

光触媒复剂对月季光合作用特性的影响

王超 刘凤栾 马男 赵梁军*

(中国农业大学 农学与生物技术学院,北京 100193)

摘要 以2年生月季嫁接苗为试材,研究光触媒复剂对月季光合作用特性的影响。结果表明:质量分数为2.0%的光触媒对于提高温室条件下月季植株的光合作用有显著效果,在处理后的第5天净光合速率达到 $14\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})(\text{CO}_2)$;不同质量分数的光触媒处理对月季叶片叶绿素含量的影响效果为 $2.0\% > 0.5\% > \text{CK} > 1.0\%$;不同质量分数的光触媒对月季叶片光系统II(PSII)的原初光能转化效率 F_v/F_m 和PSII潜在活性 F_v/F_o 的影响较小,而质量分数为2.0%的光触媒能显著提高作用光下的实际PSII光化学效率 ϕ_{PSII} 和月季切花枝的干物质积累。

关键词 光触媒; 月季; 光合作用; 叶绿素荧光; 干物质积累

中图分类号 S 685.12

文章编号 1007-4333(2012)03-0069-05

文献标志码 A

Effects of photocatalyst on photosynthesis improvement of rose

WANG Chao, LIU Feng-luan, MA Nan, ZHAO Liang-jun*

(College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract We used biennial grafted rose and studied the effects of photocatalyst on the photosynthesis of rose under greenhouse conditions. The results showed that the Pn value increased up to $14\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})(\text{CO}_2)$ at 5th day after treatment with 2.0% photocatalyst, implying significant improvement of rose photosynthesis. The content of leaf chlorophyll in rose was in the order of $2.0\% > 0.5\% > \text{CK} > 1.0\%$. There was not significant difference in the ratios of F_v/F_m and F_v/F_o . However, PSII efficiency (ϕ_{PSII}) and the dry matter accumulation of rose cut flowers could be obviously improved at 2.0%.

Key words photocatalyst; rose; photosynthesis; chlorophyll fluorescence; dry matter accumulation

月季(*Rosa hybrida* L.)是世界四大切花之一,也是我国的传统名花,在生产中切花月季多采用大棚和温室等设施栽培,而高温弱光是目前影响设施生产的逆境因素^[1-2]。夏季日光温室内温度较高,月季在30℃以上就会进入半休眠状态^[3],弱光对植株的生长、干物质积累与分配、光和、呼吸和Rubisco酶活性等产生不同程度的影响^[2]。如果高温弱光持续时间太长,月季光和物质的生产就会受到影响,最终影响切花的产量和品质,且有些高温的影响不可逆^[4]。

光触媒(Photocatalyst)也称光催化剂,是一类以TiO₂为代表的具有光催化功能的光半导体复合新材料^[5]。在光的照射下,光触媒会产生类似光合

作用的表面光催化反应,可氧化分解各种有机化合物和部分无机物,把有机污染物分解成无污染的水和二氧化碳^[6],现已广泛应用在室内空气净化、汽车、建材、玻璃和医疗器械等方面和环保材料加工领域^[7-9],而在农业上的应用尚少。颜合洪等^[10]利用光触媒处理污水,发现适当浓度的光触媒可以有效防治蓝藻,实现污水治理。颜和洪等^[11]和崔海信等^[12]等的研究表明适当浓度的复合光触媒可以有效控制烤烟花叶病以及黄瓜病害的发生。另外,言勇^[13]应用光触媒处理烟草后发现烟株的株高、茎围和叶数,烟叶叶绿素含量以及光和传递速率有了明显的提高。张萍等^[14]对黄瓜幼苗喷施纳米TiO₂溶胶处理,15 d后株高和叶面积均增加。光触媒

收稿日期: 2011-12-14

基金项目: 农业部‘948’项目(2011-G17)

第一作者: 王超,硕士研究生, E-mail: wcsdwfta@126.com

通讯作者: 赵梁军,教授,博士生导师,主要从事观赏植物发育生理与分子生物学研究, E-mail: zhaolj5073@sina.com

能否提高观赏植物光合作用,目前国内外均无报道。本研究首次尝试对温室切花月季喷施光触媒处理,调查其对温室植物光合作用有无显著促进效果,以期对温室植物的高产优质栽培提供新的方法和参考。

1 材料与方法

1.1 试验设计

光触媒复剂由日本环境保全研究所提供,主要成分是二氧化钛(TiO_2)、蚕丝粉末和磷酸钙 $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$,其水溶液呈乳白色,不产生沉淀。供试植物材料为2年生月季嫁接苗,砧木为‘粉团蔷薇’(*Rosa multiflora* Thunb. var. *cathayensis*),接穗为切花月季品种‘香槟’。

该试验于2011年7—10月在中国农业大学日光温室进行。选取生长势基本一致,无病虫害的嫁接苗120株,采用槽式栽培,每栽培槽(规格:400 cm×50 cm×60 cm)栽植2行,行间距与株间距30 cm,栽培基质为草炭:壤土为1:1。

于2011年7月12日对月季植株进行光触媒复剂处理,喷施质量分数梯度为0.5%、1.0%和2.0%,每处理10株,重复3次,以喷清水为对照。于处理后第2、5、9、14和20天测定月季光合作用和叶绿素含量等生理指标。

1.2 测定方法

1.2.1 光合指标的测定

光触媒复剂处理后的第2、5、9、14和20天上午10:00—11:00,应用Li-6400便携式光合测定仪测定各处理月季植株中部叶片的净光合速率、蒸腾速率、气孔导度和细胞间 CO_2 浓度等光合指标。测定时设定叶室温度25℃、光照强度1800 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、 CO_2 摩尔比400 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 。

1.2.2 叶绿素荧光参数的测定

光触媒复剂处理后的第20天在上述测定叶片净光合速率 P_n 的同一位置,应用IMAGING-PAM2100荧光仪测定PSII最大光化学效率 F_v/F_m 及PSII光合电子传递量子效率 ϕ_{PSII} 。测定前叶片暗适应15 min,先照射检测光($<0.05 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$),再照射饱和脉冲光($12\,000 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$),测定 F_v/F_m 后,打开内源光化光(Actinic light, 180 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)3 min后测 ϕ_{PSII} 。计算公式及各参数意义如下:

$$F_v/F_m = (F_m - F_o)/F_m^{[15]};$$

$$\phi_{\text{PSII}} = (F'_m - F_s)/F'_m^{[16]}$$

F_o 为暗适应时的初始荧光; F_m 为暗适应时的最大荧光; F_v 为暗适应时的最大可变荧光; F_s 为稳态荧光; F'_m 为光适应时的最大荧光。数据用SPSS11.5软件进行分析。

1.2.3 叶绿素含量的测定

光触媒复剂处理后的第2、5、9、14、20和30天在月季植株上、中和下部以打孔器打取叶圆片,体积分数为95%的乙醇和80%丙酮(1:1)的混合液浸提24 h,应用Lambda25紫外/可见分光光度计测定^[17-18]。

1.2.4 切花枝干物质积累测定

选取生长势基本一致的月季植株,待开花指数^[19]达到3级时,从基部第3节上部截取长度为30 cm的月季切花枝,称量其鲜质量,而后于烘箱中烘至恒重后称干质量。

2 结果与分析

2.1 不同质量分数的光触媒复剂处理对月季叶片光合作用的影响

应用光触媒复剂处理月季植株后,月季叶片的净光合速率、气孔导度、胞间 CO_2 浓度及蒸腾速率的变化见图1。

从净光合速率的变化可知,在整个作用过程中质量分数为2.0%的处理相比对照、浓度0.5%和1.0%的效果显著。处理后第2天,2.0%的处理其净光合速率相比对照增长了28.6%,第5天时净光合速率达到14 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ (CO_2)。随着处理时间的延长,各处理和对照的净光合速率逐渐下降,这可能是由叶片趋于衰老和光触媒复剂作用强度下降引起的。

从胞间 CO_2 浓度的变化可知,自处理开始至处理后第5天,各处理和对照的胞间 CO_2 浓度呈下降趋势,随着处理时间的延长,胞间 CO_2 浓度缓慢增加,但各处理和对照的差异不显著。

从气孔导度和蒸腾速率的变化可知,自处理开始至处理后第5天,各处理和对照的气孔导度和蒸腾速率均呈上升趋势,其中2.0%的处理比对照分别增加了22.5%和11.5%,随着处理时间的延长,气孔导度和蒸腾速率的水平逐渐降低,但是整个作用过程中2.0%和0.5%的处理其效果均优于对照和1.0%,且差异显著。

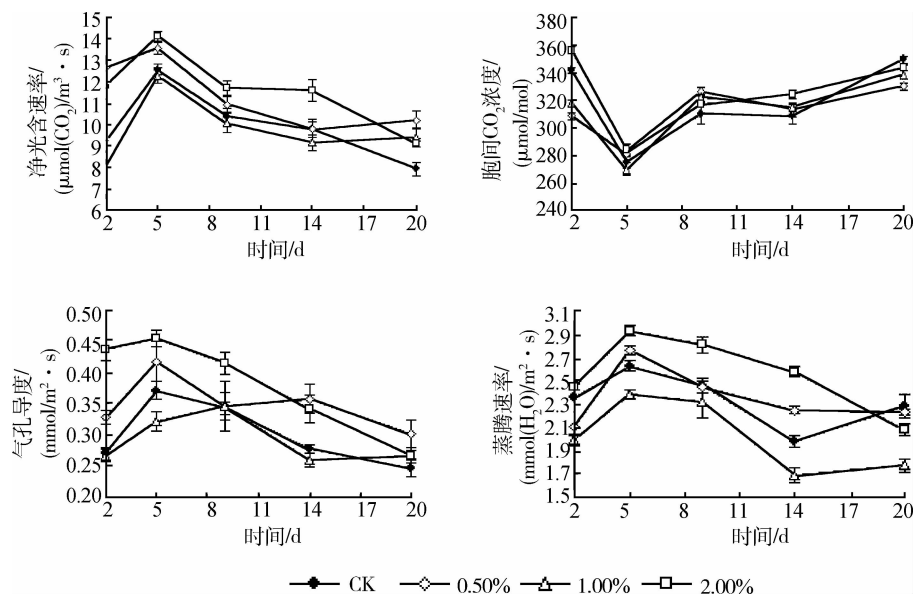


图 1 光触媒复剂对月季叶片光合作用的影响

Fig. 1 Effect of photocatalyst on chlorophyll content of rose leaves

2.2 不同质量分数的光触媒复剂处理对月季叶片叶绿素含量的影响

应用光触媒复剂处理月季植株后,月季叶片的

总叶绿素以及叶绿素 a 和叶绿素 b,叶绿素 a/b 的变化见图 2。

叶片总叶绿素、叶绿素 a 和叶绿素 b 含量的变

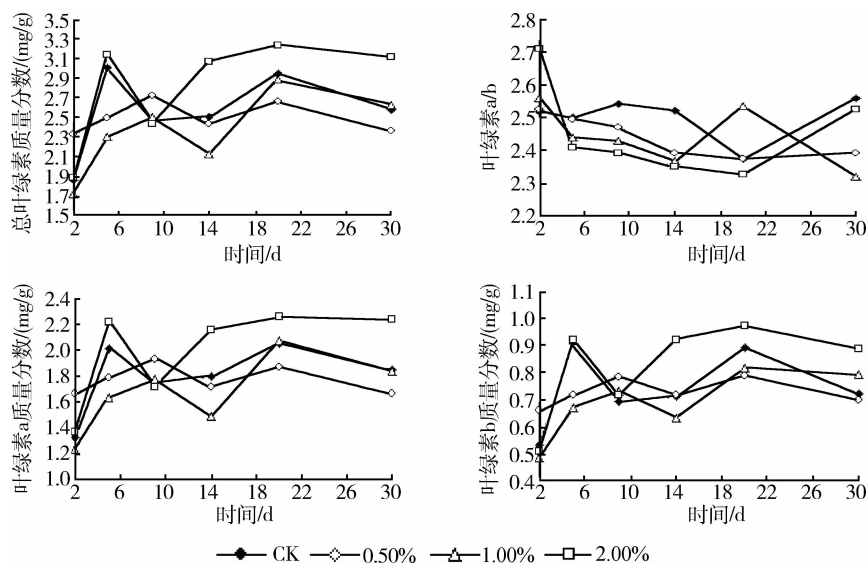


图 2 光触媒复剂对月季叶片叶绿素含量的影响

Fig. 2 Effect of photocatalyst on chlorophyll content of rose leaves

化趋势基本一致。自处理开始至处理后第 5 天,各处理和对照中叶绿素含量均呈上升趋势,且质量分数为 2.0% 的处理其增幅(66.9%)显著大于对照、0.5% 和 1.0% 的处理(分别为 34.5%、23.6% 和 33.8%)。第 5 天后,对照和各处理其总叶绿素含量

均缓慢降低,第 9 天后 2.0% 的处理其叶绿素含量保持在较为稳定的水平且极显著大于对照、0.5% 和 1.0% 的处理。

叶绿素 a/b 的变化曲线显示处理后的 5 d 内质量分数为 2.0% 的光触媒对月季叶片叶绿素 b 含量

的影响较大,而对叶绿素 a 的影响较小,这表明光触媒是通过影响光能的传递进而影响植株的光合作用。

2.3 不同质量分数的光触媒复剂处理对月季叶片叶绿素荧光的影响

表 1 显示,应用不同质量分数的光触媒复剂处理月季植株后,月季叶片的叶绿素荧光产生了一定的差异。2.0%处理,其 F_v/F_o 、 F_v/F_m 及 ϕ_{PSII} 值均

高于 0.5%、1.0%及对照组,其中 ϕ_{PSII} 有显著性差异,比对照增加了 13.1%。 F_v/F_o 和 F_v/F_m 分别代表 PS II 的潜在活性和 PS II 原初光能转化效率, ϕ_{PSII} 表示实际的光化学效率。 F_v/F_m 及 ϕ_{PSII} 升高,表示光能转换效率升高,这表明在同样的温室栽培条件下,喷施质量分数为 2.0%的光触媒复剂可显著提高月季叶片对光能的利用效率。

表 1 光触媒复剂对月季叶片叶绿素荧光参数的影响
Table 1 Effect of photocatalyst on fluorescence paramerers of rose leaves

处 理	F_v/F_o	F_v/F_m	ϕ_{PSII}
CK	2.983±0.210 a	0.735±0.010 ab	0.339±0.011 b
0.5%	3.161±0.084 a	0.758±0.005 a	0.343±0.023 b
1.0%	2.867±0.125 b	0.727±0.095 b	0.329±0.011 b
2.0%	3.236±0.250 a	0.763±0.014 a	0.382±0.009 a

注:表中数据为平均值±标准误。同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$); F_v/F_o 为 i PS II 的潜在活性; F_v/F_m 为 PS II 原初光能转化效率; ϕ_{PSII} 为实际的光化学效率。

2.4 不同质量分数的光触媒复剂处理对月季切花枝干物质积累的影响

表 2 显示,应用不同质量分数的光触媒复剂处理月季植株后,各处理间月季切花枝的鲜质量有一

定差异但不显著,质量分数为 2.0%的处理其切花枝干质量、干质量/鲜质量均显著大于对照、0.5%和 1.0%的处理,其中干质量相比对照增长了 44%,干质量/鲜质量比对照增长了 11%。

表 2 光触媒复剂对月季切花枝干物质积累的影响
Table 2 Effect of photocatalyst on amount of dry matter of cut rose flowers

处 理	鲜质量/g	干质量/g	干质量/鲜质量
CK	6.091±0.451 a	2.001±0.087 b	0.349±0.008 b
0.5%	7.075±0.627 a	2.261±0.219 b	0.319±0.006 c
1.0%	6.435±0.388 a	2.233±0.144 b	0.347±0.007 b
2.0%	7.167±0.646 a	2.873±0.165 a	0.389±0.012 a

注:表中数据为平均值±标准误。同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

3 讨 论

叶绿素是植物进行光合作用的主要色素,叶绿素含量与净光合速率呈正相关,而与叶面积指数呈负相关^[20-21],喷施光触媒复剂能够对植株的净光合速率和有效光合叶面积产生影响。言勇^[13]应用质量分数为 0.2%、0.5%和 1.0%的光触媒处理烟草叶片可显著提高烟草叶片叶绿素的含量,且浓度越高,含量越高。然而在本试验中,叶绿素含量的变化

与光触媒的浓度并非线性相关。光触媒复剂在一定浓度下,分散越均匀越好^[6]。光触媒复剂喷施后覆盖在叶片的表面会影响植株的有效光合面积,且浓度越高影响越大。推测质量分数为 2.0%的光触媒复剂促进净光合速率的效应要大于其对叶面积产生的影响,而质量分数为 1.0%的光触媒可能处于临界浓度。

叶绿素荧光参数的变化有助于帮助我们了解光合机构受影响的部位。 F_v/F_m 降低表明植物受到

了光抑制^[15]，而 PSII 失活或被破坏则导致了初始荧光 F_0 的升高^[22]。本试验中质量分数为 2.0% 的处理并未引起 F_v/F_m 的显著变化，只是 ϕ_{PSII} 比对照、0.5% 和 1.0% 的处理显著升高，说明弱光下 2.0% 的光触媒复剂并未引起光抑制，只是引起了 PSII 光合电子传递量子效率的升高，从而促进了光合作用。

光触媒复剂对植物光合作用特性以及叶绿素荧光方面的研究还很缺乏，仅在烟草和黄瓜幼苗上进行过试验且喷施的光触媒浓度较低。本试验首次将光触媒应用于观赏植物，加之夏季玻璃温室内高温、弱光、湿度等环境因素的影响，因此还需对其他植物材料做深入研究。

另外，本试验中还发现，喷施光触媒复剂后一段时间内有效降低了月季植株白粉虱等病虫害的发生，这与复合光触媒可以有效控制病害的研究结果基本一致^[11-13]。可见，如果在防治病害方面做更加深入的研究，光触媒复剂的应用前景将更加广阔。

参 考 文 献

[1] 吴锦娣,王舒蓁,焦雪辉,等. 月季切花标准化生产[J]. 温室园艺,2010,(8):50-53

[2] 眭晓蕾,毛胜利,张振贤,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

[3] 陆秀梅. 现代月季栽培技术[J]. 现代农业科技,2009,(6):41

[4] 张福墀. 设施园艺学[M]. 北京:中国农业大学出版社,2000,142-145

[5] 王宇晖,徐高田. 光触媒技术的发展与应用[J]. 化学工程师,2004,18(12):38-41

[6] 杨华明,崔森. 光触媒净化技术的研究及其应用[J]. 中国消毒学杂志,2004,21(4):368-370

[7] 埴田博史. 光触媒技术的最新标准和国际标准化[R]. 第三届中国抗菌产业发展大会,2003

[8] 马小敏,王怡中. 二氧化钛光催化杀菌的研究进展[J]. 环境污染治理技术与设备,2002,3(5):15

[9] 徐顺,杨鹏飞,杜宝石,等. 掺杂 TiO₂ 的光催化性能研究进展[J]. 化学研究与应用,2003,15(2):146-150

[10] 颜合洪,言勇. 利用复合光触媒防治蓝藻效果初探[J]. 作物研究,2010,24(1):39-41

[11] 颜合洪,刘本坤,严勇,等. 复合光触媒防治烟草花叶病效果初探[J]. 作物研究,2009,23(4):269-271

[12] Cui Haixin, Jiang Jianfang, Zhang Ping, et al. Application of Nano-TiO₂ Sol in crop diseases control[J]. European Cells and Materials,2010,20:293-293

[13] 言勇. 复合光触媒对烟草农艺性状、光合生理特性和花叶病防治效果的影响[D]. 湖南:湖南农业大学,2010

[14] 张萍,崔海信. 纳米 TiO₂ 光半导体植物抗菌材料及其生物学效应研究[D]. 北京:中国农业科学院,2007

[15] 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

[16] Genty B,Briantais J M,Baker N R. The relationship between quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence[J]. Biochim Biophys Acta,1989,990:87-92

[17] 邹琦. 植物生理生化实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,1995,36-39

[18] 李得孝,郭月霞,穆芳,等. 玉米叶绿素含量测定方法研究[J]. 中国农学通报,2005,21(6):153-155

[19] Yamamoto K, Kinattsu Y, Yokoo Y. Delaying flower opening of cut roses by cis-propenylphosphonic acid[J]. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science,1994,63(1):159-166

[20] 沈福成. 水稻叶片叶绿素含量与株型的关系及叶位叶绿素含量的变化[J]. 贵州农业科学,1986(1):5-8

[21] 周竹青,张清良. 小麦品种叶绿素含量变化及其与光合叶面积关系的研究[J]. 孝感学院学报,2001,21(6):5-8

[22] Demming B, Björkman O. Comparison of effect of excessive light on chlorophyll fluorescence (77K) and photon yield of O₂ evolution in leaves of plants[J]. Planta,1987,171:171-184

责任编辑：王燕华