

LED 连续光 and 不同频率间歇光对黄瓜幼苗生长及光合特性的影响

王达菲¹, 杨振超^{1,2}, 蔡华¹, 王晓旭¹, 何蔚¹

(1. 西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 农业部西北设施园艺工程重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘要:以“津优 1 号”黄瓜为试材, 采用单因素方差分析方法, 研究了 LED 光源不同发光频率对植物幼苗生长发育和光合的影响, 以期获得最适宜黄瓜幼苗生长的频率和占空比组合, 实现节约能源和优质高产的目标。试验设置连续光(CK)和发光频率分别是 0.1 Hz(T1)、100 Hz(T2)、100 000 Hz(T3)的间歇光共 4 个处理作为黄瓜生长光源, 每个处理 3 次重复。结果表明: 频率越低, 黄瓜幼苗的株高和茎叶鲜质量均显著大于对照; 频率越高, 黄瓜幼苗的茎粗、叶面积、叶绿素含量、暗适应下 PSII 的最大量子产量均显著大于对照。不同频率的间歇光在一定程度上对黄瓜幼苗的生长和光合作用起促进作用。较低频率的间歇光可能有助于增加黄瓜幼苗干物质的积累量、植株生长率和增强植株的健壮程度; 较高频率的间歇光可能有助于黄瓜幼苗的植株形态向有利于光合作用的方向发展。

关键词: 黄瓜; LED; 间歇光; 频率

中图分类号: S 642.204⁺.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2016)19-0055-05

光作为农业生产中最为重要的生态因子, 影响设施内湿度、温度等微气候条件^[1]。同时, 光作为植物的最终能源与信号物质, 影响设施内蔬菜的生长发育、产量和品质等^[2]。近年来全国雾霾天气严重, 持续多日的雾霾天气在危害人们健康的同时, 也使得设施农业, 特别是蔬菜的生产减产, 生育期延长或晚熟, 部分农民收入、蔬菜价格和种类均受到严重影响^[3]。因此关于设施补光和光能利用效率的研究逐步引起了研究者和生产者的注意。如何科学、有效、合理地设置光环境条件, 是提高设施蔬菜产量和品质的关键, 也是较为实际和迫切的问题。

间歇光频率和占空比是设置光环境条件的 2 个重要因素。脉冲光(pulsed light)是频率较高的间歇光。占空比(duty ratio)是指在一个光周期内, 照光时间占总时间的比值, 用百分比表示。研究表明高频间歇光不仅不会降低植物的产量, 反而可以促进植物的生长, 并提高植物的光合荧光效率^[4]。且有研究表明, 同时调节间歇光的频率和占空比能更有效地促进植物的生长, 不同的

频率和占空比对比对植物的生长有不同的影响。在白色 LED 光板下, 当占空比固定不变, 为 50%, 光照周期为 400 μ s 时, 生菜的生长速率和光合速率比连续光提高 20% 以上; 光照周期为 400 μ s 且固定不变, 占空比为 33% 时, 生菜的生长速率还会有小幅提升^[5]。找出 LED 频率和占空比的最佳组合成为新兴的研究问题, 具有研究的经济价值和效益价值。

该研究主要探讨连续光以及不同频率的间歇光对黄瓜幼苗生长及其光合荧光特性的影响, 为进一步细化研究适宜黄瓜幼苗生长和光合荧光的光频率做铺垫, 以期寻找最适宜的频率范围和占空比, 达到节约能源和优质高产的目的。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为“津优 1 号”黄瓜(*Cucumis sativus* L.), 种子购于杨凌杨星种苗有限公司。采用草炭、蛭石、珍珠岩为 3:1:1(体积比)的基质进行栽培。

光源使用 LED 光源板(ISL 系列), 购于日本 CCS 公司, 光照面积为长 300 mm×宽 300 mm, 光源控制器(ISC 系列)电压 100~240 V(工作频率为 50 Hz 或 60 Hz)。光源设于长 600 mm、宽 600 mm、高 1 000 mm 钢架顶部, 整个装置内部四面及底部贴有金属反光膜, 用遮光布和黑布遮盖, 以避免外界光源的影响。

1.2 试验方法

试验于 2015 年 4—6 月在西北农林科技大学园艺

第一作者简介: 王达菲(1990-), 女, 硕士研究生, 研究方向为设施环境工程。E-mail: 513580620@qq.com.

责任作者: 杨振超(1976-), 男, 博士, 副教授, 现主要从事设施农业光环境等研究工作。E-mail: yangzhenchao@nwsuaf.com.

基金项目: 国家“863”计划资助项目(2013AA103004)。

收稿日期: 2016-04-21

学院蔬菜研究所设施光环境试验室进行。选择“津优 1 号”黄瓜种子,经温汤浸种 4 h 后在培养皿中催芽,温度 $(30 \pm 2)^\circ\text{C}$,无光照,湿度 60%~70%。待大部分种子露白后,播于穴盘基质中,在杨凌新天地育苗公司温室中萌发。长到一叶一心时,挑选形态长势一致的幼苗分别移至 4 个光板下处理,每个光板下 16 株 (4×4) 株。植株顶端距光板 10 cm。浇灌 1/2 倍园式配方营养液,1 倍营养液 pH 6.0 ± 0.5 ,EC 值 $(2 \pm 0.5)\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。4 块光板均为红光:远红光:绿光:蓝光=3:1:1:1,昼夜光周期均为 14 h/10 h,白天 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$,空气相对湿度 $(50 \pm 5)\%$,夜间 $(17 \pm 2)^\circ\text{C}$,空气相对湿度 $(40 \pm 5)\%$ 。通过调节,保证光板下的总光量子流密度(PFD,300~1 000 nm)为 $(125 \pm 5)\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,光合有效光量子流密度(PPFD,400~700 nm)为 $(105 \pm 5)\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,占空比为 90%。用光谱分析仪(PS-300)测定各处理的总光量子流密度、光合有效光量子流密度及光谱分布如图 1 所示。

试验设光照频率分别为 0.1 Hz(T1)、100 Hz(T2)、100 000 Hz(T3)3 个处理,以连续光为对照(CK),每处理 3 次重复,每重复 16 株 (4×4) 株,植株顶端距光板 10 cm。由于试验仪器限制,3 次重复分批进行试验。

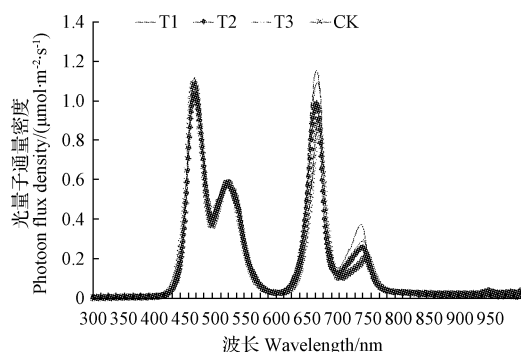


图 1 4 个 LED 频率处理的光谱分布

Fig. 1 Spectral distribution of four treatments with different light frequencies

1.3 项目测定

处理 33 d 后,每处理随机取 5 株,用直尺测量株高(基质表面到黄瓜幼苗生长点的距离);用游标卡尺测茎粗(子叶下方 2 cm 处);测量每片的叶长(沿主叶脉叶片的最长距离),运用黄瓜叶面积与叶长关系的公式 $LA_i = 0.927 2 \times LL_i^2$, $R^2 = 0.938 1$, $SE = 54.46$, $n = 231$ (式中: LA_i 表示第 i 叶的面积,单位 cm^2 ; LL_i 表示第 i 叶的叶长,单位 cm)测定第三叶位功能叶面积^[6]。每个处理取 3 株幼苗,用电子天平称量根鲜质量、茎叶鲜质量,然后将鲜样于 115°C 烘箱杀青 15 min, 65°C 烘干至恒质量后,测定根干质量、茎叶干质量。壮苗指数=茎粗/株高 \times 全株干质量^[7],结果取平均值。

用 LI-6400 便携式光合仪测定顶端第 2、3 片功能叶

的净光合速率 P_n ,每个处理测 3 株,取平均值;叶绿素采用乙醇:丙酮(1:1)提取法测定^[8],每个处理测 3 株幼苗的叶片,结果取平均值。

用 PAM-2500 便携式调制叶绿素荧光仪测定暗适应下 PSII 的最大量子产量 F_v/F_m ,光适应下的光化学淬灭 qP ,光适应下的非光化学淬灭 qN ,光适应下 PSII 的实际光化学效率 Φ_{PSII} 和相对电子传递速率 ETR 。测量光响应曲线并拟合,可得到快速光曲线的初始斜率 α ,电子最大传递速率 ETR_m 以及最小饱和光强(半饱和光强) I_k 。

1.4 数据分析

所有数据均采用 SPSS 22.0 软件进行方差分析,采用邓肯氏新复极差法检验差异性($P \leq 0.05$),Excel 2003 软件处理试验数据。

2 结果与分析

2.1 LED 连续光 and 不同频率间歇光对黄瓜幼苗形态指标的影响

由表 1 可知,黄瓜的株高、茎粗、下胚轴长和叶面积在不同处理组间无显著差异,处理组的株高、茎粗、叶面积均显著大于 CK,其中株高差异十分显著。T1、T2、T3 处理的茎粗依次比 CK 增加 23.98%、28.34% 和 31.06%;叶面积依次比 CK 增加 48.36%、51.57% 和 64.24%。处理组中,株高随着 LED 频率的增大而减小,T1 处理时最大,T3 处理时最小,茎粗与叶面积随着 LED 频率的增大而增大,T1 处理时最小,T3 处理时最大,但其差异不显著。不同 LED 频率处理间黄瓜的壮苗指数差异不显著,T1 处理时壮苗指数最大,为 0.10。

表 1 LED 连续光 and 不同频率间歇光对黄瓜幼苗生长的影响

Table 1 Effect of continuous light and intermittent light with different frequencies of LED on the growth of cucumber seedlings

| 处理 Treatment | 株高 Plant height /cm | 茎粗 Stem diameter /mm | 下胚轴长 Hypocotyl length /cm | 叶面积 Leaf area /cm ² | 壮苗指数 Healthy index |
|-----------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| T1 | 75.83a | 4.55a | 6.33a | 83.81a | 0.10a |
| T2 | 72.70a | 4.71a | 6.57a | 85.62a | 0.06a |
| T3 | 71.50a | 4.81a | 5.13a | 92.78a | 0.08a |
| CK | 30.73b | 3.67b | 5.97a | 56.49b | 0.08a |

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著($P \leq 0.05$)。下同。

Note: Different capital letters in each column mean significant difference at $P \leq 0.05$ level. The same below.

2.2 LED 连续光 and 不同频率间歇光对黄瓜幼苗生物量形成的影响

从表 2 可以看出,不同 LED 频率处理间黄瓜的茎叶鲜质量差异不显著,且茎叶鲜质量随着频率的增大而减小,T1 处理时茎叶鲜质量最大,为 30.08 g,T1 处理的茎叶鲜质量显著大于 CK 的茎叶鲜质量。不同 LED 频率处理间黄瓜的根鲜质量、茎叶干质量、根干质量、全株干质量、根冠比差异不显著,但由表 2 可以看出,处理组的根鲜质量、茎叶干质量、根干质量、全株干质量都比 CK

大,且处理组之间的差异很小,其中茎叶干质量、根干质量、全株干质量都在 T1 处理时出现最大值,说明 LED 频率的减小可能有利于黄瓜幼苗的营养生长。

2.3 LED 连续光 and 不同频率间歇光对黄瓜幼苗叶绿素含量及光合速率的影响

表 3 表明,不同 LED 频率处理的黄瓜幼苗叶片叶绿素含量显著大于 CK。在处理组中,叶绿素 a、叶绿素 b 的含量随着 LED 频率的增大而增大。叶绿素总含量与叶绿素 a 含量的变化趋势相似。叶绿素 a/b 差异不明显。不同 LED 频率间黄瓜幼苗的净光合速率(P_n)差异不显著,T3 处理值最大,为 $7.28 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,CK 值最小,为 $5.64 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

表 3 LED 连续光 and 不同频率间歇光对黄瓜幼苗叶绿素含量及光合速率的影响

Table 3 Effect of continuous light and intermittent light with different frequencies of LED on content of chlorophyll of cucumber seedlings

| 处理 Treatment | 叶绿素 a 含量 Chlorophyll a content /($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) | 叶绿素 b 含量 Chlorophyll b content /($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) | 叶绿素(a+b)含量 Total content of chlorophyll a+b /($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) | 叶绿素 a/b Ratio of chlorophyll a and b | 净光合速率 Net photosynthetic rate (P_n) /($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| T1 | 3.44a | 1.31a | 4.75a | 2.65a | 6.34a |
| T2 | 3.62a | 1.33a | 4.96a | 2.72a | 5.70a |
| T3 | 3.94a | 1.41a | 5.35a | 2.80a | 7.28a |
| CK | 2.05b | 0.76b | 2.81b | 2.70a | 5.64a |

2.4 LED 连续光 and 不同频率间歇光对黄瓜幼苗叶绿素荧光的影响

为进一步了解不同频率下黄瓜光合作用差异的内部机制,该试验测定了试验材料的慢速荧光参数和光响应曲线参数。从表 4 可以看出,T3 处理 PSII 的最大量子产量 F_v/F_m 最大,为 0.863,显著高于其它处理组和 CK,其它处理组与 CK 处理之间差异不显著。各处理组与 CK 处理之间光适应下的光化学淬灭 qP 差异不显著,T3 处理值最大,T2 处理值最小。随着频率的增大,光适应下的非光化学淬灭 qN 逐渐减小,T1 处理最大,CK 处理最小,处理组显著高于 CK。处理组与 CK 间实际光化学效率 ΦPSII 差异不显著,T3 处理值最大;相对电子传递速率 ETR 差异也不显著,T3 处理值最大。

表 4 LED 连续光 and 不同频率间歇光对黄瓜幼苗叶绿素荧光的影响

Table 4 Effect of continuous light and intermittent light with different frequencies of LED on chlorophyll fluorescence of cucumber seedlings

| 处理 Treatment | 最大量子产量 F_v/F_m | 光化学淬灭 qP | 非光化学淬灭 qN | 实际光化学效率 ΦPSII | 电子传递速率 ETR |
|-----------------|---------------------|---------------|----------------|------------------------------|-----------------|
| T1 | 0.808b | 0.672a | 0.471a | 0.470a | 22.111a |
| T2 | 0.811b | 0.650a | 0.464a | 0.471a | 22.222a |
| T3 | 0.863a | 0.694a | 0.408a | 0.532a | 24.889a |
| CK | 0.816b | 0.650a | 0.218b | 0.513a | 24.222a |

由表 5 可知,随着频率的增大,快速光曲线的初始斜率 α 逐渐增大,均显著大于连续光光曲线的初始斜率。处理组与 CK 之间电子最大传递速率 ETR_m 和最小饱和光强 I_k 差异不显著,T3 处理电子最大传递速率最大,CK 最小饱和光强最大。

表 2 LED 连续光 and 不同频率间歇光对黄瓜幼苗生物量形成的影响

Table 2 Effect of continuous light and intermittent light with different frequencies of LED on biomass of cucumber seedlings

| 处理 Treatment | 茎叶鲜质量 Fresh stalk and leaf mass/g | 根鲜质量 Fresh root mass /g | 茎叶干质量 Dry stalk and leaf mass/g | 根干质量 Dry root mass /g | 全株干质量 Plant dry weight /g | 根冠比 Root to shoot ratio |
|-----------------|--------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| T1 | 30.08a | 1.52a | 2.23a | 0.16a | 2.39a | 0.07a |
| T2 | 24.56ab | 1.64a | 1.77a | 0.15a | 1.92a | 0.08a |
| T3 | 23.13ab | 1.77a | 1.69a | 0.14a | 1.82a | 0.08a |
| CK | 15.05b | 1.24a | 1.22a | 0.11a | 1.32a | 0.09a |

表 5 LED 连续光 and 不同频率间歇光对黄瓜幼苗光响应曲线的影响

Table 5 Effect of continuous light and intermittent light with different frequencies of LED on light curve of cucumber seedlings

| 处理 Treatment | 初始斜率 α | 电子最大传递速率 ETR_m | 最小饱和光强 I_k |
|-----------------|------------------|---------------------|-----------------|
| T1 | 0.344a | 57.633a | 167.467a |
| T2 | 0.359a | 48.167a | 135.067a |
| T3 | 0.361a | 61.767a | 171.100a |
| CK | 0.281b | 50.033a | 173.067a |

3 讨论

该试验结果表明,T1 处理黄瓜幼苗的株高和茎叶鲜质量显著大于对照,壮苗指数、茎叶干质量、根干质量和全株干质量略高于对照但不显著;T3 处理黄瓜幼苗的茎粗和叶面积显著高于对照,根鲜质量略高于对照但不显著。以上数据说明较低频率的间歇光可能有助于增加黄瓜幼苗干物质的积累量、植株生长率和健壮程度,但容易引起徒长;较高频率的间歇光可能有助于黄瓜幼苗的植株形态向有利于光合作用的方向发展。这与 TENNESSEN 等^[9]对番茄的研究结果基本一致。

光合色素吸收、传递、转化光能,是植物进行光合作用的基础,其含量和组成直接影响叶片的光合速率从而影响植物的生长^[10-11]。在该试验中,不同 LED 频率脉冲光处理的黄瓜幼苗叶绿素含量显著高于对照,说明不同 LED 频率脉冲光有利于叶绿素含量的增加。在该试验中,不同 LED 频率脉冲光与连续光对黄瓜幼苗的净光合速率的影响差异不显著,说明在占空比较高的情况下,不同 LED 频率间歇光对黄瓜幼苗的光合作用没有

影响或者积极影响很小,且没有消极影响。这与森康裕等^[5]对生菜的研究结果基本一致。

叶片吸收的光能用于光化学反应和非光化学反应的2部分可通过荧光产量的比值参数来进行区分。 F_v/F_m 表示暗适应下PSII的最大量子产量,反映了植物的潜在最大光合能力; $\Phi PSII$ 表示光适应下PSII的实际光化学效率。这2个参数均表示PSII将吸收的光能转化成化学能的效率。T3处理 F_v/F_m 值显著高于对照,其它处理组与对照组之间差异不显著。说明较高频率的间歇光使得黄瓜幼苗潜在的最大光合能力增强。处理组与对照组间实际光化学效率 $\Phi PSII$ 差异不显著,T3处理值最大。说明间歇光对黄瓜幼苗实际光化学效率的影响不大。 qP 是由光合作用引起的荧光淬灭,表示PSII中处于开放状态的反应中心所占的比例,反映植物光合活性的高低; qN 是由热耗散引起的荧光淬灭,反映植物耗散过剩光能为热的能力,即光保护能力。处理组与对照组之间光适应下的光化学淬灭 qP 差异不显著,T3处理值最大,T2处理值最小。随着频率的增大,光适应下的非光化学淬灭 qN 逐渐减小,T1处理值最大,CK值最小,处理组显著高于对照组。这说明间歇光对黄瓜幼苗的光合活性没有太大的影响。相对电子传递速率 ETR 差异也不显著,T3处理值最大。整体来看,较高频率的间歇光对黄瓜幼苗的光化学反应有一定的积极作用,较低频率的间歇光对非光化学反应有一定的积极作用。

α 表示快速光曲线的初始斜率,反映了光能利用率。 I_k 表示最小饱和光强(半饱和光强),反映了样品对强光的耐受能力。随着频率的增大, α 逐渐增大,均显著大于连续光。说明较高频率间歇光对黄瓜幼苗光能利用率有一定的促进作用。而KLUETER等^[12]在采用稳态法研究频闪光培育下黄瓜叶片的光合作用时发现,闪光频率(10~2 560 Hz)与黄瓜叶片的光合光能利用效率成反比,即要想获得较高的光合光能利用效率就必须使用较低的闪光频率来培育秧苗。与试验结果不符,可能与设施环境的其它条件及占空比的设置有关,需要进一步试验进行验证。

处理组与对照组电子最大传递速率 ETR_m 和最小饱和光强 I_k 差异不显著,T3处理时的 ETR_m 最大,连续光(CK)下 I_k 最大。说明间歇光对黄瓜幼苗对强光的耐受能力影响不大。

4 结论

该研究结果表明,LED连续光 and 不同频率间歇光处理对黄瓜幼苗形态指标、生物量形成和光合荧光的影响各异。频率越低,黄瓜幼苗的株高越高,茎叶鲜质量越大,均显著大于对照组;频率越高,黄瓜幼苗的茎粗越粗,叶面积越大,暗适应下PSII的最大量子产量越大,均显著大于对照组。其余指标处理组与对照组的差异不显著,但略大于对照组;T1处理的壮苗指数、茎叶干质量、根干质量、全株干质量和非光化学淬灭系数最大;T3处理的根鲜质量、叶绿素含量、净光合速率、光化学淬灭系数、光适应下PSII的实际光化学效率、电子传递效率和快速光曲线的初始斜率最大。综上所述,较低频率的间歇光有助于增加黄瓜幼苗干物质的积累量、植株生长率和健壮程度,但容易引起徒长;较高频率的间歇光有助于黄瓜幼苗的植株形态向有利于光合作用的方向发展。

参考文献

- [1] 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,2012,1(2):1-7.
- [2] 范志强,余霞,王军.不同光强对油菜叶片生理活性的影响[J].安徽农学通报,2008,12(20):26-27,39.
- [3] 赵义平,马兆义,胡志刚.雾霾天气对设施蔬菜生产的影响及对策[J].中国蔬菜,2013(5):1-3.
- [4] JAO R C, FANG W. Effects of frequency and duty ratio on the growth of potato plantlets *in vitro* using light-emitting diodes[J]. Hort Science, 2004, 39(2):375-379.
- [5] 森康裕,高辻正基,安岡高志.白色LEDパルス光がサラダナ生育に及ぼす影響[J].植物工場学会誌,2002,14(3):136-140.
- [6] 李永秀,罗卫红,倪纪恒,等.基于辐射和温度热效应的温室水果黄瓜叶面积模型[J].植物生态学报,2006,30(5):861-867.
- [7] 张振贤,王培伦,刘世琦,等.蔬菜生理[M].北京:中国农业出版社,1993.
- [8] 郝建军,刘延吉.植物生理学实验技术[M].沈阳:辽宁科学出版社,2001:75-86.
- [9] TENNESSEN D J, BULA R J, SHARKEY T D. Efficiency of photosynthesis in continuous and pulsed light emitting diode irradiation[J]. Photosynthesis Research, 1995, 44:261-269.
- [10] THOLEN D, PONS T L, VOESENEK L A, et al. Ethylene insensitivity results in down-regulation of Rubisco expression and photosynthetic capacity in tobacco[J]. Plant Physiology, 2007, 144:1305-1315.
- [11] 杨富军,赵长星,闫萌萌,等.栽培方式对夏直播花生叶片光合特性及产量的影响[J].应用生态学报,2013,24(3):747-752.
- [12] KLUETER H H, BAILEY W A, ZACHARIAH G L, et al. Photosynthesis in cucumbers with pulsed or continuous light[J]. Trans ASAE, 1980, 23(2):437-442.

Effect of Continuous Light and Intermittent Light With Different Frequencies of LED on the Growth and Photosynthesis of Cucumber Seedlings

WANG Dafei¹, YANG Zhenchao^{1,2}, CAI Hua¹, WANG Xiaoxu¹, HE Wei¹

(1. College of Horticulture, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. Key Laboratory of Protected Horticulture Engineering in Northwest China, Yangling, Shaanxi 712100)

不同光质对黄瓜种子发芽、幼苗生长及抗寒性的影响

刘卫成, 韦峰, 韩泽宇, 祁娟霞, 张亚红

(宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021)

摘要:以‘新优亮 K21’黄瓜为试验材料,采用 5 种光质(红 R、蓝 B、红蓝比 7R/1B、红蓝比 5R/1B、自然光 CK)对种子及幼苗进行处理,研究了不同光质对黄瓜种子萌发、幼苗生长及幼苗抗寒性的影响,以期筛选对黄瓜生长最优的光质。结果表明:R 处理下种子发芽率最高,比 CK 高 25.98%,且株高、鲜质量、干质量、根长等指标都随着复合光之中红光所占比例增大而逐渐增大,株高以 R 处理最高,比 CK 高 1.23 cm;茎粗以 7R/1B 处理最好,比 CK 高 0.43 mm;根长以 7R/1B 处理最大,比 CK 长 1.00 cm;幼苗经低温处理后,各处理相对叶绿素含量、电解质渗透率、超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化物酶(POD)活性及过氧化氢酶(CAT)活性均发生变化,且在处理第 5 天存在显著性差异,抗寒性表现最优的光质为 5R/1B。综合以上情况得出,对黄瓜生长发育最优光质处理为 5R/1B 和 7R/1B。

关键词:黄瓜;光质;抗寒性

中图分类号:S 642.204⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)19-0059-04

光是植物生长发育最重要的环境因素之一,控制着植物的生长、发育和分化的过程,且光质对植物气孔器

运动、叶片生长、光合色素以及光合碳同化都有一定的调控作用^[1]。

第一作者简介:刘卫成(1992-),男,陕西咸阳人,本科,研究方向为设施园艺环境。E-mail:745761696@qq.com。

责任作者:张亚红(1965-),女,宁夏平罗人,博士,教授,博士生导师,现主要从事设施园艺环境教学与科研等工作。E-mail:zyh-cau@sina.com。

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2014BAD05B02);宁夏回族自治区科技支撑计划资助项目(2013)。

收稿日期:2016-04-20

传统用的白炽灯、荧光灯等,耗能高、能量利用率低且光谱与植物生长所需的光谱有一定差异。长期的科研试验和生产实践表明,传统光源不符合植物对光谱和能量分布的要求,致使植物对光能利用率低,生长发育状况较差。而 LED 灯具有体积小、耗电低、寿命长、单色性好、绿色环保等诸多优点,是继白炽灯、荧光灯和 HID 灯之后的第四代新型光源。郝东川等^[2]研究表明,LED 灯补光对设施蔬菜产量有着不同程度的促进作用,尤其

Abstract: ‘Jinyou No. 1’ cucumber was used as test materials and one way ANOVA was used, the effects of continuous light and intermittent light with different frequencies of LED on the growth and photosynthesis of cucumber seedlings for the purpose of getting the best combination of frequency and duty ratio for the growth of cucumber seedlings, saving energy and having good quality and high yield were studied. The control group was continuous LED light(CK) and the treatment groups were intermittent light with frequencies of 0.1 Hz(T1), 100 Hz(T2), 100 000 Hz(T3). Each treatment had three replications. The results indicated that with the decrease of frequencies of LED, the plant height, fresh stalk and leaf mass of cucumber seedlings increased, which were significantly higher than the control group. With the increase of frequencies of LED, the stem diameter, leaf area, maximum quantum yield of PSII under dark adaptation increased, which were significantly higher than that of control group. Thus it could come to conclusions that different frequencies had positive effects on the growth, photosynthesis and fluorescence of cucumber seedlings. Intermittent light with low frequencies might be good for the increase of accumulation of dry matter, growth rate and fitness. That with high frequencies might be good for making plant morphology of cucumber seedlings better for photosynthesis.

Keywords: cucumber; LED; intermittent light; frequency