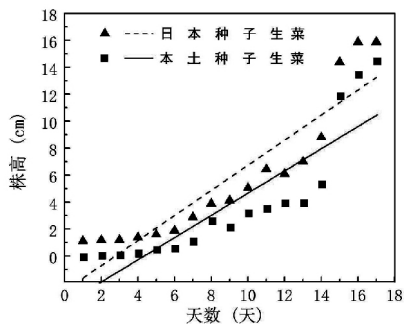


图4 不同生菜种子相同时间生长株高情况

从实验图表可知,试验使用的日本种子的生菜株高生长情况与我国种子的生菜株高生长情况相差

不大,从一开始的株高生长情况一直到中间过程,本土种子生菜与日本种子生菜生长情况一直处于难分高下的程度,但最后日本种子的生菜株高高于本土种子的生菜株高(日本种子生菜与本土种子生菜株高分别为:15.88cm 及 14.54cm),以生菜株高为指标的植物生长速率可得:日本种子比本土种子略胜一筹(日本种子为:0.868cm/day,本土种子为:0.855cm/day),在相同的时间内,日本生菜种子的株高增长图线斜率高于本土种子的株高增长图线斜率。

### 2.1.3 以生菜叶片数为生长速率指标进行对比

两类种子生长过程中相同时刻生长叶片数指标趋势如下图 5 所示:

从实验图表可知,在生菜叶片数指标方面,本土种子生菜的叶片数比日本种子生菜的更多,从一开始定植到最后收获,本土种子生菜的叶片数一直在日本种子生菜之上,两者均值分别为:5.96 片(日本种子)、4.63 片(本土种子),但总体而言,以生菜的叶片数为植物生长速率指标时,在相同时间内,日本种子生菜的叶片数增长速率高于本土种子生菜(日本种子为:0.494 片/天、本土种子为:0.470 片/天),即日本种子生菜的生长速率大于本土种子生菜。

### 2.1.4 以生菜叶面积为生长速率指标进行对比

图 6 及图 7 分别为两类种子生长过程中相同时刻生长叶宽指标趋势及两类种子生长过程中相同时刻生长叶长指标趋势,如下所示:

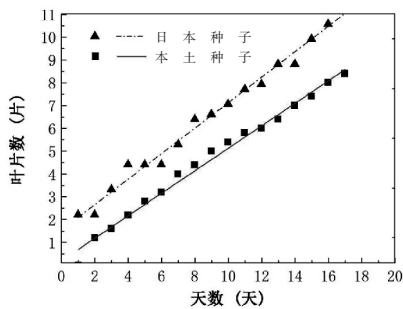


图 5 不同生菜种子相同时间生长叶片数情况

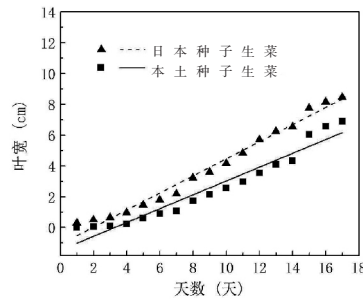


图 6 不同生菜种子相同时间生长叶宽情况

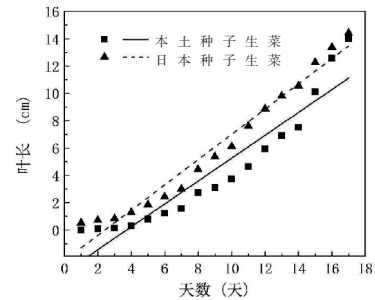


图 7 不同生菜种子相同时间生长叶长情况

由实验图表得知,两类种子生菜的叶宽与叶长在增长速率方面呈现出相似的情况,在一开始定植时,日本种子无论在叶宽还是叶长方面,都敌不过本土种子(日本种子叶宽叶长分别为:0.06cm、0.08cm,本土种子生菜叶宽叶长分别为:0.50cm、0.2cm),日本种子生菜在生长后期的实力非常之强,在生菜收获时看来,日本种子生菜的叶面积明显高于本土种子生菜(日本种子生菜宽叶长分别为:8.46cm 及 14.02cm,本土种子生菜叶宽叶长分别为:6.90cm、14.44cm),因此,在作为衡量生菜质量好坏的重要指标——叶面积方面,日本种子生菜要好于本土种子生菜(近似计算结果:日本种子生菜为:61.08cm<sup>2</sup>、本土种子生菜为:48.37cm<sup>2</sup>)。且就生菜叶宽与叶长的增长速率来看,以其作为生菜生长速率指标而言,日本种子生菜的生长速率也要高于本土种子生菜(日本种子生菜:0.48cm/day 及 0.85cm/day;本土种子生菜:0.40cm/day 及 0.81cm/day)。

综上所述,可得:在相同时间内,日本种子生菜的生长速率大于本土种子生菜生长速率,对缩短生菜生长周期而言,日本种子生菜比本土种子生菜有更大的发展潜力。

## 2.2 生物量指标对比分析

生菜收获时,不同种子生菜的质量、株高、叶片数、叶宽及叶长五大参数的平均值指标如下表 1 所示:

从表格中可发现在光源、光照时间及营养液配比等一系列环境因素相同时,不同生菜种子对生菜的生长有较大程度的影响,本土种子的平均叶长高于日本种子生菜(日本种子生菜叶长为 14.02cm,本土种子生菜叶长为 14.44cm),但是衡量生菜质量好坏菜的重要指标——质量与叶面积方面,日本种子比本土种子好得多(日本种子生菜质量:18.85g,本土种子生菜质量:15.01g;叶面积近似计算结果:日本种子生菜为:61.08cm<sup>2</sup>、本土种子生菜为:48.37cm<sup>2</sup>);日本种子生菜的生长速率也高于本土种子生菜,主要

表现为:质量大、叶面积大及生长速率快。三大突出优势对缩短生菜生长周期、降低绿色有机蔬菜成本方面有极大推动效果。

表 1 收获时不同种子生菜的主要生物量

处理	平均质量/g	平均叶片数/片	平均株高/cm	平均叶宽/cm	平均叶长/cm
日本种子	18.85	10.40	15.88	8.46	14.02
本土种子	15.02	8.40	14.54	6.90	14.44

#### 4 结论

在生菜生长过程中,两类种子的生长情况有所不同,在其他条件相同的情况下,日本生菜种子的生长速率要高于我国生菜种子。在以生菜株高为生长速率指标的情况下尤为突出,日本种子生菜的株高情况一开始定植与最后收获时均高于本土种子生菜且株高增长斜率也大于本土种子生菜;在以生菜质量为生长速率指标时,虽然过程中日本种子生菜与本土种子生菜的质量生长速率相仿,但在最后收获时,日本种子生菜的质量高于本土种子生菜;在以生菜叶片数为生长速率指标时,日本种子的叶片数一直高于本土种子生菜,就增长速率而言,日本种子生菜也较佳;在以生菜叶面积为生长速率指标时,日本种子生菜的叶面积更是远远高于本土种子生菜。对缩短生菜生长周期降低有机绿色蔬菜成本而言,日本种子生菜比我国种子生菜有更大的发展潜力,对缩短生菜生长周期及降低绿色有机蔬菜成本方面有极大推动效果。

#### 参考文献:

- [1] 高菊玲,孔德志. 微型植物工厂的设计[J]. 科技信息, 2012, (32): 227.
- [2] 高菊玲. 植物工厂发展趋势探讨[J]. 轻工科技, 2012, (09): 129-130.
- [3] 刘文科. 植物工厂的定义与分类方法辨析[J]. 照明工程学报, 2016, (05): 83-86.
- [4] 张晓慧,周增产,王峻峰. 植物工厂关键技术的研究与应用[J]. 北方园艺, 2010, (04): 204-207.
- [5] 商守海,周增产,李东星. JPWZ-1型微型植物工厂的研制[J]. 农业工程, 2012, (01): 44-47.
- [6] 艾海波,魏晋宏,邱权. 微型植物工厂智能控制系统[J]. 农业机械学报, 2013, (S2): 198-204.
- [7] 徐志刚. 半导体照明光源在现代农业中的应用[A]. 中国科学技术协会学会、福建省人民政府经济发展方式转变与自主创新——第十二届中国科学技术协会年会(第二卷)[C]. 中国科学技术协会学会、福建省人民政府,2010: 9.
- [8] 杨其长,张成波. 植物工厂系列谈(七)——植物工厂光照和温度调控[J]. 农村实用工程技术(温室园艺), 2005, (11): 31-33.
- [9] 刘刚. 植物生长LED照明控制系统研究[D]. 天津职业技术师范大学, 2014: 45-49.
- [10] 徐圆圆,覃仪,杨梅. LED光源在植物工厂中的应用[J]. 现代农业科技, 2016, (06): 161-162.
- [11] 杨其长,张成波. 植物工厂系列谈(十)——高新技术在植物工厂中的应用[J]. 农业工程技术(温室园艺), 2006, (02): 20-23.
- [12] 刘颖. LED用于拟南芥生长光源的研究[D]. 复旦大学, 2013: 41-54.
- [13] 沈可余,华春帆,张伟.LED照明光扩散膜紫外光固化的研究[J]. 应用激光, 2012, (04): 318-322.
- [14] 李东星,周增产,张雪娇. 闭锁型育苗系统中不同光源对生菜生长的影响[J]. 长江蔬菜, 2012, (20): 42-44.
- [15] 郑晓蕾,丸尾達,朱月林. 植物工厂条件下光质对散叶莴苣生长和烧边发生的影响[J]. 江苏农业科学, 2011, (06): 270-272.
- [16] 魏灵玲,杨其长,刘水丽. 密闭式植物种苗工厂的设计及其光环境研究[J]. 中国农学通报, 2007, (12): 415-419.
- [17] 杨其长,张成波. 植物工厂系列谈(三)——植物工厂研究现状及其发展趋势[J]. 农村实用工程技术(温室园艺), 2005, (07): 44-45.
- [18] 李东星,商守海,兰立波. 植物工厂不同光源和光照方式对生菜生长的影响[J]. 长江蔬菜, 2012, (24): 50-52.