

doi:10.11937/bfyy.20170825

LED 光质对“余干”辣椒生殖生长和果实品质的影响

周 华¹, 陈 铭², 刘淑娟¹, 李彦强¹, 谭胤静¹, 余发新¹

(1. 江西省科学院 生物资源研究所, 江西 南昌 330096; 2. 南昌大学 江西医学院, 江西 南昌 330031)

摘 要:以“余干”辣椒为试材,在水培条件下,设置了6种光质,红光、蓝光、红光:蓝光=4:1、红光:蓝光=8:1、红光:蓝光:绿光=4:1:1和红光:蓝光:紫外光(UV-B)=20:5:1,测定分析了辣椒在生殖期的形态建成、结果情况和果实品质变化,研究LED光质对辣椒生殖生长和果实品质的影响。结果表明:红光处理下“余干”辣椒株高最高,显著高于各复合光处理;蓝光处理下分枝数最多为4.11,开花时间最晚为44 d,挂果数量最低为8.25个,果长/果宽最高为2.71,且与其它处理间有显著性差异;各复合光处理间植株生长和结果表现无显著性差异。红光:蓝光:UV-B=20:5:1处理下,维生素C含量最高,显著高于红光及各复合光处理,蓝光处理下,可溶性蛋白质含量极显著高于其余处理,红光处理下可溶性糖含量最高,显著高于蓝光处理。

关键词:LED;光质;“余干”辣椒;生殖生长;果实品质

中图分类号:S 641.301 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)20-0088-05

光照是植物生长和发育的基本要素之一,对于作物的生产和品质形成具有显著影响。发光二

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

责任作者:余发新(1968-),男,博士,研究员,研究方向为林木遗传育种。E-mail: fxyu2000@126.com.

基金项目:江西省农业支撑计划资助项目(20151BBF60051);江西省科学院引进博士资助项目(2015-YYB-01)。

收稿日期:2017-06-22

极管(light-emitting diode, LED)是新型半导体光源,具有能发单色光、体积小、发热少、寿命长、能效高等优点,现已成为研究光照对植物生长发育影响的理想工具^[1],目前LED光源在设施园艺研究和生产应用中发挥着重要作用^[2-3]。“余干”辣椒是江西省地方特色农产品之一,口感鲜辣,其营养及经济价值高。课题组在前期的研究中表明,LED不同光质和光强对“余干”辣椒幼苗形态建成具有显著影响^[4]。为了进一步探明光质对“余干”辣椒生长发育的影响和作用,该研究进一步研

tomato varieties in greenhouse. The results showed that the plant stem diameter of 'XLM' was the largest for 1.14 cm, while 'FT306' section length was the longest, up to 11.20 cm. Vitamin C content of 'FT306' was the highest, reaching 152.80 mg · kg⁻¹ FW, which was 22.53% higher than 'JP8', and there were significant difference among tomato varieties; the lycopene contents among tomato varieties were from 27.70 mg · kg⁻¹ FW to 38.08 mg · kg⁻¹ FW; the soluble sugar contents of 'FT306' and 'FBL' were higher; sugar acid ratio was 7.57-11.44. The individual fruit weight of 'DAT302' was 126.71 g, which was 15.26% higher than 'JP8', and the yield was the highest, up to 111 212.76 kg · hm⁻², compared with 'JP8' by 15.14%.

Keywords: tomato; solar greenhouse; quality; yield

究了 LED 光质对“余干”辣椒生殖生长和品质的影响,以期对“余干”辣椒设施栽培生产提供基础数据和理论支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试“余干”辣椒购自江西省余干县伟良枫树辣椒开发有限公司。供试 LED 灯管由中节能晶和照明有限公司提供,每根灯管功率为 9 W。

1.2 试验方法

试验于 2015 年 3—10 月在江西省科学院植物工厂内进行,设置 6 种光质,红光(R)、蓝光(B)、红光(R):蓝光(B)=8:1、红光(R):蓝光(B)=4:1、红光(R):蓝光(B):绿光(G)=4:1:1、红光(R):蓝光(B):紫外光(UV-B)=20:5:1,其中红光的波长为(660±10)nm、蓝光的波长为(450±10)nm、绿光的波长为(520±10)nm、紫外光的波长为(300±10)nm。种子经浸种、高锰酸钾消毒、清洗后在 30 ℃催芽 2 d 后,在植物工厂内使用育苗盘进行育苗,待苗长至 2 叶 1 心时将苗移至水培架进行生长。水培装置共有 3 层,每层上方安有 4 根 LED 灯管,营养液使用 Hogland 配方,室内栽培温度控制在 23~26 ℃,湿度 70%,CO₂ 浓度控制在 500 mL·L⁻¹,光周期为 14 h·d⁻¹。每种处理植株 6 株,重复 3 次。

1.3 项目测定

“余干”辣椒生殖期生长指标在育苗移栽后进行测定。采用直尺测量株高;采用游标卡尺测量

茎粗,茎粗为植株茎土交际处向上 2 cm 的粗度;测量从株顶端向下数第 2 片叶片的叶片宽和叶片长;分枝数是指除主茎外枝干的长度大于 3 cm 的侧枝数量;使用电子天平测定地上及地下鲜质量;开花时间是指全株第一朵花花瓣张开的时间。

“余干”辣椒生理品质指标在播种后 90 d 测定,随机取 3 棵新鲜青色辣椒果肉混合取样,重复 3 次。采用紫外分光光度法测定硝酸盐含量^[5],采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量^[6],采用 2,6-二氯酚酚滴定法测定维生素 C 含量,采用凯氏定氮法测定粗蛋白质含量^[7]。

1.4 数据分析

采用 SPSS 20.0 软件进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 LED 光质对水培“余干”辣椒生殖生长的影响

由表 1 可知,在播种后 40 d,红光处理下“余干”辣椒植株最高,蓝光处理其次,二者显著高于其余复合光处理,红光处理下株高极显著高于复合光处理,各复合光处理间无显著性差异;在茎粗上,红光:蓝光=8:1 处理下表现最好,红光处理下茎粗最低,但所有光质处理对于茎粗无显著差异;蓝光处理下,植株的分枝数最多,其次是红光:蓝光=4:1 和红光:蓝光:绿光=4:1:1,三者间并无显著性差异,但蓝光处理显著高于红光、红光:蓝光=8:1 和红光:蓝光:UV-B=20:5:1 各处理下的分枝数,但三者间无显著性差

表 1

LED 光质对“余干”辣椒生殖生长的影响

Table 1

Effect of LED light quality on reproductive growth of ‘Yugan’ pepper

光质 Light quality	株高 Plant height /cm	茎粗 Stem diameter /cm	分枝数 Branch number	叶长/叶宽 Leaf length/ Leaf width	地上鲜质量 Overground fresh weight/g	地下鲜质量 Underground fresh weight/g
红光	67.000Bb	5.810Aa	3.25Aa	2.10Aa	203.36Aa	17.58Aa
蓝光	64.830ABb	6.420Aa	4.50Ab	2.07Aa	169.98Aa	16.67Aa
红光:蓝光=8:1	50.140Aa	7.340Aa	3.26Aa	2.10Aa	200.89Aa	22.30Aa
红光:蓝光=4:1	52.700Aa	6.050Aa	4.11Aab	2.17Aa	149.44Aa	20.63Aa
红光:蓝光:绿光=4:1:1	55.435Aa	6.160Aa	4.08Aab	2.10Aa	170.14Aa	23.09Aa
红光:蓝光:UV-B=20:5:1	53.280Aa	6.140Aa	2.89Aa	2.21Aa	142.33Aa	15.22Aa

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 mean values of three repetitions in the same treatments. Lowercase and capital letters indicate significance at $P<0.05$ and $P<0.01$, respectively by Duncan's significant test. The same below.

异,其中红光:蓝光:UV-B=20:5:1处理下分枝数最少;各光质处理对于叶长/叶宽值影响不大,范围在2.07~2.21,所有处理下的叶长/叶宽无显著性差异;红光处理植株地上鲜质量最高,红光:蓝光:UV-B=20:5:1处理最低;红光:蓝光:UV-B=20:5:1处理下地下鲜质量也表现为最低,红光:蓝光:绿光=4:1:1处理下地下鲜质量值最高,但所有处理下的地上鲜质量和地下鲜质量均无显著性差异。综上所述,光质对“余干”辣椒生殖生长过程中的株高和分枝数存在显著影响。

由表2可知,红光、红光:蓝光=8:1和红光:蓝光=4:1处理均在播种后第35天开花,红光:蓝光:绿光=4:1:1和红光:蓝光:UV-B=20:5:1处理分别在38d和40d开花,

蓝光处理下花期最晚,在44d才开花,除红光:蓝光:UV-B=20:5:1处理外,蓝光处理开花时间极显著长于其余处理;对于同一时期(播种后80d)的结果情况,在挂果数上,红光:蓝光=8:1处理下植株挂果数最多,其次是红光:蓝光:绿光=4:1:1和红光:蓝光=4:1,再次是红光和红光:蓝光:UV-B=20:5:1,蓝光处理下植株挂果数最少,蓝光处理极显著低于红光:蓝光=8:1、红光:蓝光:绿光=4:1:1和红光:蓝光=4:1处理;但与红光和红光:蓝光:UV-B=20:5:1处理间并无显著性差异;对于单果质量,各处理间无显著性差异;对于果长/果宽,蓝光下果长/果宽最大,极显著高于其余各处理,而其余各处理间无显著性差异。

表2

LED光质对“余干”辣椒结果的影响

Table 2

Effect of LED light quality on bearing fruits of 'Yugan' pepper

光质 Light quality	开花天数 Days of flowering/d	挂果数 Fruit number/个	单果质量 Fruit weight/g	果长/果宽 Fruit length/Fruit width
红光	35Aa	25.00ABab	3.88Aa	2.28Aa
蓝光	44Bb	8.25Aa	2.96Aa	2.71Bb
红光:蓝光=8:1	35Aa	35.57Bb	3.62Aa	2.10Aa
红光:蓝光=4:1	35Aa	28.10Bb	4.12Aa	2.11Aa
红光:蓝光:绿光=4:1:1	38Aa	32.36Bb	4.19Aa	2.07Aa
红光:蓝光:UV-B=20:5:1	40ABab	23.14ABab	4.25Aa	2.29Aa

2.2 LED光质对水培“余干”辣椒营养品质的影响

由表3表明,在6种光质处理下,果实内的硝酸盐含量均在 $500\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以下,其中红光处理下最低,红光:蓝光:绿光=4:1:1处理下含量最高,但各处理间均无显著性差异;维生素C含量在红光:蓝光:UV-B=20:5:1处理下含

量最高,其次是蓝光处理,二者显著高于其它处理,红光与其余处理间无显著性差异,红光:蓝光:绿光=4:1:1处理下维生素C含量最低;可溶性蛋白质含量在蓝光处理下最高,极显著高于其余各处理,其次依次是红光:蓝光=4:1、红光:蓝光=8:1、红光:蓝光:绿光=4:1:1及红光,三者处理间无显著性差异,但显著高于红

表3

LED光质对“余干”辣椒果实营养品质的影响

Table 3

Effect of LED light quality on nutrition quality of 'Yugan' pepper fruits

光质 Light quality	硝酸盐含量 Nitrate content/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	维生素C含量 Vitamin C content/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	可溶性蛋白质含量 Soluble protein content/%	可溶性糖含量 Soluble sugar content/%
红光	284.86Aa	7.38ABa	0.157ABb	1.44Bb
蓝光	370.26Aa	9.34ABb	0.189Cc	0.90ABa
红光:蓝光=8:1	317.57Aa	6.86ABa	0.162Bb	0.92ABab
红光:蓝光=4:1	365.65Aa	6.88ABa	0.164Bb	0.73ABa
红光:蓝光:绿光=4:1:1	430.85Aa	6.28Aa	0.160ABb	1.09ABab
红光:蓝光:UV-B=20:5:1	391.15Aa	9.48Bb	0.139Aa	0.58Aa

光:蓝光:UV-B=20:5:1处理;红光处理下可溶性糖含量最高,其次是红光:蓝光:绿光=4:1:1和红光:蓝光=8:1,红光:蓝光:UV-B=20:5:1处理下可溶性糖含量最低,极显著低于红光处理,红光处理显著高于蓝光和红光:蓝光=4:1处理,除红光处理外,其余处理间均无显著性差异。

3 结论与讨论

光是作物生长的重要环境因子之一,它不但为植物的光合作用提供基本能源,而且还是一种调节植物生长和发育的触发信号。不同光质或波长的光具有明显不同的生物学效应,影响植物的形态建成、生长发育、生理代谢以及果实品质。植物生长光合效率最高的辐射集中在蓝光区和红光区,围绕红蓝光质国内外学者进行大量的植物栽培研究^[8-9],红蓝光质被认为是能取代连续光谱进行园艺植物的栽培新方法^[10]。

该研究中,红光处理促进“余干”辣椒株高的生长,蓝光处理促进分枝的增多,这与国内外普遍认为红光处理有利于叶柄和茎生长,而蓝光有利于胚轴的膨大^[11]是相似的。该研究还显示,红蓝光处理对于“余干”辣椒生殖时间和果形也存在显著影响,红光处理比蓝光处理显著提早开花时间,增加挂果数,减少果长/果宽。这与吴根良等^[12]对“杭椒一号”的研究结果不一致,其认为蓝光能促进果实横向生长,红光促进果实纵向生长,其原因可能与辣椒品种有关。

研究表明,红光促进可溶性碳水化合物的积累,蓝光可以刺激植物体内的隐花色素活性,促进植物的光合作用和生长发育,提高蔬菜作物的抗氧化水平^[13],提高类胡萝卜素^[14]、维生素C^[15]等含量。蓝光处理下,“布利塔”长茄中果肉中可溶性蛋白质含量显著高于红光和红蓝组合光处理,而红光处理下果肉中维生素C和可溶性蛋白质含量显著低于蓝光和红蓝组合光处理^[16]。该研究中,蓝光处理下植株维生素C含量显著高于红光处理,可溶性蛋白质含量极显著高于红光处理,可溶性糖含量显著低于红光处理,结果与前人研究结果基本一致。绿光对植物的作用还存在争议,有研究报告称补加绿光抑制植物生长发

育^[17],也有研究表明绿光促进植物生长^[18]。在樱桃番茄上,在红蓝光基础上添加绿光和紫光对植株形态没有显著影响,但抑制植株地下部的生长^[19];而加入紫外光UV-A和UV-B可以有效增加花青素和黄酮类化合物的积累^[20]。

该试验中,比较红光:蓝光=4:1和红光:蓝光:绿光=4:1:1处理,各形态和品质指标均未有显著差异,表明加入绿光,对“余干”辣椒的生长和发育并没有显著影响。紫外线UV-B的加入,红光:蓝光:UV-B=20:5:1处理比红光:蓝光=4:1处理显著提高维生素C含量,降低可溶性蛋白质含量,但对于生殖生长过程中在生物量的积累上未发现有显著差异,表明紫外光UV-B可以调控“余干”辣椒部分营养品质。

(该文作者还有刘立盘,单位同第一作者。)

参考文献

- [1] 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.
- [2] BERGSTRAND K J, SCHÜSSLER H K. Recent progresses on the application of LEDs in the horticultural production [J]. Acta Horticulturae, 2012, 927: 529-534.
- [3] 谢景,刘厚诚,宋世威,等. 光源及光质调控在温室蔬菜生产中的应用研究进展[J]. 中国蔬菜, 2012(2): 1-7.
- [4] 周华,欧阳雪灵,刘淑娟,等. LED光强和光质对“余干”辣椒幼苗生长和形态的影响[J]. 北方园艺, 2016(12): 40-43.
- [5] 杨锚,邵华,金芬,等. 新鲜蔬菜和水果中硝酸盐紫外分光光度法的测定[J]. 华中农业大学学报, 2009, 28(1): 102-105.
- [6] 李晓旭,李家政. 优化萘酚比色法测定甜玉米中可溶性糖的含量[J]. 保鲜与加工, 2013, 13(4): 24-27.
- [7] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2013.
- [8] ROBERT C. MORROW. LED lighting in horticultural production [J]. Hort Science, 2008, 43(7): 1947-1950.
- [9] 许大全,高伟,阮军. 光质对植物生长发育的影响[J]. 植物生理学报, 2015, 51(8): 1217-1234.
- [10] 刘文科,杨其长. LED植物光质生物学与植物工厂发展[J]. 科技导报, 2014, 32(10): 25-28.
- [11] KARA A N, KOTOV A A, BUKHOV N G. Specific distribution of gibberellins, cytokinins, indole-3-acetic acid, and abscisic acid in radish plants closely correlates with photomorphogenetic responses to blue or red light [J]. J Plant Physiol, 1997, 151: 51-59.
- [12] 吴根良,郑积荣,李许可. 不同LED光源对设施越冬辣椒果实品质和产量的影响[J]. 浙江农林大学学报, 2014, 31(2): 246-253.
- [13] YANAGI T, OKAMOTO K, TAKITA S. Effect of blue,

red, and blue/red lights of two different PPF levels on growth and morphogenesis of lettuce plants [J]. *Acta Horticulturae*, 1996, 440:117-122.

[14] LI H, TANG C, XU Z, et al. Effects of different light sources on the growth of non-heading Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.) [J]. *Journal of Agricultural Science*, 2012 (4): 262-273.

[15] LEFSRUD M G, KOPSELL D A, SAMS C E. Irradiance from distinct wavelength light-emitting diodes affect secondary metabolites in kale [J]. *Hort Science*, 2008, 43:2243-2244.

[16] 李亚华, 陈龙, 高荣广, 等. LED光质对茄子果实品质及抗氧化能力的影响[J]. *应用生态学报*, 2015, 26(9):2728-2734.

[17] KLEIN R M. Effect of green light on biological systems[J]. *Biol Rev Camb Philos Soc*, 1992, 67:199-284.

[18] KIM H H, WHEELER M, SAGER J C, et al. Evaluation of lettuce growth using supplemental green light with red and blue light-emitting diodes in a controlled environment. A review of research at Kennedy Space Center [J]. *Acta Horticulturae*, 2006, 711:111-119.

[19] 刘晓英, 徐志刚, 常涛涛, 等. 不同光质 LED弱光对樱桃番茄植株形态和光合性能的影响[J]. *西北植物学报*, 2010, 30(4): 645-651.

[20] TSORMPATSIDIS E, HENBEST R G C, BATTEY N H, et al. The influence of ultraviolet radiation on growth, photosynthesis and phenolic levels of green and red lettuce: potential for exploiting effects of ultraviolet radiation in a production system [J]. *Annals of Applied Biology*, 2010, 156(3):357-366.

Effects of LED Quality on Reproductive Growth and Fruit Nutrition Quality of ‘Yugan’ Pepper

ZHOU Hua¹, CHEN Ming², LIU Shujuan¹, LI Yanqiang¹, TAN Yinjing¹, YU Faxin¹, LIU Lipan¹

(1. Institute of Biology and Resources, Jiangxi Academy of Sciences, Nanchang, Jiangxi 330096; 2. Jiangxi Medical College, Nanchang University, Nanchang, Jiangxi 330031)

Abstract: To study the effect of LED quality on reproductive growth and fruit nutrition quality of ‘Yugan’ pepper, six light quality with blue light, red light, red light : blue light=4 : 1, red light : blue light=8 : 1, red light : blue light : green light=4 : 1 : 1 and red light : blue light : UV-B=20 : 5 : 1 were used in hydroponics and the changes of morphogenesis, reproductive growth and fruit quality were analyzed. The experimental results showed that the plant height was the highest in red treatment and was significant higher than that in other composite treatments. In blue light treatment, the branching number of 4.11 and fruit length/width of 2.71 were the highest and the flowering time for 44 days was the latest and the fruit number of 8.25 was the least, which was significant difference from other treatments. There was no significant difference on the growth and fruits in all the composite light treatments. The vitamin C content was the highest in red : blue : UV-B=20 : 5 : 1 and was significant higher than red light and composite light treatments. The soluble protein content in blue light treatment was significant higher than the other treatments. In the treatment of red light the soluble sugar content was the highest and significant higher than blue light.

Keywords: LED; light quality; ‘Yugan’ pepper; reproductive growth; fruit nutrition quality