

# 光照强度对猕猴桃容器苗叶片生理特性的影响

钱萍仙<sup>1</sup>, 卢丹<sup>1</sup>, 明萌<sup>1,2</sup>, 吴月燕<sup>1</sup>, 俞超<sup>1</sup>, 马立孟<sup>1</sup>

(1. 浙江万里学院 生物与环境学院, 浙江 宁波 315100; 2. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306)

**摘要:**以一年生“红阳”猕猴桃嫁接苗为试材,以无遮荫覆盖为对照,研究一层膜遮荫(透光率约70%)、二层膜遮荫(透光率约45%)和三层膜遮荫(透光率约25%)对猕猴桃容器苗叶绿素含量、渗透调节物质、保护酶活性、叶绿素荧光参数及叶片细胞结构的影响。结果表明:一层、二层膜遮荫后猕猴桃苗生长健壮,主要表现为相对叶绿素含量、还原型谷胱甘肽酶(GSH)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)和超氧化物歧化酶(SOD)活性显著高于对照;丙二醛(MDA)含量显著低于对照;PSII最大光化学效率(Fv/Fm)、PSII潜在活性(Fv/Fo)、光化学电子传递效率(ETR)、光化学猝灭系数(qP)以及栅栏组织/海绵组织比均显著高于对照,而非光化学猝灭系数(qN)显著性低于对照;三层膜遮荫下猕猴桃苗的各项生理指标与对照无显著性差异。因此,适度遮荫可有效防止夏季强光对猕猴桃苗的损害。

**关键词:**猕猴桃;光照强度;生理特性;叶片结构

**中图分类号:**S 663.404<sup>+</sup>.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)06-0019-07

猕猴桃是猕猴桃属多年生的浆果类藤本植物,目前有66个种,其中62个原产我国。随着猕猴桃产业蓬勃发展,中华猕猴桃和美味猕猴桃为主的商业栽培规模不断扩大,栽培环境从高山区转向交通较方便的中低海拔地区,两地的环境差异是影响猕猴桃生长的主要原因,中低海拔地区栽植的猕猴桃主要面临台风、强光、高温等危害,大棚栽培技术可以避免台风对猕猴桃的影响,但夏季的强光高温引起猕猴桃叶缘焦枯、叶面损伤、果面损伤等危害依然存在。该试验探讨不同的光照强度对猕猴桃叶片叶绿素含量、保护酶活性和叶绿素荧光参数等生理指标的影响,以期为生产上制定避免夏季强光高温危害有效措施提供参考依据。

**第一作者简介:**钱萍仙(1990-),女,浙江杭州人,硕士研究生,研究方向为生物技术。E-mail:158678460@qq.com.

**责任作者:**吴月燕(1963-),女,浙江宁波人,硕士,教授,研究方向为植物营养生理及遗传育种。E-mail:wyy2000@zww.edu.cn.

**基金项目:**宁波市农业重大重点资助项目(2013C11018);国家科技部重大星火计划资助项目(2015GA701001);生物工程重中之重学科学生创新计划资助项目(CX2015005);宁波市农业一般资助项目(2013C10009)。

**收稿日期:**2016-12-12

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验于2015年7—8月在浙江省宁波市北仑猕猴桃实验基地进行。选取80株生长健壮、长势一致的一年生“红阳”猕猴桃嫁接苗置于连栋大棚内,进行遮荫处理,以遮阳网为覆盖材料。

### 1.2 试验方法

试验设4个处理,每个处理20株,分别为对照(CK)、处理I(一层膜遮荫,透光率约70%)、处理II(二层膜遮荫,透光率约45%)和处理III(三层膜遮荫,透光率约25%)。从遮荫起每隔10d进行采样,连续30d,每个处理随机选3株,每株任选功能叶片2张。

### 1.3 项目测定

采用SPAD-502+PLUS叶绿素仪测定叶绿素相对含量<sup>[1]</sup>;采用JUNIOR-PAM叶绿素荧光计测定叶绿素荧光参数;采用考马斯亮蓝G-250染色法测定可溶性蛋白质含量<sup>[2]</sup>;采用茚三酮显色法测定脯氨酸含量<sup>[3]</sup>;采用硫代巴比妥酸法测定丙二醛含量<sup>[4]</sup>;采用紫外吸收法测定过氧化氢酶活性<sup>[5]</sup>;采用愈创木酚比色法测定过氧化物酶活性;采用氮蓝四唑(NBT)法测定超氧化物歧化酶活性<sup>[5]</sup>;采用石蜡切片观测叶片组织细胞的显微结构<sup>[6]</sup>。

## 1.4 数据分析

采用 Graphpad Prism 软件作图, SPSS 19.0 统计软件进行方差分析和差异显著性分析。

## 2 结果与分析

## 2.1 光照强度对“红阳”猕猴桃叶片叶绿素相对含量的影响

如图 1 所示, 处理 I 和处理 II 猕猴桃叶片中叶绿素相对含量均先上升后维持在一定的水平, 试验结束时较对照相比上升了 17.30%、15.81%, 显著高于对照 ( $P < 0.05$ ); 处理 III 猕猴桃叶片中叶绿素相对含量随着处理时间的延长而呈现下降趋势, 试验结束时, 与对照相比上升了 5.31%, 与对照无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。

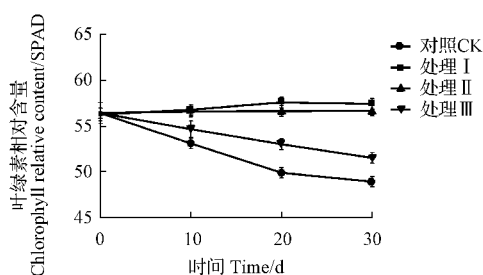


图 1 光照强度对“红阳”猕猴桃叶片叶绿素相对含量的影响

Fig. 1 Effects of light intensity on relative chlorophyll content in 'Hongyang' kiwifruit leaves

## 2.2 光照强度对“红阳”猕猴桃叶片可溶性蛋白质含量的影响

如图 2 所示, 处理 I 和处理 II 中可溶性蛋白质含量均先上升后维持在一定的水平, 试验结束时, 处理 I 和处理 II 中可溶性蛋白质含量与对照相比分别升高了 14.30%、11.60%, 显著性高于对照 ( $P < 0.05$ ); 处理 III 可溶性蛋白质含量随着处理时间延长而下降, 试验结束时, 与对照相比升高了 3.08%, 与对照无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。

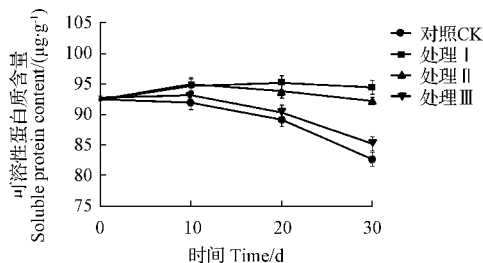


图 2 光照强度对“红阳”猕猴桃叶片可溶性蛋白质含量的影响

Fig. 2 Effects of light intensity on the soluble protein content in 'Hongyang' kiwifruit leaves

## 2.3 光照强度对“红阳”猕猴桃叶片丙二醛和游离脯氨酸含量的影响

如图 3 所示, 处理 III 叶片中丙二醛、游离脯氨酸含量随着处理时间的增加而大量积累, 与对照无显著性差异 ( $P > 0.05$ ); 而处理 I 和处理 II 中丙二醛、游离脯氨酸含量与对照相比分别下降了 50.65%、66.43% 和 45.28%、58.14%, 均显著低于对照 ( $P < 0.05$ )。

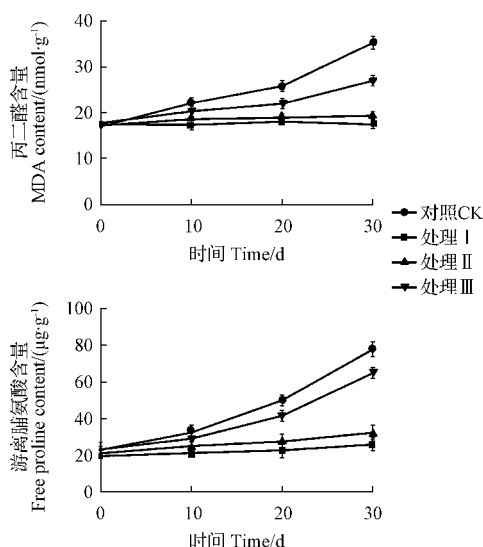


图 3 光照强度对“红阳”猕猴桃叶片丙二醛和游离脯氨酸含量的影响

Fig. 3 Effects of light intensity on the MDA content and free proline content in 'Hongyang' kiwifruit leaves

## 2.4 光照强度对“红阳”猕猴桃叶片保护酶活性的影响

如图 4 所示, 处理 I 和处理 II 猕猴桃叶片中 CAT、POD、GSH、SOD 活性先增加后维持在一定的水平, 试验结束时, 处理 I 和处理 II 保护酶活性与对照相比分别上升了 16.81%、76.96%、95.53%、243.88%、14.65%、79.71% 和 84.15%、192.30%, 显著性高于对照 ( $P < 0.05$ ); 而处理 III 猕猴桃叶片中各保护酶活性呈先上升后快速下降趋势, 在试验第 10 天时, 酶的活性最高, 试验结束时, 处理 III 与对照相比上升了 7.98%、33.68%、34.56%、65.63%, 与对照无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。

## 2.5 光照强度对“红阳”猕猴桃叶片叶绿素荧光参数的影响

如图 5 所示, 在不同光照强度下处理下, 猕猴桃叶片  $F_v/F_m$ 、 $F_v/F_o$ 、 $qP$  和  $ETR$  均有不同程度下降, 而  $qN$  呈现上升趋势。试验结束时, 处理 I 和处理 II 猕猴桃叶片中  $F_v/F_m$ 、 $F_v/F_o$ 、 $qP$  和  $ETR$  与对照相比分别上升了 12.5%、43.33%、18.03%、14.44% 和

11.11%、45.74%、16.39%、17.17%，qN 与对照相比分别下降了 39.02% 和 34.15%，与对照差异显著 ( $P < 0.05$ )；处理Ⅲ猕猴桃叶片中 Fv/Fm、Fv/Fo、qP

和 ETR 与对照相比分别上升了 6.94%、13.56%、6.56%、4.25%，qN 与对照相比下降了 8.0%，与对照无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。

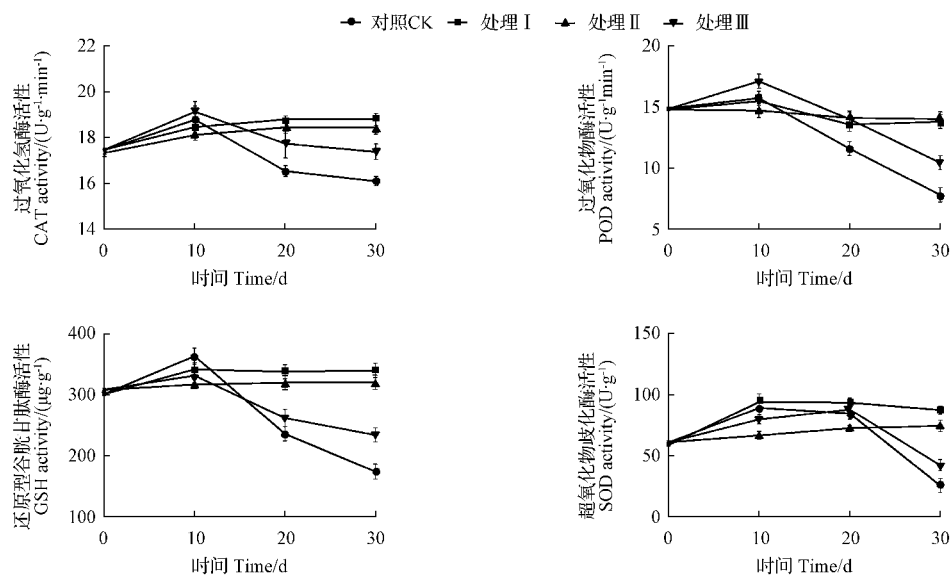


图4 光照强度对“红阳”猕猴桃叶片保护酶活性的影响

Fig. 4 Effects of light intensity on the protective enzyme activities in 'Hongyang' kiwifruit leaves

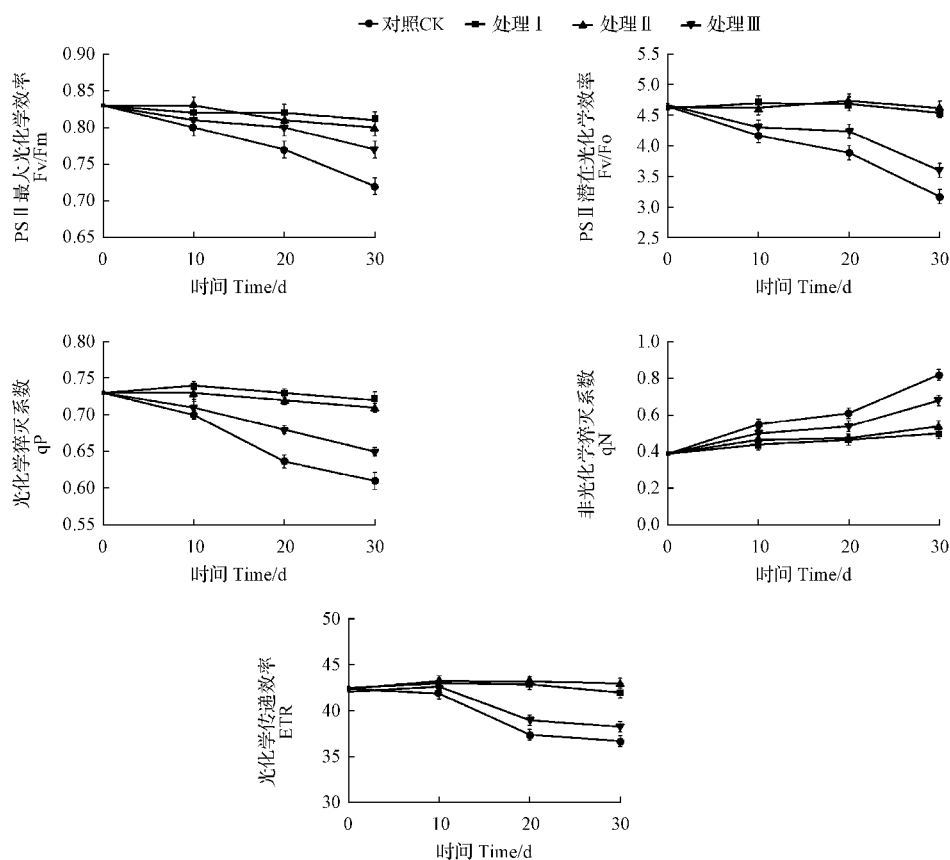


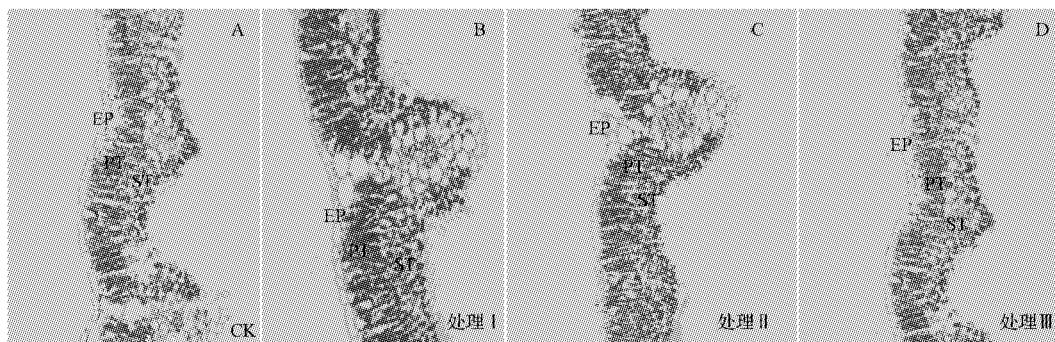
图5 光照强度对“红阳”猕猴桃叶片叶绿素荧光参数的影响

Fig. 5 Effects of light intensity on the chlorophyll fluorescence parameters in 'Hongyang' kiwifruit leaves

## 2.6 光照强度对“红阳”猕猴桃叶片组织显微结构的影响

如图 6 所示,夏季强光下,对照的栅栏组织形状逐渐变得不规则,栅栏组织和海绵组织的细胞数目均减少,间隙变大,叶绿体减少(图 6A)。随着光照

强度的减弱,处理I和处理II(图 6B、C)叶片表皮层、栅栏组织、海绵组织厚度显著高于对照( $P<0.05$ ),栅栏组织/海绵组织比显著性低于对照( $P<0.05$ ),处理III(图 6D)与对照无显著性差异( $P>0.05$ )。



注: A、B、C、D 分别为正常处理、70% (一层)、45% (二层)、25% (三层) 透光率下“红阳”猕猴桃叶片的横切面(标尺=100 μm)。EP. 表皮细胞; PT. 栅栏组织; ST. 海绵组织。

Note: A, B, C, D, show the cross-section of ‘Hongyang’ kiwifruit leaves under normal condition, 70% transmittance, 45% transmittance, 25% transmittance (bar=100 μm); EP. Epidermal cell; PT. Palisade tissue; ST. Spongy tissue.

图 6 不同光照强度下“红阳”猕猴桃叶片横切面

Fig. 6 The cross-section of ‘Hongyang’ kiwifruit leaves under different light intensity

表 1

不同光照强度下“红阳”猕猴桃叶片解剖结构变化

Table 1 Changes of anatomical structure of ‘Hongyang’ kiwifruit leaves under different light intensity ( $n=15$ )

处理 Treatment	叶片厚度 Leaf thickness/ $\mu\text{m}$	栅栏组织厚度 Palisade tissue thickness/ $\mu\text{m}$	海绵组织厚度 Spongy tissue thickness/ $\mu\text{m}$	栅栏组织/海绵组织 Palisade tissue/Spongy tissue
CK	163.60 <sup>b</sup>	81.14 <sup>b</sup>	37.60 <sup>b</sup>	2.15 <sup>a</sup>
I	182.21 <sup>a</sup>	96.03 <sup>a</sup>	55.06 <sup>a</sup>	1.74 <sup>c</sup>
II	181.02 <sup>a</sup>	94.58 <sup>a</sup>	53.60 <sup>a</sup>	1.76 <sup>c</sup>
III	172.90 <sup>ab</sup>	92.21 <sup>ab</sup>	49.56 <sup>ab</sup>	1.86 <sup>ab</sup>

注: 同列不同字母表示差异显著 ( $P<0.05$ )。

Note: Different letters in a column indicate significant differences ( $P<0.05$ ).

## 3 结论与讨论

叶绿素相对含量是反映叶片质量的一个重要指标,在光的作用下叶绿素分子被电离产生 ATP 和 NADPH,光照强度的变化会引起植物叶绿素含量的变化,在低光强时,叶绿素含量随着光照强度的增加而增加,可能是低光强使色素的光氧化程度降低。王岑涅等<sup>[7]</sup>研究关于遮荫对天彭牡丹光合色素的影响,结果表明,遮荫条件下的天彭牡丹叶绿素含量显著高于全光照。但光强太弱则会打破植物对光能吸收和利用的平衡,叶绿素含量减少,可能原因是长时间失衡导致叶植物光合器官绿体发生不可逆的损伤。付涛等<sup>[8]</sup>对幼年鄞红葡萄对短期弱光胁迫的生理生化响应的研究表明,弱光胁迫下,随着光照强度的减弱,叶绿素含量减少,葡萄叶片的叶绿体受损程度增加。在该研究中,对照叶片的叶绿素相对含量

快速下降,试验结束时,处理I和处理II猕猴桃叶片中叶绿素相对含量较对照上升了 17.30%、15.81%,显著性高于对照,而处理III猕猴桃叶片中叶绿素相对含量快速下降,与对照无显著性差异。可能原因是强光降低了叶绿素合成酶的活性,加快了叶绿素的分解,也可能是叶绿体的结构遭到破坏,使叶绿素含量下降。由此表明,夏季适当的遮荫可防止猕猴桃苗受到光胁迫。

植物可通过细胞的渗透调节作用来适应各种逆境,可溶性蛋白质和游离脯氨酸是植物重要的渗透调节物质,其含量多少可以显示渗透调节能力的强弱。游离脯氨酸对维持细胞的正常功能起到非常重要的作用,在该研究中,对照的自由脯氨酸大量积累,说明猕猴桃叶片在全光照下难以全部消耗过量的光能,产生光抑制现象,此时,造成强光胁迫,而处理I和处理II的自由脯氨酸含量与对照相比下降了

14.30%、11.60%，与对照差异显著。处理Ⅲ与对照无显著性差异，这可能是由于低光强对植物造成太大的伤害，植物丧失了调节能力。这与周广洽等<sup>[9]</sup>的研究结果一致。叶片中的可溶性蛋白质含量受光调控，高强度强光和高强度弱光均会引起蛋白质含量的降低<sup>[10-11]</sup>。可溶性蛋白质参与调节植物细胞的渗透势，可以通过提高可溶性蛋白质含量来维持植物细胞较低的渗透势，从而抵抗胁迫带来的伤害，在该试验中，处理Ⅰ和处理Ⅱ的可溶性蛋白质含量较对照相比上升了45.28%、58.14%，与对照差异显著。处理Ⅲ与对照无显著性差异，可能原因是在极低的光强胁迫下，猕猴桃叶片细胞受损，无法再通过提高可溶性蛋白质含量来调节细胞的渗透势，这与陶巧静等<sup>[12]</sup>的研究结果相一致。

水分<sup>[13]</sup>、干旱<sup>[14]</sup>、光照<sup>[15]</sup>、温度<sup>[16]</sup>、营养<sup>[17]</sup>等逆境条件下产生的活性氧是细胞膜脂过氧化的重要原因，夏季极高的光照强度下，植物细胞会产生大量的活性氧，包括羟基自由基、超氧阴离子和氧化氢<sup>[18]</sup>，低浓度的活性氧可作为一种信号分子，参与植物的防卫反应，使植物具有一定的抗性，而高浓度的活性氧引起膜脂过氧化，MDA是膜脂过氧化的分解的主要产物之一。正常情况下，植物体内自由基的产生和清除处于动态平衡，在一定的逆境条件下，为了维持细胞的正常代谢，保护酶系统中各保护酶活性会增加。该研究中，各处理猕猴桃叶片中抗氧化酶(CAT、POD、GSH、SOD)活性在10 d内均呈上升趋势，说明植物具有一定的抗逆性。MDA的积累可导致蛋白质分子之间和分子内发生交联，使质膜遭到损害。随着处理时间的增加，对照各保护酶活性快速下降，MDA含量大量积累，可能原因是全光照条件下外界胁迫超过植物自身的抗逆承受能力，导致植物体内抗氧化酶系统趋于衰退或崩溃。处理Ⅰ和处理Ⅱ猕猴桃叶片中各保护酶活性显著性高于对照，MDA含量显著性低于对照，说明遮荫对猕猴桃细胞具有一定的保护作用。处理Ⅲ各保护酶活性和MDA含量与对照无显著性差异，可能原因是高强度弱光条件下，细胞质膜破坏，透性下降，细胞逐渐丧失正常生理。因此，夏季适当遮荫可保护细胞膜系统的稳定，避免强光胁迫对植物造成损害。

植物叶片内发出的叶绿素荧光可以反映叶片内光合系统是否正常，大多数情况下，叶绿素荧光因测定比较简单快捷而广泛应用于植物的抗性研究。Fo代表初始荧光，可作为判断PSⅡ反应中心运转情况，Fm是暗适应后第一饱和脉冲测得的最大的荧光，

Fv/Fm表示PSⅡ最大光化学效率，反映PSⅡ活性中心的光能转换效率；Fv/Fo表示PSⅡ的潜在活性；qP表示光化学猝灭系数，是对原初电子受体QA氧化态的一种量度<sup>[19]</sup>，它是衡量PSⅡ反应中心开放部分的比例；qN表示非光化学猝灭系数；ETR表示光化学电子传递效率。该研究结果显示，对照及各处理Fv/Fm、Fv/Fo、qP和ETR均有不同程度下降，当Fv/Fm小于0.44时，PSⅡ就完全失去活性<sup>[20]</sup>。试验结束时，处理Ⅰ和处理Ⅱ的Fv/Fm、Fv/Fo、qP和ETR显著性高于对照，而qN呈上升趋势，显著性低于对照。说明全光照条件下，PSⅡ反应中心的失活比例增加，植物发生光合作用的光抑制，PSⅡ氧化侧、PSⅡ反应中心光或PSⅡ原初电子受体受到伤害，PSⅡ增加了将光能转化为热能，减少了电子传递，这与KRAUSE等<sup>[20]</sup>的研究结果一致。处理Ⅰ和处理Ⅱ条件下，各荧光参数值较稳定，说明PSⅡ反应中心运转正常，未受到强光下胁迫。处理Ⅲ与对照无显著性差异，处理Ⅲ猕猴桃叶片的Fv/Fm不但没有下降，反而略高于对照，说明弱光并没有导致PSⅡ反应中心的伤害，而是增加了原初光能转化效率和PSⅡ反应中心的活性，这与睦晓蕾等<sup>[21]</sup>的研究结果一致。因此，夏季强光下植株受到了光抑制，夏季适度的遮荫(处理Ⅰ和处理Ⅱ)能提高光能的利用率，提高电子传递效率。

光照强度是影响植物光合作用的主要因素之一，适宜的光照条件有利于植株的生长发育，但光照强度过强或过弱都会影响作物的生长，高等植物的叶片可根据入射光的强度而发生避光性运动和获光性运动<sup>[22]</sup>。但光照强度过强，叶片吸收过多的光能在体内积累，植株就会受到强光胁迫<sup>[23]</sup>，叶片在强光胁迫下存在明显的“避光运动”，栅栏组织的叶绿体通过不同的运动排列方式调整对光辐射的吸收，减少光胁迫<sup>[24-25]</sup>。正常生长情况下，栅栏组织呈长圆柱状，内含大量的叶绿体，各细胞排列紧密整齐，呈栅栏状，海绵组织形状多样，内含叶绿体少，各细胞排列疏松，呈海绵状。侯江涛等<sup>[26]</sup>研究了不同浓度NaCl对扁桃砧木叶片显微结构的影响，发现随着盐浓度和处理时间的增加，叶肉显著加厚，栅栏组织细胞和海绵组织细胞显著变长，同时栅栏组织细胞数目增多，这是植株对逆性条件下的一种适应性反应。该研究发现，夏季全光照条件下，叶片组织显微结构发生显著性变化，而处理Ⅰ和处理Ⅱ猕猴桃叶片组织显微结构较正常，主要表现在叶片厚度、栅栏组织、海绵组织厚度显著高于对照，栅栏组织厚度增加说明光能利用得到提高，海绵组织的厚度增加，说明产

物积累增加<sup>[27]</sup>,但处理Ⅲ与对照无显著性差异,可能是过度遮荫导致受光严重不足,影响猕猴桃叶营养器官的正常发育和组织建造。张向男<sup>[28]</sup>对弱光下温州蜜柑可塑性生理机制的研究表明,随着光强的降低,温州蜜柑春梢叶片栅栏组织细胞和海绵组织细胞层次减少,排列疏松,叶片厚度减小,与该研究结果一致。因此,夏季适度遮荫可以防止植株的叶绿体膜系统的紊乱,保证其结构的有序性和完整性。

综合以上结果,夏季适当遮荫(透光率在45%~70%)可以缓解夏季强光对猕猴桃苗造成的损伤,使叶片叶绿素含量、叶片细胞组织显微结构、渗透调节物质、保护酶活性和叶绿素荧光参数发生显著性变化,缓解了膜脂过氧化过程,在一定程度上避免了强光对猕猴桃苗产生不利的影响。

#### 参考文献

- [1] 陈晨,张永成.马铃薯不同品种间气孔密度及叶绿素含量的差异性研究[J].中国农学通报,2013,29(27):83-87.
- [2] 何晓良,蔡卓,邱霞琳,等.铅胁迫对狮子草可溶性蛋白质含量的影响[J].广西大学学报(自然科学版),2013,38(3):550-553.
- [3] 王建强,邓永成.低温胁迫对银叶菊和矾根抗寒生理指标的比较研究[J].中国农学通报,2014,30(7):224-227.
- [4] 李玲.植物生理学实验指导[M].北京:科学出版社,2009:80-82.
- [5] 钱萍仙,李学孚,吴月燕,等.遮阴对樟叶槭容器苗生长和生理特性的影响[J].江苏农业学报,2015,31(3):667-672.
- [6] 李波,陈梅,李铁缘,等.2种不同抗旱性冰草叶片解剖结构的比较[J].江苏农业科学,2015,43(9):247-249.
- [7] 王岑涅,孙雪.遮荫对天彭牡丹光合色素的影响[J].现代园艺,2013(18):6-8.
- [8] 付涛,吴月燕,陶巧静,等.幼年鄞红葡萄对短期弱光胁迫的生理生化响应[J].江苏农业学报,2014,30(2):200-204.
- [9] 周广治,徐孟亮,李训贞.温光对稻米蛋白质及氨基酸含量的影响[J].生态学报,1997,17(5):537-542.
- [10] 赵雪梅.遮荫对春剑营养生长及光合生理生态的影响[D].雅安:四川农业大学,2010.

- [11] 胡艳,肖娟,廖咏梅,等.光照强度对白筋生长和生理特征的影响[J].西华师范大学学报(自然科学版),2013,34(1):56-61.
- [12] 陶巧静,吴月燕,付涛,等.弱光胁迫对西洋杜鹃生理特性和叶片超微结构的影响[J].林业科学,2015,51(3):84-92.
- [13] 张纪涛,马大伟.番茄幼苗对水分胁迫的生理响应[J].北方园艺,2015(7):46-49.
- [14] 刘丹,唐加红,杨玉兰,等.干旱胁迫对银杏衰老期叶片生理生化特性的影响[J].北方园艺,2011(9):70-73.
- [15] 吴月燕,付涛,刘蓉,等.幼年鄞红葡萄对短期弱光胁迫的生理生化响应(英文)[J].Agricultural Science and Technology,2015,16(2):200-204.
- [16] 石福臣,鲍芳.盐和温度胁迫对外来种互花米草(*Spartina alterniflora*)生理生态特性的影响[J].生态学报,2007,27(7):2733-2741.
- [17] 李天来,李益清.钙对弱光胁迫下番茄叶片保护酶活性及可溶性蛋白含量的影响[J].园艺学报,2008,35(11):1601-1606.
- [18] 米银法.猕猴桃实生苗对根际低氧胁迫的抗性评价及抗性生理机制研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2009.
- [19] 赵德英.‘寒富’苹果光合生理及碳素物质代谢研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2009.
- [20] KRAUSE G H, WEIS E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics[J]. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology,1991,43:313-349.
- [21] 睦晓蕾,毛胜利,王立浩,等.弱光条件下辣椒幼苗叶片的气体交换和叶绿素荧光特性[J].园艺学报,2007,34(3):615-622.
- [22] FORSETH I N, EHLERINGER J. Solar tracking response to drought in a desert annual[J]. Oecologia,1980,44:159-63.
- [23] 樊洪泓,李廷春,李正鹏,等.强光胁迫下外源 NO 对霍山石斛叶绿素荧光和抗氧化系统的影响[J].园艺学报,2008,35(8):1215-1220.
- [24] 薛立,曹鹤.逆境下植物叶性性状变化的研究进展[J].生态环境学报,2010,19(8):2004-2009.
- [25] 张守仁,高荣孚.光诱导下杂种杨无性系叶角和叶绿体的运动[J].生态学报,2001,21(1):68-74.
- [26] 侯江涛,克热木·伊力,迪利夏提,等. NaCl 胁迫对扁柏砧木叶片显微结构的影响[J].中国农学通报,2005,21(7):258-261.
- [27] 郑明.光照强度对烤烟生长发育和叶片组织结构及品质影响的研究[D].长沙:湖南农业大学,2010.
- [28] 张向男.弱光下温州蜜柑可塑性生理机制的研究[D].武汉:华中农业大学,2009.

## Effect of Different Illumination Intensity Condition on Physiology Characteristic of Container Seedlings of Kiwifruit

QIAN Pingxian<sup>1</sup>, LU Dan<sup>1</sup>, MING Meng<sup>1,2</sup>, WU Yueyan<sup>1</sup>, YU Chao<sup>1</sup>, MA Limeng<sup>1</sup>

(1. College of Biology and Environment, Zhejiang Wanli University, Ningbo, Zhejiang 315100; 2. College of Fisheries and Life, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306)

**Abstract:** Taking no light stress shading as the control, the influence on the chlorophyll relative content, osmoticum, protective enzyme activity, chlorophyll fluorescence parameters and cell structure characteristics of annual ‘Hongyang’ kiwifruit container seedlings were investigated under single-layer membrane shade (70% transmittance), two-layer membrane shade (45% transmittance), and three-layer membrane shade (25%

DOI:10.11937/bfyy.201706005

# 根域限制对“红地球”葡萄果实糖含量和蔗糖代谢相关酶活性的影响

裴 帅<sup>1</sup>, 闫梅玲<sup>1,2</sup>, 董业雯<sup>1</sup>, 王振平<sup>1</sup>

(1. 宁夏大学 农学院, 葡萄与葡萄酒教育部工程研究中心, 宁夏 银川 750021;

2. 中粮长城葡萄酒(宁夏)有限公司, 宁夏 银川 750024)

**摘 要:**以3年生的“红地球”葡萄为试材,测定其果实中葡萄糖、果糖和蔗糖含量以及蔗糖代谢相关酶-可溶性酸性转化酶(SAI)、可溶性中性转化酶(SNI)、细胞壁转化酶(CBAI)和蔗糖合成酶(SSII)活性,以研究葡萄果实糖类积累与蔗糖代谢相关酶活性的关系。结果表明:果实成熟期根域限制栽培果实的可溶性总糖含量明显高于对照;与对照组相比,根域限制组葡萄糖含量提高了12.8%,果糖含量提高了3.4%,蔗糖含量提高了20.0%,总糖含量提高了10.8%。说明根域限制栽培显著提高了“红地球”葡萄果实成熟期的葡萄糖、蔗糖和总糖含量,糖含量的提高受到了SAI、SNI、CBAI、SSII活性的调控;根域限制栽培显著提高了转色期SAI和CBAI的活性和成熟期SNI和SSII的活性。

**关键词:**根域限制;酶活性;糖积累

**中图分类号:**S 663.101 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)06-0025-06

根系是果树的重要组成部分。果树的根系与地上部器官通过筛管和维管束的连接,吸收矿质元素

**第一作者简介:**裴帅(1990-),男,河南南阳人,硕士研究生,研究方向为葡萄栽培与酿酒。E-mail:1191665683@qq.com.

**责任作者:**王振平(1965-),男,陕西绥德人,博士,研究员,硕士生导师,研究方向为葡萄栽培与酿酒。E-mail:dr. wangzhp@163.com.

**基金项目:**国家现代产业体系技术体系资助项目(CARS-30-ZP-8)。

**收稿日期:**2016-09-26

和水分,维持着果树的生长。根系的生长与体积的变大,会引起地上部器官生长量的增加。随着果树栽培技术的不断改进,以及消费者对果实产量和质量要求的不断提高,栽培方式正逐渐由大冠稀植型向矮化密植型过渡,通过研究果树根系修剪技术以达到控制树冠的目的<sup>[1]</sup>。但由于根系生长在地下,对根系的修剪很难操作。到20世纪80年代,人们发现盆栽植物生长受到抑制的现象,开始了根域限制栽培方式的探索。到20世纪90年代,根域限制被视为一种新型的栽培技术,得到了较快的发展。

transmittance) in this study. The results showed that single-layer, two-layer membrane shadow made container seedlings grow stronger, including chlorophyll relative content, concentration of glutathione (GSH) as well as the activities of peroxidase (POD), catalase (CAT) and superoxide dismutase (SOD) were significantly increased compared to the control, while the concentrates of MDA significantly decreased; the maximum photochemical efficiency of PSII (Fv/Fm), PSII potential activity (Fv/Fo), electron transport rate (ETR), photochemical quenching (qP) increased, while non-photochemical quenching (qN) decreased compared with the control; each physiological index of container seedlings between the control and the three-layer membrane shade were not significant. Therefore, moderate summer shadow treatment could promote the growth of 'Hongyang' kiwifruit container seedlings.

**Keywords:** kiwifruit; light intensity; physiological characteristics; leaf structure