



# 植物工厂水培生菜的栽培环境研究进展

滕巍,马艺莽,马燕,王剑锋,毛芙蓉

(吉林省蔬菜花卉科学研究院,吉林 长春 130033)

**摘要:**为改善生菜品质,指导生产。文章主要针对光环境、昼夜温度、营养液浓度、营养元素及氧气浓度等几方面,阐述了种植于植物工厂内水培生菜的栽培环境。通过讨论这些环境条件对水培生菜的作用方式,选择水培生菜生长适宜的条件,促进产量品质的提升。

**关键词:**植物工厂;水培生菜;品质;影响因素

生菜(*Lactuca sativa* L.),学名叶用莴苣,又称窝仔菜,属菊科莴苣属,富含蛋白质、维生素和纤维等营养物质,能促进胃肠蠕动,有利于消化,因此被广泛需求<sup>[1]</sup>。但生菜属于低温型植物,喜欢凉爽气候,只能早春种植。传统的栽培方式已不能满足人们的需求量,而植物工厂内的水培生菜则不受季节限制,四季均可种植,品质高,周期短,无病虫害,无连坐障碍<sup>[2]</sup>,还能最大限度避免农药残留,深受人们喜爱<sup>[3]</sup>。

植物工厂也可视为简化的生态系统模型,主要通过LED生态植物光源、内置温湿调控系统、风循环系统、水循环系统、采光系统、时间控制系统等模拟出适合植物生长的环境条件。目前,已广泛应用于蔬菜的商业化生产<sup>[4]</sup>。

本文主要探讨植物工厂内水培生菜的栽培环境,影响生长的一些关键因素,用于改善生菜品质,指导生产。

## 1 影响因素

植物工厂通过模拟外界环境给予生菜的必要生长条件,再配合营养液的使用,为生菜在不同的生长阶段提供所需营养物质,促进生菜生长。为获得高品质的生菜,要注意以下影响因素。

### 1.1 光环境

1.1.1 光质组成 光是光环境的重要因子。植物生长发育的有效波长在400~720 nm,主要通过吸收红光和蓝光进行光合作用。目前农业生产所选用的人工光源多为红蓝、全蓝及全红光,不同光质会对生菜的生长及品质造成很大差异<sup>[5]</sup>。红光利于产量提高;蓝光会抑制生菜叶面积以及叶

柄生长,矮化植株<sup>[6]</sup>。Son等<sup>[7]</sup>发现红叶及绿叶生菜在红光下生物量较高,蓝光下酚类物质、叶绿素等含量较高。在植物工厂内多根据生菜品种设定红蓝光比例。红叶生菜多选用红蓝比为1:2的光质,绿叶生菜和紫叶生菜多选用红蓝比为2:1的光质<sup>[8]</sup>。这种设定可使水培生菜在产量提高的前提下大大提升营养品质。

1.1.2 光照时长 光照时长决定了光合作用的时间长短,直接影响碳水化合物的积累。同时光照可调节植物生长发育等活动,还能够刺激光敏色素信号传导,调控植物体内激素表达<sup>[9]</sup>。增加光照时间,不仅能够提高水培生菜株高,各部分的干鲜重以及叶面积,轻微降低根冠比,产量甚至可以提高1~2倍。延长光照时间,还可以提高生菜体内硝酸盐代谢途径中的一些关键酶的表达时长,促进生菜对硝酸盐的同化,显著降低硝酸盐含量;同时,生菜中的总酚、花青素及可溶性糖含量在一定程度上也有提高<sup>[10]</sup>。因此,在种植水培生菜时应选择长时间的光照。

1.1.3 光照强度 当植物在光补偿点以下时,不会产生净光合作用的积累,光合速率会随着光照强度的增加而加快;当光照超过一定强度,即达到光补偿点后,光照就会对植物发生抑制作用,光合速率下降<sup>[11]</sup>。因此,在植物工厂中,需选择合适的光照强度,既能满足生菜生长需求,又避免高强度对生菜的生长造成胁迫。对于水培生菜,适当增加光照强度可以降低硝酸盐含量,还可提高可溶性糖和维生素C含量<sup>[12]</sup>。有学者通过研究不同梯度光照强度对生菜生长发育的影响,发现随着光照强度不断增加,生菜地上部分的积累量也呈递增状态,当达到一定强度时则开始下降<sup>[13]</sup>。通过比较干鲜重、株高、根粗、叶绿素含量及硝酸盐含量等指标,发现 $450\text{ mol}\cdot(\text{s}\cdot\text{m}^2)^{-1}$ 的光照强

收稿日期:2018-01-27

第一作者简介:滕巍(1989-),女,硕士,研究实习员,从事蔬菜栽培及育种研究。E-mail:tengwei1218@sina.com。

度比较适合作为水培生菜的人工控制光照环境条件<sup>[14]</sup>。

## 1.2 昼夜温度

植物的生长发育是体内酶控制着基因表达共同作用的结果,而酶的表达则受温度影响。普遍认为生菜是喜凉作物,但有研究表明随着温度的不断增加,生菜体内硝酸还原酶表达量呈先增加后降低的趋势,在达到一定温度后急剧下降。温度作为水培生菜硝酸盐含量的重要影响因素,可通过调整温度改善其品质<sup>[15]</sup>。昼温相对高有助于生菜进行光合作用,增加叶面积,但极易抽薹;夜温相对低会降低呼吸速率,有助于有机物的积累。通过对比昼温和夜温不同组合,发现选用昼温 25℃,夜温 15℃时生菜的硝酸盐含量较低,根冠比、叶面积、可溶性糖含量较高,品质和产量综合评价好<sup>[16]</sup>。

## 1.3 营养液浓度

水培生菜主要通过营养液提供水分及生长必需元素。营养液浓度是影响水培生菜生长的关键因素。前人通过分析水培生菜株高及各部位干鲜重的变化,筛选出最适 EC 值为 2.6 mS·cm<sup>-1</sup><sup>[17]</sup>。目前,植物工厂内水培生菜基础营养液多选用日本山崎营养液配方。低浓度的营养液会影响生菜品质,造成生长发育不良;同时生菜作为喜硝植物,若营养液浓度高则会导致硝酸盐大量积累,破坏品质,且增加成本。因此,在水培生菜过程中,对营养液浓度的设置十分重要。前人的研究表明,营养液浓度对水培生菜中可溶性糖的含量有积极作用,同时对地上部分的积累也呈现先增加后降低的趋势。通过对比不同浓度营养液对水培生菜品质和产量的影响,发现在 0.25 倍营养液浓度处理下生菜的硝酸盐含量低但产量受到抑制;在 0.5 倍营养液浓度处理下生菜的产量很高,但是生菜品质不佳;在 1.0 倍营养液浓度处理下,生菜品质好,且干物质大量积累,可溶性糖含量高<sup>[18]</sup>。因此,建议在植物工厂内水培生菜的营养液浓度选用 1.0 倍的日本山崎营养液配方<sup>[19]</sup>。

## 1.4 营养元素

在水培生菜的整个生长发育过程中,不仅营养液浓度有很大的影响,其中的营养元素也发挥着不可替代的作用。氮、磷、钾是水培生菜需要量最大的 3 种元素,在各个生长阶段都影响着其产量和品质。氮元素是叶绿素组成成分,关系着植物的光合作用,对生菜的生长发育影响十分明显。

氮素低时生菜生长迟缓,而氮素高时还会导致硝酸盐积累过多,影响品质。磷元素能够促进生菜的各种代谢正常运转,同时调控对其它营养元素的吸收及硝酸盐含量,对生菜可溶性糖含量有显著影响。钾元素对于生菜生长没有氮和磷的影响大,需求量相对少。但是钾作为一种品质元素,对水培生菜的抗性及品质影响十分显著。因此对于水培生菜一定要注意营养液中氮、磷、钾含量,合理施用。当氮、磷、钾浓度分别为 7.76、0.69 和 3.86 mmol·L<sup>-1</sup>时,生菜产量最大;当氮、磷、钾浓度分别为 4.0、0.4 和 4.0 mmol·L<sup>-1</sup>时,品质最佳。如果在使用日本山崎配方营养液的基础上适当降低氮浓度,可获得综合品质较高的生菜<sup>[20]</sup>。

## 1.5 氧气浓度

植物工厂内主要是通过空气压缩机改善生菜生长环境的氧气浓度。充足的氧气能够确保生菜的正常生长发育,同时降低硝酸盐含量,提高维生素 C 及可溶性糖的含量。一旦生菜的根系长期处于缺氧状态,自身的呼吸作用就会受到阻碍,水分及养分吸收不足,不仅不能够满足自身生长发育,甚至会导致死亡。同时,氧不足也会干扰其自身的正常代谢,大大削弱抗逆性,极易被微生物或病原菌侵染<sup>[21]</sup>。因此要保障植物工厂内氧气浓度。通过对比不同的通气处理对水培生菜的影响发现,每天 7:00-19:00 每隔 4 h 通气 2 h,生菜的品质及单株质量最佳<sup>[22]</sup>。

## 2 结语

在植物工厂内种植水培生菜,条件与温室及室外均有不同,对生菜品质及生长发育的影响因素较多。通过对植物工厂内水培生菜整个生长发育过程中干鲜重、叶面积、根冠比、可溶性糖含量、维生素 C 含量、硝酸盐含量等方面进行比较,讨论影响水培生菜生理活动、生长发育和产量品质的关键因素,选择合适的光质组成、光照时长、光照强度、昼夜温度、营养液浓度、营养元素及氧气浓度,促进培养出健康、高产的优质生菜。

但由于植物工厂所有条件都是人工控制的,能耗大,运行成本高等问题凸显,成为遏制其发展的瓶颈。如何突破这一技术瓶颈,大幅降低能耗,是实现植物工厂快速普及与推广的关键。

## 参考文献:

- [1] 亓德明,郭唯伟,张昕辉,等. 水培生菜技术[J]. 蔬菜, 2013(2):22-23.
- [2] 苏苑君,胡笑涛,王文娥,等. 磷对水培生菜生长及矿质元素

- 动态吸收的影响[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(10): 1244-1252.
- [3] 潘杰. 水培生菜技术研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2003.
- [4] 贺冬仙. 植物工厂的概念与国内外发展现状[J]. 农业工程技术, 2016, 10(36): 13-15.
- [5] 陈祥伟, 刘世琦, 成波, 等. 不同 LED 光源对小白菜生长及品质的影响[J]. 长江蔬菜, 2013(16): 36-40.
- [6] Chen X L, Guo W Z, Xue X Z, et al. Growth and quality responses of 'Green Oak Leaf' lettuce as affected by monochromatic or mixed radiation provided by fluorescent lamp(FL) and light-emitting diode (LED) [J]. Scientia Horticulturae, 2014, 172: 168-175.
- [7] Son K H, Oh M M. Leaf shape, growth, and antioxidant phenolic compounds of two lettuce cultivars grown under various combinations of blue and red light-emitting diodes[J]. Hortscience, 2013, 48(8): 988-995.
- [8] 余意, 刘文科. 弱光条件下光质和光周期对水培生菜生长与品质的影响[J]. 中国农业气象, 2015, 36(6): 739-745.
- [9] 童哲, 赵玉锦, 王台, 等. 植物的光受体和光控发育研究[J]. 植物学报, 2000, 42(2): 111-115.
- [10] 毛金柱, 邱权, 张芳, 等. LED 光源下不同光照时间对生菜生长的影响[J]. 农机化研究, 2014(3): 141-145.
- [11] 周秋月. 设施弱光对生菜生长和硝酸盐累积的影响[D]. 镇江: 江苏大学, 2008.
- [12] 周晚来. 采收前短期连续光照降低水培生菜硝酸盐含量的效果研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2011.
- [13] 种培芳, 陈年来. 光照强度对园艺植物光合作用影响到研究进展[J]. 甘肃农业大学学报, 2008(5): 104-109.
- [14] 周秋月, 吴沿友, 许文祥, 等. 光照强度对生菜硝酸盐累积的影响[J]. 农机化研究, 2009(1): 189-192.
- [15] 姜仕豪, 党康, 章永泰, 等. 光照强度、温度和连续光照对水培生菜硝酸盐累积的影响[J]. 长江蔬菜, 2014(12): 36-39.
- [16] 严妍, 雷波, 汪力威, 等. 不同昼夜温度对水培生菜生长和品质的影响[J]. 长江蔬菜, 2010(24): 39-42.
- [17] 王瑞. 不同浓度营养液对水培茼蒿的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2012(5): 83-85.
- [18] 刘文科, 杨其长, 魏灵玲. 设施无土栽培叶菜中硝酸盐和维生素 C 的积累调控[C]. 2011 第二届中国寿光国际设施园艺高层学术论坛, 2011: 7.
- [19] 方舒玲, 胡笑涛, 王文娥, 等. 光照强度和营养液浓度对水培生菜产量和品质的影响[J]. 北方园艺, 2017(13): 97-102.
- [20] 刘磊, 曾迪, 谢玉萍, 等. 水培生菜高产品筛选及不同通气处理对生菜平均单株质量和品质的影响[J]. 热带作物学报, 2012, 33(4): 613-616.
- [21] 王春彦, 罗荣园, 钱金山, 等. 家庭水培叶用茼蒿模式研究[J]. 江苏农业科学, 2010(1): 160-162.
- [22] 苏苑君, 胡笑涛, 王瑞, 等. 不同氮磷钾水平对水培生菜产量和品质的影响[J]. 仲恺农业工程学院学报, 2014, 27(4): 15-19.

## Research Progress on the Cultivation Environment of Hydroponic Lettuce in Plant Growing Factory

TENG Wei, MA Yi-qiao, MA Yan, WANG Jian-feng, MAO Fu-rong

(Jilin Academy of Vegetable and Flower Sciences, Changchun 130033, China)

**Abstract:** In order to improve the quality of lettuce and guide the production, this paper mainly focuses on the environment of light, day and night temperature, nutrient solution concentration, nutrient element and oxygen concentration, etc., and expounded the cultivation environment of lettuce planted in plant factory. By discussing the effects of these environmental conditions on the growth of lettuce in hydroponic culture, the suitable conditions for growth of lettuce in water culture were selected to improve the yield and quality.

**Keywords:** plant growing factory; hydroponic lettuce; quality; influencing factors

### 致 读 者

为适应我国信息化建设,扩大本刊及作者知识信息交流渠道,本刊现被《中国学术期刊网  
络出版总库》及 CNKI 等系列数据库收录,其作者文章著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。  
如作者不同意文章被收录,请在来稿时声明,本刊将做适当处理。

《黑龙江农业科学》编辑部