

刘 丹, 刘晓英, 焦学磊, 等. 不同 LED 光源对温室黄瓜幼苗生长和生理特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(8): 238–242.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.068

# 不同 LED 光源对温室黄瓜幼苗生长和生理特性的影响

刘 丹<sup>1</sup>, 刘晓英<sup>1</sup>, 焦学磊<sup>1</sup>, 朱家春<sup>2</sup>, 徐志刚<sup>1</sup>, 唐灿明<sup>1</sup>

(1. 南京农业大学农学院/作物遗传与种质创新国家重点实验室, 江苏南京 210095; 2. 江苏淮安绿色食品蔬菜协会, 江苏淮安 223001)

**摘要:**发光二极管(light-emitting diodes, LEDs)是新型的高效节能光源,具有体积小、能耗低、低发热且与植物生长的光谱范围相吻合等优点,已用于设施栽培补充光源。研究了不同比例 LED 光源对黄瓜品种露丰幼苗生长的影响,采用荧光灯(FL)、单色红光(R)LEDs,红蓝组合光(R:B=7:3,1:1,3:7)LEDs 以及单色蓝光(B)LEDs 共 6 个不同的光源处理 30 d。结果表明,红光处理下的黄瓜幼苗株高和可溶性糖、淀粉含量最大;红蓝 7:3 LEDs 处理下的鲜质量、干质量、叶面积最大;红蓝 1:1 LEDs 处理下的蔗糖含量最高;红蓝 3:7 LEDs 处理的叶绿素含量、可溶性蛋白含量最高,红蓝 3:7 LEDs 处理的根系活力显著高于其余 LED 光处理;蓝光处理下的游离氨基酸含量最高。红蓝 7:3 LEDs 处理下的鲜质量、干质量、叶面积、叶绿素含量、可溶性蛋白和游离氨基酸的含量均显著高于荧光灯处理,可作为日光温室中黄瓜生产的补充光源。

**关键词:**发光二极管;黄瓜;光质;幼苗;生长指标;生理指标

**中图分类号:** S642.201 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)08-0238-04

我国利用日光温室进行蔬菜反季节栽培已推广十余年<sup>[1]</sup>。近年来,随着设施栽培技术的发展,黄瓜的反季节生产技术逐步建立,已经能达到全年的生产与供应,采用日光温室进行黄瓜反季节栽培能够显著增产、增收、提高黄瓜品质<sup>[2]</sup>。光质、光强和光周期对植物生长发育有重要调控作用<sup>[3]</sup>。黄瓜设施栽培中存在的问题是遇到长期阴雨天气或冬季温室盖草帘后,常发生光照不足或无光照的问题,由于光合作用不能正常进行,黄瓜的生长、产量和品质均受到影响,因此需要筛选高效的人工光源对设施内黄瓜进行补充光照。

发光二极管(light-emitting diodes, LEDs)是一种新型的人工光源,具有体积小、重量轻、寿命长、光效率高、能耗小等优点<sup>[4-7]</sup>。LED 可提供与植物生长所需的光谱范围相吻合的波长<sup>[8-9]</sup>。通过将红、蓝等单色 LED 光组合,可以形成对植物光合作用形态建成有效的光谱,可提高植物的光能利用率,有利于植物的生长发育。

LED 光源在萝卜<sup>[10]</sup>、莴苣<sup>[11]</sup>、生菜<sup>[12]</sup>和番茄<sup>[13]</sup>等植物设施栽培中的效果已有报道,能够显著促进设施内植物的生长。LED 光源对黄瓜生长的影响已有研究,但结果不同:唐大为等发现黄瓜幼苗在红蓝 7:3 LEDs 下生长最佳<sup>[14]</sup>;苏娜娜等发现 LED 红光下黄瓜幼苗生长最好<sup>[15]</sup>;段奇珍等发现白光有利于壮苗,增加红蓝光有利于同化物向地下部分运输<sup>[16]</sup>;谢景等发现红蓝 6:3 LEDs 下黄瓜幼苗生长最好<sup>[17]</sup>。因此,适合黄瓜幼苗生长的 LED 光源还需要进一步研究。本试验研究了不同比例红、蓝 LED 光对温室内黄瓜幼苗生长的

影响,筛选适合黄瓜设施栽培中使用的 LED 光源,为设施中黄瓜幼苗补光提供试验依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

本研究所使用的黄瓜品种为露丰,该品种为春秋露地专用品种。

### 1.2 处理

将黄瓜种子用蒸馏水冲洗 2~3 遍,37℃浸种 1 d。露白后移栽到装有栽培基质的育苗钵中,育苗钵为底面直径 8 cm、高 15 cm 的圆柱形苗钵,栽培基质为蛭石:营养土=3:1,混合后高温灭菌。

栽培条件是:温度 28~30℃,相对湿度 40%~60%,光—暗周期 12 h—12 h。光源为单色红光(R)LEDs,红蓝组合光(R:B=7:3,1:1,3:7)LEDs 以及单色蓝光(B)LEDs,育苗所用的植物生长架共 3 层,高 2 m,每层高度 50 cm,每层配备 10 支 LED 灯,为东莞勤上光电股份有限公司生产的 PT1 D2288 条形植物照明灯,长 1 m,内含 72 颗 LED 灯珠。红光峰值波长为 610~625 nm,额定功率 12 W;蓝光峰值波长为 445~455 nm,额定功率为 18 W。光照度为 300 μmol/(m<sup>2</sup>·s)。育苗钵与光源的距离为 30 cm 左右。播种之后每 3 d 浇 1 次水,待幼苗 2 片子叶展开后,每 2 d 浇 1 次水,每周施用 2 次改良霍格兰培养液<sup>[18]</sup> 1/10 稀释液 50 mL。培养时间为 30 d,重复 3 次。对照组光源为荧光灯,其余条件与试验组相同。

### 1.3 测定方法

**1.3.1 生长指标测定** 随机选取不同光处理的植株进行生长分析。干质量测定是将植株放置于 80℃烘箱中烘干至恒质量,再用电子天平称质量。株高的测定是测量植株茎基部到最顶端的长度。根长是从茎基部到根尖的长度,茎粗的测定部位是根基部的节间距。叶面积采用拍照分析法,将叶片

收稿日期:2015-04-07

基金项目:江苏科技支撑计划(编号:BE2011438)。

作者简介:刘 丹(1988—),江苏盐城人,硕士,主要从事植物光生物学研究。E-mail:wchlqld@sina.com。

通信作者:唐灿明,博士,教授,博士生导师,主要从事棉花遗传育种研究。E-mail:tangcm@njau.edu.cn。

平铺在网格纸上,其中网格纸的每个网格面积为 1 cm<sup>2</sup>,然后用数码相机拍照,应用 Photoshop CS 3.0 软件对照片像素进行计算,以网格为参照勾勒叶片轮廓来测量叶片的实际面积。

1.3.2 叶片叶绿素的测定方法 称取 0.05 g 叶片放入试管,然后加入 10 mL 80% 叶绿素提取液(丙酮:无水乙醇=1:1),放入暗处提取 12~18 h,至样品全部变白。然后将提取液混匀,以叶绿素提取液作为参比液,用紫外分光光度计测定在 470、645、663 nm 下的吸光度  $D_{470\text{ nm}}$ 、 $D_{645\text{ nm}}$ 、 $D_{663\text{ nm}}$ 。叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量和类胡萝卜素含量依据以下公式计算<sup>[19]</sup>:

叶绿素 a 含量 ( $C_a$ , mg/g) = (12.72 ×  $D_{663\text{ nm}}$  - 2.59  $D_{645\text{ nm}}$ ) ×  $V/(1\ 000\ m)$ ;

叶绿素 b 含量 ( $C_b$ , mg/g) = (22.88 ×  $D_{645\text{ nm}}$  - 4.67 ×  $D_{663\text{ nm}}$ ) ×  $V/(1\ 000\ m)$ ;

叶绿素总量 (mg/g) =  $C_a + C_b$ ;

类胡萝卜素 (mg/g) = (1 000 ×  $D_{470\text{ nm}}$  - 3.27 ×  $C_a$  - 104 ×  $C_b$ ) ×  $V/(229 \times 1\ 000 \times m)$ 。

式中: $m$  为叶片质量,g; $V$  为提取液体积,mL。

1.3.3 根系活力的测定方法 采用四氮唑法(TTC 法)测定根系活力。称取 0.1 g 的侧根,放入试管中,加入 5 mL 磷酸缓冲液(PBS,pH 值 7.8)和 5 mL 四氮唑,混匀后 37 ℃ 保温 4~5 h,然后加入 2 mL 1 mol/L 的 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 终止反应。倒掉反应液,用蒸馏水冲洗 3 次,加入 10 mL 无水乙醇后试管加塞,95 ℃ 保温 30 min。然后用紫外分光光度计测定在 490 nm 波长下的光密度值<sup>[20]</sup>。

1.3.4 糖含量的测定方法 将叶片研磨至粉末状,称取 0.5 g 加 5 mL 磷酸缓冲液(PBS,pH 值 7.8)搅拌均匀,于 85 ℃ 保温 30~50 min,冷却后 4 000 r/min 离心 20 min,将上清液倒入刻度试管中,离心 10 min,重复 2 次,合并上清液定

容至刻度试管待用,保留残渣。可溶性糖测定用蒽酮法。游离氨基酸含量采用水合茚三酮法。蔗糖含量采用间苯二酚法<sup>[19,21-22]</sup>。

1.3.5 淀粉含量的测定方法 淀粉含量测定采用蒽酮法<sup>[19]</sup>。将糖提取的残渣于 80 ℃ 烘箱中烘干,加 1 mL 蒸馏水,在沸水中糊化 30 min 不断搅拌,取出混匀。冷却后加 1 mL 9.2 mol/L 高氯酸和 2 mL 蒸馏水,不断搅拌 10 min,8 000 r 离心 6 min,取上清液倒入刻度试管中。加 1 mL 4.6 mol/L 高氯酸和 3 mL 蒸馏水,不断搅拌 10 min,合并上清液,反复冲洗沉淀转移上清液,冷却后定容。

1.4 数据整理与分析

数据整理分析采用 Microsoft Excel 2003 和 SPASS 16.0,进行一维方差分析(ANOVA),采用 Tukey's 和 Duncan's 法分析差异显著性( $\alpha=0.05$ )。

2 结果与分析

2.1 LED 光源对黄瓜幼苗生长的影响

由表 1、图 1 可见,苗期黄瓜株高在 LED 红光和红蓝 7:3 LEDs 下最高,显著高于荧光灯(对照)和其余 LED 光处理;苗期黄瓜根长在 LED 蓝光下最高,其次是红蓝 3:7 LEDs,显著高于其余 LED 光处理和对照,红光下的根长显著低于其他 LED 光处理;苗期黄瓜茎粗各处理间差异不显著,其中茎粗在红蓝 3:7 LEDs 处理下最大;苗期黄瓜植株的鲜质量在红蓝 7:3 LEDs 下最高,其次是红蓝 3:7 LEDs,蓝光处理下最低;苗期黄瓜植株的干质量各处理间差异显著,其中红蓝 7:3 LEDs 下最高,其次是 LED 红光,红蓝 3:7 LEDs 下最低。本结果表明红光处理有利于黄瓜幼苗高度增加,蓝光较其他 LED 光组合能够显著提高植物根长,红蓝 7:3 LEDs 有利于光合产物积累。

表 1 不同 LED 光源对黄瓜幼苗生长的影响

处理	株高 (cm)	根长 (cm)	茎粗 (cm)	鲜质量 (g)	干质量 (g)
荧光灯 (FL)	5.00 ± 0.64b	9.50 ± 0.28d	0.323 ± 0.029a	4.45 ± 0.49ab	0.58 ± 0.04cd
红光 (R)	9.87 ± 1.02a	10.66 ± 0.72cd	0.329 ± 0.058a	4.77 ± 0.65a	0.79 ± 0.05ab
红:蓝 (R:B)=7:3	7.50 ± 1.24a	13.83 ± 0.60abc	0.319 ± 0.033a	5.84 ± 0.54a	0.88 ± 0.02a
红:蓝 (R:B)=1:1	7.25 ± 0.77b	12.50 ± 0.57bcd	0.320 ± 0.042a	5.33 ± 0.74a	0.70 ± 0.08bcd
红:蓝 (R:B)=3:7	6.50 ± 0.54b	15.16 ± 1.42ab	0.344 ± 0.069a	5.45 ± 0.23a	0.55 ± 0.02d
蓝光 (B)	6.12 ± 0.51b	16.83 ± 2.58a	0.260 ± 0.050a	2.97 ± 0.34b	0.73 ± 0.05abc

注:同列不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

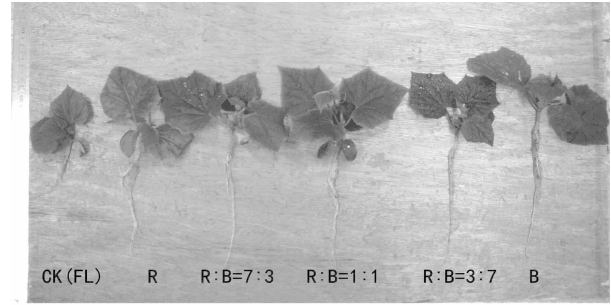


图 1 不同 LED 光源对黄瓜幼苗生长的影响

2.1.1 LED 光源对黄瓜幼苗叶面积的影响 由图 2 可见,不同处理间黄瓜苗期叶片面积差异显著,其中红蓝 7:3 LEDs

最高,其次是红蓝 1:1 LEDs,红蓝 3:7 LEDs 处理高于对照,但无显著差异,单色蓝光处理的叶片面积最小。可以看出,LED 光处理中,单色红光下的叶面积低于红蓝 7:3 LEDs,随着蓝光比例的增加,叶片面积逐渐减小,全蓝光时的叶片面积最小。说明红蓝组合光中增加红光比例能够使叶面积增大。

2.1.2 LED 光源对黄瓜幼苗叶片可溶性糖含量的影响 可溶性糖包括蔗糖、麦芽糖、葡萄糖、果糖等,其中蔗糖是植物光合作用的主要产物。由图 3 可见,叶片蔗糖的含量在红蓝 1:1 LEDs 下最高,显著高于对照和其他 LED 光组合,其余处理间差异不显著。说明红蓝 1:1 LEDs 下叶片蔗糖含量较高,这与红蓝 1:1 LEDs 下叶片中蔗糖的合成与运输相关,红蓝 1:1 LEDs 能够影响叶片中蔗糖的运输。苗期黄瓜叶片中

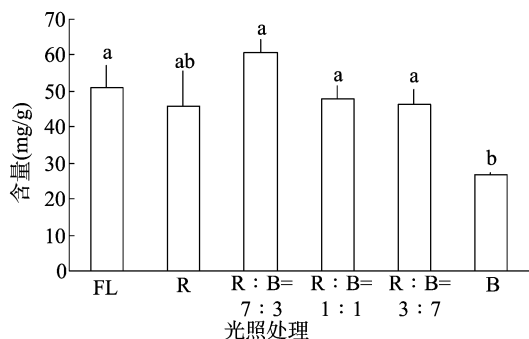


图2 不同 LED 光源对黄瓜幼苗叶片面积的影响

可溶性糖含量各处理间差异显著,红光下最高,其次是红蓝 1:1 LEDs,显著高于对照。红蓝 7:3 LEDs 处理最低,与对照相比无显著差异。由此可知,不同光处理对叶片可溶性糖合成的影响显著,红光有利于叶片可溶性糖的积累。

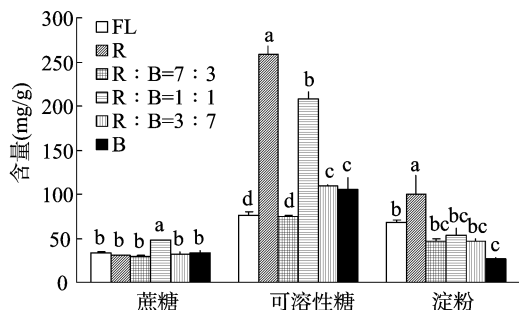


图3 不同 LED 光源对黄瓜幼苗叶片可溶性糖、淀粉含量的影响

2.1.3 LED 光源对黄瓜幼苗叶片淀粉含量的影响 红光处理下,苗期黄瓜在 LED 红光处理下的淀粉含量显著高于荧光灯和其他 LED 光处理。蓝光下淀粉含量显著偏低,与红蓝 7:3、1:1 和 3:7 LEDs 差异不显著。结果说明红光能够促进黄瓜叶片淀粉的积累,蓝光不利于淀粉的积累。

## 2.2 LED 光源对黄瓜幼苗叶绿素含量的影响

由图 4 可见,不同 LED 组合光对苗期黄瓜叶片叶绿素含量影响差异显著,总叶绿素含量红蓝组合光处理显著高于对照和 LED 单色光处理,其中红蓝 3:7 LEDs 下最高,其次是红蓝 1:1 LEDs,红光下最低。说明组合光有利于苗期黄瓜叶片中叶绿素含量的增加,随着蓝光比例的增加,叶绿素含量也越高。

叶绿素 a 含量在红蓝组合光处理中显著高于对照以及单色红、蓝光处理,其中红蓝 3:7 LEDs 下的含量最高,其次是红蓝 1:1 LEDs,红光下最低。因此,组合光有利于黄瓜幼苗叶片中叶绿素 a 含量的增加,叶绿素 a 含量随着组合光中蓝光比例的增加而增加。苗期黄瓜叶片中叶绿素 b 的含量在红蓝 3:7 LEDs 下含量最高,显著高于对照和单色红、蓝光,LED 红光下叶绿素 b 含量最低。苗期黄瓜叶片类胡萝卜素的含量在红蓝 1:1 LEDs 下含量最高,在 LED 红光下含量最低。LED 光源对黄瓜幼苗叶绿素含量的影响差异显著,在红蓝组合光下叶片叶绿素的含量显著高于单色光,红光下的叶绿素含量显著偏低,其次是单色蓝光,说明单色光不利于叶绿素的合成,红、蓝组合光有利于黄瓜叶片叶绿素的合成。

## 2.3 LED 光源对黄瓜幼苗蛋白质合成的影响

由图 5 可见,苗期黄瓜叶片可溶性蛋白含量在各处理间

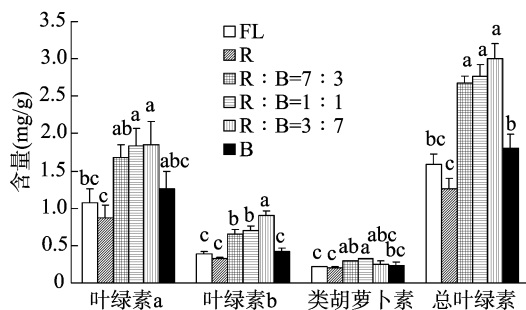


图4 不同LED光源对黄瓜幼苗叶绿素含量的影响

差异不显著,其中红蓝 3:7 LEDs 下最大,单色红光下含量最小。苗期黄瓜叶片中游离氨基酸含量在蓝光下最高,显著高于对照及其他 LED 光处理,其次是红蓝 3:7 LEDs,红光下的游离氨基酸含量显著偏低,说明蓝光有利于苗期黄瓜叶片氨基酸的合成和积累。

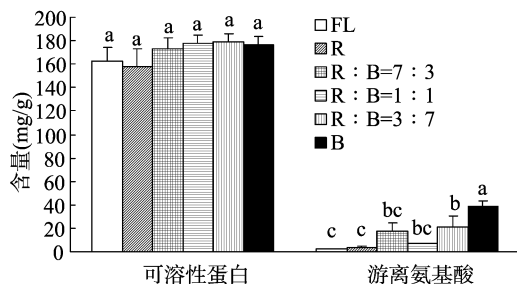


图5 不同比例 LED 光源对黄瓜幼苗叶片可溶性蛋白和游离氨基酸含量的影响

## 2.4 LED 光源对黄瓜幼苗根系活力的影响

由图 6 可见,不同光处理下的苗期黄瓜根系活力差异显著,其中红蓝 3:7 LEDs 下含量最高,其次是红蓝 1:1 LEDs,红光下的根系活力最低。可以看出,组合光下的黄瓜根系活力较高,组合光有利于黄瓜幼苗根系活力的提高。

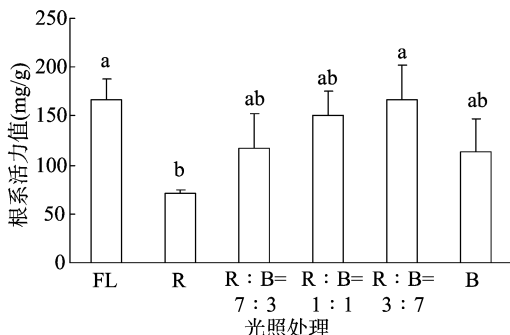


图6 不同 LED 光源对黄瓜幼苗根系活力的影响

## 3 讨论

LED 光源对黄瓜生长的影响已有研究,但结果不同。苏娜娜等发现光照度  $50 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  下红光可作为设施内黄瓜生长的补充光源;段奇珍等采用  $30 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  光照度,发现白光下黄瓜生长最佳;谢景等发现光照度为  $100 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  下,红蓝 6:3 LEDs 下黄瓜幼苗生长最佳,本研究结果与之不同。本研究采用了  $300 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  光照度,与唐大为等在光照度为  $150 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  下发现的红蓝 7:3 LEDs 最适合用于黄瓜幼苗生长补光的研究结果相

一致。红蓝组合光的光谱与植物光合作用光谱范围相吻合,但在光照度低于  $100 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  时,组合光对黄瓜幼苗生长的促进作用不显著,原因可能是植物的净光合速率在光补偿点和光饱和点之间会随着光照度的增加而增加,通过总结不同的研究结果发现光照度不同导致了适合黄瓜幼苗生长光质的不同,光照度低于  $100 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  时,单色红光、单色白光有利于黄瓜幼苗生长。

单色红光下黄瓜幼苗叶片可溶性糖和淀粉的含量最大,这与 Kowallik 报道的光质可以调控高等植物碳水化合物的代谢、碳水化合物的含量在红光下较高的结果<sup>[23]</sup>相一致。唐大为等发现红光下黄瓜幼苗可溶性糖含量最高<sup>[14]</sup>,本研究结果与之相一致。这是因为红光能够抑制光合产物向叶片外转运,造成淀粉的积累<sup>[24]</sup>。本研究结果表明红蓝 1:1 LEDs 下黄瓜幼苗叶片的蔗糖含量最大,其余各处理间与对照相比无显著差异,表明红蓝 1:1 LEDs 不利于黄瓜幼苗叶片蔗糖向外运输。

组合光下的植株生长较好,因为红蓝组合光的光谱能量分布和植物叶绿素吸收光谱一致<sup>[25]</sup>。LED 组合光对香蕉、草莓以及百合生长的研究表明,组合光能显著改善植物的生长状态,增加光合产物积累,有利于植物生长<sup>[26-28]</sup>。本研究发现 LED 红蓝组合光处理下黄瓜幼苗叶片中叶绿素的含量显著高于荧光灯对照和单色红光、蓝光处理。这可能是因为组合光产生了与植物光合作用相吻合的光谱,促进了植物的光合作用,促进了叶绿体中叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素的合成,这与 Tanaka 等的研究结果<sup>[29]</sup>一致。本研究发现在光照度为  $300 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  下红蓝 3:7 LEDs 的总叶绿素含量最高,但与红蓝 7:3、1:1 LEDs 相比无显著差异,红蓝 7:3 LEDs 能够促进黄瓜幼苗干质量和鲜质量的增加,因此在设施内利用红蓝 7:3 LEDs 组合光对黄瓜幼苗进行补光处理,能显著提高黄瓜幼苗的叶绿素含量,促进黄瓜幼苗的光合作用,增加有机物的合成和积累。

本研究单色红光下的可溶性蛋白含量最小;组合光中,随着蓝光比例的增加,叶片中可溶性蛋白的含量也随之增加,这与唐大为等发现的黄瓜幼苗叶片可溶性糖含量在 LED 红光下含量最低的结果<sup>[14]</sup>一致;与苏娜娜等发现的 LED 红光下叶片可溶性蛋白含量最高的研究结果<sup>[15]</sup>不同,可能是光照度不同产生的差异。本研究发现单色红光、蓝光下的叶片可溶性蛋白含量较 LED 组合光低,说明单色 LED 光不利于黄瓜幼苗叶片中可溶性蛋白的积累。黄瓜幼苗叶片中的游离氨基酸含量蓝光下显著高于对照及其他 LED 光处理,原因可能是蓝光可显著促进线粒体的暗呼吸,暗呼吸过程中产生的有机酸为氨基酸的合成提供了碳架,从而促进了蛋白质的合成<sup>[30]</sup>。本研究发现蓝光下黄瓜幼苗叶片淀粉含量显著低于对照,蔗糖含量和可溶性糖含量显著低于红蓝 1:1 LEDs,可能是因为淀粉等有机物的合成和积累的量较小导致了叶片面积偏小。

#### 4 结论

本研究结果表明,光照度为  $300 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  下,黄瓜幼苗的干物质积累量、叶片面积、可溶性糖在红蓝 7:3 LEDs 光处理下最高,叶绿素含量显著高于对照和单色 LED 光处理,因此,可在设施内采用该比例的 LED 光源对黄瓜幼苗进行补光处理,可促进植物生长。

#### 参考文献:

- [1] 王新华,陈火英. 大棚蔬菜反季节栽培的意义与改进[J]. 上海农业科技,2011(3):65,60.
- [2] 杨创源. 黄瓜反季节大棚高产高效栽培技术[J]. 福建农业科技,2008(6):30-31.
- [3] Reuveni M, Evenor D. On the effect of light on shoot regeneration in petunia[J]. Plant Cell Tissue and Organ Culture,2007,89(1):49-54.
- [4] Kevin W. Photo-Manipulation-Boxes: an instrument for the study of plant photobiology[J]. Plant Photobio,2000,26:3-15.
- [5] Brown C S, Schuerger A C, Sager J C. Growth and photomorphogenesis of pepper plants under red light-emitting diodes with supplemental blue or far-red lighting[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science,1995,120(5):808-813.
- [6] Bula R J, Morrow R C, Tibbitts T W, et al. Light-emitting diodes as a radiation source for plants[J]. HortScience,1991,26(2):203-205.
- [7] 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.
- [8] 刘江,范广涵,刘承宜. 用于细胞及组织培养的低强度 LED 生物光源[J]. 激光杂志,2003,24(4):78-80.
- [9] 贺冬仙,杨其长,马承伟,等. 植物生产中人工光环境调控[C]. 第五次全国高等学校农业工程类专业教学改革暨国际学术研讨会,2002.
- [10] 吴家森,胡君艳,周启忠,等. LED 灯补光对萝卜生长及光合特性的影响[J]. 北方园艺,2009(10):30-33.
- [11] 闻婧,鲍顺淑,杨其长,等. LED 光源 R/B 对叶用莴苣生理性状及品质的影响[J]. 中国农业气象,2009,30(3):413-416.
- [12] 陈文昊,徐志刚,刘晓英,等. LED 光源对不同品种生菜生长和品质的影响[J]. 西北植物学报,2011,31(7):1434-1440.
- [13] 蒲高斌,刘世琦,刘磊,等. 不同光质对番茄幼苗生长和生理特性的影响[J]. 园艺学报,2005,32(3):420-425.
- [14] 唐大为,张国斌,张帆,等. LED 光源不同光质对黄瓜幼苗生长及生理生化特性的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2011,46(1):44-48.
- [15] 苏娜娜,郭奇,崔瑾. LED 光质补光对黄瓜幼苗生长和光合特性的影响[J]. 中国蔬菜,2012(24):48-54.
- [16] 段奇珍,曲梅,高丽红. 不同 LED 光源对黄瓜幼苗质量的影响[J]. 北方园艺,2010(15):125-128.
- [17] 谢景,刘厚诚,宋世威,等. 不同光质 LED 灯对黄瓜幼苗生长的影响[J]. 长江蔬菜,2012(6):23-25.
- [18] 连兆煌. 无土栽培原理与技术[M]. 北京:中国农业出版社,1994:57.
- [19] Lichtenthaler H K, Wellburn A R. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents[J]. Biochemical Society Transactions,1983,11:591-592.
- [20] 张以顺,黄霞,陈云凤. 植物生理学实验教程[M]. 北京:高等教育出版社,2009.
- [21] Takahashi K, Fujino K, Kikuta Y, et al. Involvement of the accumulation of sucrose and the synthesis of cell wall polysaccharides in the expansion of potato cells in response to jasmonic acid[J]. Plant Science,1995,111:11-18.
- [22] Martin A B, Cuadrado Y, Guerra H. Differences in the contents of total sugars, reducing sugars, starch and sucrose in embryogenic and nonembryogenic calli from *Medicago arborea* L. [J]. Plant Science,2000,154:143-151.

朱利君, 闫秋洁. 外源氯化钙对大蒜幼苗盐胁迫伤害的缓解作用[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(8): 242–244.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.069

# 外源氯化钙对大蒜幼苗盐胁迫伤害的缓解作用

朱利君, 闫秋洁

(绵阳师范学院生命科学与技术学院, 四川绵阳 621006)

**摘要:** 使用不同浓度的氯化钙对盐胁迫下大蒜 (*Allium sativum* L.) 幼苗进行处理, 对大蒜幼苗的株高、根长、超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化物酶(POD)活性、过氧化氢酶(CAT)活性、抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性和叶绿素、脯氨酸、丙二醛(MDA)、 $H_2O_2$  含量进行了测定。结果表明, 150 mmol/L NaCl 胁迫显著抑制了大蒜幼苗的生长, 添加不同浓度的  $CaCl_2$  后, 大蒜幼苗的株高、根长、叶绿素含量、抗氧化保护酶活性逐渐增加, 脯氨酸、MDA、 $HO_2$  含量逐渐降低。当在 150 mmol/L NaCl 中添加 30 mmol/L  $CaCl_2$  后, 大蒜幼苗的株高、根长、叶绿素含量、抗氧化保护酶活性达到最大, 脯氨酸、MDA、 $H_2O_2$  含量降到最低。因此, 外源  $CaCl_2$  可以缓解 NaCl 胁迫对大蒜幼苗的伤害, 最适用浓度为 30 mmol/L  $CaCl_2$ 。

**关键词:** 外源钙; 盐胁迫; 大蒜; 幼苗; 生理特性; 抗氧化酶

**中图分类号:** S633.401 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)08-0242-03

大蒜 (*Allium sativum* L.), 多年生草本植物, 百合科葱属。现代科学分析证明, 大蒜含有蛋白质, 味道香辛, 因具有丰富的营养保健和药用价值<sup>[1]</sup> 而成为近几年研究的热点。土壤盐渍化是农作物生长中常见的自然逆境之一。中国是世界上盐碱土大国之一。盐胁迫是影响植物生长发育和农作物产量的主要环境胁迫因子之一, 中国盐荒地约有 2 000 万  $hm^2$ , 次生盐渍化土壤 670 万  $hm^2$ , 约占全国总土地面积的 14%。研究大蒜抗盐生理机制, 对减少土壤盐渍化的危害、提高大蒜产量具有重要意义<sup>[2]</sup>。

植物在受到逆境胁迫时能提高游离  $Ca^{2+}$  的浓度, 并通过  $Ca^{2+}$  与钙调蛋白结合启动一系列生理生化过程, 对逆境的感受、传递、响应和适应过程中发挥重要作用。钙能提高植物组织或细胞的多种抗性和抗多种矿质元素毒害胁迫等。适量的钙离子能降低质膜透性, 阻止胞内钾离子的外渗和钠离子的进入, 从而提高植物的耐盐性, 促进植物的生长<sup>[3]</sup>。有关钙

对盐胁迫影响的报道, 多集中在大田作物, 如小麦、玉米、大豆<sup>[4-6]</sup> 等。外源钙能否缓解盐胁迫对大蒜幼苗的伤害, 到目前为止还未见报道。本试验采用不同浓度外源钙作用于盐胁迫下的大蒜幼苗, 测定大蒜幼苗的株高、根长, 抗氧化保护酶 SOD、POD、CAT、APX 活性, 脯氨酸、MDA、叶绿素、 $H_2O_2$  含量, 筛选出缓解大蒜幼苗盐胁迫的最适外源钙浓度, 以期为大蒜在生产种植提供相关参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

选取籽粒饱满健康、大小一致的大蒜鳞茎, 漂洗干净, 用 10% 次氯酸钠溶液消毒 10 min, 用蒸馏水冲洗 4 次, 于 25 ℃ 恒温水浴锅中浸种 24 h, 置于铺有 3 层纱布的培养皿中, 分别用 0 (对照)、50、100、150、200 mmol/L NaCl 溶液处理, 每处理 100 粒, 3 次重复。22 ℃ 恒温箱催芽, 第 5 天统计其芽长、根长。以芽长超过种子长度的 50% 为发芽标准<sup>[3]</sup>。待萌发后, 选取未处理的大蒜分别用 0、150 mmol/L NaCl、150 mmol/L NaCl + 15 mmol/L  $CaCl_2$ 、150 mmol/L NaCl + 20 mmol/L  $CaCl_2$ 、150 mmol/L NaCl + 30 mmol/L  $CaCl_2$ 、150 mmol/L NaCl + 40 mmol/L  $CaCl_2$ 、150 mmol/L NaCl + 50 mmol/L  $CaCl_2$  分别处理, 每个处理加入 1/2 Hoagland 营养液。每处理 30 株, 3

收稿日期: 2015-09-18

基金项目: 四川省高校和重点实验室开放基金(编号: ZDS1006)。

作者简介: 朱利君(1980—), 女, 四川资中人, 博士研究生, 讲师, 主要从事植物生理与分子生物学研究。E-mail: zhulijun211@163.com。

[23] Kowallik W. Blue light effects on respiration[J]. Plant Physiology, 1982, 33: 51–72.

[24] Sæbø A, Krekling T, Appelgren M. Light quality affects photosynthesis and leaf anatomy of birch plantlets in vitro[J]. Plant Cell Tissue and Organ Culture, 1995, 41(2): 177–185.

[25] 杨其长. LED 在农业与生物产业的应用与前景展望[J]. 中国农业科技导报, 2008, 10(6): 42–47.

[26] Duong T N, Hong L T A, Watanabe H, et al. Efficiency of a novel culture system by using light-emitting diode(LED) on *in vitro* and subsequent growth of micropropagated banana plantlets[J]. Acta Hort, 2003, 616: 121–127.

[27] Nhut D T, Hong L t A, Watanabe H, et al. Growth of banana plantlets cultured *in vitro* under red and blue light-emitting diode(LED) irradiation source[J]. Acta Hort, 2002, 575: 117–124.

[28] Lian M L, Murthy H N, Paek K Y. Effects of light emitting diodes on the *in vitro* induction and growth of bulblets of *Lilium* oriental hybrid 'Pesaro'[J]. Sci Hortic, 2002, 94: 365–370.

[29] Tanaka M, Takamura T, Watanabe H, et al. *In vitro* growth of cymbidium plantlets cultured under super bright red and blue light-emitting diodes(LEDs)[J]. J Hort Sci Biotech, 1998, 73: 39–44.

[30] 李韶山, 潘瑞炽. 蓝光对水藕幼苗叶绿体发育的影响[J]. 中国水稻科学, 1994, 8(3): 185–188.