

洪莉,张雪影,曹锦萍,等.遮阴对不同砧穗组合甜樱桃光合和荧光特性的影响[J].江苏农业科学,2017,45(21):161-164.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.21.045

# 遮阴对不同砧穗组合甜樱桃光合和荧光特性的影响

洪莉<sup>1</sup>,张雪影<sup>2</sup>,曹锦萍<sup>1</sup>,陈令会<sup>1</sup>

(1.浙江省台州市农业科学研究院园艺研究所,浙江临海 317000; 2.浙江农林大学农业与食品科学学院,浙江临安 311300)

**摘要:**覆盖遮阳网是解决南方地区甜樱桃栽培夏季高温胁迫的简便而有效的措施之一。本研究比较了嫁接于大青叶、Gisela 5、Gisela 6 砧木上的布鲁克斯、红灯、拉宾斯和红蜜 4 个甜樱桃品种,在夏季自然光照、覆盖单层遮阳网和 2 层遮阳网条件下叶片叶绿素荧光和光合生理的变化。结果表明,长期暴露于夏季自然光照下的甜樱桃叶片  $F_v/F_m$  呈总体下降趋势,而遮阴处理能缓解  $F_v/F_m$  的下降。暴露于强光下的甜樱桃叶片净光合速率低,而覆盖单层遮阳网(光合有效辐射降低了 54.6%)能显著提高叶片的净光合速率和光能利用率,覆盖 2 层遮阳网(光合有效辐射降低了 86.72%)的净光合速率较覆盖单层遮阳网显著下降,但是光能利用率显著升高。布鲁克斯在弱光下的  $P_n$  值、LUE 和  $F_v/F_m$  都较高,表现出良好的弱光适应性;拉宾斯在较强的自然光下表现较好,表现出良好的强光适应性。

**关键词:**南方地区;甜樱桃;夏季遮阴;光合作用;叶绿素荧光

**中图分类号:** S662.501 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)21-0161-04

甜樱桃(*Prunus avium* L.)为蔷薇科落叶果树,因其果实色泽艳丽、味道鲜美而广受消费者欢迎。近年来,我国樱桃栽培面积不断扩大,南京、上海、浙江等地区也开始积极开展甜樱桃的栽培引种实践,但是由于南方地区夏季较长,并且高温多雨,使这些地区大樱桃的生产不易获得成功<sup>[1]</sup>。目前,温暖地区主要采取避雨和遮阴等措施来解决不利环境因素对大樱桃生产造成的影响<sup>[2-5]</sup>。

浙江地区甜樱桃园遮阴主要于 7—9 月进行。在光强改变的条件下,甜樱桃的生理特性也会发生一系列改变<sup>[6]</sup>。强光可以对叶片的光合系统造成损伤,导致叶片早衰和脱落<sup>[5]</sup>,而光强不足则会使叶片光合效率下降<sup>[7]</sup>,还会对叶片造成一定的负面作用<sup>[8]</sup>。甜樱桃对光强的适应性因品种<sup>[9-10]</sup>、砧木<sup>[11-14]</sup>、光照强度<sup>[15-17]</sup>等因素而异,因此,在进行引种和栽培实践时,有必要对当地实际情况和品种特性进行全面了解,合理地安排引种并采取适宜的栽培措施。目前对于南方地区夏季遮阴对不同砧穗组合的甜樱桃光合特性和叶

绿素荧光的研究还少有报道。本研究测定了自然光照、覆盖单层遮阳网和覆盖 2 层遮阳网的条件下,不同砧穗组合的甜樱桃植株光合特性和叶绿素荧光的变化。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验于 2015 年 7—9 月在浙江农林大学实验室进行。供试甜樱桃为嫁接于大青叶、Gisela 5、Gisela 6 砧木上的布鲁克斯、红灯、拉宾斯和红蜜品种。选取茎干直径为 1 cm 的一年生苗木,栽于直径 30 cm、高 30 cm 的盆中,正常浇水和管理。

### 1.2 试验设计

试验设 3 个处理:覆盖单层遮阳网(遮光度约为 55%),覆盖双层遮阳网(遮光度约为 85%),不覆盖遮阳网(对照)。遮阳网覆盖在搭建于植株上方的竹架上,高度距地面 1.2 m,以便于日常浇水等管理。底部揭开,保持空气流通。

### 1.3 叶绿素荧光测定

遮阴后 20 d,采用 PAM-2100 型便携式调制叶绿素荧光仪(德国 WALZ 公司生产)进行叶绿素荧光参数的测定。选取生长发育良好、状态一致的完整甜樱桃叶片进行测定,每株测定 1 张叶片,设定 3 株重复,每隔 5 d 测定 1 次。具体操作步骤如下:叶片先暗适应 30 min,在光量子通量密度为

收稿日期:2016-10-10

基金项目:浙江省台州市科技项目(编号:2013A22036)。

作者简介:洪莉(1974—),女,浙江天台人,硕士,高级农艺师,主要从事果树生理品质和栽培研究推广。E-mail: 850983710@qq.com。

[2]杨延杰,李天来,林多,等.不同生育期弱光威胁对番茄生长及产量的影响[J].长江蔬菜,2008(3):40-42.

[3]侯兴亮,李景富,徐向阳.番茄耐弱光性的研究进展[J].中国蔬菜,1999(4):48-51.

[4]朱延姝,冯辉,高绍森.弱光胁迫对番茄产量和不同生育期生理特性的影响[J].吉林农业大学学报,2005,27(6):634-638.

[5]李合生.植物生理生化试验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:164-261.

[6]蒋燕,赵会杰.低温弱光处理对番茄幼苗生长的影响[J].河南农业科学,2006(1):87-91.

[7]黄伟,任华中,张福漫.低温弱光对番茄苗期生长和光合作用

的影响[J].中国蔬菜,2002(4):15-17.

[8]Lichtenthaler H K, Mische J A. Fluorescence imaging as a diagnostic tool for plant stress[J]. Trends in Plant Science, 1997(2):316-320.

[9]侯兴亮,李景富,徐向阳.弱光处理对番茄不同生育期形态和生理指标的影响[J].园艺学报,2002,29(2):123-127.

[10]乐素菊,刘厚诚,翟英芬,等.樱桃番茄果实风味分析[J].中国蔬菜,2003(3):15-17.

[11]陈思,牛晓丽,周振江,等.水肥供应对番茄果实糖酸含量的影响[J].节水灌溉,2013(9):18-22.

[12]牛晓丽,胡田田,周振江,等.水肥供应对番茄果实维生素 C 含量的影响[J].中国土壤与肥料,2013(3):37-41.

0.12  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  下测定初始荧光( $F_0$ ),然后暴露在饱和脉冲光下[光量子通量密度为 3 500  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]1 s,测定最大荧光( $F_m$ )。最大光能转换效率或最大量子产量  $F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$ 。

#### 1.4 光合测定

遮光处理 40 d 后,采用 GFS-3000 便携式光合仪(德国 WALZ 公司生产)于晴天 9:00—11:00 测定净光合速率( $P_n$ )、环境  $\text{CO}_2$  浓度( $C_a$ )、环境光合有效辐射( $PAR_{amb}$ )、叶面光合有效辐射( $PAR_{top}$ )等参数。取生长发育良好、状态一致的完整叶片进行测定,每株测定 1 张叶片,设定 3 株重复。光利用率( $LUE$ ) =  $PAR_{top}/P_n$ 。

#### 1.5 统计分析

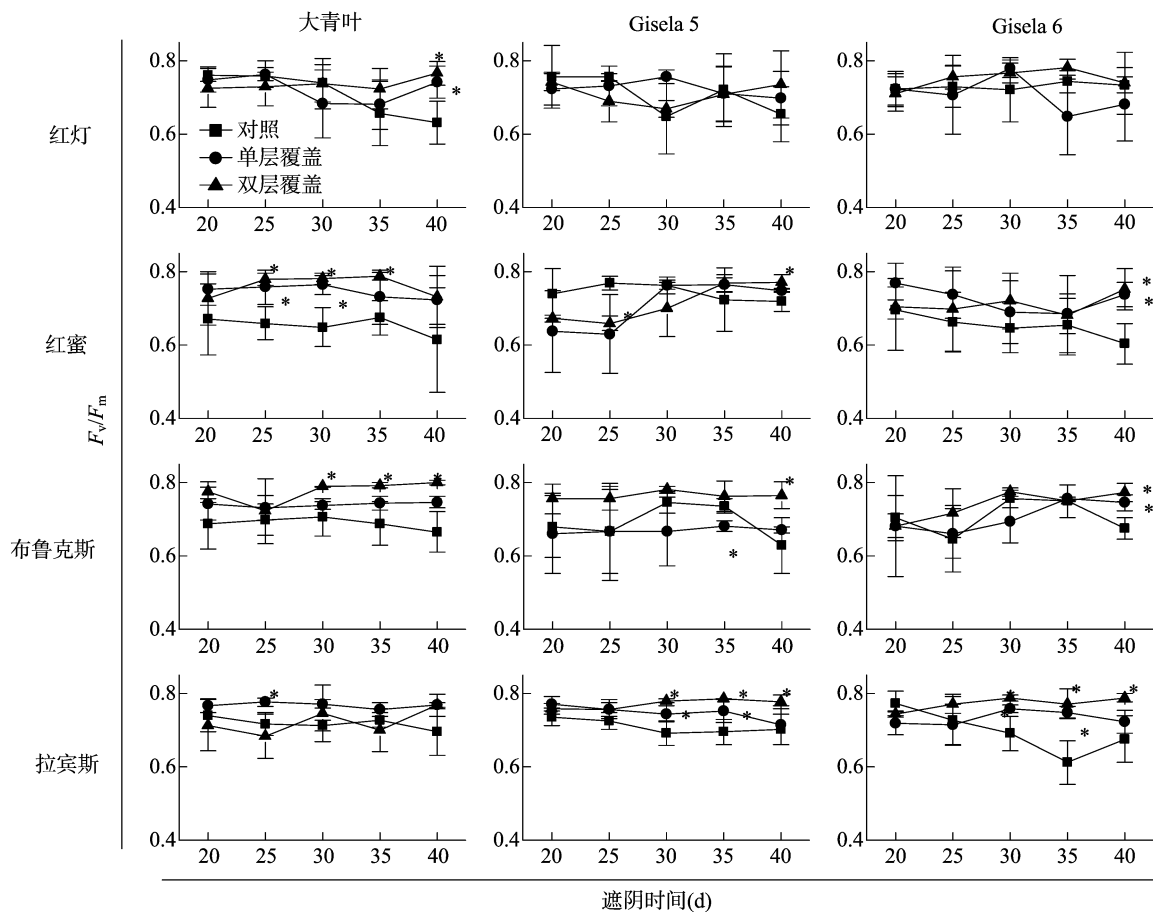
试验结果用平均值  $\pm$  标准差表示。组间差异采用

SPSS19.0 软件 ANOVA 方法进行差异性比较。组间的两两比较采用 Duncan 方法进行。采用 Origin 8 软件作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同遮阴条件下叶片 $F_v/F_m$ 的变化

处于自然光照条件下,不同砧穗组合的甜樱桃叶片  $F_v/F_m$  值均呈总体下降的趋势。遮阴处理能延缓叶片  $F_v/F_m$  的下降。从图 1 可以看出,各砧穗组合中,红灯/Gisela 6、红蜜/Gisela 5、拉宾斯/大青叶和拉宾斯/Gisela 5 的叶绿素荧光值在整个试验过程中下降幅度较小, $F_v/F_m$  维持于较高水平;布鲁克斯/大青叶和红蜜/Gisela 6 虽然下降幅度不大,但是  $F_v/F_m$  值一直处于较低水平;拉宾斯/Gisela 6 和红灯/大青叶虽然初期  $F_v/F_m$  值较高,但是后期下降幅度较大。



“\*”表示与未遮光对照相比差异显著( $P < 0.05$ )  
图1 不同遮阴条件下甜樱桃叶片叶绿素荧光的变化

覆盖遮阳网能延缓  $F_v/F_m$  的下降,在试验后期的效果尤其明显。其中,覆盖2层遮阳网的效果普遍好于覆盖单层遮阳网。同时,遮阴处理也减少了不同砧穗组合的差异,表现为遮阴处理的各砧穗组合间差异不显著。

### 2.2 不同遮阴条件下环境因子的变化

从图 2 可以看出,遮阴处理显著降低了环境有效光合辐射。其中,单层遮阳网使  $PAR_{amb}$  从 1 434.06  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  降到了 651.48  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,降低了 54.57%;2 层遮阳网使  $PAR_{amb}$  降到了 190.44  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,降低了 86.72%。由于本研究遮阳网底部揭开,通风良好,因此,遮阴处理下的气温

和  $\text{CO}_2$  浓度只有非常微弱的改变,组间差异不显著。

### 2.3 不同遮阴处理对叶片光合参数的影响

从图 3 中可以看出,对照处理在晴天上午 1 434.06  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  的光合有效辐射强度下,不同砧穗组合的  $P_n$  在 3.21 ~ 4.89  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  之间, $LUE$  在 2.69 ~ 9.10  $\mu\text{mol}/\text{mmol}$  之间。布鲁克斯品种的  $P_n$  和  $LUE$  均低于其他 3 个品种,其中布鲁克斯/Gisela 6 与其他 3 个品种的  $P_n$  差异具有显著性(布鲁克斯/Gisela 6 的  $P_n$  分别显著低于以 Gisela 5 和大青叶为砧木的红灯,以及所有不同砧木的拉宾斯、红蜜)( $P < 0.05$ )。拉宾斯品种的  $P_n$  和  $LUE$  均高于其他

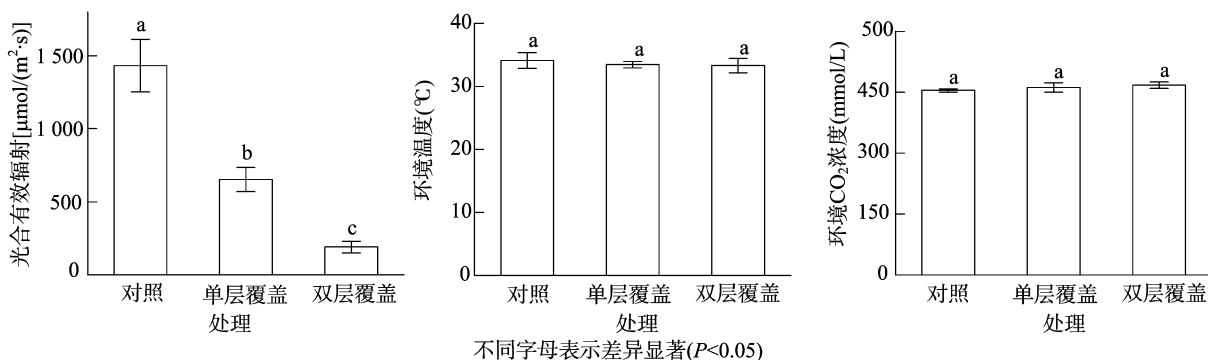


图2 不同遮阴条件下环境温度和有效光辐射的变化

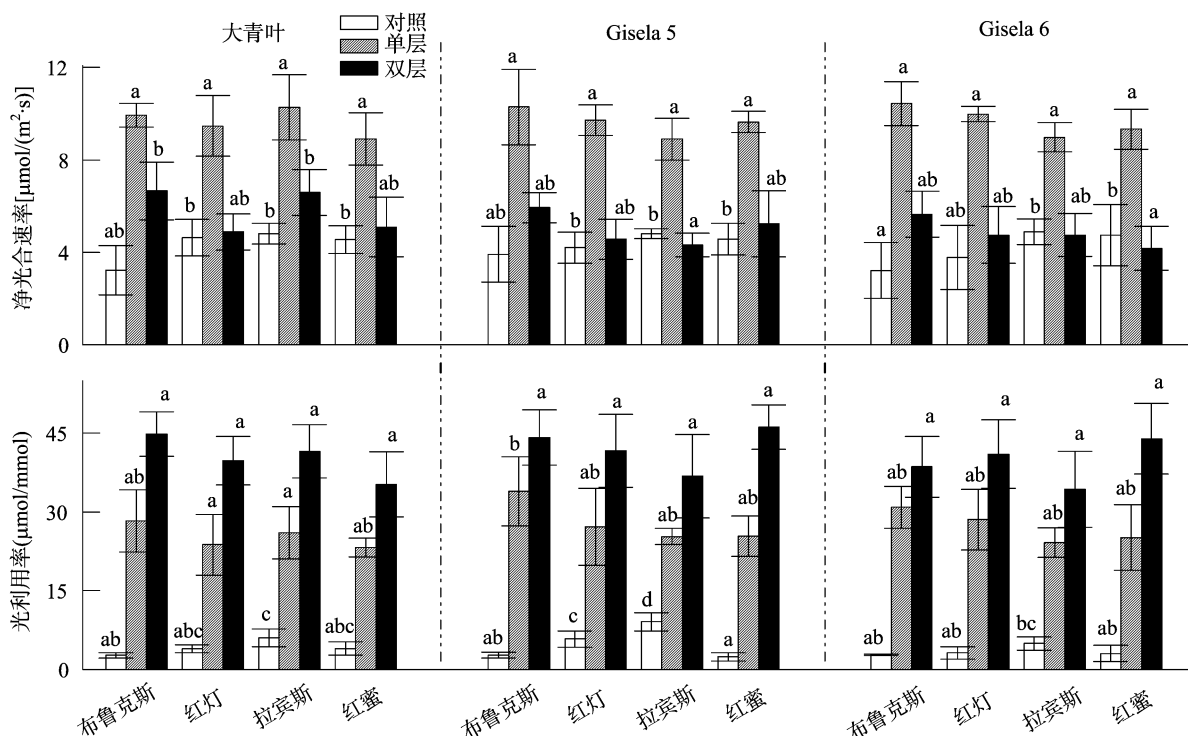
同一光强度下不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

图3 不同遮阴条件处理 40 d 后甜樱桃叶片光合生理的变化

3 个品种,其中拉宾斯/大青叶与布鲁克斯/大青叶的 LUE 差异显著,并与红灯/Gisela 5 的 LUE 值相近。拉宾斯/Gisela 5 的 LUE 值显著高于其他的砧穗组合。以 Gisela 5 为砧木的植株中,布鲁克斯分别与红灯、拉宾斯的 LUE 差异显著,红灯、拉宾斯和红蜜两两之间 LUE 差异显著。这些结果表明,在 4 个品种中,拉宾斯具有较好的强光利用率,而布鲁克斯在强光下的光合性能较低。

单层遮阳网处理将  $PAR_{amb}$  降到了  $651.48 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,此时  $P_n$  提高到了  $8.90 \sim 10.44 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  之间, LUE 提高到了  $23.19 \sim 33.93 \mu\text{mol}/\text{mmol}$  之间,其中布鲁克斯的提高幅度最大。但各砧穗组合之间  $P_n$  值并没有显著差异 ( $P > 0.05$ )。而布鲁克斯/Gisela 5 的 LUE 值显著高于红灯/大青叶和拉宾斯/大青叶。该结果表明布鲁克斯具有较好的弱光利用能力。

2 层遮阳网处理将  $PAR_{amb}$  降到了  $190.44 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,此时各砧穗组合的  $P_n$  值出现了显著的下降,降低到了  $4.32 \sim 6.59 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  之间。其中,红蜜/Gisela 6 的  $P_n$

值最低,而同一砧木下不同品种均以布鲁克斯的  $P_n$  值最高,表明布鲁克斯具有较好的弱光利用能力。在弱光条件下,各砧穗组合的 LUE 值 ( $34.26 \sim 44.14 \mu\text{mol}/\text{mmol}$ ) 显著高于覆盖单层遮阳网和自然光对照,但各砧穗组合间差异不显著 ( $P > 0.05$ ),表明嫁接于 3 种砧木上的 4 个品种均会对光照环境作一些适应性调节,且不同砧穗组合间的调节能力差别不大。

### 3 讨论

櫻桃的光合特性受到品种、砧木类型、生长环境等多种因素的影响:张婷等发现相同的环境条件下,红灯的净光合速率高于美早和萨米脱<sup>[18]</sup>;付莹等测得不同砧木红灯甜櫻桃的光饱和点在  $770 \sim 980 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  之间<sup>[14]</sup>;李勃等发现以 Gisela 5 和 Colt 为砧木的红灯甜櫻桃光饱和点均在  $660 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  左右,但是在饱和光强下,红灯/G5 的最大光合效率高于红灯/Colt<sup>[12]</sup>。但是 Gonçalves 等却发现,嫁接于生长势强健的砧木上的甜櫻桃光合能力要强于嫁接于矮化砧上<sup>[11]</sup>;在遮阴条件下,甜櫻桃的光饱和点会发生一定程

度的下降<sup>[15]</sup>。前人的研究表明,樱桃的光饱和点在  $970 \sim 1\,040 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  之间,品种间差异较小<sup>[9-10]</sup>。本研究发现,夏季露地条件下,晴天的 9:00—11:00 的  $PAR_{\text{amb}}$  可以达到  $1\,434 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,均超过了前人所报道的甜樱桃叶片光饱和点,并且  $P_n$  值远低于覆盖单层遮阳网,表明可能已经发生了光抑制。覆盖单层遮阳网可以将  $PAR_{\text{amb}}$  降至合适范围内,使  $P_n$  升高,而覆盖 2 层遮阳网下  $PAR_{\text{amb}}$  过低,  $P_n$  值甚至小于露地栽培,表明此时光照过于微弱,不能满足植物光合作用的需求,有可能会降低植物光合产物的积累。虽然覆盖 2 层遮阳网的  $P_n$  值小,但是其 LUE 是最大的,同时  $F_v/F_m$  也普遍大于露地和单层遮阳网处理,表明弱光条件下,樱桃叶片会作出适应性调整,提高对弱光的利用能力。不同的品种和砧穗组合对不同光照强度的响应有差异,例如,布鲁克斯是弱光品种,能较好地利用弱光;而拉宾斯是强光品种,能较好地利用强光。

强光会造成叶片光合功能下调。计玮玮等研究了不同强度光照对甜樱桃光系统 II 的影响,发现  $1\,800 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  光强下处理 6 h 后,光系统 II 最大光化学效率 ( $F_v/F_m$ )、电子传递速率 (ETR)、PS II 量子产量 ( $\Phi_{\text{PSII}}$ ) 及非光化学淬灭系数 (NPQ) 下降<sup>[16]</sup>。本研究也发现,长期露地栽培的甜樱桃叶片的  $F_v/F_m$  值呈下降趋势,遮阴能延缓其下降,其中 2 层遮阴的保护效果最好。此外,也能肉眼观测到露地栽培下,叶片变黄和脱落的程度最大,覆盖 2 层遮阳网栽培的叶片变黄和脱落程度最小,表明长期的强光对叶片光合系统会造成一定的损伤,而遮阴是保护叶片的有效措施。南方地区夏季高温时间长,有必要对甜樱桃进行遮阴,以减少高温和强光对樱桃叶片的损伤。

但是,过于微弱的光照不仅不利于植物营养物质的积累,而且对植物的生理功能有负面的影响。关于弱光环境对植物生理生态机制的影响,国内外学者研究较为广泛,弱光下植物叶片的结构和生理功能都发生了一定的变化以适应弱光环境<sup>[19-23]</sup>。过于微弱的光照条件不利于叶片光合作用,不仅会使  $P_n$  值下降<sup>[7]</sup>,还会加速叶片细胞的膜脂过氧化<sup>[8]</sup>。因此,为确保光合效率最大化,同时又保护叶片不受损伤,夏季遮阳网的使用时间、遮阴度的选择应该因地制宜,并通过进一步试验得出。

本研究表明,夏季晴天覆盖单层遮阳网[遮阳后光强约为  $651.48 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ],能显著提高甜樱桃的光合效率,同时,对长期处于夏季强光条件下造成的  $F_v/F_m$  下降有一定的延缓作用;覆盖 2 层遮阳网对叶片的  $F_v/F_m$  下降延缓效果更好,但是会牺牲一部分净光合效率。对于南方地区,遮阴的一个重要功能是降低环境温度,从而防止甜樱桃双雌蕊发生。日本学者的研究表明,夏秋季节遮阴度 78% 时防止双雌蕊的效果要好于 53% 的效果<sup>[2]</sup>。因此,在南方大樱桃生产中,如何寻求其他措施进行降温,又不影响光合效率,尚需要进一步研究。

#### 参考文献:

[1] 徐芳杰,张学英,骆 军. 南方地区大樱桃栽培的主要限制因子

- 及针对性改良措施[J]. 上海农业学报,2014,30(3):106-112.
- [2] Beppu K, Kataoka I. Artificial shading reduces the occurrence of double pistils in ‘Satohnishiki’ sweet cherry [J]. Scientia Horticulturae,2000,83(3/4):241-247.
- [3] 陈再宏,方聚雪. 西洋樱桃在浦江的表现与关键栽培技术[J]. 浙江农业科学,2011(3):516-517.
- [4] 崔冬冬,李 勃,王世平. 长三角地区甜樱桃栽培技术[J]. 中国南方果树,2014,43(6):141,144.
- [5] 吴延军,陈再宏,吴 江,等. 南方温暖地区甜樱桃成年树综合管理技术[J]. 中国南方果树,2015,44(5):130-132.
- [6] 李延菊,孙庆田,张 序,等. 避雨栽培对大樱桃园生态因子及生理特性的影响[J]. 果树学报,2014,31(增刊1):90-97.
- [7] 孔 云,沈红香,程继鸿,等. 温室塑料覆盖物的不同处理对樱桃叶片光合特性的影响[J]. 北方园艺,2005(5):69-70.
- [8] 黄卫东,吴兰坤,战吉成. 弱光对樱桃叶片膜脂过氧化的影响[J]. 植物学报,2002,44(8):920-924.
- [9] 杨江山,常永义,种培芳. 3 个樱桃品种光合特性比较研究[J]. 园艺学报,2005,32(5):773-777.
- [10] 王顺才,呼丽萍,王晨冰. 温室甜樱桃‘早大果’光合作用与生理生态因子的关系[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2014,42(9):104-112.
- [11] Gonçalves B, Moutinho - Pereira J, Santos A, et al. Scion - rootstock interaction affects the physiology and fruit quality of sweet cherry [J]. Tree Physiology,2006,26(1):93-104.
- [12] 李 勃,张力思,刘庆忠,等. 砧木对甜樱桃幼树生长量及光合特性的影响[J]. 园艺学报,2006,33(1):115-117.
- [13] 郭卫东,李翰钦,胡美君,等. 矮化中间砧甜樱桃的生长与光合特性[J]. 浙江农业科学,2010(6):1229-1231.
- [14] 付 莹,卜现勇,邱玉宾,等. 甜樱桃幼树不同砧穗组合光合特性的研究[J]. 中国果菜,2011(4):46-49.
- [15] 黄卫东,吴兰坤,战吉成. 中国矮樱桃叶片生长和光合作用对弱光环境的适应性调节[J]. 中国农业科学,2004,37(12):1981-1985.
- [16] 计玮玮,邱翠花,李生辉,等. 强光对甜樱桃光系统 II 的影响及  $\text{NaHSO}_3$  和 AsA 的保护效应研究[J]. 浙江农业学报,2012,24(3):409-414.
- [17] 魏海蓉,宗晓娟,谭 钺,等. 温室弱光条件下樱桃砧木幼苗移栽到自然光下的光合和荧光特性研究[J]. 果树学报,2014,31(增刊1):78-83.
- [18] 张 婷,江 文,王 帅,等. 3 个樱桃品种叶片解剖结构、色素含量及光合特性的比较[J]. 天津农学院学报,2014,21(2):24-26.
- [19] 闻 婧,李倩中,李淑顺,等. 不同 LED 光源对铁皮石斛生长和叶绿素荧光参数的影响[J]. 江苏农业学报,2016,32(4):910-916.
- [20] 王建华,任士福,史宝胜,等. 遮荫对连翘光合特性和叶绿素荧光参数的影响[J]. 生态学报,2011,31(7):1811-1817.
- [21] 李建斌,李兆虎,王 红,等. 耐低温弱光结球甘蓝种质资源评价[J]. 江苏农业学报,2015,31(3):645-652.
- [22] 郑有飞,倪艳利,麦博儒,等. 太阳辐射减弱对冬小麦旗叶光合速率的影响[J]. 应用生态学报,2011,22(6):1457-1464.
- [23] 韦金河,闻 婧,张 俊,等. 夏季遮光对 3 种槭树 Ps II 叶绿素荧光参数的影响[J]. 江苏农业学报,2015,31(1):172-179.