

DOI:10.11937/bfyy.201621012

# LED补光对设施草莓生长及果实品质的影响

吴鹏飞<sup>1</sup>, 王丽娟<sup>1</sup>, 刘 昭<sup>1</sup>, 切岩祥和<sup>2</sup>

(1. 天津农学院 园艺园林学院, 天津 300384; 2. 静冈大学 农学部, 日本 静冈 4228529)

**摘 要:**以“红颜”草莓为试材,以 LED 红:蓝:白=1:1:1 为处理,自然光为对照,研究了光质对设施草莓产量和品质的影响,以克服冬季雾霾影响温室内光照弱的环境条件,探索设施草莓优质高产措施。结果表明:通过 LED 补光可以显著提高草莓植株生长量,净光合速率等大于自然光处理;LED 补光组最大单果质量、平均单果质量均大于对照组;果实可溶性糖、可溶性蛋白质含量均高于对照组。

**关键词:**草莓;LED 补光;生长;品质

**中图分类号:**S 668.428 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)21-0048-03

随着设施农业的迅速发展,栽培设施与栽培技术的日益成熟为我国农业的发展提供了良好的基础。北方冬季由于气温低、光照时间短等不利的气候条件很大程度上限制了农作物的生长,在设施栽培中朱涛等<sup>[1]</sup>认为,由于冬季光照强度与光照时间的不足,可以采用人

为补光的方法改善栽培环境<sup>[2]</sup>,促进作物的生长,我国北部冬季部分地区雾霾严重,光照不足严重限制草莓植株的正常生长,而且草莓植株极易发生病虫害,限制了设施草莓的优质高产栽培。研究表明,不同波长的光质对植物影响广泛,不同比例的红、蓝光配比不仅影响植物种子的萌发,植株根、茎、叶的生长,还会影响植物的果实产量与品质<sup>[3]</sup>。因此,该试验以“红颜”草莓为试验材料,研究了相同设施环境条件下 LED 补光处理对设施草莓的生理生长及果实品质的影响,以期对北方设施草莓冬季生产栽培提供理论指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以“红颜”草莓为试材。

**第一作者简介:**吴鹏飞(1992-),男,硕士研究生,研究方向为设施草莓组培快繁技术。E-mail:751337132@qq.com.

**责任作者:**王丽娟(1971-),女,博士,副教授,硕士生导师,天津市青年骨干教师,研究方向为设施园艺。E-mail: boshiw@sohu.com.

**基金项目:**天津市中青年骨干教师资助项目(J010070207);天津市“千人计划”资助项目(津 2012-77)。

**收稿日期:**2016-07-25

## Effect of Different Pruning Treatments on Sprouting and Shoot Growing of Young Apple Tree

GAO Hua<sup>1</sup>, YUAN Zhongyu<sup>2</sup>, LIU Zhenzhong<sup>1</sup>, WEI Dechuang<sup>2</sup>, SHI Tao<sup>2</sup>, ZHU Jiashun<sup>2</sup>

(1. College of Horticulture, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. Qingcheng Apple Experiment and Demonstration Station, Qingcheng, Gansu 745100)

**Abstract:** ‘Yuhua Fuji’ apple trees planted in 2013 were used as experimental material, the effects of bud-notching, light cutting short, pinching and coating branch pruning treatments on the sprouting and shoot growing of one-year-old branches were studied. The results showed that the budding rate of bud-notching always was significantly higher than other processings, in the bud, bud-notching treatment had the highest germination rate was 97%. The budding rate of applying growth branch processing was 0%, and there was no significant difference compared with control. Processing of the late time, the ratio of short shoot of branch pulling and bud-notching treatment was higher, but the total of the number of branches decreased. After bud germinating, bud-notching to the cultivation of fruit group had a positive meaning, branch pulling could slow the growth of new shoots branches.

**Keywords:** apple; pruning; budding rate; new shoots grow

## 1.2 试验方法

2015年9月初草莓定植于天津市农机局试验田,采用草炭:蛭石:珍珠岩=1:1:1基质栽培,山崎营养液配方。以LED光质组成红:蓝:白=1:1:1为处理,以自然光为对照,每处理600株。LED补光时间07:00—17:00,每天10~14h,LED灯距离植株冠层30cm,除光照处理外,其它栽培管理相同。

## 1.3 项目测定

1.3.1 植株生长指标测定 在植株缓苗30d后,用游标卡尺和直尺对植株的叶柄粗、株高等生长指标进行测定。

1.3.2 光合特性的测定 每处理随机选取9株草莓,于晴天08:00采用CIRAS-3便携式光合仪进行叶片光合速率及相关指标的测定,包括净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Gs)、胞间CO<sub>2</sub>浓度(Ci)。相对叶绿素含量:每处理随机选取9株草莓,采用SPAD-502叶绿素仪进行测定。

1.3.3 果实品质与产量的测定 果实品质:每个处理随

机选取20个果实,测定果实品质。可溶性固形物含量采用PAL数显糖度计进行测定;可滴定酸含量采用氢氧化钠溶液滴定法测定;果实硬度采用数显式水果硬度计(型号GY-4)进行测定;可溶性糖与可溶性蛋白质含量采用紫外分光光度计进行测定<sup>[4]</sup>。果实产量:第一穗果实成熟采收后用电子天平测定最大单果质量与平均单果质量。

## 1.4 数据分析

采用Excel和SPSS 16.0软件对试验数据进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 LED补光处理对草莓生长指标的影响

从表1可以看出,在相同设施环境条件下,LED补光处理的株高和根茎粗显著大于自然光处理;补光处理下植株叶片数、叶柄粗、叶柄长均显著大于对照组,根冠比则小于对照组,说明补光处理可以显著促进草莓地上部的生长;补光处理下植株冠幅长、宽、面积等均显著大于对照组,LED补光处理下植株长势明显优于自然光。

表1 补光处理对草莓生长指标的影响

Table 1 Effect of supplemental lighting treatment on the strawberry growth in dicators

处理 Treatment	叶片数 Leaf number/片	株高 Plant height /cm	叶柄长 Petiole length /cm	叶柄粗 Petiole thickness /mm	根茎粗 Stalk thickness /mm	根冠比 Root shoot ratio	冠幅长 Crown diameter length /cm	冠幅宽 Crown diameter width /cm	冠幅面积 Crown diameter area /cm <sup>2</sup>
补光	12±1a	21.9±0.13a	9.32±0.29a	3.30±0.05a	18.0±0.19a	0.18±0.02a	31.67±1.33a	26.67±1.53a	627.43±10.89a
CK	10±1b	18.7±0.69b	8.83±0.18b	2.54±0.09b	14.7±0.27b	0.21±0.08a	26.67±0.67b	22.67±0.59b	561.91±13.03b

注:不同小写字母表示显著差异(P<0.05)。下同。

Note: Different lowercase letters mean significant difference at 0.05 level. The same as below.

### 2.2 LED补光处理对草莓光合特性的影响

由表2可以看出,LED补光处理可以显著提高草莓的净光合速率,气孔导度、叶绿素含量显著高于对照组,

胞间CO<sub>2</sub>浓度也高于对照组,补光组植株叶片蒸腾速率小于对照组。

表2 补光处理对草莓光合特性的影响

Table 2 Effect of supplemental lighting treatment on the photosynthetic characteristics of strawberry

处理 Treatment	净光合速率 Netphotosynthetic rate /( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	蒸腾速率 Transpiration rate /( $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	气孔导度 Stomatal conductance /( $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	胞间CO <sub>2</sub> 浓度 Interacellular CO <sub>2</sub> concentration /( $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$ )	相对叶绿素含量(SPAD) Relative chlorophyll content
补光	27.35±0.82a	5.84±0.78a	144.50±18.02a	376.67±55.23a	51.07±0.42a
CK	25.13±1.71b	6.79±0.53a	130.67±20.26b	339.67±35.25a	47.14±0.67b

### 2.3 LED补光处理对草莓果实产量的影响

由表3可知,补光组处理下草莓果实的平均单果质量和最大单果质量均高于对照组、果实硬度略低于对照

组,说明补光在一定程度上可以促进果实成熟;补光组平均单株产量显著高于对照组,说明通过LED补光可以一定程度上提高草莓果实产量。

表3 补光处理对草莓果实产量的影响

Table 3 Effect of supplemental lighting treatment on the yield of strawberry fruits

处理 Treatment	果色 Color	果形指数(纵径/横径) Shape index	平均单果质量 Fruit weight/g	平均单株产量 Yield/g	最大单果质量 Maximal fruit weight/g	果实硬度 Firmness/( $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ )
补光	鲜红色	1.56±0.76a	19.25±1.56a	196.7±3.99a	39.0	0.32±0.27a
CK	鲜红色	1.78±0.40a	17.92±1.23b	179.0±5.06b	32.0	0.48±0.18a

### 2.4 LED补光处理对草莓果实品质的影响

果实风味是果实的固形物含量和含酸量高低的反

映,二者的比值决定果实品质的优劣<sup>[5]</sup>。在相同生长环境下,果实固酸比越大,品质越好。由表4可知,补光组

可溶性固形物、可溶性糖含量均显著高于对照组,固酸比也显著高于对照组,补光组可溶性蛋白质含量高于对

照组,可滴定酸含量小于对照组,差异不显著。说明LED补光处理可显著提高草莓果实品质。

表 4

补光处理对草莓果实品质的影响

Table 4

Effect of supplemental lighting treatment on the quality of strawberry fruits

处理 Treatment	可滴定酸含量 Titratable acid content/(g · kg <sup>-1</sup> )	可溶性固形物含量 Soluble solid content/%	可溶性蛋白质含量 Soluble protein content/(mg · g <sup>-1</sup> )	可溶性糖含量 Soluble sugar content/(mg · g <sup>-1</sup> )	固酸比 Solid-acid ratio
补光	11.2±0.26a	8.97±0.23a	0.27±0.03a	0.72±0.13a	8.50±0.75a
CK	11.4±0.12a	8.40±0.25b	0.22±0.07a	0.56±0.10b	7.37±1.23b

### 3 讨论与结论

不同光质对植物的生长发育有着广泛的调节作用,研究表明不同波长光质通过与其相关的色素作用影响植物体内的激素平衡,进而对植物的生长发育产生影响<sup>[6]</sup>,设施栽培中可根据不同植物的光合作用和形态建成的需求调节其波长范围促进植物生长<sup>[7-8]</sup>,植物能通过光受体感受光质与光强的微妙变化,这些光受体激发信号传递途径来改变发育中的形态建成<sup>[9]</sup>。在试验中,补光处理下草莓植株生长势显著大于对照组,说明补充一定量的红蓝光能够在某种程度上促进草莓植株的生长。在草莓果实品质方面,SHAW<sup>[10]</sup>提出草莓的可溶性固形物受环境条件的影响要大于遗传性因素,该试验发现补光组可溶性固形物明显大于对照组。而可滴定酸含量受环境条件影响较小,OSMAN等<sup>[11]</sup>研究表明采前遮阴可降低草莓果实的可滴定酸含量,该试验中补光组和对对照组可滴定酸含量变化对比不显著。该试验结果表明,在“红颜”草莓苗期生长中通过LED补光能够显著促进草莓苗的形态建成,补光处理的株高、根茎粗等生长指标显著大于对照组,这与光质比例构成有紧密关系;植株的净光合速率、叶片叶绿素含量也高于对照组;在后期果实品质方面,补光能够显著提高草莓可溶性固形物、可溶性糖、可溶性蛋白质含量进而提升

草莓果实品质。LED补光会广泛应用于今后设施栽培生产中,对促进作物生长具有重要意义。

### 参考文献

- [1] 朱涛,臧壮望.光照对保护地蔬菜的影响及调控[J].农技服务,2007,24(3):26.
- [2] 崔瑾,徐志刚,邸秀茹.LED在植物设施栽培中的应用和前景[J].农业工程学报,2008,24(8):249-253.
- [3] 郑亮,邢文鑫,董海泉,等.LED苗期暗期补光对茄果类蔬菜发育和生理的影响[J].中国蔬菜,2012(18):111-115.
- [4] 张志良,瞿伟菁.植物生理学实验指导[M].3版.北京:高等教育出版社,2013.
- [5] 赵玲,栾敬德,刘荣厚.沼液对草莓植株性状及果实品质的影响[J].北方园艺,2004(2):58-59.
- [6] 邢泽南,张丹,李苏,等.光质对油葵芽苗菜生长和品质的影响[J].南京农业大学学报,2012,35(3):47-51.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] WARD J M, CUFR C A, DENZEL M A, et al. The Dof transcription factor OBP3 modulates phytochrome and cryptochrome signaling in arabidopsis[J]. Plant Cell, 2005, 17: 475-485.
- [10] SHAW D. Response to selection and associated changes in genetic variance for soluble solids and titratable acids content in strawberries[J]. J. Am Soc Hort Sci, 1990, 115: 839-843.
- [11] OSMAN A B, DODD P B. Changes in some physical and chemical characteristics of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duchesne) cv. Ostrara grown under different shading levels[J]. Acta Hort, 1992, 292: 195-207.

## Effect of LED Supplemental Lighting Treatment on Protected Strawberry Growth and Fruit Quality

WU Pengfei<sup>1</sup>, WANG Lijuan<sup>1</sup>, LIU Zhao<sup>1</sup>, KIRRIWAYoshikazu<sup>2</sup>

(1. Department of Horticulture, Tianjin Agricultural College, Tianjin 300384; 2. Faculty of Agriculture, Shizuoka University, 836 Ohya, Suruga, Shizuoka 422-8529, Japan)

**Abstract:** ‘Benihoppe’ strawberry was used as material, natural light as the contrast, LED red : blue : white = 1 : 1 : 1 as processing, the effect of LED light quality on the plants growth and the fruit quality of strawberry was studied to overcome effects of greenhouse light weak environmental conditions in the winter of haze, so as to explore measures of protected strawberry quality. The results showed that the LED supplemental lighting treatment could significantly improve the strawberry plants growth, net photosynthetic rate was greater than natural light processing; on the LED supplemental lighting treatment, the largest fruit weight, average single fruit weight were higher than the contrast group; soluble sugar content and soluble protein content were higher than the contrast group.

**Keywords:** strawberry; LED supplemental lighting; growth; quality