

DOI:10.11937/bfyy.201502006

薄荷叶片在春季的荧光特性研究

陈 兰 兰, 郭 圣 茂, 刘 辉, 廖 兴 国, 赖 晓 莲

(江西农业大学 园林与艺术学院, 江西 南昌 330045)

摘 要:以药用植物薄荷作为研究对象,利用 PAM-2500 便携式调制叶绿素荧光仪对其叶片荧光特性在春季的动态变化进行了研究。结果表明:月份、时刻及其交互作用对薄荷的荧光特性会产生显著性影响($P < 0.05$);薄荷的各项荧光参数在春季的3个月中变化趋势基本一致,不同时刻间存在显著性差异($P < 0.05$),且基本上5月份的各值最大,4月份次之,3月份最小;其中,最大荧光(F_m)与光化学效率(F_v/F_m)在春季的日变化趋势一致,而光化学淬灭系数(qP)和非光化学淬灭系数(qN)的日变化趋势则刚好相反。

关键词:薄荷;叶片;荧光;春季

中图分类号:Q 949.95 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)02-0022-04

近年来,随着叶绿素的荧光理论和测定技术的快速发展,光合作用的原初反应以及光合机理方面的研究也得到了极大地推动。其中,叶绿素的荧光分析技术作为植物的光合作用与环境之间关系的内在探针而得到了广泛的应用^[1-2]。植物生长环境条件下的光照和自身适应环境变化的能力都会影响植物叶片的光合响应^[3]。高等植物的这种光合响应包含了很多复杂的信息,可以反映植物应对环境变化的生理响应^[4]。春季作为一般植物生长发育的重要时期,这一阶段生长的状况会对植物的整个生长发育产生影响。因此,通过对植物在春季

的荧光特性进行研究,了解其在这个重要阶段的生理调节过程,在一定程度上能够体现该植物对环境变化的响应^[5]。

薄荷(*Mentha haplocalyx* Britq)属唇形科薄荷属的多年生宿根草本植物,全株具有浓烈的清凉香味。薄荷广泛分布于全国各地,具有医用和食用的双重功能。食用部位为茎和叶,药用部位是干燥的地上部分,能够治疗发热喉痛,头痛等不适症,是我国的传统中药之一^[6]。目前,对薄荷的研究主要集中在药理作用^[7-8]、薄荷挥发油的提取^[9-10]、非挥发性成分的研究^[11]、繁殖培育^[12]和栽培管理^[13]等方面,而针对薄荷的荧光生理特性的研究相对缺乏。因此,该试验通过对薄荷在春季的荧光特性进行研究,以期对薄荷的优质高产栽培提供试验依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试的2年生薄荷种植在江西农业大学中药园内,

第一作者简介:陈兰兰(1991-),女,江西南昌人,硕士研究生,研究方向为森林培育。

责任作者:郭圣茂(1970-),男,博士,副教授,研究方向为林业生态工程。

基金项目:江西省科技厅科技支撑资助项目(20111BBG70030-5)。

收稿日期:2014-09-23

Analysis on Cold Resistance of Three Pomegranate Cultivars Under Cold Stress

WANG Qing-jun, HAO Zhao-xiang, HOU Le-feng, ZHAO Li-na, LUO Hua, MENG Jian
(Zaozhuang Pomegranate Research Center, Zaozhuang, Shandong 277300)

Abstract: With one-year-old shoots of three cultivated varieties of pomegranate ('Tunisi', 'Ningjin San Baisuan', 'Yicheng San Baitian') as test materials, different low temperature was processed, the lethal temperature (LT_{50}), proline content and other physiological indexes were measured and comprehensively analyzed by subordination function method. The results showed that, the cold resistance of 3 pomegranate cultivars ranked as 'Yicheng San Baitian' > 'Ningjin San Baisuan' > 'Tunisi', 'Tunisi' was low cold-resistant cultivars, 'Ningjin San Baisuan' was moderate cold-resistant cultivars, while 'Yicheng San Baitian' was cold resistance pomegranate cultivars.

Keywords: pomegranate; lethal temperature; proline; superoxide dismutase; MDA; cold resistance

使其在自然的条件下生长,常规管理,生长良好,不做遮荫处理。

1.2 试验方法

2014 年的 3、4、5 月中下旬,每月选择相邻的 2 个晴天,随机选取健康的薄荷 3 株,使用 PAM-2500 便携式调制叶绿素荧光仪对每株的中上部叶片进行测定,测定前先对测试叶片进行暗适应 20 min,用铅笔轻画一条线用以保证测定时每次都能夹在相同位置,同时确保测定时,薄荷叶片的自然生长角度不变^[14],测定时间为 8:00—18:00,2 h 测定 1 次,每株重复 3 片叶。测定的荧光参数主要有:初始荧光 F_o 、最大荧光 F_m 、光化学效率 F_v/F_m 、光化学淬灭系数 qP 、非光化学淬灭系数 qN 以及表观光合电子传递速率 ETR 。

1.3 数据分析

采用 Excel 2007 和 SPSS 16.0 软件对数据进行处理、作图和方差分析。

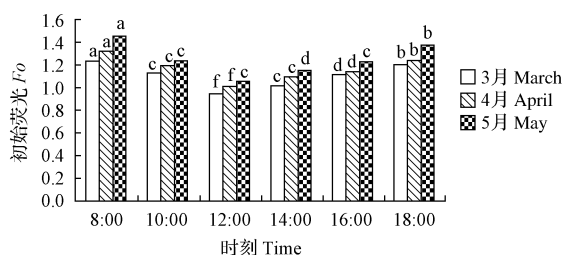
2 结果与分析

2.1 初始荧光 F_o 的春季变化

从图 1 可以看出,薄荷叶片在 3、4、5 月的 F_o 值呈现先下降后上升的变化趋势,并且最小值出现在 12:00。对这 3 个月各时刻的 F_o 值进行方差分析,除了 5 月份

的 10:00 和 16:00 差异不显著,其它各个时刻都存在显著性差异。并且,随着薄荷的生长发育,5 月份的 F_o 值大于 4 月份,而 4 月份的 F_o 值大于 3 月份。

方差分析结果显示,月份对 F_o 、 F_m 、 F_v/F_m 、 qP 、 qN 、 ETR 值均存在显著性影响,全天中的各个时刻对 F_o 、 F_m 、 F_v/F_m 、 qP 、 qN 、 ETR 值也有显著性影响,同时,月份和时刻之间的交互作用除了对 qP 值没有显著性影响之外,对 F_o 、 F_m 、 F_v/F_m 、 qN 、 ETR 值都有影响。



注:不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$),下同。

Note: Different lowercase letters show significant difference among treatments at 0.05 level, the same below.

图 1 初始荧光 F_o 的春季变化

Fig. 1 Variation of F_o in spring

表 1

月份、时刻双因素方差分析 F 值

Table 1

F values of month and time with Two-way ANOVA

变异来源 Source of variation	初始荧光 F_o	最大荧光 F_m	光化学 效率 F_v/F_m	光化学淬 灭系数 qP	非光化学 淬灭系数 qN	表观光合电 子传递速率 ETR
月份 Month	116.57	297.14	254.49	237.72	252.79	388.57
时刻 Time	16.45	18.92	34.51	22.23	60.01	36.75
月份×时刻 Month×Time	6.18	7.26	6.73	0.01	6.34	7.48

2.2 最大荧光 F_m 的春季变化

从图 2 可以看出,3、4、5 月份 8:00 的 F_m 值均为最大,显著大于同月的其它任意时刻。并且,春季 3 个月的 F_m 值都呈现先下降后上升的趋势,在 14:00 达到全天的最低值。5 月份各个时刻的 F_m 值大于相对应的 4

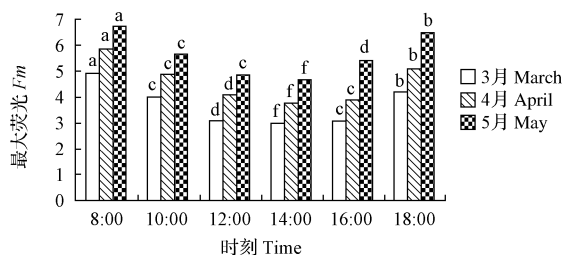


图 2 最大荧光 F_m 的春季变化

Fig. 2 Variation of F_m in spring

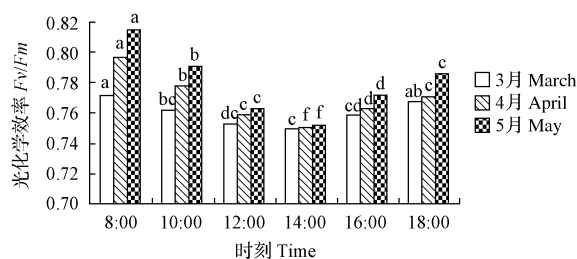
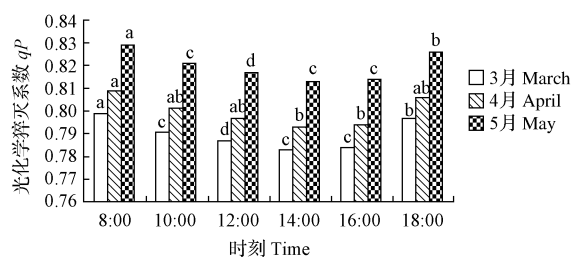
月份的各值,而 3 月份的各值则都小于其它 2 个月。

2.3 PSII 原初光能转换效率 F_v/F_m 的春季变化

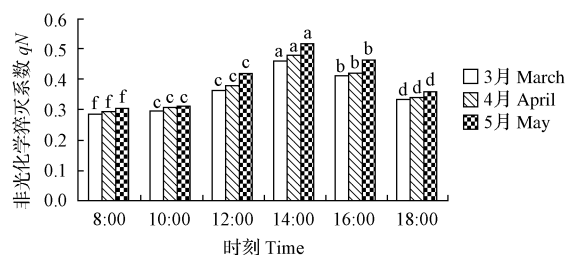
从图 3 可以看出,春季各时刻的 F_v/F_m 存在显著性差异,3、4、5 月份全天的最大值均出现在 8:00,其中,5 月份大于 4 月份,3 月份最小。之后随着光强的增加而开始下降,至 14:00 达到全天的最低值,4、5 月份的 PSII 原初光能转换效率不存在显著性差异,但与 3 月份之间差异显著。之后 F_v/F_m 又开始缓慢上升。

2.4 光化学淬灭系数 qP 和非光化学淬灭系数 qN 的春季变化

从图 4 可以看出,3 月份的 qP 值相较于 4 月份和 5 月份最小,而 5 月份的光化学淬灭系数大于相同时刻 4 月份的 qP 值。春季 3 个月 qP 值均随着光照的增加而逐渐降低,且都是在 14:00 值最低。

图3 光化学效率 F_v/F_m 的春季变化Fig. 3 Variation of F_v/F_m in spring图4 光化学猝灭系数 qP 的春季变化Fig. 4 Variation of qP in spring

非光化学猝灭系数反映的则是 PSII 天线色素吸收的光能不能用于光合作用中电子的传递,而是以热能的形式耗散掉的部分。从图 5 可以看出,3、4、5 月的非光化学猝灭系数 qN 基本呈现先上升后下降的趋势,8:00 的 qN 值最小,在 14:00 的 qN 值最大,并且各个时刻之间都存在显著性差异。

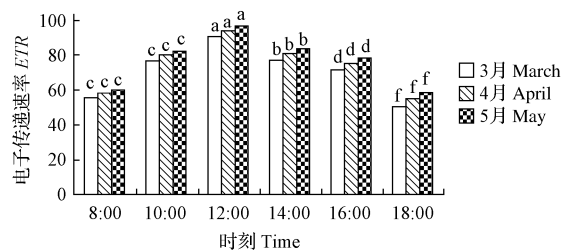
图5 非光化学猝灭系数 qN 的春季变化Fig. 5 Variation of qN in spring

2.5 表观光合电子传递速率 ETR 的春季变化

从图 5 可以看出,春季 3 个月的 ETR 均在 8:00—12:00 呈上升的趋势,并在 12:00 出现全天的最大值,之后开始下降,并且最小值都出现在 18:00。同时,各个时刻在 3、4、5 月间不存在显著性差异,而每个月的 ETR 在各个时刻间存在显著性差异。

3 结论与讨论

初始荧光 F_0 是全部的 PSII 中心在暗适应结束后处于完全开放状态的荧光强度,能够真实地反映 PSII 的天

图6 表观光合电子传递速率 ETR 的春季变化Fig. 6 Variation of ETR in spring

线色素在被激发后的电子密度,与植物叶片的叶绿素浓度相关^[15]。PSII 天线的热耗散的增加常常会导致 F_0 的降低,而 PSII 反应中心的可逆性失活或者破坏则会引起 F_0 的增加,因此,可以根据 F_0 的变化情况来推测反应中心的状况以及可能存在的光保护机制^[16]。薄荷在春季不同月份中的生长情况均会使得 F_0 下降后上升,说明薄荷叶片的 PSII 天线色素吸收的能量会流向光化学的部分将减少,而用以热耗散以及荧光形式耗散的能量会增加。最大荧光 F_m 是已经完成暗适应的光合作用机构 PSII 反应中心在完全关闭状态下的荧光强度,可以反映 PSII 的电子传递情况。 F_v/F_m 是 PSII 反应中心的最大光化学量子产量,反映了 PSII 反应中心的内禀光能转换效率或者称为最大 PSII 反应中心的光能转换效率^[17],能够反映植物发生光抑制的程度,其值越低就说明发生光抑制的程度就越高。PSII 光化学效率 F_v/F_m 会随着光照强度和气温的增加而降低, F_v/F_m 值的下降说明了薄荷在强光、高温下,其表观 PSII 的光化学效率下调。而下午随着光强的减弱, F_v/F_m 的值又逐渐回升到接近于早晨的水平,可见其中午 PSII 的功能下调是可逆的,说明这种 PSII 的功能下调可能是避免强光伤害过大的一种适应方式。荧光的猝灭一般可以分为 2 种类型:光化学猝灭和非光化学猝灭。光化学猝灭系数 qP 可以反映 PSII 天线色素所吸收的光能被用于光化学的电子传递的量和 PSII 反应中心的开放程度^[18]。表观光合电子传递速率 ETR 反映了在实际的光强下,表观电子的传递效率,它是光合作用机构在吸收光能后发生电荷分离产生的电子,沿着电子传递链向下传递的速率。 ETR 的值越高,说明 PSII 反应中心的捕获电子的效率越高^[19]。

通过对药用植物薄荷在春季的荧光特性进行研究,发现薄荷的初始荧光 F_0 、最大荧光 F_m 、PSII 原初光能转换效率 F_v/F_m 、光化学猝灭系数 qP 、非光化学猝灭系数 qN 和表观光合电子传递速率 ETR 在春季的日变化趋势基本一致。并且,5 月份的各项荧光参数值大于 4 月

份,而3月份的荧光参数值最小。说明随着薄荷在春季的快速生长发育,其初始荧光 F_0 ,最大荧光 F_m ,PSII原初光能转换效率 F_v/F_m ,光化学猝灭系数 qP ,非光化学猝灭系数 qN 和表观电子传递速率 ETR 均会增加,使植物更能适应光强日益增加的春季。

参考文献

- [1] Krause G H, Weis E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics[J]. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 1991, 42: 313-349.
- [2] 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.
- [3] 刘建福. 澳洲坚果叶片光合速率和叶绿素荧光参数日变化[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2006, 28(2): 271-274.
- [4] 种培芳, 李毅, 苏世平, 等. 荒漠植物红砂叶绿素荧光参数日变化及其与环境因子的关系[J]. 中国沙漠, 2010, 30(3): 539-545.
- [5] 敖金成, 苏文华, 张光飞, 等. 不同光强下对马耳蕨叶绿素荧光参数的日变化研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2011, 35(1): 135-138.
- [6] 宋魁, 谭勇, 龚昌禄, 等. 天然香料植物-薄荷[J]. 现代农业科技, 2009(1): 105-106.
- [7] 彭蕴茹, 钱士辉, 石磊, 等. 薄荷非挥发性提取部位的药理活性研究[J]. 中药材, 2008, 31(1): 104-106.
- [8] 陈光亮, 姚道云, 汪远金, 等. 薄荷油药理作用和急性毒性的研究[J]. 中药药理与临床, 2001, 17(1): 10-12.
- [9] 梁呈元, 李维林, 张涵庆, 等. 薄荷化学成分及其药理作用研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2003, 6(22): 9.
- [10] 梁呈元, 傅晖. 薄荷油不同提取方法的比较[J]. 时珍国医国药, 2007, 18(9): 2084-2086.
- [11] 曾建伟, 钱士辉, 吴锦忠, 等. 薄荷非挥发性成分研究[J]. 中国中药杂志, 2006, 31(5): 400-402.
- [12] 高彻. 薄荷栽培技术[J]. 北方园艺, 2009(12): 240-241.
- [13] 马春红, 陈霞, 翟彩霞, 等. 薄荷的快速繁殖与栽培技术的研究[J]. 园艺园林科学, 2004, 20(4): 230-231.
- [14] 郑淑霞, 上官周平. 8种阔叶树种叶片气体交换特征和叶绿素荧光特性比较[J]. 生态学报, 2006, 26(4): 1080-1087.
- [15] 李晓, 冯伟, 曾晓春, 等. 叶绿素荧光分析技术及应用进展[J]. 西北植物学报, 2006, 26(10): 2186-2196.
- [16] 段仁燕, 吴甘霖, 黄振波, 等. 草莓叶绿素荧光参数日变化的研究[J]. 生物学杂志, 2009, 26(5): 69-70, 73.
- [17] 吴甘霖, 段仁燕, 王志高, 等. 干旱和复水对草莓叶片叶绿素荧光特性的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(14): 3941-3946.
- [18] 张永霞, 李国旗, 闫伟兄, 等. 红麻和白麻叶绿素荧光日变化研究初探[J]. 中国野生植物资源, 2007, 26(5): 50-53.
- [19] Björkman O, Demmig B. Photo yield of O_2 evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins[J]. Plant, 1987, 170: 489-504.

Study on Fluorescence Characteristics Variation of *Mentha haplocalyx* Leaves in Spring

CHEN Lan-lan, GUO Sheng-mao, LIU Hui, LIAO Xing-guo, LAI Xiao-lian

(College of Landscape and Art, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, Jiangxi 330045)

Abstract: Taking medicinal plants *Mentha haplocalyx* as materials, controlled experiments were conducted to investigate the chlorophyll fluorescence characteristics variation of leaves in spring by using PAM-2500 portable modulation chlorophyll fluorescence spectrometer. The results showed that month, time and their interaction significantly affected chlorophyll fluorescence characteristics variation of *Mentha haplocalyx* leaves ($P < 0.05$). Fluorescence parameters of *Mentha haplocalyx* had the same change trend in the three months of spring, significantly differences existed on the different time ($P < 0.05$), and basically, values of fluorescence parameters in May $>$ April $>$ March. Trends of F_m and F_v/F_m in spring were similar to each other, otherwise, trends of qP and qN were different to each other.

Keywords: *Mentha haplocalyx*; leaves; fluorescence; spring