

遮荫对斑叶堇菜和大叶铁线莲 叶绿素荧光特性的影响

董彦娜¹, 李连龙², 郭思佳¹, 赵 硕¹, 刘冬云¹

(1. 河北农业大学 园林与旅游学院, 河北 保定 071000; 2. 北京中外建筑设计有限公司, 北京 100192)

摘 要:以斑叶堇菜(*Viola variegata*)和大叶铁线莲(*Clematis heracleifolia*)为试材,研究了不同遮荫处理对2种植物叶绿素荧光参数的影响。结果表明:随着遮荫程度的提高,斑叶堇菜的叶绿素荧光参数 F_v/F_m 、 F_v/F_o 、 F_v'/F_m' 、 ϕPS_{II} 、 qP 、ETR 值均依次上升;而 qN 值则呈逐渐下降,体现了斑叶堇菜对弱光环境的强适应性。而大叶铁线莲的 F_v/F_m 、 F_v/F_o 、 F_v'/F_m' 、 ϕPS_{II} 、 qP 、ETR 值则随着遮荫度的增加先上升后下降; qN 值则呈现了先下降后上升的趋势,表明大叶铁线莲有一定的耐荫性。

关键词:遮荫;斑叶堇菜;大叶铁线莲;叶绿素荧光参数

中图分类号:S 688 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)19-0079-05

随着城市建设不断发展,城市中的绿地大多受到建筑物的遮挡,园林绿化植物层次搭配逐渐丰富,为增加绿化面积,覆盖裸露地面,需选择耐荫的园林地被植物来提高生态效益^[1]。植物的耐荫性是植物适应弱光照条件的能力,在弱光条件下,耐荫植物的生理生化都会产生明显的变化^[2-3]。

斑叶堇菜(*Viola variegata*)是堇菜科一种叶形和叶色都很别致的多年生矮小野生植物,抗逆性和适应性都比较强。野生斑叶堇菜主要生长在山坡、草地或林下及荫蔽的岩石缝中^[4]。大叶铁线莲(*Clematis heracleifolia*)属毛茛科多年生灌木,根长,伸入土中,茎直立。生于低山沟谷边潮湿处。目前关于斑叶堇菜耐荫性的研究尚鲜见报道,潘杰等^[5]测定了大叶铁线莲生理指标,研究表明对其进行适度遮荫显著提高了叶绿素含量,因此遮荫有利于其生长。叶绿素荧光参数是一组用于描述植物光合作用机理和光合生理状况的变量或常数值,因为能够反映植物的“内在性”特点,所以一直被视为研究环境变化与植物光合作用的内在探针^[6]。因此,外界环境的变化对植物产生的影响在一定程度上可以由叶片叶绿素荧光的变化来反映^[7]。通过研究遮荫对2种野生

地被植物叶绿素荧光参数的影响,初步确定其耐荫性,以期筛选耐荫地被植物和园林应用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在河北农业大学园林学院苗圃地,地理坐标为东经 115°48',北纬 38°55',海拔 18 m,属暖温带亚湿润气候区,春季干旱多风,夏季炎热多雨,秋季气候凉爽,冬季寒冷少雪,四季分明。年平均气温 12.7℃,7月平均最高气温 30℃,年均降雨量 575.4 mm,无霜期 200 d。

1.2 试验材料

供试材料为斑叶堇菜(*Viola variegata*)、大叶铁线莲(*Clematis heracleifolia*)繁殖后的2年生苗,均采于河北保定市易县蚕姑坨。

1.3 试验方法

不同光照采用不同透光率的黑色遮阳网进行,高度控制在 1.5 m 左右,共设置相对光照强度 30%、60%、90% 3 个遮荫处理,以全光照为对照(CK),遮荫 1 个月。

1.4 项目测定

试验在 2015 年 8 月晴朗无风的天气进行,选择生长势旺盛且一致的植株作为测试样本,利用英国汉莎公司生产的 FMS-2 便携脉冲调制式荧光仪对 2 种地被植物各处理的叶绿素荧光参数进行测定,每个处理 5 次重复,取其平均值作为该参数的测定值。测定 F_o (暗适应叶片初始荧光)、 F_m (暗适应叶片最大荧光)、 F_v (可变荧光)、 F_v/F_m (PS_{II} 最大光化学效率)等参数时,要用密闭式

第一作者简介:董彦娜(1992-),女,河北鹿泉人,硕士研究生,研究方向为园林植物资源与应用。E-mail:461771455@qq.com.

责任作者:刘冬云(1971-),女,河北赞皇人,博士,副教授,硕士生导师,现主要从事百合遗传育种等研究工作。E-mail:dongyunliu@hebau.edu.cn.

基金项目:河北省科技厅资助项目(15227534)。

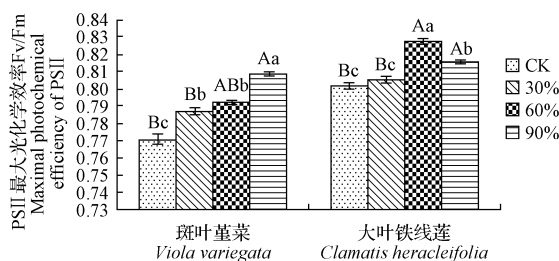
收稿日期:2016-05-05

适配器,并且测定前要用暗适应夹将叶片暗适应 20 min,测定 F_v/F_m 时, F_o 和 F_m 同时可测定出来。测定 F_s 、 $\phi PSII$ 和 $\phi PSIIR$ 等参数时,将光下的叶片加上暗适应夹(无需暗适应,所以无需推上金属片),将开放式适配器扣在暗适应夹上。将 Actinic(作用光)的值设为 25,点击 Actinic,大约 3~5 min 后,点击 $\phi PSIIR$ 按钮,测定的参数为 $\phi PSRII$ 、NPQ、 F_v'/F_m' 、qP、ETR 等。

2 结果与分析

2.1 遮荫对 2 种地被植物 PSII 最大光化学效率(F_v/F_m)的影响

F_v/F_m 被称为最大光化学效率或最大光化学量子产量,对于植物胁迫反应的研究来说是个稳定且常用的参数。它不仅反映 PSII 反应中心原初光能转换效率,也可以反映开放的 PSII 反应中心捕获激发能的效率^[8]。图 1 表明,随着遮荫度的增加,斑叶堇菜和大叶铁线莲的 F_v/F_m 值呈现出了不同的变化趋势。斑叶堇菜的 F_v/F_m 值一直增加,到 90% 遮荫度时达到了最大值;大叶铁线莲则出现了先增加后下降的趋势,60% 遮荫度时 F_v/F_m 值最大,90% 遮荫度时 F_v/F_m 值有所下降,但是仍比全光照条件下的值大。多重比较分析可知,斑叶堇菜 30% 和 60% 遮荫处理无显著差异,其它处理间差异显著。大叶铁线莲在全光照条件下和 30% 遮荫处理下的值差异不显著,其它处理间均存在显著差异。



注:大写字母表示同列之间差异极显著($P < 0.01$);小写字母表示同列之间差异显著($P < 0.05$),下同。

Note: Capital letters in the same column mean very significant difference ($P < 0.01$); the lowercase letters in the same column mean significant difference ($P < 0.05$), the same below.

图 1 遮荫对 PSII 最大光化学效率(F_v/F_m)的影响

Fig. 1 Effect of shades on maximal photochemical efficiency of PSII(F_v/F_m)

2.2 遮荫对 2 种地被植物 PSII 潜在活性(F_v/F_o)的影响

F_v/F_o 反映了 PSII 的潜在活性。从图 2 可以看出,斑叶堇菜的 F_v/F_o 值随着遮荫度的增加逐渐增加,而大叶铁线莲则呈现出了先增加后减小的趋势,在 60% 时达到了最大值。且 2 种植物在全光照条件和 30% 遮荫处理时差异不显著,其它处理间差异显著,斑叶堇菜 90% 处理和其它处理差异极显著,大叶铁线莲 60% 遮荫处理

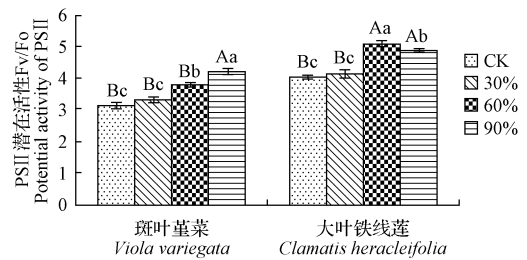


图 2 遮荫对 PSII 潜在活性(F_v/F_o)的影响

Fig. 2 Effect of shades on potential activity of PSII(F_v/F_o)

和全光照差异极显著。

2.3 遮荫对 2 种地被植物 PSII 有效光化学效率(F_v'/F_m')的影响

F_v'/F_m' 是指 PSII 有效光化学效率或有效光化学量子产量,它反映了 PSII 反应中心部分关闭情况下的实际 PSII 光能捕获的效率^[9]。由图 3 可以看出,随着遮荫度的增加,斑叶堇菜和大叶铁线莲的 F_v'/F_m' 值变化不尽相同。斑叶堇菜呈现出了逐渐增加的趋势,而大叶铁线莲的 F_v'/F_m' 值则先上升后下降,在 60% 遮荫时达到最大值。对 2 种植物进行多重比较后可知,斑叶堇菜各处理间达到差异极显著,而大叶铁线莲只有在全光照条件下和 60% 遮荫处理时差异显著,其它处理间均差异不显著。

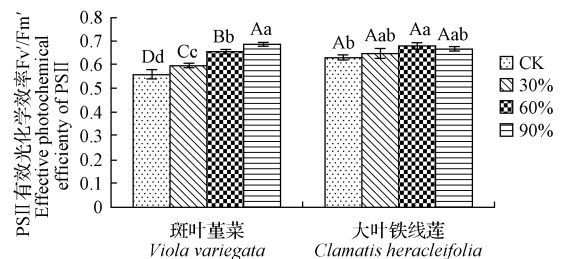


图 3 遮荫对 PSII 有效光化学效率(F_v'/F_m')的影响

Fig. 3 Effect of shades on effective photochemical efficiency of PSII(F_v'/F_m')

2.4 遮荫对 2 种地被植物 PSII 实际光化学效率($\phi PSRII$)的影响

$\phi PSRII$ 被称为 PSII 实际光化学效率或实际光化学量子产量,反映了经 PSII 的线性电子传递的量子效率^[10]。图 4 表明,随着遮荫度的增加,斑叶堇菜的 $\phi PSRII$ 值一直增加,而大叶铁线莲的值则是先增加,到 60% 遮荫时达到最大值,随后到 90% 遮荫时又有所下降,但是仍比全光照条件下大。斑叶堇菜全光照和 30% 遮荫处理差异显著,其它处理间差异极显著;大叶铁线莲 90% 遮荫和 60% 遮荫与 30% 遮荫和全光照相比,差异显著。

2.5 遮荫对 2 种地被植物 PSII 光化学猝灭系数(qP)的

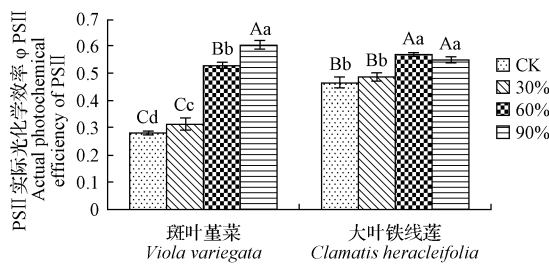


图4 遮荫对PSII实际光化学效率(φPSII)的影响

Fig. 4 Effect of shades on actual photochemical efficiency of PSII(φPSII)

影响

光化学猝灭系数 qP 反映的是 PSII 天线色素吸收的光能用于化学电子传递的份额^[11]。由图 5 可知,斑叶堇菜的 qP 值随着遮荫度的增加而增加,大叶铁线莲随着遮荫度的增加 qP 值先增加后减小,60%时的值最大。斑叶堇菜各处理间均存在显著差异,大叶铁线莲 60%遮荫和 90%遮荫间差异显著,其它处理间达到极显著差异水平。

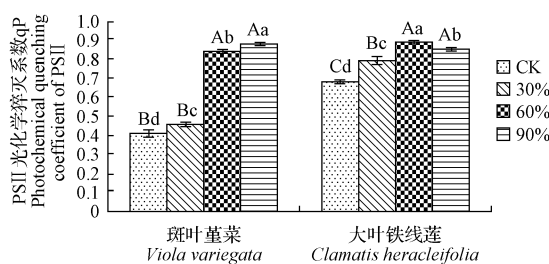


图5 遮荫对PSII光化学猝灭系数(qP)的影响

Fig. 5 Effect of shades on photochemical quenching coefficient of PSII (qP)

2.6 遮荫对2种地被植物PSII非光化学猝灭系数(qN)的影响

非光化学猝灭系数 qN 反映的是 PSII 天线色素吸收的光能以热的形式耗散的那部分光能^[12]。图 6 表明,斑叶堇菜的 qN 值随着遮荫度的增加而减小,大叶铁线莲随着遮荫度的增加 qN 值先减小后增加,在 60%时的值最小。斑叶堇菜各处理间差异极显著,大叶铁线莲

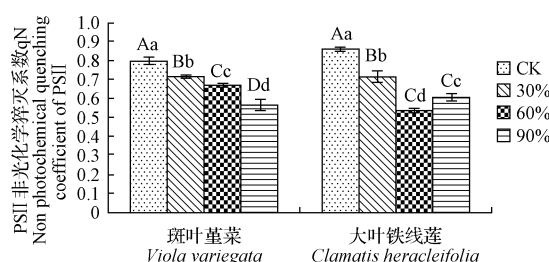


图6 遮荫对PSII非光化学猝灭系数(qN)的影响

Fig. 6 Effect of shades on non photochemical quenching coefficient of PSII (qN)

60%遮荫和 90%遮荫间差异显著,其它处理间差异极显著。

2.7 遮荫对2种地被植物PSII电子传递速率(ETR)的影响

ETR 指的是非循环光合电子传递速率,它反映了表现电子在实际光强下的传递速率^[10]。从图 7 可以看出,2种植物的 ETR 值随着遮荫度的增加呈现出了不同程度的增加趋势,斑叶堇菜的值逐渐增加,当遮荫度为 90%时,达到最大值;大叶铁线莲的值先增加后减小,当遮荫度为 60%时值最大,90%遮荫条件下的值虽有所下降,但与全光照条件和 30%遮荫处理时相比,ETR 的值仍然较高。斑叶堇菜全光照和 30%遮荫处理间差异不显著,其它处理间差异显著。大叶铁线莲各处理间差异极显著。

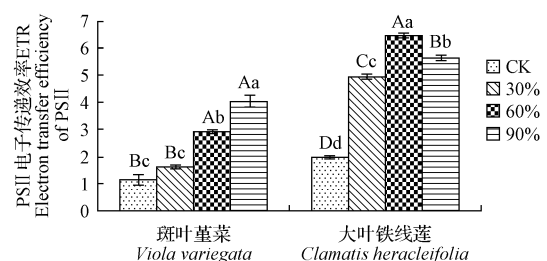


图7 遮荫对PSII电子传递效率(ETR)的影响

Fig. 7 Effect of shades on electron transfer efficiency of PSII(ETR)

3 讨论与结论

叶片在进行光合作用过程中,可以通过叶绿素荧光参数来反映光能的吸收、传递、耗散、分配等光反应过程中叶片的内在特性,因此,作为一项重要指标,叶绿素荧光参数能够反映植物光合机构受环境的影响程度^[11,13-14]。

叶绿素荧光参数 Fv/Fm 和 Fv/Fo 是研究植物光合生理状态的重要参数。研究表明,植物能适应遮光环境一个明显的特征就是 Fv/Fm 和 Fv/Fo 的值随遮荫程度增加而上升,而 Fv/Fm 和 Fv/Fo 值下降的植物则相反^[15-16]。该研究中,随着遮荫程度的提高,斑叶堇菜的叶绿素荧光参数 Fv/Fm 和 Fv/Fo 值均依次上升,在 90%遮荫处理下达到最大值,体现了斑叶堇菜对弱光环境的强适应性,而大叶铁线莲的 Fv/Fm 和 Fv/Fo 值则随着遮荫度的增加先升后降,在 60%遮荫处理下达到最大值,而后在 90%遮荫处理下有所下降,但是仍然高于全光照条件和 30%遮荫处理下的值,表明大叶铁线莲有一定的耐荫性,在 60%遮荫环境下生长较好,这与魏胜利^[15]的研究一致。

φPSRII 反映了经光系统 II 的线性电子传递的量子效率,是荧光参数的重要组成部分^[17]。很多研究都指出 φPSRII 与 Fv/Fm 和 Fv/Fo 有很好的 consistency^[18-19]。该研

究结果也表明,斑叶堇菜和大叶铁线莲的 ϕPSII 值与各自的 Fv/Fm 和 Fv/Fo 的值均保持了很好的一致性,斑叶堇菜 3 个参数的值均为 90%遮荫>60%遮荫>30%遮荫>对照;大叶铁线莲 3 个参数的值则为 60%遮荫>90%遮荫>30%遮荫>对照。

qP 是光化学猝灭系数,如果要使 PSII 反应中心处于“开放”状态,就要保持高的光化学猝灭,因此在一定程度上,光化学猝灭可以反映 PSII 反应中心的开放程度^[20-21]。PSII 的电子传递活性愈大,光化学猝灭系数 qP 的值就愈大。此外,qP 值的上升也可以促进 QA 氧化态数量的增加,从而加快电子从 PSII 氧化侧向 PSII 反应中心的流动速度^[22]。该研究结果表明,随着遮荫度的增加,斑叶堇菜的 qP 值呈逐渐增加趋势,大叶铁线莲则呈现了先上升后下降的趋势,到 90%遮荫处理时有所下降,但是仍然高于全光照条件下的值,说明遮荫处理增加了 PSII 反应中心的开放程度,同时也提高了 PSII 反应中心光能转化利用效率和氧化态 QA 的数量。这与荣立苹等^[23]对鸡爪槭的研究结果一致。

qN 是非光化学猝灭系数,如果过量的光能被 PSII 反应中心天线色素吸收,同时又不能及时地得到耗散,将使光合机构失活或被破坏,所以非光化学猝灭在一定程度上可以起到保护光合机构的作用^[24]。该研究中,随着遮荫度的增加,斑叶堇菜的 qN 值呈逐渐下降趋势,大叶铁线莲则呈现了先下降后上升的趋势,到 90%遮荫处理时有所上升,但是仍然低于全光照条件下的值,说明遮荫处理降低了 PSII 天线色素以热形式耗散所吸收的光能的比例,有效的提高了 PSII 所吸收的光能的利用效率,同时也使得捕获的光能可以更多的用于光合电子传递的推动,从而促进光合作用的顺利进行。这与缴丽莉等^[25]对青榨槭的研究结果一致。

ETR 是指非循环光合电子传递速率,反映的是实际光强下的表现电子传递速率。研究表明,强光照会对 PSII 反应中心以及天线色素蛋白复合体产生影响,降低电子传递速率,使得光合磷酸化解偶联,同时也会减少同化力的形成^[10]。该研究表明,斑叶堇菜的 ETR 值随着遮荫度的增加而增加,大叶铁线莲的 ETR 值则呈现了先增加后减小的趋势,全光照时 ETR 值最小,60%遮荫处理时值最大,这与 2 种植物的 ϕPSII 和 qP 值的变化趋势相吻合,说明遮荫提高了 2 种植物的表现电子传递效率,有利于 2 种植物的生长。这与李迎春等^[26]对多花黄精的研究结果一致。

该研究结果表明,不同光强对斑叶堇菜和大叶铁线莲的叶绿素荧光参数产生不同的影响。斑叶堇菜对光环境的变化表现出较强适应能力,大叶铁线莲在遮荫 60%下,生长情况较好。由此可见,斑叶堇菜比大叶铁线莲耐荫性更强一些。

参考文献

[1] 苏雪痕. 园林植物耐阴性及其配置[J]. 北京林学院学报, 1981, 3(2):

63-70.

[2] 白伟岚,任建武,苏雪痕. 八种植物耐阴性比较研究[J]. 北京林业大学学报, 1999, 21(3): 46-52.

[3] 肖松江,孙振元,杨中艺,等. 3 种爬山虎属植物 23 个生态型的耐阴性研究[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2006, 45(2): 73-77.

[4] 鲍平秋. 斑叶堇菜[J]. 中国花卉盆景, 2005(4): 4.

[5] 潘杰,赵丽,李滨胜. 光照对大叶铁线莲等 3 种植物生理变化的影响[J]. 防护林科技, 2014(11): 27-28.

[6] 张斌斌,姜卫兵,翁忙玲,等. 遮荫对园艺园林树种光合特性的影响[J]. 经济林研究, 2009, 27(3): 115-119.

[7] JIANG C D, GAO H Y, ZOU Q. Changes of donor and acceptor side in photosystem 2 complex induced by iron deficiency in attached soybean and maize leaves[J]. Photosynthesis, 2003, 41: 267-271.

[8] 蔡仕珍,陈其兵,潘远智. 遮光对花叶细辛光合特性和荧光参数的影响[J]. 四川农业大学学报, 2004, 22(4): 326-331.

[9] 吕芳德,徐德聪,侯红波,等. 5 种红山茶叶绿素荧光特性的比较研究[J]. 经济林研究, 2003, 21(4): 4-7.

[10] 陈璇. 不同光照强度对 3 种石楠属植物幼苗生长影响[D]. 南京: 南京林业大学, 2012.

[11] 张守仁. 叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论[J]. 植物学通报, 1999, 16(4): 444-448.

[12] 贺立红,贺立静,梁红. 银杏不同品种叶绿素荧光参数的比较[J]. 华南农业大学学报, 2006, 27(4): 43-46.

[13] 张力思,王洁,艾呈祥,等. 外源 NO 对干旱胁迫下君子兰幼苗光合作用的影响[J]. 江苏农业学报, 2014, 30(3): 623-628.

[14] 申海进,郭巧生,房海灵,等. 遮光膜处理对花期野菊光合特性和叶绿素荧光的影响[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(3): 154-156.

[15] 魏胜利. 六种药用植物耐荫性研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2000.

[16] 王继永,王文全,刘勇. 林药间作系统中药用植物光合生理适应性规律研究[J]. 林业科学研究, 2003, 16(2): 129-134.

[17] BILGER W, BJORKMAN O. Role of xanthophyll cycle in photoprotection elucidated by measurements of light-induced changes, fluorescence and photosynthesis in leaves of *Hedera canariensis*[J]. Photosynthesis Research, 1990, 25: 173-185.

[18] 张其德,蒋高明,朱新广,等. 12 个不同基因型冬小麦的光合能力[J]. 植物生态学报, 2001, 25(5): 532-536.

[19] 王林云. 3 个鲜食枣品种叶片光合特性及其相关性状研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2010.

[20] GIMENEZ C, MITCHELL V G, LAWLOR D W. Regulation of photosynthetic rate of two sunflower hybrids under water stress[J]. Plant Physiology, 1992, 98: 516-524.

[21] FRANKLIN L A, LEVAVASSEUR G, OSMOND C B, et al. Two components of onset and recovery during photoinhibition of *Urtica dioica* L. Planta, 1992, 186: 399-408.

[22] DEMMIG-ADAMS B, ADAMS W W III. Photoprotection and other responses of plants to high light stress[J]. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 1992, 43: 599-626.

[23] 荣立苹,李倩中,李淑顺,等. 遮荫对鸡爪槭生理特性和叶绿素荧光参数的影响[J]. 西南农业学报, 2013, 26(1): 144-147.

[24] 钱永强,周晓星,韩蕾,等. Cd^{2+} 胁迫对银芽柳 PSII 叶绿素荧光光响应曲线的影响[J]. 生态学报, 2011, 31(20): 6134-6142.

[25] 缴丽莉,路丙社,周如久,等. 遮光对青榨槭光合速率及叶绿素荧光参数的影响[J]. 园艺学报, 2007, 34(1): 173-178.

[26] 李迎春,杨清平,陈双林,等. 光照对多花黄精生长、光合和叶绿素荧光参数特征的影响[J]. 植物研究, 2014, 34(6): 776-781.

长春花抗疫病品种比较及遭受疫病危害后的生理响应

王伟, 贺漫媚, 倪建中, 刘文, 代色平

(广州市林业和园林科学研究院, 广州市景观建筑重点实验室, 广东 广州 510405)

摘要:以 22 个进口长春花品系为试材, 在自然条件下对其感染疫病不同阶段的生理指标进行测定, 研究了不同长春花品系对疫病的抗性。结果表明: 进口长春花“太平洋”系列大部分品系均表现出较差的抗疫病能力, 而“卡拉”系列均表现出优于“太平洋”及“维特”系列的抗疫病能力。进一步对不同时期、不同长春花品系采样进行生理指标测定, 研究长春花在遭受疫病后营养物质和防御酶的动态变化, 表明可溶性蛋白质含量与疫病危害等级呈正相关, 可溶性糖含量与疫病危害呈负相关; 多酚氧化酶随疫病危害活性逐渐升高, 不同品种间过氧化酶活性的高低与抗疫病能力无显著相关性。

关键词:长春花; 长春花疫病; 生理指标; 抗性机制

中图分类号:S 436.8⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)19-0083-06

长春花 (*Catharanthus roseus* G. Don) 属夹竹桃科 (Apocynaceae) 长春花属 (*Catharanthus*) 多年生草本植物。长春花在园林绿化中使用率非常高, 尤其是进口长

春花品系, 由于株型紧凑、花色丰富, 广受消费者青睐。但相比当地长春花品种, 进口长春花受疫病 (*Phytophthora nicotiana*) 危害非常严重, 导致其在国内推广困难。据调查, 20 世纪 90 年代广州市种植的长春花发生疫病, 发病率高达 50%, 损失惨重^[1], 导致进口长春花在国内的使用量锐减。为解决这一问题, 相关学者先后开展了长春花疫病的化学防治技术研究^[2], 但对于长春花疫病危害后长春花的生理响应以及抗性品系的筛选尚鲜见研究报道。现通过对引进的长春花品系开展生长适应性研究, 根据其遭受疫病危害的症状表现, 评价不同长春花

第一作者简介:王伟(1983-), 男, 博士研究生, 研究方向为园林植物新品种选育。E-mail: waynelove@126.com.

责任作者:代色平(1975-), 女, 博士, 教授级高级工程师, 研究方向为野生花卉及新优园林品种引进开发与园林景观生态。E-mail: 383856367@qq.com.

基金项目:广州市财政预算资助项目(2061400000086)。

收稿日期:2016-04-27

Effect of Shading on Chlorophyll Fluorescence Characteristics of *Viola variegata* and *Clematis heracleifolia*

DONG Yanna¹, LI Lianlong², GUO Sijia¹, ZHAO Shuo¹, LIU Dongyun¹

(1. College of Gardens and Tourism, Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei 071000; 2. Beijing CCI Architectural Design Co. Ltd., Beijing 100192)

Abstract: Taking *Viola variegata* and *Clematis heracleifolia* as test materials, the effect of different shade degrees on two kinds of plant chlorophyll fluorescence parameters were studied. The results showed that, with the increase of shade degree, the chlorophyll fluorescence parameters F_v/F_m , F_v/F_o , F_v'/F_m' , $\phi PSRII$, qP , ETR of *Viola variegata* increased too, while the qN decreased gradually, which reflected the strong adaptability to light of variegated violet; with the increase of shade degree, the chlorophyll fluorescence parameters F_v/F_m , F_v/F_o , F_v'/F_m' , qP , ETR , $\phi PSRII$ of *Clematis heracleifolia* increased first and then decreased, while the qN showed an increasing trend after the first decreasing, which reflected that *Clematis heracleifolia* had a certain degree of shade tolerance.

Keywords: shading; *Viola variegata*; *Clematis heracleifolia*; chlorophyll fluorescence parameters