

LED 灯补光对温室甜椒产量及品质的影响

张子鹏, 温健新, 黄爱政, 冯锦乾 (广东省江门市农业科学研究所, 广东江门 529060)

摘要 [目的] 探明 LED 光源对温室甜椒产量和品质的影响。[方法] 以甜椒为试验材料, 在其不同生育阶段对其进行 LED 灯补光, 观察其产量及品质变化。[结果] 与对照相比, 3 个补光处理均可大幅提高甜椒的单果质量、商品率、产量, 同时还可提高甜椒维生素 C 含量、降低其硝酸盐含量。[结论] LED 灯补光有利于甜椒产量提高和品质改善, 以从苗期开始补光效果最好。

关键词 LED; 补光; 甜椒; 产量; 品质

中图分类号 S123 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)29-0024-02

Effects of LED Supplementary Lighting on the Yield and Quality of Pimiento in Greenhouse

ZHANG Zi-peng, WEN Jian-xin, HUANG Ai-zheng et al (Jiangmen Research Institute of Agricultural Science, Jiangmen, Guangdong 529060)

Abstract [Objective] To research the effects of LED supplementary lighting on the yield and quality of pimiento in greenhouse. [Method] With pimiento as the test material, LED supplementary lighting was carried out in different growth periods. The yield and quality changes of pimiento were observed. [Result] Compared with the control, three supplementary lighting treatments greatly enhanced the single fruit quality, commodity rate and yield of pimiento, enhanced the vitamin C content in pimiento, and reduced the nitrate content. [Conclusion] LED supplementary lighting is conducive to improving yield and quality of pimiento, especially at seedling stage.

Key words LED; Supplementary lighting; Pimiento; Yield; Quality

光是温室作物进行光合作用、形成温室内温度与湿度条件的能源。华南地区冬、春季节能温弱光、阴雨低温天气较多, 再加上温室覆盖材料不清洁或老化导致透光率较低, 温室内光照往往不能满足作物生长的需求。光照不足成为限制作物产量的重要因素。近年来, 已开始采用人工光源补光来调控光质, 以改善温室内光环境、提高作物的光合速率、增加叶面积、促进作物生长, 从而达到增产、高效、优质、抗病的目的。LED 光源为冷光源, 具有寿命长、光谱纯、耗能低等优点而被广泛应用于植物生长的研究中^[1]。目前国内 LED 光源在蔬菜中的应用研究主要集中在生菜^[2-3]、菠菜^[4]、芽菜苗^[5]、樱桃番茄等, 而在甜椒方面相对较少。基于此, 笔者以甜椒为试验材料, 在其不同生育阶段对其进行 LED 灯补光, 研究 LED 光源对温室甜椒产量和品质的影响, 以期能为设施园艺生产提供理论依据。

1 材料与方

1.1 光源 使用的新型 LED 植物生长光源(灯带)型号为 LT-ST-6, 由江门市朗天照明有限公司提供。它由(650±20)nm 的红光 LED 与(460±20)nm 的蓝光 LED 组成, 红蓝光比例为 8:1。每行甜椒上方安装 1 条灯带, 灯带发光面与植株顶端的悬挂距离为 15 cm, 可根据植株生长高度调整光源位置, 一般 10 d 左右调整 1 次。

1.2 试验材料 试验在广东省江门市农业科学研究所试验基地连栋温室进行。供试甜椒品种为奥罗, 种子购于台山市利农种子有限公司。奥罗甜椒在江门地区种植较多, 是当地主栽品种, 产品以出口港澳地区为主, 经济效益较高。

1.3 试验方法 于 2015 年 9 月 6 日播种, 采用穴盘基质育苗, 10 月 9 日移栽至温室内, 2016 年 4 月 20 日最后一次采

收。以不用任何光源为对照(CK), 设 3 个 LED 处理: 处理 A, 10 月 15 日开始照灯, 此时间点为甜椒苗刚过缓苗期, 淋施第 1 遍肥, 植株开始生长; 处理 B, 11 月 17 日开始照灯, 此时间点为开花期; 处理 C, 12 月 16 日开始照灯, 此时间点为结果期。3 次重复。小区面积 15 m², 栽种 48 株, 株距 40 cm, 双行植。采用无土基质栽培, 整个生育期管理一致。光照强度设置为 100 μmol/(m·s)。补光时间为 5:30—7:00 及 17:30—20:00, 每天 4 h, 由时控开关自动控制。

1.4 测定项目与方法 果实成熟后每个处理随机采摘 5 个果实测定单果质量、果实品质(硝酸盐、维生素 C、可溶性总糖含量), 统计果实商品率、小区产量等。硝酸盐采用水杨酸消化法测定; 维生素 C 采用二氯酚靛酚滴定法测定; 可溶性总糖采用蒽酮比色法测定。

1.5 数据处理 采用 Excel 软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 大气日照时数对甜椒产量的影响 试验中虽然进行 LED 灯补光, 但是仍不可避免受到当地气候的影响, 尤其是气温和日照时数, 因为试验中每天补光的时数还是相对较少, 大气日照时数对甜椒产量的影响还是非常大的。由表 1、2 可知, 每次采收的甜椒产量与大气日照时数呈一定的正相关关系, 在日照时数最少的 1 月, 其产量也是最少的。

表 1 2015 年 10 月—2016 年 4 月江门市大气日照时数

Table 1 Atmospheric sunshine duration of Jiangmen City from October 2015 to April 2016

日期 Date	日照时数 Sunshine duration	日期 Date	日照时数 Sunshine duration
2015-10	171.8	2016-02	106.3
2015-11	108.8	2016-03	79.0
2015-12	79.3	2016-04	26.2
2016-01	55.8		

基金项目 江门市科技计划项目(20140160125296)。

作者简介 张子鹏(1981-), 男, 广东新会人, 农艺师, 从事蔬菜新品种新技术研究与推广工作。

收稿日期 2016-08-15

表 2 各采摘时间点产量变化

Table 2 Yield changes of each harvesting time point

kg/小区

处理 Treatment	2015 年采收产量 Harvesting yield in 2015		2016 年采收产量 Harvesting yield in 2016										
	12-16	12-28	01-11	01-14	01-21	01-29	02-18	03-02	03-09	03-21	04-07	04-13	04-20
A	6.56	7.09	8.34	2.86	4.75	1.67	10.81	7.34	12.59	9.64	8.23	5.12	5.05
B	6.06	8.19	6.70	2.40	2.90	2.31	10.22	5.99	10.13	9.20	6.40	5.12	4.80
C	5.54	6.82	7.77	2.05	2.85	2.11	6.75	6.29	7.66	8.80	7.27	4.11	4.00
CK	4.07	7.90	3.12	1.25	2.07	2.47	4.09	4.56	5.27	3.63	3.92	4.25	2.66

2.2 不同处理对甜椒商品性及产量的影响 田间观察显示,补光处理组的果实明显比 CK 组大,而且其畸形果较少;二者坐果率差异较大,特别是在气温低、日照时数较少的月份,补光处理优势更为明显。

2.2.1 不同处理对甜椒单果质量、商品率的影响。由表 3 可知,与 CK 组相比,各补光处理均可显著提高甜椒单果质量及商品率,其中以处理 A 效果最为明显,而处理 B 与处理 C 之间差异不大。

2.2.2 不同处理对甜椒产量、单株结果数的影响。从产量来看,补光越早,产量提高越大。处理 A 小区产量最高,达 90.05 kg/小区,比 CK 组增产 82.81%。CK 组单株结果数仅 7.7 个,而其他处理组单株结果数均比 CK 组高,处理 A、B、C 单株结果数分别比 CK 组增加 3.5、3.0、2.0 个,增加幅度也较大(表 3)。可见,补光处理时间对甜椒产量具有叠加效果,处理时间越长,对产量影响越大。

表 3 不同处理对甜椒商品性及产量的影响

Table 3 Effects of different treatments on the commodity and yield of pimiento

处理 Treatment	单果质量 Single fruit quality g	商品率 Commodity rate %	单株结果数 Fruit number per plant 个	小区产量 Plot yield kg/小区	较 CK 增幅 Yield increase compared with CK %
A	168 a	91 a	11.2 a	90.05 a	82.81
B	156 b	85 b	10.7 b	80.42 b	63.26
C	154 b	84 b	9.7 c	72.02 c	46.20
CK	133 c	62 c	7.7 d	49.26 d	—

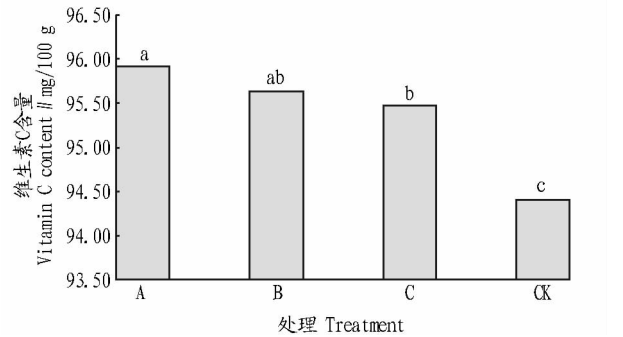
注:同列不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level.

2.3 不同处理对甜椒品质的影响

2.3.1 不同处理对甜椒维生素 C 含量的影响。维生素 C 是甜椒重要的营养成分,也是评价甜椒品质的重要指标。由图 1 可知,处理 A、B、C 甜椒中维生素 C 含量均显著高于 CK 组,其中以处理 A 甜椒中维生素 C 含量最高,达 95.91 mg/100 g,比 CK 组高 1.51 mg/100 g。可见,补光有助于增加甜椒维生素 C 含量。

2.3.2 不同处理对甜椒硝酸盐含量的影响。大量研究表明,硝酸盐对人类健康存在潜在的威胁。如果硝酸盐摄入量过大可导致人体活动迟钝,工作能力减退,头晕、昏迷,甚至死亡。而人体中摄取的硝酸盐 81.5% 来自蔬菜,因此硝酸盐含量是评价蔬菜品质的关键。由图 2 可知,处理 A、B、C 甜椒中硝酸盐含量均比 CK 组低,其中处理 A 甜椒中硝酸盐含



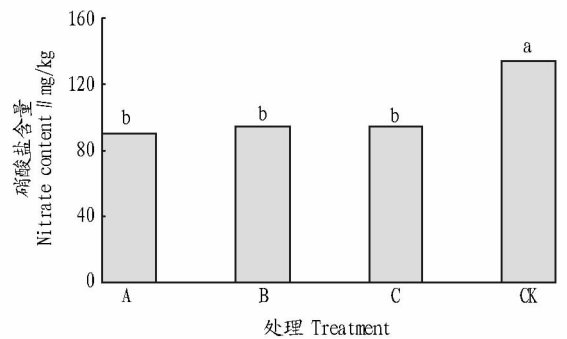
注:不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level.

图 1 不同处理对甜椒维生素 C 含量的影响

Fig. 1 Effects of different treatments on the vitamin C content of pimiento

量最低,仅为 90.10 mg/kg,比 CK 组低 43.67 mg/kg,减幅为 32.65%。可见,增加 LED 灯补光可以明显降低蔬菜中硝酸盐含量。参考蔬菜中硝酸盐含量标准,该试验生产出的甜椒均符合其规定。



注:不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level.

图 2 不同处理对甜椒硝酸盐含量的影响

Fig. 2 Effects of different treatments on the nitrate content of pimiento

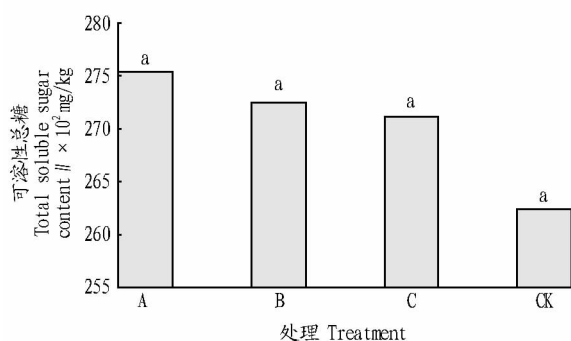
2.3.3 不同处理对甜椒可溶性总糖含量的影响。由图 3 可知,各补光处理总糖含量均比 CK 组稍有提高,但总体差异不大,处理间差异不显著。说明增加 LED 灯补光对于增加可溶性总糖含量效果并不明显。

3 结论与讨论

该试验结果表明,LED 灯补光处理后,甜椒在产量和品质 (下转第 29 页)

- [8] 袁祖华,石洪艳. 沼液在黄瓜上的应用效果研究[J]. 现代农业科技, 2010(14):97-99.
- [9] 向永生. 沼液用作茶叶叶面肥的初步研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2006.
- [10] 王卫平,陆新苗,魏章焕,等. 施用沼液对柑桔产量和品质以及土壤环境的影响[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(11):2300-2305.
- [11] 张无敌,宋洪川,丁琪,等. 沼气发酵残留物防治农作物病虫害的效果分析[J]. 农业现代化研究, 2001, 22(3):167-170.
- [12] 尹芳,张无敌,宋洪川,等. 沼液对某些植物病原菌抑制作用的研究[J]. 可再生能源, 2005(2):9-10,36.
- [13] 桑得福,雍山玉. 沼液沼渣防治黄芩根腐病田间试验报告[J]. 中国沼气, 2011, 29(4):55-56.
- [14] 张伦德,周才巨,贺光伦. 沼液防治柑橘害虫和蚜虫效果试验[J]. 中国热带农业, 2001(1):63-64.
- [15] 顾伟涛,刘畅,骆林平,等. 沼液复配农药对番茄早疫病病原菌的抑制效果[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(4):2074-2075,2078.
- [16] 郭生虎,张源沛,朱金霞,等. 沼液复配杀菌剂防治黄瓜霜霉病效果初报[J]. 北方园艺, 2001(3):21-23.
- [17] 李正华. 厌氧发酵沼液的抗病防虫机理及其应用技术研究[D]. 郑州:河南农业大学, 2002.
- [18] 马艳,李海,常志州,等. 沼液对植物病害的防治效果及机理研究 I:对植物病原真菌的抑制效果及抑制机理初探[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(2):366-374.
- [19] 郝民杰,张磊,庄松林. 沼液对蚯蚓生长和繁殖的影响[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(25):13739-13740.
- [20] 金家志,绍凤君. 沼液在农业上的综合利用[J]. 资源节约和综合利用, 1991(2):36-38.
- [21] 吴巨昌. 沼液的饲用价值[J]. 科学养鱼, 1995(3):12-15.
- [22] 梁康强,阎中,朱民,等. 沼气工程沼液反渗透膜浓缩应用研究[J]. 中国矿业大学学报, 2011, 40(3):470-475.
- [23] 宋成芳,单胜道,张妙仙,等. 畜禽养殖废弃物沼液的膜浓缩过滤试验研究[J]. 中国给水排水, 2011, 27(3):84-86.
- [24] RUAN H M, YANG Z R, LIN J Y, et al. Biogas slurry concentration hybrid membrane process: Pilot-testing and RO membrane cleaning[J]. Desalination, 2015, 368:171-180.
- [25] 徐国瑞. 沼液纳滤膜浓缩技术及其液体有机肥开发研究[D]. 杭州:浙江大学, 2012.
- [26] 王翠. 沼液培养基中富油小球藻 (*Chlorella vulgaris*) 的高密度培养[D]. 南京:南京工业大学, 2010.
- [27] 赵凤敏,梅帅,曹有福,等. 基于沼液的培养基及产油小球藻种选育[J]. 环境科学, 2014, 35(6):2300-2304.
- [28] 吴慧斌. 沼液中活性成分的分析及菇类转化机制探究[D]. 上海:上海海洋大学, 2015.
- [29] 靳红梅,常志州,叶小梅,等. 江苏省大型沼气工程沼液理化特性分析[J]. 农业工程学报, 2011(1):291-296.
- [30] 朱凤香,王卫平,陈瑞琦,等. 利用人工湿地栽种水生作物对沼液进行无害化消解[J]. 浙江农业学报, 2011, 23(2):364-368.
- [31] 毕胜兰. 两级 A₂/O 工艺用于奶牛养殖低 C/N 值沼液处理[D]. 重庆:重庆大学, 2011.
- [32] 余薇薇,张智,毕胜兰,等. 改良型两级 A/O 工艺处理畜禽养殖场的沼液研究[J]. 中国给水排水, 2011, 27(1):8-11.
- [33] 邓宽. 一体式 A/O 反应器对猪场沼液脱氮除磷机制与效果的研究[D]. 南昌:南昌大学, 2014.
- [34] 方炳南,顾欣欣,朱亮,常规 SBR 工艺对猪场沼液的处理性能研究[J]. 中国沼气, 2012, 30(1):27-30.
- [35] 邓良伟,蔡昌达,陈铭铭,等. 猪场废水厌氧消化液后处理技术研究及工程应用[J]. 农业工程学报, 2002, 18(3):92-94.
- [36] 邓良伟,郑平,陈子爱,等. Anarwia 工艺处理猪场废水的技术经济性研究[J]. 浙江大学学报, 2004, 30(6):628-634.
- [37] 陈碧美,陆文忠,苏蓉,等. 两次进水 SBR 法处理养猪场废水厌氧消化液[J]. 能源环境保护, 2010, 24(2):19-26.
- [38] 王锋,严潇南,杨海真,等. 鸡粪厌氧发酵沼液达标处理工艺研究[J]. 农业机械学报, 2012, 43(5):84-90.
- [39] 马焕春. 畜禽养殖场沼液的微电解-电极-SBBR 处理工艺研究[D]. 重庆:西南大学, 2013.
- [40] 张威,任玉芬,蒋胜韬,等. 浸没式 MBR 技术在养猪场废水处理中的应用[J]. 环境工程学报, 2009, 3(11):2005-2008.
- [41] 税勇,川岸朋树,宋小燕,等. 两种膜生物反应器处理养猪沼液的研究[J]. 环境科学, 2015, 36(9):3319-3327.
- [42] 冯亮. 磷酸铵镁法-膜生物反应器组合工艺处理养猪沼液效果研究[D]. 上海:同济大学, 2014.
- [43] 赵楠婕,解庆林,游少鸿,等. 厌氧氨氧化工艺处理猪场废水沼液的试验研究[J]. 四川环境, 2012, 31(5):4-7.
- [44] 赵楠婕. 短程硝化厌氧氨氧化联合工艺处理养猪污水沼液实验研究[D]. 桂林:桂林大学, 2009.
- [45] 宋国梁. SHARON-ANAMMOX 工艺处理高氨氮猪场废水厌氧消化液[D]. 北京:中国农业科学院, 2007.

(上接第 25 页)



注:不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level.

图 3 不同处理对甜椒可溶性总糖含量的影响

Fig. 3 Effects of different treatments on the total soluble sugar content of pimiento

上均有较大的提升,且以从苗期开始补光处理效果最好,其产量较对照增加 82.81%,商品率较对照也大幅提高。商品的价格与商品性密切相关,甜椒经补光处理后商品性大为改善,因而其经济价值也有较大的提升。这与吴根良等^[6]的研究结果一致。

蔬菜中硝酸盐的累积是一个复杂的过程,其受硝态氮吸收及还原同化的控制,同时也受光照条件的影响。该试验中,对照的硝酸盐含量远高于其他 3 个补光处理,说明 LED 红蓝光补光有助于减少硝酸盐的吸收量,从而提高蔬菜品质,这与高波等^[7]在芹菜中的研究结果一致。甜椒维生素 C 含量变化与硝酸盐一致,但可溶性总糖含量各处理间差异不大,该结论与吴根良等^[6]、闻婧等^[8]的研究结果不一致。这可能与研究对象的不同有关,具体原因有待进一步探究。

参考文献

- [1] 刘晓英,常涛涛,郭世荣,等. 红蓝 LED 光全生育期照射对樱桃番茄果实品质的影响[J]. 中国蔬菜, 2010(22):21-27.
- [2] LI Q, KUBOTA C. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce[J]. Environmental and experimental botany, 2009, 67(1):59-64.
- [3] 周晚来,刘文科,闻婧,等. 短期连续光照下水培生菜品质指标变化及其关联性分析[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(6):1319-1323.
- [4] 齐连东,刘世琦,许莉,等. 光质对菠菜草酸、单宁及硝酸盐积累效应的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(4):201-205.
- [5] 马超,张欢,郭银生,等. LED 在芽苗菜生产中的应用及前景[J]. 中国蔬菜, 2010(20):9-13.
- [6] 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.
- [7] 高波,杨振超,李万青,等. 3 种不同 LED 光质配比对芹菜生长和品质的影响[J]. 西北农业学报, 2015, 24(12):125-132.
- [8] 闻婧,杨其长,魏灵铃,等. 不同红蓝 LED 组合光源对叶用莴苣光合特征和品质的影响及节能评价[J]. 园艺学报, 2011, 38(4):761-769.