

# 不同红蓝 LED 光对比对“丰香”草莓生长发育及果实品质的影响

王振普<sup>1</sup> 牟美如<sup>1</sup> 梁娇<sup>1</sup> 李晶<sup>2</sup> 牛燕芬<sup>1</sup> 江参<sup>3</sup> 宁眺<sup>1\*</sup>

1 昆明学院农学与生命科学学院

2 香格里拉市藏美农业科技有限公司

3 迪庆松林文化旅游传播有限公司

DOI:10.32629/as.v9i6.4101

**[摘要]** 为研究LED红蓝光不同对比对草莓营养生长及果实品质的影响,以“丰香”草莓为供试材料,在水培条件下设置四种补光处理:红光:蓝光=6:2(T1)、7:1(T2)、8:1(T3)及白光对照(T4/CK),在统一PPFD( $200\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )和光周期(12h)条件下,测定不同处理下草莓的形态指标(花蕾数)、生理指标(可溶性糖、可溶性蛋白)。结果表明:红蓝6:2(T1)处理下花蕾数维持稳定正增长;红蓝7:1(T2)处理下可溶性蛋白含量最高;红蓝8:1(T3)处理下可溶性糖积累量最高。研究结果可为设施草莓基于不同生产目标(耐储运、鲜食优质)的精准光环境调控提供参考依据。

**[关键词]** 草莓; 红蓝光配比; LED; 生长发育; 果实品质

中图分类号: S668.4 文献标识码: A

## The Effect of Different Red Blue LED Light Ratios on the Growth, Development, and Fruit Quality of "Fengxiang" Strawberries

Zhenpu Wang<sup>1</sup> Meiru Mou<sup>1</sup> Jiao Liang<sup>1</sup> Jing Li<sup>2</sup> Yanfen Niu<sup>1</sup> Shen Jiang<sup>3</sup> Tiao Ning<sup>1\*</sup>

1 College of Agriculture and Life Sciences, Kunming University

2 Shangri La Cangmei Agricultural Technology Co., Ltd

3 Diqing Songlin Cultural Tourism Communication Co., Ltd

**[Abstract]** To explore the effects of different red-blue LED light ratios on vegetative growth and fruit quality of strawberries, the Fengxiang strawberry cultivar was used as the test material. Four supplementary light treatments were established under hydroponic conditions: red light to blue light ratios of 6:2 (T1), 7:1 (T2), 8:1 (T3), and white light as the control group (T4/CK). All treatments were maintained at a uniform photosynthetic photon flux density of  $200\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  and a 12-hour photoperiod. Morphological indicators (plant canopy width, flower bud number) and physiological indicators (soluble sugar, soluble protein) of strawberries under different treatments were measured. The results showed that the number of flower buds exhibited steady positive growth under the 6:2 red-blue light ratio (T1). The soluble protein content reached the peak under the 7:1 ratio (T2), while the highest accumulation of soluble sugar was observed in the 8:1 ratio group (T3). The findings can provide a theoretical reference for precise light environment regulation of protected-cultivated strawberries according to diverse production goals including long-distance storability and high-quality fresh consumption.

**[Key words]** Strawberry; Red-to-blue light ratio; LED; Growth and development; Fruit quality

### 引言

光质是植物生长发育的重要影响因子,能够调节作物的形态建成、光合作用以及营养品质等<sup>[1]</sup>。不同波长的光通过光受体(如感知红光/远红光的光敏色素和感知蓝光/UV-A的隐花色素与向光素)参与植物光信号转导,进而影响植株的形态发生和物质代谢过程<sup>[2,3]</sup>。

LED作为新一代人工光源,具有光谱可调、光量可控、节能

高效、寿命长等优势<sup>[4]</sup>,已成为设施园艺中人工补光的重要技术。2006年,国内建成了第一套密闭式LED植物工厂,并开发了配套的光照环境控制系统<sup>[5]</sup>。目前,LED光源在蔬菜、水果、花卉等设施园艺生产中得到了广泛应用<sup>[6,7,8]</sup>。

红光和蓝光是植物光合作用最有效利用的两种光质。已有研究表明,红光有利于植物碳水化合物的积累和产量提高<sup>[1,9]</sup>,蓝光则促进植物矮壮生长、叶绿素合成和蛋白质代谢<sup>[10,11]</sup>。适

宜的红蓝光配比能够显著改善植物的形态结构和营养品质。孙宇等<sup>[12]</sup>研究发现,红蓝光处理能显著促进草莓叶片中可溶性糖的积累;卢贝<sup>[13]</sup>发现红蓝光对比对草莓叶片的分化和生长具有促进作用;Naznin等<sup>[14]</sup>亦报道。然而,已有研究多集中于单一红蓝光配比与单色光或白光的对比,在高红光比例(R:B≥3:1)区间内不同梯度对比对草莓生长与品质的精细调控效应,特别是各指标间的协同/权衡关系尚缺乏系统比较。

“丰香”草莓是我国设施栽培中种植面积较大的主栽品种之一,具有果实香气浓郁、口感甜润等优良特性<sup>[15]</sup>,但其LED光质响应方面的研究报道相对较少。因此,本研究以“丰香”草莓为试验材料,首次系统比较红蓝6:2、7:1、8:1三个高红光梯度及白光对照对草莓形态、生理的综合影响,以期设施草莓基于不同生产目标的精准光环境调控提供理论依据和实践参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试草莓品种为“丰香”(Fragaria×ananassaDuch. cv. Toyonoka),购自云南省玉溪市九溪草莓种苗繁育基地。

### 1.2 试验设计

试验于2025年10月至12月在昆明学院农学与生命科学学院温室进行,采用水培栽培方式。

试验设置四种LED补光处理:白光对照(CK/T4)、红蓝光比6:2(T1)、7:1(T2)和8:1(T3)。

试验采用完全随机设计,每处理设3个生物学重复,每重复20株草莓苗,每处理共60株;栽培过程中,除光质处理外,各处理的温度、湿度、营养液管理等条件均保持一致。

### 1.3 指标测定

#### 1.3.1 形态指标测定

试验于2025年10月初定植“丰香”草莓幼苗,缓苗期约7~10天。

#### 1.3.2 生理指标测定

取样部位为植株自上而下第3片完全展开叶。于各光处理开始后第0、7、14、21天上午9:00~10:00取样。

(1)可溶性蛋白含量:采用考马斯亮蓝G-250染色法测定。(2)可溶性糖含量:采用蒽酮比色法测定。

### 1.4 数据统计与分析

所有数据采用Origin2024软件进行可视化作图,采用IBMSPSSStatistics26.0软件进行单因素方差分析(One-wayANOVA)。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同光质对“丰香”草莓花蕾数的影响

由图1动态变化趋势可见,T1处理下花蕾数在整个生育期内始终保持正增长,而T2、T3、T4处理在部分时期均出现不同程度的负增长(即新生花蕾数低于败育/凋谢花蕾数)。花蕾数的持续增长与稳定性直接反映植株的坐果潜力,T1处理下花蕾数增长最为稳定,说明红蓝6:2的光质配比有利于维持“丰香”草莓生殖生长稳定性,在生产中有助于提高坐果率。

### 2.2 不同光质对“丰香”草莓生理指标的影响

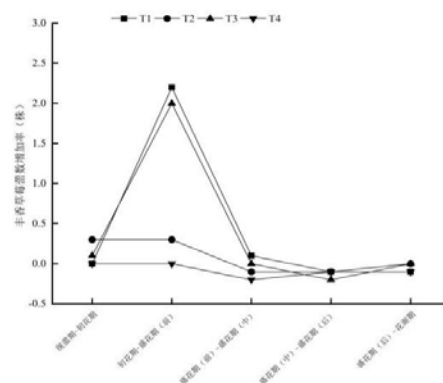


图1 不同红蓝光配比影响“丰香”草莓花蕾数的动态变化趋势

### 2.2.1 不同光质对“丰香”草莓可溶性糖含量的影响

不同红蓝光对比对“丰香”草莓可溶性糖含量的影响如图2所示。从动态变化看,四种处理下可溶性糖含量均呈“先降后升”趋势:现蕾期至初花期下降,盛花前期至盛花后期持续上升。总体水平排序为T3(红蓝8:1)>T2(红蓝7:1)>T1(红蓝6:2)>T4(白光),盛花后期T3处理可溶性糖含量显著高于其他处理( $P<0.05$ )。结果表明,红蓝8:1的光质配比最有利于“丰香”草莓可溶性糖的积累。

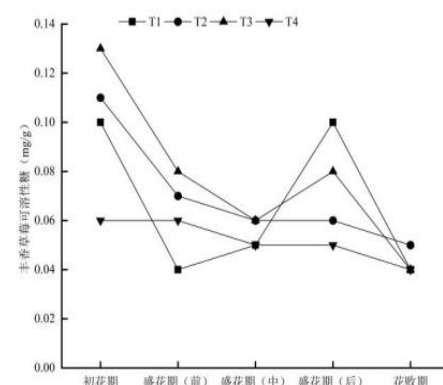


图2 不同红蓝光对比对“丰香”草莓可溶性糖含量的影响

### 2.2.2 不同光质对“丰香”草莓可溶性蛋白含量的影响

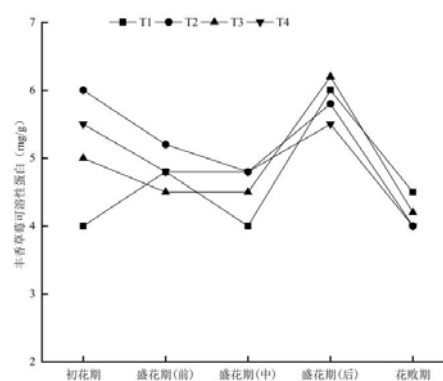


图3 不同红蓝光对比对“丰香”草莓可溶性蛋白含量的影响

不同红蓝光对比对“丰香”草莓可溶性蛋白含量的影响如

图3所示。各处理下可溶性蛋白含量在整个测定时期内波动幅度较小,但处理间差异稳定存在:整体上T2(红蓝7:1)处理下可溶性蛋白含量最高,显著高于其他三种处理( $P<0.05$ ),结果表明,红蓝7:1的光质配比最有利于“丰香”草莓可溶性蛋白的积累。

### 3 讨论

#### 3.1不同红蓝光配比对“丰香”草莓形态建成的调控效应

在花蕾数方面,红蓝6:2处理是唯一在整个生育期内保持花蕾数持续正增长的处理。已有研究表明,蓝光可通过CRY-CO-FT模块促进花芽分化与成花信号传递。本研究中较高的蓝光比例可能通过增强成花诱导信号促进了“丰香”草莓花芽的持续发生,对设施草莓生产中坐果率和持续采收能力具有积极意义。

#### 3.2不同红蓝光配比对“丰香”草莓生理代谢的影响

可溶性糖和可溶性蛋白是反映植物碳氮代谢的两个核心指标,亦是评价植物抗逆性的重要生理参数<sup>[12]</sup>。本研究发现,可溶性糖含量整体排序为T3(红蓝8:1)>T2(红蓝7:1)>T1(红蓝6:2)>T4(白光),即随红光比例增加,可溶性糖积累呈上升趋势。这与孙宇<sup>[12]</sup>关于红蓝光处理显著促进草莓叶片可溶性糖积累的结论一致,也与郭奕<sup>[1]</sup>“红光有利于碳水化合物积累”的观点相符。

在可溶性蛋白方面,T2(红蓝7:1)处理下含量最高,显著高于其他处理,这与蓝光促进氮代谢的机制相符。然而,当蓝光比例进一步提高至T1(25%)时,可溶性蛋白含量反而低于T2(12.5%)。

#### 3.3研究局限性与展望

本研究主要关注红蓝光配比这一单一变量,且指标体系以表型与基础生理指标为主,未涉及光合参数和分子层面的分析。未来可从以下几方面深入:(1)引入更多光质变量(如远红光、绿光、UV-A等)和动态光配方;(2)结合光合生理参数和叶绿素荧光分析,从光能利用效率角度评估光质效应;

### 4 结论

本研究结果表明,不同红蓝LED光质配比对“丰香”草莓的形态建成、果实品质及生理代谢具有显著的差异化调控效应,主要结论如下:

(1)红蓝光配比影响草莓植株的形态发育进程。其中,红蓝光比例为6:2(T1)的处理最有利于促进花蕾数量的稳定增加。(2)果实生理品质对光质配比响应敏感。红蓝8:1(T3)处理下,草莓可溶性糖积累量最高;红蓝7:1(T2)处理下,可溶性蛋白含量最高。

#### [基金项目]

昆明市政府春城计划青年拔尖人才项目(C201914005);云南省科技厅云南省中青年学术与技术带头人后备人才项目(云科发〔2021〕62号)。

### [参考文献]

- [1]郭奕.不同光质LED光源组合对番茄及黄瓜育苗效果的影响[D].哈尔滨:东北农业大学,2021.
  - [2]刘文科.LED补光对促进火龙果开花的调控作用[J/OL].中国照明电器,2026,491(02):7-12+27.
  - [3]PALIWAL C,JAIN P,MISHRA K,et al.Light signaling perception and regulation: An overview of mechanisms and roles in plants[J].Plant Stress,2024,11:100345.
  - [4]万文昊.基于多波段LED的光谱可调对色灯箱的研究与设计[D].北京:北京交通大学,2023.
  - [5]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.
  - [6]李玉芳.LED补光对西甜瓜壮苗形成及甜瓜温度胁迫抗性的影响[D].沈阳:沈阳农业大学,2025.
  - [7]王佳淇.不同光质LED补光对大棚蓝莓生长发育的影响研究[D].金华:浙江师范大学,2020.
  - [8]YUH,LIU P,XU J,et al.The effects of different durations of night-time supplementary lighting on the growth,yield,quality and economic returns of tomato[J].Plants,2024,13(15):2072.
  - [9]任婷婷,张廷秀,战良,等.不同光质补光对设施栽培‘阳光玫瑰’葡萄果实品质的影响[J].园艺学报,2025,52(9):2464-2476.
  - [10]王东升,黄忠阳,陈莉莉,等.不同LED光质及延时补光时间对番茄育苗的影响[J].江苏农业科学,2025,53(11):141-148.
  - [11]LILLOC,APPENROTH K J.Light regulation of nitrate reductase in higher plants:Which photoreceptors are involved?[J].Plant Biology,2001,3(5):455-465.
  - [12]孙宇.LED光质对草莓生长发育和果实品质的影响[D].南京:南京农业大学,2023.
  - [13]卢贝.不同光质对草莓生长发育影响及FaHY5在品质形成中的作用[D].扬州:扬州大学,2021.
  - [14]NAZNIN T,LEFSRUD M, GRAVEL V,et al.Different ratios of red and blue LED light effects on coriander productivity and antioxidant properties[J].Acta Horticulturae,2016,1134:223-230.
  - [15]李薇,王哲,刘妍,等.我国草莓产业发展新形势、存在的问题及建议[J].中国南方果树,2025,54(02):240-248.
- 作者简介:**  
王振普(1994—),男,汉族,安徽蚌埠人,在读硕士研究生,主要从事植物保护与资源利用研究。
- \*通讯作者:**  
宁眺(1978—),女,汉族,四川成都人,教授,主要从事功效成分挖掘和功能基因评价研究。