

# LED 光强和光质对“余干”辣椒幼苗生长和形态的影响

周 华<sup>1</sup>, 欧阳雪灵<sup>2</sup>, 刘淑娟<sup>1</sup>, 余发新<sup>1</sup>

(1. 江西省科学院 生物资源研究所, 江西 南昌 330096; 2. 江西省蚕桑茶叶研究所, 江西 南昌 330202)

**摘 要:**以“余干”辣椒幼苗为试材, 设置 3 种光强(50、100、150  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )和 2 种光质(红光和蓝光)的双因素试验, 研究了 LED 不同光强和光质对其生长和形态的影响, 为“余干”辣椒工厂化育苗提供一定的基础数据。结果表明: 光质和光强对“余干”辣椒幼苗的生长影响显著, 且光强与光质存在交互作用; 继续分析单因素光强和光质对“余干”辣椒幼苗生长的影响表明, 中强光 100  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  下幼苗的株高、茎粗、叶片数、分枝数和茎间距均显著提高; 不同光质处理中, 红光显著提高了幼苗的株高、分枝点高、茎间距、叶长、叶宽以及地上鲜重, 蓝光显著提高了分枝数, 红: 蓝=8: 1 复合光下幼苗生物量介于红光与蓝光之间。

**关键词:**光强; 光质; “余干”辣椒; 幼苗

**中图分类号:**S 641.304<sup>+</sup>.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)12-0040-04

“余干”辣椒是江西省名特优辣椒地方品种, 是江西省余干县的地理标志农产品。该品种皮薄肉嫩、辣味适中、口感鲜香, 深受消费者的喜爱, 市场售价较普通辣椒高出 2~3 倍, 经济价值高<sup>[1]</sup>。生产中培育壮苗是“余干”辣椒栽培的第一步, 也是生产中获得高产优质产品的首要步骤之一。幼苗的健壮程度直接影响定植后蔬菜的生长发育, 同时与蔬菜的产量和品质密切相关。光对蔬菜的生长发育、形态建成等均起着重要的调控作用<sup>[2]</sup>, 利用光环境调控技术培育壮苗是一项安全环保、经济有效的育苗新方法, 是现代设施农业发展中的重要课题<sup>[3]</sup>。LED 光源具有光能利用率高、光谱纯、节能等优点, 为研究光环境对植物的生长和品质的影响提供了有效的途径<sup>[4-5]</sup>。该研究利用的 LED 光源为完全人工光源, 研究了不同光质及光强对“余干”辣椒幼苗生长的影响, 以期对“余干”辣椒科学育苗提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试“余干”辣椒购自余干县伟良枫树辣椒开发有限公司。供试光源采用中节能晶和照明有限公司提供的 LED 灯管, 灯管功率为 9 W。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 培养条件

试验于 2015 年 3—10 月在江西省科

学院植物工厂内进行, 种子经浸种、高锰酸钾消毒、清洗后在 30 ℃ 催芽 2 d 后, 移至 LED 光照下进行营养液育苗, 室内育苗温度控制在 22~26 ℃, 湿度 80%,  $\text{CO}_2$  浓度为 500  $\text{mL} \cdot \text{L}^{-1}$ , 光周期为 14 h · d<sup>-1</sup>。试验中每种 LED 光照处理植株 15 株, 重复 3 次, 处理 45 d, 处理 10 d 后开始测定形态指标。

**1.2.2 光因素设计** 光强和光质双因素试验中, 设置 3 种光强: 弱光 (50  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )、中强光 (100  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) 和强光 (150  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ); 2 种光质: 红光、蓝光。光强单因子试验中, 设置弱光、中强光和强光等 3 种光强, 光质为红光: 蓝光=8: 1; 光质单因子试验中设置 3 种光质: 红光、蓝光和红光: 蓝光=8: 1, 光强为 100  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 试验中红光的波长为 (660±10) nm, 蓝光的波长为 (450±10) nm。

### 1.3 项目测定

用直尺测定株高, 游标卡尺测量茎粗, 叶片宽和叶片长选用株顶端从上向下第 2 片叶进行测量, 总高为植株茎土交接处至最高处的高度, 分枝点高为茎土交接处至假二叉分枝点的高度, 分枝数是指主茎外的长度大于 3 cm 的侧枝数量, 地上鲜重和地下鲜重用电子天平测定, 开花时间是指全株第一朵花花瓣张开的时间。

### 1.4 数据分析

采用 SPSS 20.0 软件对试验数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 光质和光强双因素对“余干”辣椒幼苗生长和形态的影响

由表 1 可知, 对于株高, 红光各处理均高于蓝光处理。红光和蓝光下, 弱光 (50  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) 处理株高

**第一作者简介:**周华(1980-), 女, 博士, 副研究员, 研究方向为植物栽培育种。E-mail: yuerhua116@126.com.

**责任作者:**余发新(1967-), 男, 博士, 研究员, 现主要从事林木遗传育种等研究工作。E-mail: fxyu2000@126.com.

**基金项目:**江西省农业重点支撑资助项目(20151BBF60051)。

**收稿日期:**2016-02-15

均呈现最低,而中强光( $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )与强光( $150 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )处理的株高间均无显著差异。各处理中红光、中强光下的株高值最大,显著高于红光、弱光处理和蓝光所有处理;对于茎粗,红光、中强光处理下的茎粗值最高,显著高于红光、弱光处理,蓝光、弱光处理下的茎粗值最低,但与蓝光下其它处理未呈现显著性差异;在叶片数上,蓝光、中强光处理下的叶片数最多,

红光、弱光处理下的叶片数最少,与红光、强光处理下的叶片数无显著性差异,均显著低于红光中强光处理,而蓝光下,中强光和强光处理显著高于弱光处理;分枝数上,蓝光处理整体高于红光处理,蓝光下3种光强处理下的分枝数之间无显著性差异,红光、弱光下分枝数最少,极显著低于其它处理。

表 1 光质和光强对“余干”辣椒幼苗生长的影响

Table 1 Effect of light quality and intensity on growth of 'Yugan' pepper seedlings

光质 Light quality	光强 Light intensity/ $(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	株高 Plant height/cm	茎粗 Stem diameter/cm	叶片数 Leaf number/个	分枝数 Branch number/个
红光 Red	50	14.5BCbc	3.52ABab	21.8Aa	1.6Aa
	100	18.0Cd	4.49Bc	34.2Ab	4.2Bbc
	150	16.8Ccd	4.14ABbc	29.6Aa	3.8Bb
蓝光 Blue	50	10.3Aa	3.17Aa	29.4Aa	4.8Bbc
	100	12.3ABab	3.72ABabc	36.0Ab	5.4Bc
	150	12.5ABab	4.21ABbc	33.8Ab	5.0Bbc

注:表中数据为同一处理3次重复的平均值。邓肯氏新复极差法检验,小写字母表示  $P < 0.05$  显著水平,大写字母表示  $P < 0.01$  显著水平。下同。

Note: Data presented in the table were mean values of three repetitions in the same treatments. The lowercase and capital letters indicate significant difference at  $P < 0.05$  and  $P < 0.01$  respectively by Duncan's significant test. The same below.

综合以上数据,分析光质、光强双因素对“余干”辣椒幼苗生长形态指标的影响,表明光质可以显著影响株高和分枝数这2个形态指标,光强对株高、茎粗和分枝数上均有显著性影响,而光质与光强的相互作用仅对分枝数有显著性影响。

## 2.2 LED光强对“余干”辣椒幼苗生长形态的影响

为进一步分析光强对“余干”辣椒幼苗生长形态的影响,在相同光质下记录3种光强下播种幼苗的叶片数、株高及茎粗随时间生长的变化情况。由图1可以看出,中强光( $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )处理下幼苗整体生长表现最优,强光( $150 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )次之,弱光( $50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )下生长最差。叶片数上, $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 中强光较其它

2种光强,在20 d后叶片数高于其它2种光强,株高和茎粗在10 d后开始高于其余2种光强;3种光强在株高指标上均呈现快—慢—快生长趋势,表明植株高度是在生长前期和后期呈现快速增长,在叶片数和茎粗上则呈现慢—快—慢增长趋势,表明播种后20~30 d是叶片数和茎粗的增长快速期。对3种光强下幼苗在30 d时的幼苗形态指标进行了统计学比较分析。表2结果表明, $50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的弱光照下,植株的叶片数、株高、茎粗、分枝数及茎间距与中强光和强光比较,均呈显著性降低,而中光强与强光相比,中强光下的各指标值基本上均高于强光,但二者之间均未呈现显著性差异。

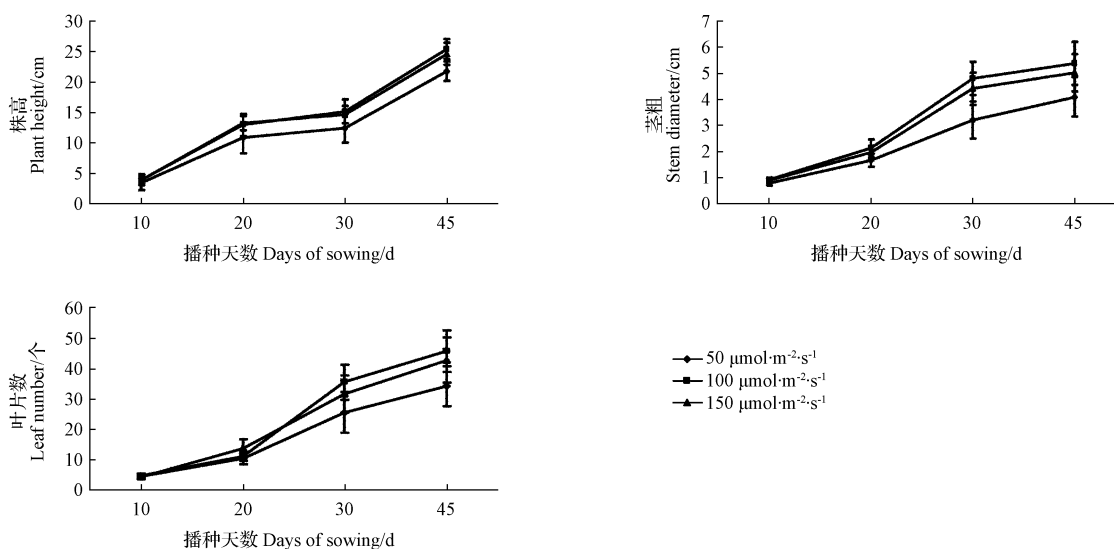


图 1 “余干”辣椒幼苗在不同光强下株高、茎粗和叶片数的变化

Fig. 1 Change of plant height, stem diameter and leaf number of 'Yugan' pepper seedlings under light intensity

表 2 不同光强对“余干”辣椒幼苗生长的影响

Table 2 Effect of light intensity on growth of ‘Yugan’ pepper seedlings

光强 Light intensity/( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	株高 Height/cm	茎粗 Stem diameter/cm	叶片数 Leaf number/个	分枝数 Branching number/个	茎间距 Spacing of stem/cm
50	18.65Aa	3.35Aa	25.6Aa	3.2Aa	2.15Aa
100	22.71Bb	4.11Bb	35.6Bb	4.8Bb	3.58Bb
150	21.99Bb	4.17Bb	31.7Bb	4.4Bb	3.41Bb

2.3 LED 光质对“余干”辣椒幼苗形态的影响

由图 2 可知,蓝光下,叶片数最多,茎粗和株高最低,红光下,叶片数最少,茎粗和株高最高,红:蓝=8:1 介于二者之间。与光强生长曲线有所不同,3 种光质下各指标均呈慢一快的变化趋势,其中在生长后期 30~45 d 株高呈快速增长趋势,叶片数和茎粗在 20~45 d 均呈现快速增长。进一步分析光质对植株生长形态的影响,比较了播种 35 d 的“余干”辣椒的株高、茎粗、叶片数、分

枝数、分枝点高、茎间距、叶长、叶宽、地上和地下鲜重等指标。由表 3 可知,对于茎粗、叶片数、地下鲜重 3 个指标,3 种光质无显著性差异。蓝光下,株高最低,分枝数最多,分枝点高最低,茎间距最小,叶长、叶宽和地上鲜重最低,而红光下株高最高,分枝数最少,分枝点高最高,茎间距最大,叶长、叶宽和地上鲜重最高,以上指标红蓝光下呈显著性差异,而红:蓝=8:1 处理下各指标值均居中。

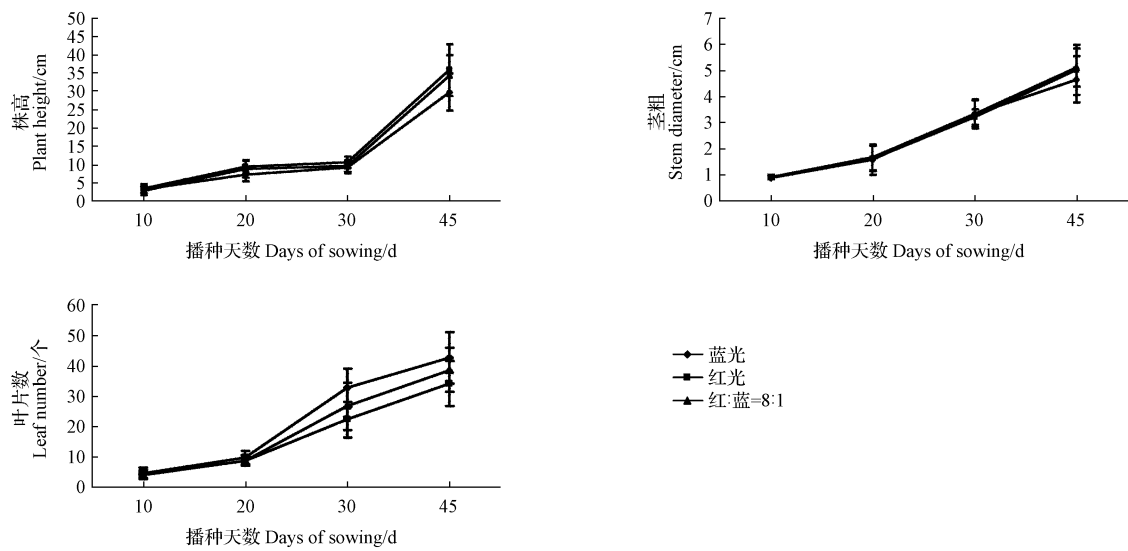


图 2 “余干”辣椒幼苗不同光质下株高、茎粗和叶片数的变化

Fig. 2 Change of plant height, stem diameter and leaf number of ‘Yugan’ pepper seedlings under light quality

表 3 不同光质对“余干”辣椒幼苗生长的影响

Table 3 Effect of light quality on growth of ‘Yugan’ pepper seedlings

光质 Light quality	株高 Height/cm	茎粗 Stem diameter/cm	叶片数 Leaf number/个	分枝数 Branch number/个	分枝点高 Branching point high/cm	茎间距 Spacing of stem/cm	叶长 Leaf length/cm	叶宽 Leaf width/cm	地上鲜重 Upper fresh weight/g	地下鲜重 Down fresh weight/g
蓝	17.33Aa	2.97Aa	33.36Aa	3.28Bc	12.50Aa	2.25Aa	7.94Aa	3.76Aa	9.28Ab	3.06Aa
红	35.33Ab	3.42Aa	26.35Aa	0.18Aa	21.15Bc	4.19Cc	10.80Bb	5.15Bb	14.87Aa	3.83Aa
红:蓝=8:1	24.00Aab	3.09Aa	34.09Aa	2.09Bb	15.86Ab	3.25Bb	8.95Aa	4.17Aa	12.30Aa	3.82Aa

3 讨论与结论

自然光照随地理位置、季节变化以及天气情况而不同,同时近年来自然条件的恶化、极端天气的出现,设施栽培中的人工控光技术已经成为现代高效农业生产的重要保障手段。近年来,LED 光源的应用已经成为现代园艺中最具有里程碑式的进步<sup>[6-7]</sup>。光强和光质是光环境中的 2 个重要因子,蔬菜的种类和品种对不同的光质和光强效应的响应均存在不同<sup>[8]</sup>。在暗期补充 95~

195  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  的红光,可以促进茄果类蔬菜苗期的生长,显著提高壮苗指数<sup>[9]</sup>。与荧光灯相比,红光显著提高生菜地上生物量的积累,提高产量,蓝光具有明显降低植株的高度,提高维生素 C 的积累<sup>[10]</sup>。而与白光相比,蓝光和红蓝混合光处理显著提高豌豆苗地上部分生物量,而红光对豌豆苗地上部生物量无影响<sup>[11]</sup>;而对于不结球白菜,高光强比弱光处理可以显著提高茎粗、叶片数、叶面积、生物量<sup>[12]</sup>,红光处理有利于其根系生

长,而蓝光处理有利于茎和叶柄的伸长生长<sup>[13]</sup>。

该研究探讨了江西地方名特优地方品种“余干”辣椒在不同的光质和光强下的幼苗形态的变化。表明,1)光强对“余干”辣椒幼苗生长具有显著性影响。弱光下“余干”辣椒幼苗生长缓慢,生长指标明显滞后,而过强的光照对于幼苗的生长也无益处。该研究认为“余干”辣椒苗期的光照以  $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  左右为最佳,生产中可以根据此光强标准在阴雨天气进行人工补充光照。2)光质对“余干”辣椒幼苗的形态建成有显著作用。红光下植物生长高度、叶面积、茎间距以及地上鲜重显著增加;蓝光下分枝数显著增加。而辣椒“巨无霸 5 号”在红光补光下幼苗仅鲜重显著高于蓝光补光,其余指标无显著区别<sup>[14]</sup>,表明完全人工光源与补光对植物生长存在不同的影响。红:蓝=8:1 综合了红光和蓝光的特性,LED 光照下“余干”辣椒幼苗的各生长指标均较好,表明该光质适合于“余干”辣椒的生产应用。3)光质与光强对“余干”辣椒幼苗生长的影响存在交互作用。生产中在弱光或过强光照的条件下,均会影响光质对植物生长形态的影响,在选择光质来调控植物生长的同时也要配合适宜的光强,从而保证蔬菜在最优环境中生长和发育。

#### 参考文献

- [1] 陈学军,李伟良,方荣,等. 江西名优辣椒地方品种“余干枫树辣椒”[J]. 辣椒杂志,2010(3):21-23.
- [2] 潘瑞炽,董愚得. 植物生理学[M]. 3 版. 北京:高等教育出版社,1999.
- [3] 苏娜娜,邹奇,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.
- [4] BERGSTRAND K J, SCHÜSSLER H K. Recent progresses on the application of LEDs in the horticultural production[J]. Acta Horticulture, 2012, 927:529-534.
- [5] MASSA G D, KIM H H, WHEELER R M, et al. Plant productivity in response to LED lighting[J]. Hort Science, 2008, 43(7):1951-1956.
- [6] MORROW R C. LED lighting in horticulture[J]. Hort Science, 2008, 43(7):1947-1950.
- [7] 杨其长,徐志刚,陈弘达,等. LED 光源在现代化农业的应用原理与技术进展[J]. 中国农业科技导报,2011,13(5):37-43.
- [8] FOLTA K M, CHILDERS K S. Light as a growth regulator; controlling plant biology with narrow-bandwidth solid-state lighting systems[J]. Hort Science, 2008, 43(7):1957-1964.
- [9] 郑亮,邢文鑫,董海泉,等. LED 苗期暗期补充对茄果类蔬菜发育和生理的影响[J]. 中国蔬菜,2012(18):111-115.
- [10] 周华,刘淑娟,王碧琴,等. 不同波长 LED 光源对生菜的生长和品质的影响[J]. 江苏农业学报,2015,31(2):429-433.
- [11] 刘文科,杨其长,邱志平,等. LED 光质对豌豆苗生长、光合色素和营养品质的影响[J]. 中国农业气象,2012,33(4):500-504.
- [12] 丁娟娟,杨振超,王鹏勃,等. LED 光强对不结球小白菜生长与光合特性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2015,13(3):113-118.
- [13] 王婷,李雯琳,巩芳娥,等. LED 光源不同光质对不结球白菜生长及生理特性的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2011,46(4):69-73.
- [14] 崔瑾,马志虎,徐志刚,等. 不同光质补光对黄瓜、辣椒和番茄幼苗生长及生理特性的影响[J]. 园艺学报,2009,36(5):663-670.

## Effect of LED Light Intensity and Quality on Growth and Morphology of ‘Yugan’ Pepper Seedlings

ZHOU Hua<sup>1</sup>, OUYANG Xueling<sup>2</sup>, LIU Shujuan<sup>1</sup>, YU Faxin<sup>1</sup>

(1. Institute of Biology and Resources, Jiangxi Academy of Sciences, Nanchang, Jiangxi 330096; 2. Jiangxi Sericulture Tea Research Institute, Nanchang, Jiangxi 330202)

**Abstract:** Effects of light emitting diode (LED) with different intensities and qualities on growth and morphology of ‘Yugan’ pepper seedlings were studied, which aimed to provide the data base for industrialized cultivation. Through the two-factor experimental of three light intensity ( $50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $150 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) and two light quality (red and blue). The results showed that there was the significant effect of light intensity and light quality on the growth of ‘Yugan’ pepper seedlings, and the interaction between light intensity and quality. The sole effect of light intensity on seedlings were further analyzed, which showed that the height, stem diameter, leaf number, branch number and stem spacing of seedlings were higher under  $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  than  $50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  and  $150 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . The experiment of light quality showed that the plant height, branching point high, spacing of stem, leaf length, leaf width and fresh weight were significantly increased by red LED, the branch number was significantly increased by blue LED, the biomass of seedlings by red:blue=8:1 was between red and blue LED.

**Keywords:** light intensity; light quality; ‘Yugan’ pepper; seedlings