

DOI:10.11937/bfyy.201712018

高温胁迫对四种兰科植物叶绿素荧光参数的影响

任少华¹, 李媛媛¹, 邹军², 周庆¹

(1. 贵州省植物园, 贵州 贵阳 550004; 2. 贵州省森林病虫害检疫防治站, 贵州 贵阳 550004)

摘要:以硬叶兜兰、白芨、春兰、球花石斛为试材,研究了高温胁迫对这4种兰科植物叶绿素荧光参数的影响,以期对兰科植物保育和栽培提供科学依据。结果表明:在45℃高温胁迫下,硬叶兜兰、白芨、春兰、球花石斛4种兰科植物随着胁迫时间的延长, F_v/F_m 和Yield值都不断下降。硬叶兜兰 F_v/F_m 和Yield值下降较缓慢,其次是球花石斛,最后是春兰和白芨。通过叶绿素荧光参数与胁迫时间相关性分析可得,4种兰科植物的 F_v/F_m 、Yield值和胁迫时间存在显著负相关和极显著负相关性,硬叶兜兰、白芨、春兰的 F_v/F_m 、Yield值和胁迫时间存在极显著负相关($P<0.01$),球花石斛的 F_v/F_m 、Yield值和胁迫时间存在显著负相关($P<0.05$),连续的高温胁迫会使兰科植物的光合机构受到严重损伤。

关键词:兰科植物;高温胁迫;叶绿素荧光参数

中图分类号:S 682.31 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)12-0070-05

叶绿素荧光技术(chlorophyll fluorescence measurements)是20世纪80年代崛起的一种有效、操作简单、对受试对象无伤害的快速光合生理测定技术,它与光合放氧、气体交换并称为光合作用测量的三大技术,叶绿体色素在光能的吸收、传递和转换过程中起关键作用,叶绿素荧光参数具有反应光合作用的“内在性”的特点,被称为活体测定叶片光合作用的快速、无损探测针^[1-3],被广泛应用于陆地作物和海藻胁迫生理的研究领域^[4]。叶绿素荧光可以获得其它方法无法获得的信息,如植物耐受环境胁迫的能力和胁迫已损伤光系统的程度等^[5]。目前,叶绿素荧光特性技术在光合作用、植物抗逆生理和水肥管理等预测和指导节水灌溉、盐胁迫、病虫害胁迫

胁迫、产量预测、果实保存保鲜(果实品质鉴定)、污染影响(反映植物抗逆性强弱、评估大气污染、评价激发能分配能力和检测植物受害状况)和遥感遥测等领域得到了广泛的应用,并取得了一定的进展。

兰科植物具有重要的观赏价值、药用价值、文化价值和生态价值,其多为珍稀濒危植物,是生物多样性保护中倍受关注的类群,全世界所有野生兰科植物均被列为《野生动植物濒危物种国际贸易公约》(CITES)的保护范围,占该公约应保护植物的90%以上,是植物保护中的“旗舰”类型。在中国《全国野生动植物保护及自然保护区建设工程总体规划(2001—2030)》中,已把兰科植物列为十五大重点保护野生动植物之一,成为其中两大类重点保护野生植物之一,兰科植物的保护得到国内外的高度重视,开展兰科植物的研究和保育是世界兰科植物研究和保育工作中的重要组成部分。现主要研究4种兰科植物在高温胁迫下叶绿素荧光参数变化,以期对兰科植物保育和栽培提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2015年5月,收集贵州荔波硬叶兜兰(*Paphiopedilum micranthum*)、白芨(*Bletilla striata*)、春兰(*Cymbidium goeringii*)、球花石斛(*Dendrobium*

第一作者简介:任少华(1984-),女,河北冀州人,本科,研究实习员,现主要从事植物资源等研究工作。E-mail:851744162@qq.com.

责任作者:周庆(1962-),男,本科,研究员,现主要从事植物资源等研究工作。E-mail:zhq079@163.com.

基金项目:贵州省科学技术基金资助项目(黔科合J字[2012]2265号);贵州省社会发展科技攻关计划资助项目(黔科合SY字[2015]3019号,黔科合SY字[2013]3150号,黔科合SY[2012]3177号)。

收稿日期:2017-02-27

thyrsi florum) 4 种兰科植物植株, 种植在贵州省植物园温室内, 每种各 15 盆, 共 60 盆。对种植的 60 盆兰科植物进行正常水肥管理, 管理时间 1 年, 于 2016 年 5 月, 选取苗木大小和株形基本相同的每种兰科植物各 10 盆, 共 40 盆作为试验材料。

1.2 试验方法

将 40 盆试验材料移入 RXZ 智能人工气候箱(宁波江南)内, 温度设置为 45℃, 试验时间 6 d, 共测量 7 次, 第 1 次测量值为初始值, 测量时间为 2016 年 5 月 10—16 日, 每天 12:00—13:00 对叶绿素荧光动力学参数进行测定, 叶绿素荧光动力学参数测定统一选取植株中部叶片 4~5 片, 并挂牌标记, 所有指标测定均重复 3 次, 结果取平均值。

1.3 项目测定

运用美国 OPTI-sciences 公司脉冲调制式叶绿素荧光仪(OS5P+)进行叶绿素荧光动力学参数的测定, 分别在 F_v/F_m 和 Yield 测量模式下测得 PSII 的最大量子产量 F_v/F_m 值和 PSII 的实际量子产量 Yield 值, 均由仪器自动给出^[6]。

1.4 数据分析

试验数据分别采用 Microsoft Excel 和 SPSS 13.0 软件(Windows 版本)进行统计与分析。

2 结果与分析

2.1 硬叶兜兰叶绿素荧光动力学参数指标分析

对硬叶兜兰 PSII 的最大量子产量 F_v/F_m 值和 PSII 的实际量子产量 Yield 值进行测定, 结果见图 1。可知高温处理硬叶兜兰植株 6 d, PSII 的最大量子产量 F_v/F_m 值随时间的延长而缓慢下降, 从起始值的 0.79 降至 0.52, 降为起始值的 66%。PSII 的实际量子产量 Yield 值也与 F_v/F_m 下降的趋势基本

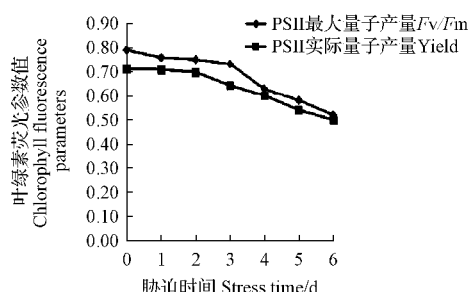


图 1 高温胁迫对硬叶兜兰叶绿素荧光动力学参数的影响

Fig. 1 Effect of high temperature stress on chlorophyll fluorescence kinetics parameters of *Paphiopedilum micranthum*

一致, 从起始值的 0.71 降至 0.50, 降为起始值的 70%。说明高温对 PSII 活性中心的损伤相对较弱, 有利于维持 PSII 较高的光化学活性和光合电子传递, 以及较强的光能捕获与转化能力, 保持较高的光能利用效率和光合作用潜力^[7]。试验显示, 从第 4 天开始, 硬叶兜兰顶部叶片开始慢慢变黄、枯卷, 直至第 6 天已完全卷曲, 但其它部位叶片未出现明显变黄现象。从总体上看, 硬叶兜兰耐高温的能力较强。

2.2 白芨叶绿素荧光动力学参数指标分析

从图 2 可以看出, 高温处理白芨植株 6 d, PSII 的最大量子产量 F_v/F_m 和 PSII 的实际量子产量 Yield 值均随时间的延长而降低。第 1 天高温处理, PSII 的最大量子产量 F_v/F_m 值变化不大, 从第 2 天开始迅速降低, 第 6 天变为 0。PSII 的实际量子产量 Yield 值也在第 1 天变化不明显, 从第 2 天至第 5 天大幅度降低, 第 5 天已变为 0, 说明在 45℃ 高温胁迫下, 白芨植物叶片对光能的吸收、传递、光化学转换及电子传递受到严重伤害与抑制, 导致叶绿素荧光参数值大幅度降低。试验显示, 从第 4 天开始, 白芨整株叶片开始变黄, 叶片内卷, 直至第 6 天, 已完全枯黄。

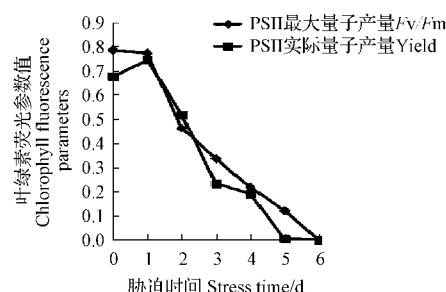


图 2 高温胁迫对白芨叶绿素荧光动力学参数的影响

Fig. 2 Effect of high temperature stress on chlorophyll fluorescence kinetics parameters of *Bletilla striata*

2.3 春兰叶绿素荧光动力学参数指标分析

图 3 表明, 高温处理春兰植株 6 d, PSII 的最大量子产量 F_v/F_m 值均随时间的延长而降低。在高温处理的第 1 天, F_v/F_m 值下降不明显, 但从第 2 天开始, F_v/F_m 大幅度下降, 直到第 6 天降为 0, PSII 的实际量子产量 Yield 值变化也在第 1 天不明显, 从第 2 天到第 5 天大幅度下降, 第 5 天到第 6 天变化不明显, 到第 6 天变为 0, 连续的高温胁迫会使兰科植物的光合机构受到严重损伤。试验显示, 从第 3 天开始, 春兰植株叶片开始发黄, 叶片内卷, 直至第 6 天, 整株植株的叶片完全枯黄。

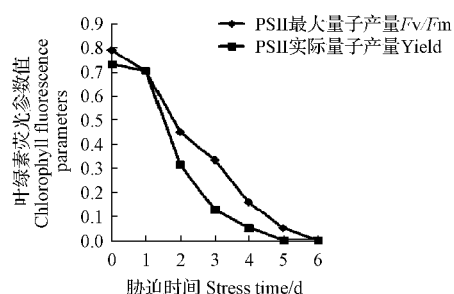


图3 高温胁迫对春兰叶绿素荧光动力学参数的影响

Fig. 3 Effect of high temperature stress on chlorophyll fluorescence kinetics parameters of *Cymbidium goeringii*

2.4 球花石斛叶绿素荧光动力学参数指标分析

由图4可知,45℃高温处理球花石斛植株6d, PSII的最大量子产量 F_v/F_m 和 PSII的实际量子产量 Yield 值均随时间的延长而降低。高温处理的前4d, PSII的最大量子产量 F_v/F_m 值变化不大, 基本保持稳定状态, 但从第4天到第6天, F_v/F_m 值迅速下降, 直到第6天已变为初始值的41%, PSII的实际量子产量 Yield 值变化趋势和 F_v/F_m 值变化趋势基本一致, 也是前4d变化不大, 后2d明显下降, 第6天变为初始值的39%。试验显示, 到第5天, 球花石斛嫩叶开始变黄。

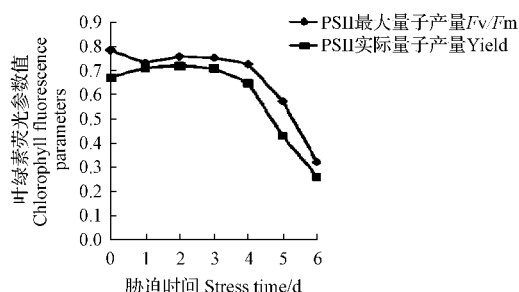


图4 高温胁迫对球花石斛叶绿素荧光动力学参数的影响

Fig. 4 Effect of high temperature stress on chlorophyll fluorescence kinetics parameters of *Dendrobium thyrsi florum*

2.5 叶绿素荧光动力学参数与胁迫时间相关性分析

光合作用的能量转换主要是指 PSI 和 PSII 反应中心的电荷分离过程, 光合作用包含 2 个不同的光反应过程, 分别由 2 个色素系统进行, 一个吸收长波红光(700 nm), 即 PSI, 另一个吸收短波红光(680 nm), 即 PSII。 F_v/F_m 代表光合机构把吸收的光能用于化学反应的最大效率, Yield 代表光合机构

把吸收的光能用于化学反应的实际效率, 常被用来表示环境胁迫程度的敏感指标^[8]。试验表明, 硬叶兜兰、白芨、春兰、球花石斛 4 种兰科植物随胁迫时间的延长, PSII 的活性逐渐降低, 光合机构所受的伤害越来越严重, PSII 的最大量子产量 F_v/F_m 和 Yield 值都下降, 硬叶兜兰 PSII 的最大量子产量 F_v/F_m 、PSII 的实际量子产量 Yield 值和胁迫时间相关系数分别为-0.96、-0.97, 白芨 PSII 的最大量子产量 F_v/F_m 、PSII 的实际量子产量 Yield 值和胁迫时间相关系数分别为-0.98、-0.96, 春兰 PSII 的最大量子产量 F_v/F_m 、PSII 的实际量子产量 Yield 值和胁迫时间相关系数分别为-0.96、-0.93, 球花石斛 PSII 的最大量子产量 F_v/F_m 、PSII 的实际量子产量 Yield 值和胁迫时间相关系数分别为-0.81、-0.81, 可见 4 种兰科植物 PSII 的最大量子产量 F_v/F_m 、PSII 的实际量子产量 Yield 值和胁迫时间存在显著负相关和极显著负相关性, 硬叶兜兰、白芨、春兰 PSII 的最大量子产量 F_v/F_m 、PSII 的实际量子产量 Yield 值和胁迫时间存在极显著负相关性($P < 0.01$), 球花石斛 PSII 的最大量子产量 F_v/F_m 、PSII 的实际量子产量 Yield 值和胁迫时间存在显著负相关性($P < 0.05$), 这与人对其它植物的研究结果相似^[9-11]。

表1 4种兰科植物叶绿素荧光动力学参数与胁迫时间相关性分析

Table 1 Correlation analysis of chlorophyll fluorescence kinetic parameters and stress time of 4 species of Orchidaceae

	硬叶兜兰		白芨		春兰		球花石斛	
	F_v/F_m	Yield	F_v/F_m	Yield	F_v/F_m	Yield	F_v/F_m	Yield
胁迫时间	-0.96	-0.97	-0.98	-0.96	-0.96	-0.93	-0.81	-0.81
Stress time								

3 结论与讨论

胁迫是对植物生长和生存不利的各种环境因素的总称, 包含盐胁迫、高温胁迫、低温胁迫、冻害胁迫、水分胁迫、化学元素胁迫、大气污染胁迫、除草剂和杀虫剂胁迫等^[12-16], 植物对环境胁迫的最直观反应表现在形态上, 但往往滞后于生理反应, 一旦伤害已经造成, 则难以恢复, 通过研究植物对环境胁迫的生理反应, 不但有助于揭示植物适应逆境的生理机制, 更有利于生产上采取切实可行的措施, 提高植物的抗逆性和保护植物免受伤害, 为植物的生长创造有利的条件, 该研究结果表明, 不同时间段硬叶兜兰、白芨、春兰、球花石斛 PSII 的最大量子产量

F_v/F_m 、PSII 的实际量子产量 Yield 值均随时间的延长而降低。

由叶绿素荧光动力学参数与胁迫时间相关性分析可知,4 种兰科植物 PSII 的最大量子产量 F_v/F_m 、PSII 的实际量子产量 Yield 值和胁迫时间存在显著负相关和极显著负相关性,硬叶兜兰、白芨、春兰 PSII 的最大量子产量 F_v/F_m 、PSII 的实际量子产量 Yield 值和胁迫时间存在极显著负相关性($P < 0.01$),球花石斛 PSII 的最大量子产量 F_v/F_m 、PSII 的实际量子产量 Yield 值和胁迫时间存在显著负相关性($P < 0.05$),连续的高温胁迫会使硬叶兜兰、白芨、春兰、球花石斛 4 种兰科植物的光合机构受到严重的伤害。

目前,利用叶绿素荧光分析来研究和探索植物光合生理状况及各种外界环境对其影响的新型植物活体测定和诊断技术已逐渐成为农业领域的一项热门技术,该技术较多应用于水稻、小麦、玉米等作物的抗逆品种筛选,叶绿素荧光技术应用在兰花方面报道较少,加强叶绿素荧光分析技术在兰花研究方面的应用,将是一项新兴的领域,也将为兰花的保育、栽培和抗逆品种筛选等提供可靠依据,推动兰花产业发展。

参考文献

- [1] GENTY B, BRIANTAIS J M, BAKER N R, et al. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence[J]. *Biochimica Biophysica Acta*, 1989, 990: 87-92.
- [2] SCHREIBER U, BILGER W, NEUBAUER C. Chlorophyll fluorescence as a non-destructive indicator for rapid assessment of *in vivo* photosynthesis[J]. *Ecological Studies*, 1994, 100: 49-70.

- [3] 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.
- [4] SCHREIBER U. Pulse-Amplitude-Modulation(PAM) fluorometry and saturation pulse method: An overview[M]// PAPAGEORGIOU G C, GOVINDJEE(eds). *Advances in photosynthesis and nespimtion*, vol. 19. Chlorophyll a fluorescence: a signature of photosynthesis. Berlin: Springer, 2004: 321-362.
- [5] 蔡楚雄,邓雄,曹洪麟,等. 6 个品种的叶绿素荧光日变化研究初报[J]. *广东农业科学*, 2003(2): 17-19.
- [6] 白晶晶,吴俊文,李吉跃,等. 干旱胁迫对 2 种速生树种叶绿素荧光特性的影响[J]. *华南农业大学学报*, 2015, 36(1): 85-90.
- [7] 刘建新,王金成,王鑫,等. 外源 NO 对 NaHCO_3 胁迫下黑麦草幼苗光合生理响应的调节[J]. *生态学报*, 2012, 32(11): 3460-3466.
- [8] 张会玲. 高温胁迫对不同耐热小麦品种光合作用的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2015: 7-9.
- [9] 宋丽莉,赵华强,朱小倩. 高温胁迫对水稻光合作用和叶绿素荧光特性的影响[J]. *安徽农业科学*, 2011, 39(22): 13348-13353.
- [10] 刘春英,陈大印,盖树鹏,等. 高、低温对牡丹叶片 PSII 功能和生理特性的影响[J]. *应用生态学报*, 2012, 23(1): 133-139.
- [11] 孙艳,徐伟君,范爱丽. 高温强光下水杨酸对黄瓜叶片叶绿素荧光和叶黄素循环的影响[J]. *应用生态学报*, 2006, 17(3): 399-402.
- [12] 彭晨,苏晓琼,杜静,等. 外源亚精胺对高温胁迫下黄瓜幼苗快速叶绿素荧光诱导动力学特性的影响[J]. *西南农业学报*, 2016, 29(2): 260-265.
- [13] 赵丽丽,吴佳海,王普昶,等. 高羊茅种质光合及叶绿素荧光参数对高温胁迫的响应[J]. *草地学报*, 2015, 23(4): 811-817.
- [14] 李孟洋,巢建国,谷巍. 高温胁迫对不同产地茅苍术开花前叶片叶绿素荧光特征的影响[J]. *植物生理学报*, 2015, 51(11): 1861-1866.
- [15] 高玺,蔚莹莹,刘娅,等. 不同外源化学物质对高温胁迫下辣椒幼苗叶绿素和光合荧光参数的影响[J]. *中国瓜菜*, 2016, 29(6): 30-34.
- [16] 李亚婷,朱荣,虎芳芳,等. 花后不同时期高温胁迫对春小麦荧光特性的影响[J]. *广东农业科学*, 2016(2): 1-7.

Influence of High Temperature Stress on Chlorophyll Fluorescence Parameters in Four Kinds of Orchidaceae

REN Shaohua¹, LI Yuanyuan¹, ZOU Jun², ZHOU Qing¹

(1. Guizhou Botanical Garden, Guiyang, Guizhou 550004; 2. Guizhou Forest Pest Quarantine Station, Guiyang, Guizhou 550004)

Abstract: With *Paphiopedilum micranthum*, *Bletilla striata*, *Cymbidium goeringii*, *Dendrobium thyrsiflorum* as test materials, the effects of high temperature stress on the chlorophyll fluorescence parameters of 4 kinds of Orchidaceae were studied, in order to provide a scientific basis for conservation and cultivation of Orchidaceae. The results showed that, under high temperature stress in the 45 °C, the 4 kinds of Orchidaceae F_v/F_m and Yield values decreased, with the extension of stress time. *Paphiopedilum micranthum* F_v/F_m and Yield decreased more slowly, followed by *Dendrobium thyrsiflorum*, finally was *Cymbidium goeringii* and *Bletilla striata*. Via chlorophyll fluorescence parameters and stress time correlation analysis, between *Paphiopedilum micranthum*,

DOI:10.11937/bfyy.201712019

海滨木槿繁殖技术

肖祖飞, 赵 姣, 张 杰, 李 凤, 金志农

(南昌工程学院 水利与生态工程学院, 江西 南昌 330099)

摘 要:海滨木槿是一种优良的园林绿化树种,也是盐碱地造林绿化的首选树种。以海滨木槿种子为试材,对其育苗和绿枝扦插繁殖技术进行了研究,以期为该树种的开发利用提供参考依据。结果表明:海滨木槿种子经过沙藏发芽率和成苗率显著提高;吲哚丁酸(IBA)对海滨木槿绿枝扦插生根有显著促进作用,3 000 mg·L⁻¹ IBA 处理是海滨木槿绿枝插穗生根最适浓度,生根率达到 97%以上;扦插季节影响插穗生根,5、6 月绿枝扦插生根率、根数和根长最好;海滨木槿 1 年生枝半木质化嫩梢和 2 年生枝木质化茎段生根率没有显著差异,插条木质化程度对海滨木槿扦插生根影响不明显。

关键词:海滨木槿;繁殖技术;吲哚丁酸;生根率

中图分类号:S 685.99 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)12-0074-04

海滨木槿(*Hibiscus hamabo*)属锦葵科木槿属植物,原产在我国浙江舟山群岛和福建沿海岛屿,日本、朝鲜也有分布,因人为破坏严重,该树种被浙江省列为珍稀濒危树种^[1]。海滨木槿的树冠浓密,花色金黄,大且艳丽,花期长,叶子季相变化明显,入秋后逐渐变红,是优良的观花观叶园林植物,可用于厂矿、公园、广场、庭院、道路、住宅小区等绿化,也是花篱、绿篱的优秀植物材料^[2]。海滨木槿耐盐碱,性喜光,具有很强的抗风能力,有一定的抗寒抗旱能力,能耐短时期的水涝,能耐夏季 40℃ 的高温,也可抵御冬季-10℃ 的低温,是优良的防风护林和绿化树种^[3]。近年来,国内外学者对海滨木槿进行了一些

相关研究,主要集中在海滨木槿耐盐性、盐胁迫对海滨木槿生理特性及种子萌发等方面^[4-10]。但关于海滨木槿育苗技术的研究较少。孔庆跃等^[11]研究表明,外施植物生长调节剂对插穗不定根的形成起重要作用。与其它生长素相比较,IBA 对不定根的形成效果显著^[12-13],但不同树种和品种扦插生根的最适 IBA 浓度不同。3 000 mg·L⁻¹ IBA 处理苹果矮化砧木小金海棠生根率达到 90%^[14]。低浓度的 IBA 诱导桃(Pillar)和非洲李(*Prunus africana*)生根效果最好,浓度增加生根效果降低^[12,15]。该研究针对海滨木槿种子及插穗进行育苗试验,以期为该树种的开发利用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试海滨木槿种子及插穗采自南昌工程学院濒危植物园。

1.2 试验方法

1.2.1 种子育苗 2014 年 11 月采取海滨木槿成熟饱满种子分成 2 个部分:一部分种子进行湿沙层积

第一作者简介:肖祖飞(1983-),男,博士,讲师,研究方向为园林植物栽培与繁育。E-mail:zufei007@163.com

责任作者:金志农(1963-),男,硕士,研究员,研究方向为森林培育。E-mail:agrokong@qq.com

基金项目:江西省“十二五”水土保持与荒漠化防治重点学科培育基金资助项目;江西省教育厅科技资助项目(GJJ151114);江西省林业科技创新专项资助项目(2015006)。

收稿日期:2017-03-13

Bletilla striata, *Cymbidium goeringii* Fv/Fm, Yield value and stress time, had negative significant correlation ($P < 0.01$), *Dendrobium thyrsi florum* Fv/Fm, Yield value and the stress time had negative significant correlation ($P < 0.05$), Orchidaceae photosynthetic mechanism was severely damaged with the continuous time high temperature stress.

Keywords: Orchidaceae; high temperature stress; chlorophyll fluorescence parameters