

# 不同光强和光质对黄瓜嫁接愈合及生长的影响

钟路明, 廖自月, 郝思怡, 林碧英, 申宝营, 刘爽

(福建农林大学园艺学院 福州 350002)

**摘要:** 为寻求黄瓜嫁接愈合及生长的最佳光强梯度和光质组合, 试验选择 2R:8B、5R:5B 和 8R:2B 等 3 种光质与 3 种光强梯度进行 3×3 的正交试验, 进行不同光强梯度和光质组合对黄瓜嫁接愈合及生长影响的试验研究。结果表明: 在相同光强梯度下, 随着红光比例的增加, 砧穗的接合力、木质部输导力、全株干质量、地下形态指标、根系活力和叶绿素含量均增加; 在相同光质组合下, 45-90-135  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  光强梯度的, 砧穗接合力和木质部输导力最大。而 60-20-180  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  的光强梯度对嫁接苗愈合后的形态建成最有利; 评价结果为: T2L3 > T3L3 > T2L2 > T3L2 > T1L3 > T3L1 > T2L1 > T1L2 > T1L1 处理。综合分析表明, 光强梯度为 45-90-135  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、光质为 8R:2B 的组合最适合黄瓜嫁接苗的愈合和生长。

**关键词:** 黄瓜; 光强梯度; 光质; 嫁接苗; 愈合

中图分类号: S642.2

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2022)01-054-06

## Effects of different light intensity and quality on grafting healing and growth of cucumber

ZHONG Luming, LIAO Ziyue, HAO Siyi, LIN Biying, SHEN Baoying, LIU Shuang

(College of Horticulture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, Fujian, China)

**Abstract:** To explore the best light intensity gradient and light quality combination of cucumber grafting healing and growth, three light qualities, 2R:8B, 5R:5B and 8R:2B, and three light intensity gradients were selected to carry out 3×3 orthogonal test, and the effects of different light intensity gradients and light quality combinations on cucumber grafting healing and growth were studied. The results showed that under the same light intensity gradient, the grafting force, xylem transport force, whole plant dry weight, underground morphological index, root activity and chlorophyll content all increased with the increase of red light proportion. Under the same combination of light quality, the stock and spike bonding force and xylem transport force were the largest under the light intensity gradient of 45-90-135  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . The light intensity gradient of 60-120-180  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  was the most favorable for the morphological formation of the grafted seedlings after healing. The evaluation results were: T2L3 > T3L3 > T2L2 > T3L2 > T1L3 > T3L1 > T2L1 > T1L2 > T1L1. Comprehensive analysis showed that the combination of light intensity gradient of 45-90-135  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  and light quality of 8R:2B was the most suitable for the healing and growth of cucumber grafts.

**Key words:** Cucumber; Light intensity gradient; Light quality; Grafting; Healing

嫁接是防治瓜类和茄果类蔬菜土传病害, 促进蔬菜产业可持续发展的有效措施<sup>[1]</sup>。随着我国瓜果类嫁接工厂化育苗技术的快速发展, 市场对于嫁接苗需求量逐年增加, 故缩短嫁接苗育苗周期、降低生产成本以及提高嫁接苗质量成为目前生产上急需解决的问题。

黄瓜嫁接愈合后愈合情况及幼苗质量不仅与砧木、接穗本身质量有关, 还取决于嫁接后设施的

环境因子, 如光、温度与空气湿度等。不同的光质、光强和光照时间对植物的影响也不相同<sup>[2]</sup>。光在愈伤组织的形成和维管束的形成过程中起到了很好的调节作用<sup>[3]</sup>, 适宜的光强、光质对嫁接愈合有促进作用<sup>[4]</sup>。而愈合期间, 不同光强梯度、光质的 LED 照明时间对嫁接幼苗生长的物质积累影响也较大<sup>[5]</sup>。Jang 等<sup>[6-7]</sup>对黄瓜及辣椒的嫁接愈合研究发现, 二氧化碳交换率的提高得益于较高的光照水

收稿日期: 2021-07-21; 修回日期: 2021-09-17

基金项目: 福建农林大学科技创新专项“环境因子对黄瓜嫁接苗愈合生长及幼苗质量的影响”(NO.CXZX2018085); 福建农林大学设施种苗工程服务团队“现代设施种苗产业技术装备提升及产业会推进项目”(NO.11899170126)

作者简介: 钟路明, 男, 在读硕士研究生, 研究方向为蔬菜栽培与设施环境调控。E-mail: 1458534927@qq.com

通信作者: 林碧英, 女, 教授, 研究方向为蔬菜栽培与设施环境调控。E-mail: lby3675878@163.com

平。此外,朱晨等<sup>[8]</sup>对黄瓜嫁接愈合最适的光环境作了筛选。但这些研究仅限于单独对光强或者光质进行研究,迄今未见综合考虑光强梯度和光质对黄瓜嫁接愈合及幼苗质量的影响的相关研究报道。

笔者在课题组<sup>[9-10]</sup>及前人的基础上,选择光强梯度综合评价值在前三的光强梯度,配比3种不同比例的红蓝混合光,进行3×3的正交试验。研究不同光强梯度和光质组合对黄瓜嫁接苗愈合及幼苗生长的影响。进一步揭示光强梯度和光质环境因子在黄瓜嫁接愈合及幼苗生长中发挥的作用。同时为工厂化黄瓜嫁接苗嫁接后愈合光环境精细化控制提供一些理论依据和有效方法。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

选取壮士南瓜为砧木、冬青黄瓜为接穗,种子购于福建省福州市昌育农业有限公司。挑选大小一致的砧木和接穗种子进行浸种催芽,待砧木幼苗出土后子叶展平时播种接穗。砧木(南瓜)播种于32孔穴盘中,接穗(黄瓜)则播种于108孔穴盘中。在接穗子叶展平后1 d开始采用改良顶插固定嫁接法<sup>[11]</sup>嫁接。试验用光源采用LED与白色荧光灯条。LED红光波峰值630 nm,蓝光波峰值450 nm。

### 1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 试验于2021年3—5月在福建农林大学园艺学院设施农业科学与工程人工气候室中进行。嫁接后采用不同的光强梯度和光质组合进行培养;试验共设9个处理(表1),昼夜温度为24℃/18℃,光周期为12 h/12 h,各阶段管理条件如表2,嫁接后11 d将幼苗移入玻璃温室,常规光照

表1 不同光强梯度和光质互作试验

| 处理   | 光强梯度/( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) | 光质    |
|------|--------------------------------------------------------------|-------|
| T1L1 | 30-60-90                                                     | 2R:8B |
| T1L2 | 30-60-90                                                     | 5R:5B |
| T1L3 | 30-60-90                                                     | 8R:2B |
| T2L1 | 45-90-135                                                    | 2R:8B |
| T2L2 | 45-90-135                                                    | 5R:5B |
| T2L3 | 45-90-135                                                    | 8R:2B |
| T3L1 | 60-120-180                                                   | 2R:8B |
| T3L2 | 60-120-180                                                   | 5R:5B |
| T3L3 | 60-120-180                                                   | 8R:2B |

注:表中光强梯度30-60-90表示嫁接后1~3 d内光强为30  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,4~6 d内光强为60  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,而7~10 d内光强为90  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ;2R:8B则表示红蓝光质组合为2:8,其他以此类推。

表2 嫁接后环境管理措施

| 嫁接后时间/d | 相对湿度/% | 通风措施    |
|---------|--------|---------|
| 1~3     | 90     | 不通风     |
| 4~6     | 80     | 早晚各1 h  |
| 7~10    | 70     | 早中晚各1 h |

管理。各指标的测定每处理随机取样5株,3次重复,每个处理样本数40株,随机区组排列。

1.2.2 测定指标与方法 嫁接后10 d,测定砧穗接合力:取嫁接苗距顶插节点部位3 cm茎段,利用艾德堡HP-30数显推拉力计测定砧木与接穗分离时的瞬时最大拉力(N);砧穗接合部茎输导能力测定<sup>[12]</sup>:从砧木茎基本切取地上部分,置于1%酸性品红溶液中3 h,取全部接穗,称质量后加2 mL水研磨成匀浆,4500 r·min<sup>-1</sup>离心5 min,取上清液,使用分光光度计(普析通用,TU-1810)测定A545,从标准曲线读取酸性品红含量。

$$\text{品红含量}(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1})=(C\times V)/(a\times W\times t)$$

式中: $C$ 为标准方程求得的品红质量(mg), $V$ 为提取液总体积(mL), $a$ 为测定所取提取液体积(mL), $W$ 为叶片质量(g), $t$ 为品红处理时间(h)。

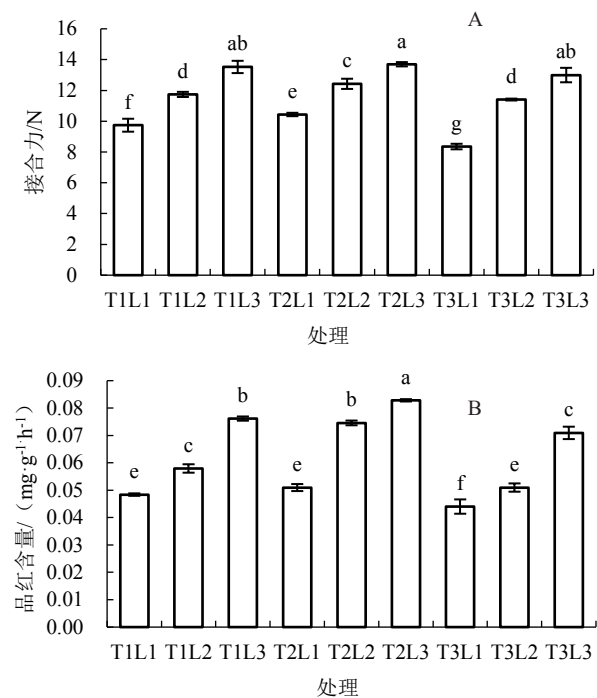
嫁接后15 d,用游标卡尺测茎粗、接穗高度;使用EPSON Expression 11000XL根系扫描仪获取黄瓜幼苗根系参数;采用混合液浸提法<sup>[13]</sup>测定嫁接苗真叶叶绿素含量;使用氯化三苯基四氮唑法(TTC)测根系活力<sup>[14]</sup>,使用鲜样烘干法测各部分干重。并计算嫁接苗壮苗指数=(接合部茎粗/接穗高度)×全株干质量和G值=全株干质量/育苗时间。

1.2.3 数据处理 试验数据采用IBM SPSS Statistics 22.0软件进行方差分析,使用Duncan法进行多重比较( $p<0.05$ );综合评价结果使用熵权系数法进行分析<sup>[15]</sup>;采用WPS office 2021软件进行统计分析和图表绘制。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同光强梯度和光质组合对黄瓜嫁接愈合的影响

从图1可以看出,相同光强梯度下,嫁接苗幼苗愈合指标接合力(图1-A)与木质部输导力(图1-B,以品红含量代表输导力)在光质组合2R:8B、5R:5B和8R:2B下两两均存在显著差异,且随着红光比例增加,接合力与木质部输导力呈上升趋势,均在8R:2B处理下达最大值。而相同光质组合下,不同光强梯度的接合力与木质部输导能力先增大后减小,均在45-90-135  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 的光强梯度下



注：不同小写字母表示不同处理间在 0.05 水平存在显著差异。下同。  
图 1 不同光强梯度和光质组合对黄瓜嫁接愈合的影响

表 3 不同光强梯度和光质组合对黄瓜嫁接苗幼苗形态指标的影响

| 处理   | 接穗茎粗/mm      | 接穗干质量/g      | 全株干质量/g      | 总根长/cm            | 根表面积/cm <sup>2</sup> | 根体积/cm <sup>3</sup> |
|------|--------------|--------------|--------------|-------------------|----------------------|---------------------|
| T1L1 | 3.95±0.05 d  | 0.30±0.04 f  | 0.60±0.08 e  | 105.93±14.63 d    | 28.21±2.98 e         | 0.52±0.15 d         |
| T1L2 | 3.81±0.17 d  | 0.35±0.05 ef | 0.64±0.12 e  | 124.27±4.52 cd    | 29.05±4.16 e         | 0.57±0.11 d         |
| T1L3 | 4.02±0.18 d  | 0.46±0.12 de | 0.79±0.07 e  | 125.72±23.00 cd   | 32.53±4.61 de        | 0.58±0.12 d         |
| T2L1 | 3.66±0.22 d  | 0.57±0.04 cd | 0.97±0.07 d  | 123.83±22.16 cd   | 38.01±2.18 cd        | 0.88±0.16 c         |
| T2L2 | 4.65±0.55 c  | 0.72±0.05 b  | 1.11±0.03 cd | 143.59±34.83 bcd  | 42.31±4.33 bc        | 1.00±0.08 bc        |
| T2L3 | 6.11±0.21 a  | 0.72±0.12 b  | 1.25±0.16 bc | 176.19±14.47 ab   | 45.95±4.12 bc        | 0.92±0.13 c         |
| T3L1 | 4.55±0.17 c  | 0.65±0.06 bc | 0.98±0.09 d  | 151.32±34.06 abcd | 46.76±2.09 bc        | 1.03±0.12 bc        |
| T3L2 | 4.99±0.13 bc | 0.88±0.11 a  | 1.40±0.13 a  | 170.95±29.10 abc  | 47.60±4.81 b         | 1.23±0.10 b         |
| T3L3 | 5.31±0.35 b  | 0.89±0.10 a  | 1.43±0.15 a  | 196.35±33.06 a    | 59.21±9.65 a         | 1.52±0.33 a         |

注：同列不同小写字母表示不同处理间在 0.05 水平存在显著差异。

2.3 不同光强梯度和光质组合对黄瓜嫁接苗综合形态指标的影响

从图 2-A 可知，相同光强梯度下，随着红光比例的增加，G 值呈上升的趋势，并在 8R:2B 的光质

达最大值。但不同处理间光强梯度的变化对黄瓜嫁接苗愈合的影响小于不同处理间光质组合的变化对黄瓜嫁接苗愈合的影响。总的来看，光强梯度为 45-90-135  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  而光质组合为 8R:2B 时，对黄瓜嫁接苗幼苗愈合接合力和木质部输导力的影响最大，且与多数处理差异显著。

2.2 不同光强梯度和光质组合对黄瓜嫁接苗幼苗形态指标的影响

从表 3 可以看出，相同光强梯度下，接穗茎粗、接穗干质量、全株干质量、总根长、根表面积和根体积均随着红光比例的增加而增大，并在光质组合为 8R:2B 时达最大值。相同光质组合下，接穗茎粗、接穗干质量和全株干质量、总根长、根表面积和根体积均随着光强梯度的增加而增加。并且在 60-120-180  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  的光强梯度下达最大值。总体来看，除接穗茎粗在 T2L3 处理达最大值且与其他处理差异显著外，其他形态指标均在 T3L3 处理达最大值。

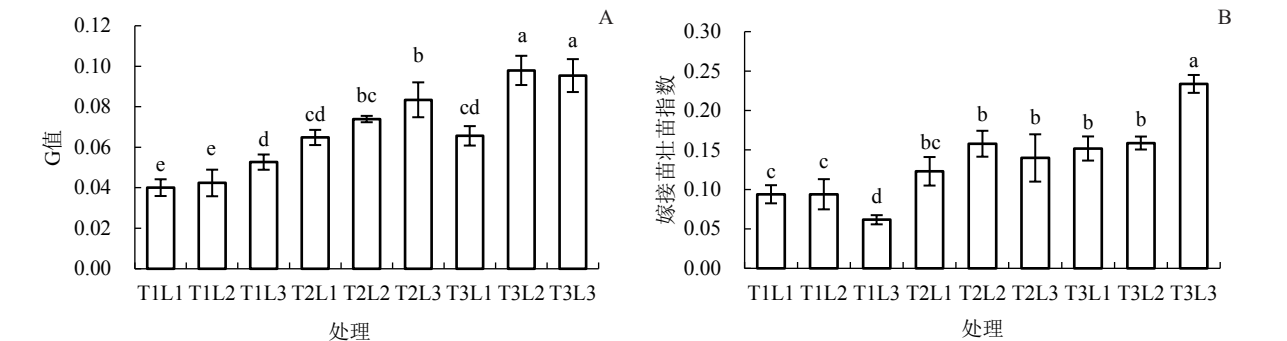


图 2 不同光强梯度和光质组合对黄瓜嫁接苗幼苗综合形态指标的影响

处理达最大值,除与 T3L3 相近无显著差异外,与其他处理均差异显著。

从图 2-B 可知,不同光质组合对黄瓜嫁接苗壮苗指数的影响在不同光强梯度下表现不一致。光强梯度为  $30-60-90 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  时,随着红光比例增加,壮苗指数降低;光强梯度为  $45-90-135 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  时,随着红光比例增加,壮苗指数则先上升后下降,但 3 个处理间无显著差异;光强梯度为  $60-120-180 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  时,则表现为随着红光比例的增加,壮苗指数也增加。而相同光质组合下,随着光强梯度的增加,壮苗指数也增加,在  $60-120-180 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  达最大值。总体来看,壮苗指数在 T3L3 处理达最大值,且与其他各处理差异显著。

#### 2.4 不同光强梯度和光质组合对黄瓜嫁接苗生理生化指标的影响

从图 3-A 可以看出,不同强梯度下,红蓝混合光不同组合对黄瓜嫁接苗根系活力的影响情况不同: $30-60-90 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  的光强梯度下,红光比例

增加根系活力上升, T1L3 达最大值,且与 T1L1、T1L2 差异显著; $45-90-135 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  的光强梯度下,红光比例增加根系活力上升, T2L3 达最大值,与 T2L2 差异不显著,而与 T2L1 差异显著; $60-120-180 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  的光强梯度下红光比例增加根系活力下降, T3L1 达最大值,与 T3L2 差异不显著,而与 T3L3 差异显著。从图 3-B、3-C 和 3-D 可以看出,不同光强梯度下,红蓝混合光不同组合对黄瓜嫁接苗叶绿素含量的影响虽然也存在差异,但整体均随着红光比例的增加呈上升趋势。叶绿素 a、b 和叶绿素 a+b 均在 T2L3 达最大值。结果表明,红蓝混合光对黄瓜嫁接苗幼苗根系活力和叶绿素含量的影响在不同光强梯度下,影响情况存在差异,而整体上红光比例增加有利于叶绿素含量的增加。另外,根系活力、叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素 a+b 的互作效应  $P$  值分别为 0、0.024、0.088 和 0.011,除叶绿素 b 外,各指标  $P$  值均小于 0.05,即光强梯度和光质组合存在明显的互作效应。

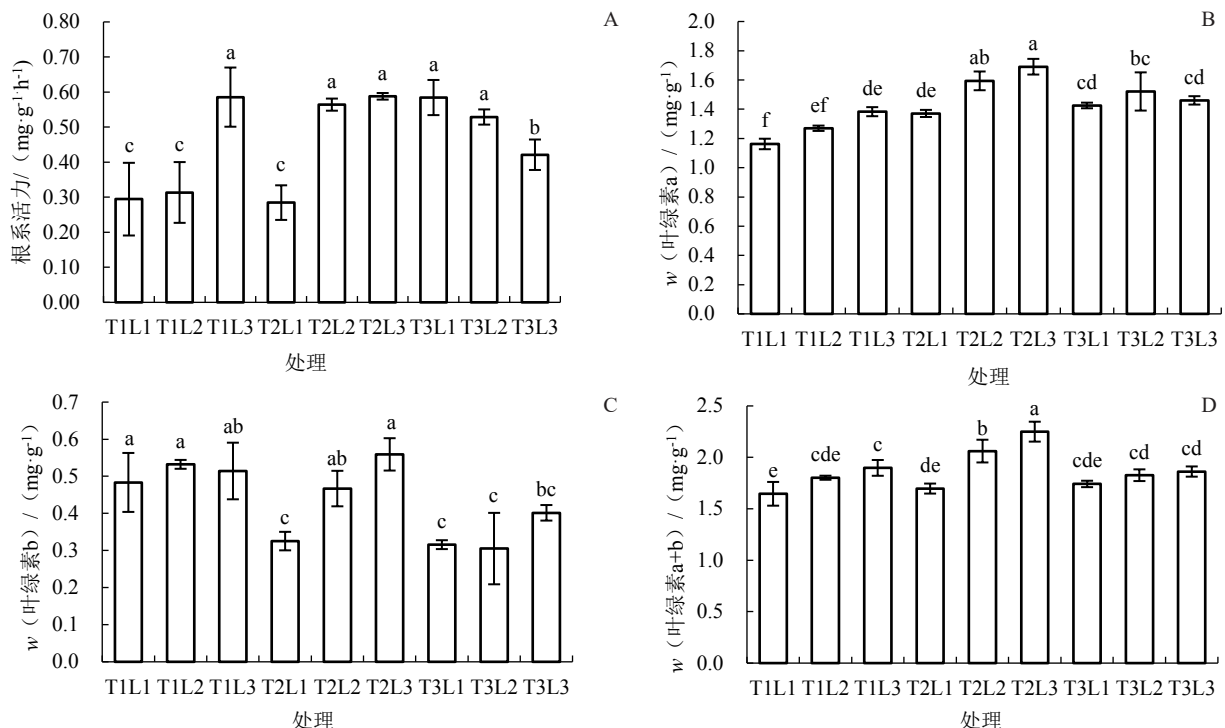


图 3 不同光强梯度和光质组合对黄瓜嫁接苗生理生化指标的影响

#### 2.5 熵权-模糊隶属函数综合评价结果

计算出最终综合评价值,列表 4 如下。由表 4 可知,各处理下综合评价值大小排名为 T2L3>T3L3>T2L2>T3L2>T1L3>T3L1>T2L1>T1L2>T1L1 处理。结果表明,光强梯度为  $45-90-135 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  和光质组合为 8R:2B 时,对黄瓜嫁接苗愈合及幼苗

质量的综合影响最好。

### 3 讨论与结论

在嫁接愈合过程中,嫁接苗接合部愈合情况是成活的关键。接合力与木质部输导力是衡量嫁接苗接合部愈合情况的关键指标<sup>[12]</sup>。前人研究表明,



表 4 不同光强梯度和光质组合对黄瓜嫁接苗愈合及幼苗质量影响的综合评价

| 指标    | 权重    | 隶属函数值 |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |       | T1L1  | T1L2  | T1L3  | T2L1  | T2L2  | T2L3  | T3L1  | T3L2  | T3L3  |
| C1    | 0.057 | 0.556 | 0.780 | 0.980 | 0.634 | 0.857 | 1.000 | 0.400 | 0.743 | 0.921 |
| C2    | 0.081 | 0.468 | 0.615 | 0.897 | 0.507 | 0.872 | 1.000 | 0.400 | 0.507 | 0.816 |
| C3    | 0.073 | 0.472 | 0.437 | 0.487 | 0.400 | 0.643 | 1.000 | 0.617 | 0.727 | 0.804 |
| C4    | 0.070 | 0.400 | 0.452 | 0.563 | 0.672 | 0.827 | 0.826 | 0.750 | 0.981 | 1.000 |
| C5    | 0.077 | 0.400 | 0.424 | 0.531 | 0.657 | 0.751 | 0.850 | 0.665 | 1.000 | 0.974 |
| C6    | 0.065 | 0.400 | 0.522 | 0.531 | 0.519 | 0.650 | 0.866 | 0.701 | 0.831 | 1.000 |
| C7    | 0.069 | 0.400 | 0.416 | 0.484 | 0.590 | 0.673 | 0.743 | 0.759 | 0.775 | 1.000 |
| C8    | 0.073 | 0.400 | 0.427 | 0.431 | 0.613 | 0.689 | 0.637 | 0.705 | 0.824 | 1.000 |
| C9    | 0.077 | 0.400 | 0.424 | 0.531 | 0.657 | 0.751 | 0.850 | 0.665 | 1.000 | 0.974 |
| C10   | 0.053 | 0.513 | 0.513 | 0.400 | 0.614 | 0.736 | 0.673 | 0.715 | 0.739 | 1.000 |
| C11   | 0.101 | 0.419 | 0.457 | 0.995 | 0.400 | 0.953 | 1.000 | 0.993 | 0.883 | 0.670 |
| C12   | 0.052 | 0.400 | 0.522 | 0.651 | 0.637 | 0.890 | 1.000 | 0.699 | 0.808 | 0.739 |
| C13   | 0.087 | 0.821 | 0.936 | 0.894 | 0.448 | 0.782 | 1.000 | 0.425 | 0.400 | 0.628 |
| C14   | 0.065 | 0.400 | 0.555 | 0.650 | 0.451 | 0.812 | 1.000 | 0.495 | 0.580 | 0.615 |
| 综合评价值 |       | 0.464 | 0.535 | 0.660 | 0.548 | 0.781 | 0.895 | 0.648 | 0.770 | 0.858 |
| 排名    |       | 9     | 8     | 5     | 7     | 3     | 1     | 6     | 4     | 2     |

注：C1 代表接合力；C2 代表输导力；C3 代表接穗茎粗；C4 代表接穗干质量；C5 代表全株干质量；C6 代表总根长；C7 代表根表面积；C8 代表根体积；C9 代表 G 值；C10 代表嫁接苗壮苗指数；C11 代表根系活力；C12 代表叶绿素 a；C13 代表叶绿素 b；C14 代表叶绿素 a+b。

光照对嫁接接合部的发育及其功能有积极的影响<sup>[16]</sup>。光不仅影响愈伤组织的分化,对维管束的形成也起着重要作用<sup>[17]</sup>。本试验表明红蓝混合光下红光比例增加有利于促进嫁接愈合效果,同时光强梯度为 45-90-135  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  时,接合部愈合情况最佳,这与陈颖<sup>[18]</sup>和廖自月等<sup>[10]</sup>的研究结果一致。另外,本试验还发现,光强梯度的变化对黄瓜嫁接苗幼苗愈合的影响小于光质组合的变化对黄瓜嫁接苗幼苗愈合的影响。刘方园<sup>[19]</sup>在西瓜的研究中推测,可能是因为嫁接愈合期,植物光合作用弱,光主要作为信号分子影响植物的愈合,因而对光强梯度变化的敏感度小于光质变化。

嫁接苗的地上地下形态能够直观反映幼苗的生长优劣。诸多学者对番茄<sup>[20]</sup>、萝卜<sup>[21]</sup>、黄瓜<sup>[22]</sup>等研究发现红光处理可以促进幼苗干物质积累。而嫁接愈合期合适的光强梯度也有利于嫁接愈合后的幼苗生长<sup>[23]</sup>。本试验结果也表明,光质组合为 8R:2B,而光强梯度为 60-120-180  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  时最有利于黄瓜嫁接苗的形态建成。这与朱晨<sup>[8]</sup>筛选出黄瓜嫁接愈合最适光强梯度为 25(1 d)-50(2~3 d)-100(4~5 d)-150(6~7 d),最适光质组合为 7R:3B:7W 的结果类似。

根系的发育状况是作物能否获得高产稳产的关键<sup>[24]</sup>,根系活力作为幼苗根系发育状况的重要指标,它直接影响着根系发育状况。而光合色素是植

物进行光合作用的基础<sup>[25]</sup>。本试验结果表明,整体上红光比例增加有利于提高根系活力和叶绿素含量,而光强梯度为 45-90-135  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  时根系活力和叶绿素含量最高。这与闫萌萌等<sup>[26]</sup>、李慧敏等<sup>[27]</sup>和李伟等<sup>[28]</sup>的研究结果类似。同时本研究还发现,红蓝混合光对黄瓜嫁接苗幼苗根系活力和叶绿素含量的影响在不同光强梯度下,影响情况存在差异。殷小智等<sup>[29]</sup>对三七的研究也表明不同光强下,不同光质对三七光合特性的影响情况不同。本研究从互作分析结果表明,光强梯度和光质组合在影响黄瓜嫁接苗的生理指标方面表现出明显的互作效应。即光强和光质在不同层面上影响着植物的生理状态,为得到最佳的光环境,需综合考虑光强和光质。

本试验中,熵权-隶属函数综合评价各处理综合评价大小排名为 T2L3>T3L3>T2L2>T3L2>T1L3>T3L1>T2L1>T1L2>T1L1。其中 T2L3 处理的综合评价值取得最大值 0.895,说明在 T2L3 处理即光强梯度为 45-90-135  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、红蓝配比为 8R:2B 的光环境对黄瓜嫁接苗愈合生长及幼苗质量最有利。因此,工厂化黄瓜嫁接苗愈合期间,给予光强梯度为 45-90-135  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、红蓝配比为 8R:2B 的光环境的条件最为适宜。

参考文献

[1] 郑祖华,黄朝贵,黎煊,等.蔬菜嫁接愈合装置研发现状[J].农

- 业工程技术,2017,37(13):46-50.
- [2] KOPSELL D A, KOPSELL D. Genetic and environmental factors affecting plant lutein/zeaxanthin[J]. *Agro Food Industry. Hi-Tech*, 2008, 19(2):44-46.
- [3] 赵渊渊,董春娟,赵建忠,等.不同夜温对茄子套管嫁接苗愈合的影响[J].*中国蔬菜*,2015(10):31-36.
- [4] 宫本眞吾. LED 照明を用いた植物工場[J].*表面技術*,2010,9(61):641-645.
- [5] VIRŠILĖ A, OLLE M, DUCHOVSKIS P. LED lighting in horticulture[M]//GUPTA S D. *Light Emitting Diodes for Agriculture*. Springer, 2017:113-147.
- [6] JANG Y, GOTO E, ISHIGAMI Y, et al. Effects of light intensity and relative humidity on photosynthesis, growth and graft-take of grafted cucumber seedlings during healing and acclimatization[J]. *Horticulture Environment & Biotechnology*, 2011, 52(4):331-338.
- [7] JANG Y, MUN B, SEO T, et al. Effects of light quality and intensity on the carbon dioxide exchange rate, Growth, and morphogenesis of grafted pepper transplants during healing and acclimatization[J]. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 2013, 31(1):14-23.
- [8] 朱晨. 光环境对嫁接黄瓜愈合及幼苗质量的影响[D]. 山东泰安:山东农业大学,2019.
- [9] WANG H, MIN G, CUI J, et al. Effects of light quality on CO<sub>2</sub> assimilation, chlorophyll-fluorescence quenching, expression of Calvin cycle genes and carbohydrate accumulation in *cucumis sativus*[J]. *Journal of Photochemistry & Photobiology B Biology*, 2009, 96(1):30-37.
- [10] 廖自月,林碧英,王悦,等.不同梯度光照强度对黄瓜嫁接苗愈合及幼苗质量影响[J].*热带作物学报*,2020,41(4):701-708.
- [11] 林碧英,廖自月,钟路明,等.一种黄瓜顶插固定的嫁接方法:201811315262.1[P].2021-02-09.
- [12] 赵渊渊.温光环境因子对茄果类蔬菜套管嫁接苗愈合的影响[D].北京:中国农业科学院,2015.
- [13] 陈福明,陈顺伟.混合液法测定叶绿素含量的研究[J].*林业科技通讯*,1984(2):4-8.
- [14] 黄见良,王学奎.植物生理生化实验原理与技术[M].3版.北京:高等教育出版社,2015:123-124.
- [15] 申宝营,李毅念,赵三琴,等.暗期补光对黄瓜幼苗形态调节效果及综合评价[J].*农业工程学报*,2014,30(22):201-208.
- [16] LEE K M, LIM C S, MUN EE R S, et al. Functional vascular connections and light quality effects on tomato grafted unions[J]. *Scientia Horticulturae*, 2016, 201:306-317.
- [17] 胡艳青,苏媛,韩风叶,等.嫁接黄瓜在愈合过程中的解剖观察和抗氧化酶活性的变化研究[J].*内蒙古农业大学学报(自然科学版)*,2007(3):224-230.
- [18] 陈颖.不同光质及比例与外源 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 浓度对牡丹胚性愈伤组织诱导的影响[D].郑州:河南农业大学,2013.
- [19] 刘方圆.西瓜和甜瓜嫁接苗高效愈合环境参数优化研究[D].武汉:华中农业大学,2016.
- [20] 刘振威,孙丽,方婷婷,等.不同光质及组合对番茄幼苗生长及生理特性的影响[J].*华北农学报*,2015,30(5):141-145.
- [21] 张欢,徐志刚,崔瑾,等.不同光质对萝卜芽苗菜生长和营养品质的影响[J].*中国蔬菜*,2009(10):28-32.
- [22] 胡宝忠,孙丽,孙莉莉,等.不同光质对矮生黄瓜形态结构的影响[J].*东北农业大学学报*,2013,44(1):49-54.
- [23] 储玉凡,翟挺楷,林碧英,等.愈合期不同光照强度对黄瓜嫁接苗的影响[J].*中国瓜菜*,2021,34(1):49-54.
- [24] 马元喜.不同土壤对小麦根系生长动态的研究[J].*作物学报*,1987(1):37-44.
- [25] 徐文栋,刘晓英,焦学磊,等.不同红蓝配比的 LED 光调控黄瓜幼苗的生长[J].*植物生理学报*,2015,51(8):1273-1279.
- [26] 闫萌萌,王铭伦,王洪波,等.光质对花生幼苗叶片光合色素含量及光合特性的影响[J].*应用生态学报*,2014,25(2):483-487.
- [27] 李慧敏,陆晓民,高青海,等.不同光质对黄秋葵幼苗生长、光合色素和气孔特征的影响[J].*草业学报*,2016,25(6):62-70.
- [28] 李伟,袁学平,杨迺然,等.弱光对两品种黄瓜光合特性和生长发育的影响[J].*东北农业大学学报*,2012,43(1):97-103.
- [29] 殷小智,肖红,李冬雪,等.不同 LED 光强、光质对三七种苗生长及光合特性的影响[J].*照明工程学报*,2020,31(4):152-158.