

doi:10.11937/bfyy.20170591

不同光强与光质处理下对番茄幼苗生长的影响

何伟明, 刘庞源, 武占会, 刘明池

(北京市农林科学院 蔬菜研究中心, 农业部都市农业(北方)重点实验室, 北京 100097)

摘 要:以番茄为试材,采用发光二极管(LED)作为光源,在 260、200、150 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 光强下,研究红蓝混合光(R/B=5:5、6:4、7:3)对番茄幼苗生长的影响。结果表明:在以红蓝光混合的 LED 灯作为光源时,增加蓝光的比例,可抑制番茄幼苗徒长;综合各性状表现,在光强 200~260 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、14 h·d⁻¹ 光周期下,温度控制在 25~20 ℃,红蓝光混合配比 6:4 的 LED 光源有利于番茄幼苗生长。

关键词:LED;光质;光强;幼苗生长

中图分类号:S 641.204⁺.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)19-0072-04

光环境对设施园艺的生长有重大影响,设施园艺所涉及到的塑料薄膜、阳光板等保温措施都会使光照强度降低。另外立体栽培、室内栽培、植物工厂等的发展使补充人工光照成为设施栽培领域的一项重要技术^[1]。LED (Light emitting diode)即发光二极管,作为一种节能环保、寿命长、体积小、易于组合安装的新型光源在农业领域中被应用^[2],可作为植物设施栽培中的人工光源。近年来 LED 灯做光源在蔬菜育苗生产中的应用研究多见报道,红光对茎的伸长有促进作用^[3],可显著提高幼苗的叶绿素含量,红光和蓝光能提高幼苗叶面积、株高和壮苗指数^[4],蓝光不利于幼苗根系生长,能使植株矮壮^[5]。红蓝光组合对植物的生长发育产生积极影响,优于单色光处理^[6]。光强也会影响蔬菜幼苗的生长,研究表明光强下降至 620 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下时,番茄植株的生长量和干物质积累显著下降^[7]。蔬菜育苗生产中由于设施遮光和不良气候条件会导致幼苗生长不

良、品质下降。近年来,通过非化学调控手段来培育壮苗日益受到重视,而利用光调控技术来培育壮苗是一项节能环保、经济有效的新方法^[8]。该研究在不同的光强条件下对 LED 红蓝光的配比进行研究,以期为使用 LED 灯调控培育壮苗提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试番茄品种“硬粉 8 号”由北京市农林科学院蔬菜研究中心提供,采用飞利浦 LED 灯做光源。

1.2 试验方法

试验于 2014—2016 年在北京市农林科学院蔬菜研究中心人工气候室(NK SYSTEM GROWTH CABINET(LPH-1-CT))中进行,采用 72 孔穴盘育苗,育苗基质为草炭和蛭石(体积比为 3:1),基质中添加 NPK 复合肥,种子拱土后放入人工气候室。光源蓝光波长 450 nm,红光波长 660 nm,红蓝光混合处理按所占光强百分比设置(表 1)。光强设置为 260、200、150 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,光周期 14 h·d⁻¹,温度设置为 8 h·d⁻¹(25 ℃),16 h·d⁻¹(20 ℃)。每隔 3~5 d 对幼苗照相 1 次,记录各处理幼苗生长的

第一作者简介:何伟明(1963-),女,本科,副研究员,研究方向为蔬菜穴盘育苗技术。E-mail: heweiming@nrcv.org.

基金项目:农业部公益性行业科研专项资助项目(201303014-03)。

收稿日期:2017-04-06

变化,观察幼苗形态差异。成苗时调查幼苗性状的株高、胚轴长、茎粗、叶片数、最大叶长、根体积、干物质质量和叶绿素含量,计算出全株干质量及壮苗指数并进行比较。壮苗指数=全株干质量×茎粗/株高^[9]。

表 1 试验各处理光谱能量分布

Table 1 Light spectral energy distribution of different treatment

处理 Treatment	光质 Light quality	光谱能量分布 Light spectral energy distribution
W	荧光灯	荧光
55	红蓝光混合	50%红+50%蓝
64	红蓝光混合	60%红+40%蓝
73	红蓝光混合	70%红+30%蓝

1.3 项目测定

根体积的测定,将幼苗根部放入装有一定量水的量筒中,水面上升的毫升数经过单位换算为立方厘米即为根体积;叶片叶绿素含量采用日本产 SPAD-502 叶绿素计测定;将幼苗在 100 ℃ 的烘箱内烘干后称重所得即全株干质量。

表 2 光强 260 μmol·m⁻²·s⁻¹ 下不同光质对番茄幼苗生长的影响

Table 2 Effects of different light qualities on growth of tomato seedlings under light intensity 260 μmol·m⁻²·s⁻¹

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	胚轴长 Hypocotyl length/cm	茎粗 Stem diameter/mm	叶片数 Leaf number/片	根体积 Root volume/cm ³	叶绿素含量 Chl content /(mg·(100g) ⁻¹)	最大叶长 Leaf length/cm	全株干质量 Dry weight /g	壮苗指数 Healthy index
W	18.70a	3.02a	4.63a	7.3a	0.94bc	47.87b	18.67ab	0.817a	0.202 2a
55	14.10c	2.71a	4.76a	6.6b	0.89c	51.72a	16.56c	0.646c	0.219 0a
64	16.31b	2.89a	4.86a	7.3a	1.28a	47.44b	19.70a	0.745ab	0.222 1a
73	14.28c	2.69a	4.87a	6.9b	1.28a	48.59ab	17.83bc	0.669bc	0.229 3a

2.1.2 光强 200 μmol·m⁻²·s⁻¹ 处理

从表 3 可以看出,茎粗、叶片数各处理比较差异不显著;从最大叶长、根体积、全株干质量及壮苗指数来看,均以红蓝混合 6:4 处理为最优,与其它处理差异显著。红蓝混合 6:4 处理的根体积和全株干质量分别高于荧光灯处理的 28.6% 和 33.0%。综合各性状表现,在光强 200 μmol·m⁻²·s⁻¹,光周期 14 h·d⁻¹。温度设置 8 h·d⁻¹ 25 ℃,16 h·d⁻¹ 20 ℃条件下,亦可选择红蓝配比 6:4 LED 灯做光源,适宜番茄幼苗的生长。

1.4 数据分析

采用 SPSS 软件对试验数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 相同光强下不同光质处理对番茄幼苗生长的影响

2.1.1 光强 260 μmol·m⁻²·s⁻¹ 处理

由表 2 可知,株高以荧光灯处理最高,其次是红蓝配比 6:4 处理;各处理中茎粗和胚轴长差异不显著;叶绿素含量以红蓝配比 5:5 最高,叶色深绿;根体积以红蓝配比 7:3 和 6:4 处理为优,二者差异不显著;全株干质量以荧光灯最高,其次是红蓝配比 6:4 处理,二者差异不显著;壮苗指数以红蓝配比 7:3 和 6:4 处理为优,各处理间差异不显著;综合各性状表现,在光强 260 μmol·m⁻²·s⁻¹,光周期 14 h·d⁻¹。温度设置 8 h·d⁻¹ 25 ℃,16 h·d⁻¹ 20 ℃条件下,可选择红蓝配比 6:4 LED 灯做光源,适宜番茄光强幼苗的生长。

2.1.3 光强 150 μmol·m⁻²·s⁻¹ 处理

从表 4 可以看出,胚轴长以红蓝混合 5:5 处理最短,与其它处理差异显著;最大叶长和全株干质量以荧光处理最优,与其它处理差异显著,壮苗指数荧光处理和红蓝混合 5:5 处理差异不显著,但显著高于红蓝混合 7:3 和 5:5 处理。综合各性状表现,在光强 150 μmol·m⁻²·s⁻¹,光周期 14 h·d⁻¹。温度设置 8 h·d⁻¹ 25 ℃,16 h·d⁻¹ 20 ℃条件下,可选择荧光灯做光源,若要控制徒长抑制胚轴过度伸长可加用红蓝配比 5:5 LED 灯。

表3 光强 $200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 下不同光质对番茄幼苗生长的影响Table 3 Effects of different light qualities on growth of tomato seedlings under light intensity $200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	胚轴长 Hypocotyl length/cm	茎粗 Stem diameter/mm	叶片数 Leaf number/片	根体积 Root volume/ cm^3	叶绿素 Chl content $/(\text{mg} \cdot (100\text{g})^{-1})$	最大叶长 Leaf length/cm	全株干质量 Dry weight /g	壮苗指数 Healthy index
W	23.79 a	6.23 a	4.58 a	7.6 a	0.49 b	32.58 b	18.96 b	0.606 b	0.1166 c
55	17.92 c	4.99 b	4.90 a	7.0 a	0.43 b	38.81 a	16.97 c	0.588 b	0.1608 b
64	20.77 b	5.11 b	4.83 a	7.3 a	0.63 a	38.51 a	20.62 a	0.806 a	0.1882 a
73	19.71 b	5.72 a	4.70 a	7.1 a	0.42 b	36.77 a	17.63 c	0.616 b	0.1467 b

表4 光强 $150 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 下不同光质对番茄幼苗生长的影响Table 4 Effects of different light qualities on growth of tomato seedlings under light intensity $150 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	胚轴长 Hypocotyl length/cm	茎粗 Stem diameter/mm	叶片数 Leaf number/片	叶绿素 Chl content $/(\text{mg} \cdot (100\text{g})^{-1})$	最大叶长 Leaf length /cm	全株干质量 Dry weight /g	壮苗指数 Healthy index
W	23.94 a	4.13 b	4.99 a	8.1 a	42.64 a	18.72 a	0.855 a	0.1784 a
55	15.59 c	3.49 c	4.61 b	8.0 a	41.06 a	15.70 c	0.566 b	0.1676 a
64	16.56 c	4.71 a	4.21 c	7.0 b	34.81 b	17.19 b	0.479 c	0.1223 b
73	19.19 b	4.14 b	4.73 ab	8.0 a	41.81 a	16.76 bc	0.561 b	0.1411 b

2.2 相同光质不同光强下的番茄苗生长比较

根据以上试验结果,选择在红蓝配比 6:4 处理条件下,对 3 种光强下番茄幼苗的全株干质量和壮苗指数进行了比较。由图 1~2 可知,全株干质量以光强 $200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 处理为优,比光强 $260 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $150 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 分别高出 8.2% 和 68.3%;壮苗指数以光强

$260 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 处理为优,比光强 $200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $150 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 分别高出 18.0% 和 81.6%。就该试验横向比较结果,若用 LED 灯做光源,光照强度适宜值为 $200 \sim 260 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,若低于 $150 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,幼苗生长情况不如荧光灯做光源效果好。

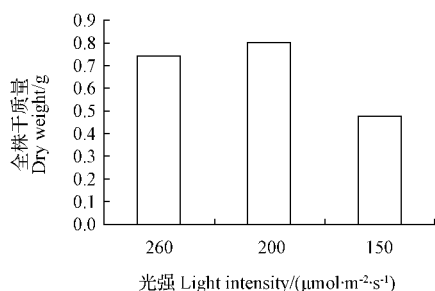


图1 不同光强对番茄苗全株干质量的影响

Fig. 1 Effects of different light intensity on dry weight of tomato seedlings

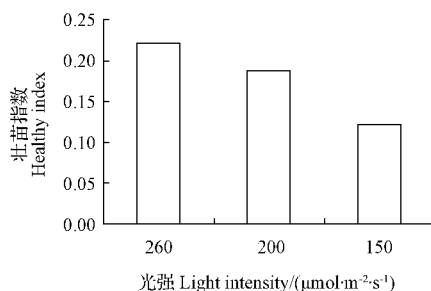


图2 不同光强对番茄苗壮苗指数的影响

Fig. 2 Effects of different light intensity on healthy index of tomato seedlings

3 结论与讨论

在以红蓝光混合的 LED 灯做光源时,增加蓝光的比例,可使幼苗株高变矮,下胚轴的高度降低,抑制徒长;从综合性状的角度考虑,在光强 $200 \sim 260 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $14 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$ 光周期、温

度控制 $25 \sim 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下,红蓝光混合配比 6:4 的 LED 光源有利于番茄幼苗生长;若光强低于 $150 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,可选择荧光灯做光源,另加用红蓝配比 5:5 LED 灯,可控制徒长抑制胚轴过度伸长。

常涛涛等^[3]试验结果表明,在光强

320 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 12 h $\cdot \text{d}^{-1}$ 光周期, 温度 25~18 $^{\circ}\text{C}$, 对番茄幼苗生长的影响为复合光谱比单一光谱更有利于幼苗生长和形态建成, 添加蓝光可以抑制徒长。邬奇等^[10] 试验发现, 在光强为 (50 \pm 5) $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、16 h $\cdot \text{d}^{-1}$ 光周期, 按 12 h $\cdot \text{d}^{-1}$ 荧光+4 h $\cdot \text{d}^{-1}$ 不同光质 LED 补光培养, 温度控制在 25 $^{\circ}\text{C}$, 试验结果为红蓝组合 2:1 最有利于番茄幼苗的生长发育。刘振威等^[11] 设置光强 (50 \pm 2) $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 光周期为 12 h $\cdot \text{d}^{-1}$, 温度为 25~20 $^{\circ}\text{C}$, 结论是红蓝组合 1:1 可以作为番茄培育壮苗的首选光源。通过各试验对比来看, 光强不同, 光周期不同, LED 灯是作为全光源还是补充光源, 各试验结果不相同。无论采用何种配比的红蓝光质, 都要遵循试验中的不同条件搭配。

所有试验是在人工气候室内完成, 幼苗性状调查时苗龄在 56~60 d, 60 d 后随着苗龄的延长, 不管试验中的光强多大, 除荧光处理外各处理都有叶片卷缩的现象, 尤其是靠近生长点部位的叶片。对番茄来说育苗期全程采取红蓝 LED 灯做光源, 是否会对幼苗生长产生伤害有待进一步研究; 另外光源和幼苗的距离随着苗龄加长而缩短, 对于生长点而言导致光强增大。拟解决方法: 降低光强, 寻找光量子数和幼苗生长的适宜契合点; 或采取荧光和 LED 组合的方式, 再有把光源做成可升降装置, 随着幼苗长高, 保持光源和生长点距离 45~50 cm, 加强幼苗的温度和肥水管理以缩短苗龄。

该试验没有自然光介入, 对于运用纯人工光

照的工厂化育苗及生产, 试验结果对于常规育苗生产具有一定的借鉴意义。今后需围绕着 LED 的不同光强、不同光周期、不同温度, 不同 LED 红蓝光的配比, 使用纯 LED 红蓝光源还是结合荧光或自然光, LED 红蓝光源下幼苗肥水需求是否有别于自然光的管理等方面, 还有待进一步研究。

参考文献

- [1] 赵根, 潘月, 杨钰, 等. LED 光源在设施园艺生产中的应用与前景[J]. 浙江农业科学, 2013(9): 1110-1112.
- [2] 杨其长, 张成波. 植物工厂概论[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2005.
- [3] 常涛涛, 刘晓英, 徐志刚, 等. 不同光谱能量分布对番茄幼苗生长发育的影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(8): 1748-1756.
- [4] 苏娜娜, 邬奇, 崔瑾. LED 光质补光对黄瓜幼苗生长和光合特性的影响[J]. 中国蔬菜, 2012(24): 48-54.
- [5] 唐大为, 张国斌, 张帆, 等. LED 光源不同光质对黄瓜幼苗生长及生理生化特性的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2011, 46(3): 44-48.
- [6] 徐志刚, 崔瑾, 常涛涛, 等. 不同光质补光对番茄幼苗生长的影响[C]. 寿光: 国际设施园艺高层学术论坛, 2009.
- [7] 杨延杰, 李天来, 林多, 等. 光照强度对番茄生长及产量的影响[J]. 青岛农业大学学报, 2007, 24(3): 199-202.
- [8] 苏娜娜, 邬奇, 崔瑾. 光环境调控技术在蔬菜工厂化育苗中的应用及前景[J]. 中国蔬菜, 2013(4): 14-19.
- [9] 张振贤, 王培伦, 刘世琦, 等. 蔬菜生理[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1993.
- [10] 邬奇, 苏娜娜, 崔瑾. LED 光质补光对番茄幼苗生长及光合特性和抗氧化酶的影响[J]. 北方园艺, 2013(21): 59-63.
- [11] 刘振威, 孙丽, 方婷婷, 等. 不同光质及组合对番茄幼苗生长及生理特性的影响[J]. 华北农学报, 2015, 30(5): 141-145.

Effects of Different Light Intensities and Different Light Qualities on Growth of Tomato Seedlings

HE Weiming, LIU Pangyuan, WU Zhanhui, LIU Mingchi

(Beijing Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences/Key Laboratory of Urban Agriculture (North), Ministry of Agriculture, Beijing 100097)

Abstract: Tomato was used as material, effects of different light intensity and different light qualities generated by LED on growth of tomato seedlings were studied. Light intensities of 260, 200, 150 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ were designed with the complex light of red and blue LED (R/B=5:5, 6:4, 7:3), compared to the treatment of white fluorescent light (CK). The results showed that increasing of blue light could inhibit the seedling spindling in the complex light of red and blue LED. Comprehensive various characteristics, under the conditions of 200—260 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ light intensity and 14 h $\cdot \text{d}^{-1}$ photoperiod, the treatment of R/B=6:4 LED was suitable for the growth of tomato seedlings at 25—20 $^{\circ}\text{C}$.

Keywords: LED; light quality; light intensity; seedling growth