

李德燕,姜鑫,高旭琴,等.一串红光合日变化特性研究[J].江苏农业科学,2014,42(9):137-139.

一串红光合日变化特性研究

李德燕^{1,2},姜鑫^{2,3},高旭琴²,李芳²,李青²,罗家政²

(1.安顺学院农学系,贵州安顺 561000; 2.贵州大学林学院,贵州贵阳 550025;

3.贵州师范大学贵州省山地环境信息系统与生态环境保护重点实验室,贵州贵阳 550001)

摘要:为掌握一串红光合日变化特性,利用 Li-6400 便携式光合测定系统对一串红光合生理特性日变化进行测定。结果表明,一串红的净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)和蒸腾速率(T_r)均呈单峰型变化,没有光合“午休”现象发生,胞间 CO_2 浓度(C_i)、气孔限制值(L_s)、水分利用效率(WUE)分别呈“W”“M”、倒“N”趋势变化,光合有效辐射(PAR)和气孔导度(G_s)对 P_n 的影响较大,分别达显著和极显著水平。

关键词:一串红;生理指标;光合参数;日变化

中图分类号: S681.401 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)09-0137-03

一串红(*Salvia splendens*)起源于南美,别称爆竹红、炮仗红、象牙红等,是唇形科鼠尾草属多年生草本植物。一串红现已成为我国栽培最广泛的草本花卉之一,是主要节日用花的重要材料,在城市环境布置的应用上也是最普遍、用量最多的花卉之一^[1]。目前对一串红的研究主要集中在引种^[2]、施肥^[3-4]、基质^[5-6]、花期调控^[7]和新品种培育^[8-13]等方面,并取得了丰硕的成果,但与其光合特性相关的研究较少^[14-16],而专门针对一串红光合日变化特性及影响因子方面的研究未见报道。植物光合作用是所有植物生产过程中物质积累与生理生化反应的基本过程,是分析环境影响因素影响植物生长和代谢的主要手段^[17-18],因此,研究一串红的光合日变化过程,探明其光合生理指标的变化与环境因子之间的关系,为一串红的引种、栽培及利用奠定了理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料

选取生长健壮、株型整齐一致、含苞未放的盆栽一串红展望为试验材料。

1.2 试验方法

试验于 2013 年 9 月中旬 3 个连续的晴天进行,选取植株中上部发育正常、生长基本一致且无病虫害的一串红南向叶片,用 Li-6400 便携式光合测定仪 08:00—18:00 测定环境生态指标:大气温度(T_a)、大气相对湿度(RH)、光合有效辐射(PAR)和大气 CO_2 浓度 C_a ,光合生理指标:净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)和胞间 CO_2 浓度(C_i),水分利用效率(WUE)和气孔限制值(L_s)分别按公式 $WUE = P_n/T_r$ 、 $L_s = 1 - C_i/C_a$ 计算。每测量指标重复 3 株,每株固定 3 张叶片,每次数据均重复 5 次,取平均值进行计算。

1.3 数据处理与作图

测得结果取重复试验的平均值,利用 SPSS 17.0 统计分析软件进行数据分析,绘图采用 Microsoft Excel 2003 完成。

2 结果与分析

2.1 环境因子日变化

光照是影响植物光合作用的重要因素。环境温度对光合过程中暗反应阶段的酶活性影响较大,不但光合作用要求一定的温度范围,而且光合机构对环境有一定的适应能力。在本试验中,PAR 及 T_a 日变化均表现为先升高后降低呈单峰曲线变化,但 PAR 的最大值 [$690.39 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] 出现在 12:00 时,而 T_a 的最大值 (29.99°C) 出现在 14:00,说明 T_a 相对于 PAR 具有滞后效应(图 1)。

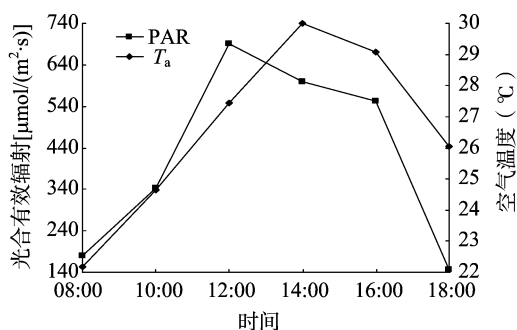


图1 光合有效辐射和空气温度日变化

CO_2 作为光合作用的主要原料,经常成为光合作用的限制因子之一,但光合速率并不随 CO_2 浓度升高而无限增加;空气湿度影响植物叶片气孔中的水分向空气中扩散的速度,相对湿度大,则水分扩散速度慢,蒸腾速率可能会降低。本试验中空气相对湿度和大气 CO_2 浓度日变化均呈“V”形变化趋势,大气 CO_2 浓度最小值 (381.84 mmol/mol) 和空气相对湿度最小值 (39.47%) 同时出现在 14:00,说明空气相对湿度与大气 CO_2 浓度的日变化是同步发生的,但变化幅度不同(图 2),二者相对于 PAR 也具有一定的滞后效应(图 1)。

2.2 一串红光合生理指标日变化

净光合速率(P_n)直观体现了植物光合作用的强弱以及有机物的积累能力;气孔导度(G_s)是反映植物进行 CO_2 和水汽交换能力的重要参数,对光合速率有一定的影响;蒸腾速率(T_r)与水分利用效率(WUE)则可以衡量植物固定 CO_2 能力与

收稿日期:2013-12-05

作者简介:李德燕(1978—),女,贵州福泉人,博士研究生,讲师,从事植物生理生态及生物技术研究。E-mail:lideyan1234@163.com。

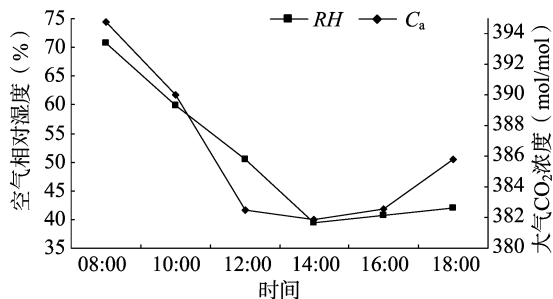
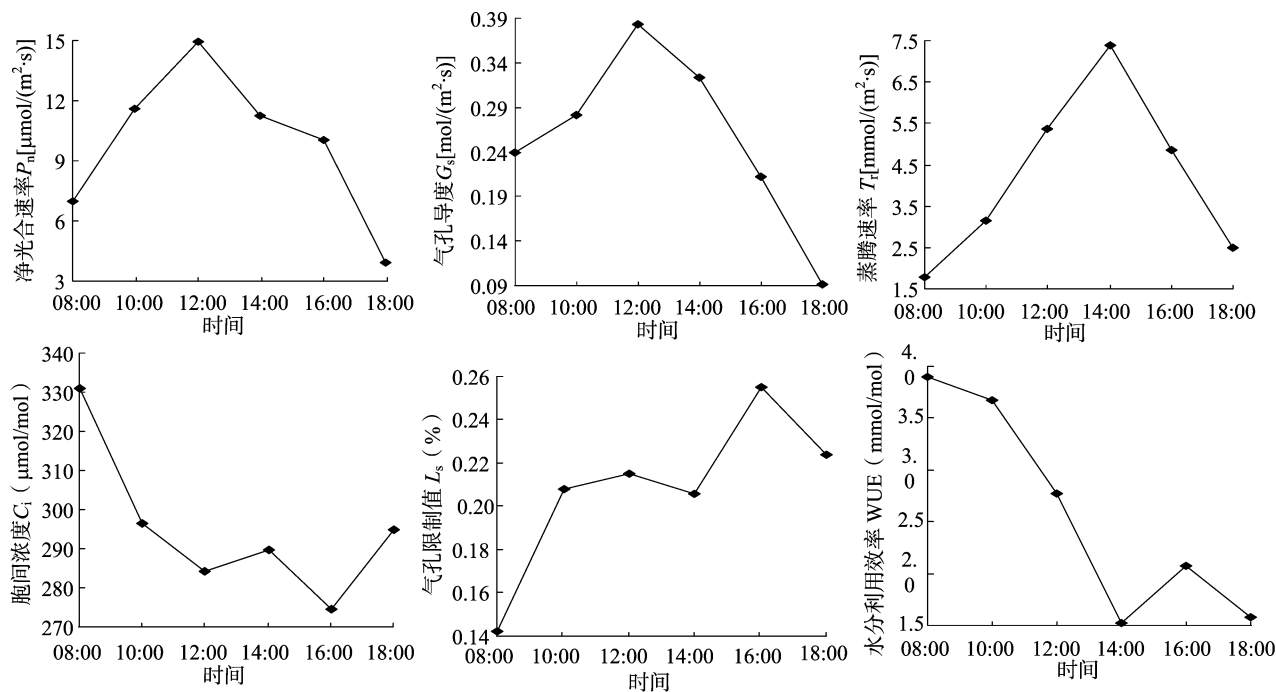
图2 空气相对湿度和空气 CO₂ 浓度日变化

图3 一串红光合参数日变化

胞间 CO₂ 浓度 (C_i) 是气孔导度、光合作用、外界 CO₂ 浓度等共同作用的结果,是植物进行光合作用的直接原料之一,直接影响光合速率;气孔限制值 (L_s) 是衡量 CO₂ 进出叶片难易程度的指标。本试验中 C_i 呈“W”趋势变化,在 08:00—12:00 及 14:00—16:00 呈现下降趋势,其中 12:00 为 284.20 $\mu\text{mol/mol}$,16:00 达最低值,为 274.46 $\mu\text{mol/mol}$;在 12:00—14:00 及 16:00—18:00 呈上升趋势,在 14:00 和 18:00 分别为 289.75、294.77 $\mu\text{mol/mol}$ 。 L_s 呈“M”型趋势变化,主峰出现在 16:00 时 (0.26%),次峰出现在 12:00 时 (0.22%)。一串红 C_i 和 L_s 的日变化趋势说明, C_i 越大,CO₂ 进出其叶片越困难。

2.3 相关性分析

环境因子中,受 PAR 变化的影响,其他环境因子也发生变化,其中 C_a 与 T_a 呈极显著负相关 ($P < 0.01$), C_a 与 RH、RH 与 T_a 之间均显著相关 ($P < 0.05$) (表 1),说明环境因子之间相互制约共同影响植物的净光合速率。因此,任何一个因子发生变化都可能引起其他因子也发生变化,从而影响植物对光合有机物质的积累。

净光合速率的变化是由植物生理生态因子共同作用的结

水分消耗之间的相互联系。由图 3 可以看出,一串红的 P_n 、 G_s 、 T_r 均呈单峰曲线变化,表明一串红不发生光合“午休”现象,对有机质的积累能力在中午较强。其中, P_n 和 G_s 均在 12:00 达到最大值,分别为 14.93 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 和 0.38 $\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,而 T_r 在 14:00 出现最大值 [7.37 $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$],滞后于 P_n 和 G_s 最大值出现的时间。WUE 在 08:00—14:00 从 3.90 mmol/mol 逐渐下降至 1.52 mmol/mol ;14:00—16:00 逐渐升高,16:00 时为 2.07 mmol/mol ,而 16:00—18:00 又逐渐降低,总体呈倒“N”变化。

果,而生理生态因子则受到环境因子的影响。由表 1 可知,在环境因子与一串红各光合生理指标之间, P_n 受 PAR 影响较大,说明当光合有效辐射发生变化,一串红的净光合速率发生相应的变化; C_i 受 T_a 、RH 及 C_a 变化的影响较大,受影响的程度从强到弱依次为 $C_a > T_a > \text{RH}$; T_r 受 T_a 、PAR 及 C_a 变化的影响较大,受影响的程度从强到弱依次为 $T_a > \text{PAR} > C_a$;RH 对 L_s 和 WUE 的影响较大,分别达显著和极显著水平。在一串红各光合生理指标中, P_n 与 G_s 呈极显著相关 ($P < 0.01$),说明一串红的净光合速率受气孔导度影响很大, G_s 越大则 P_n 也越大; C_i 与 L_s 呈极显著负相关 ($P < 0.01$),说明一串红的 C_i 越大,CO₂ 进出其气孔越难,受限制的程度越严重。

3 结论与讨论

光合作用是植物生产过程中物质积累与生理代谢的基本过程,是分析环境因子影响植物生长和代谢的重要手段^[19],受外在环境与内在原因的共同影响,对生理生态因子的变化十分敏感^[20]。植物净光合速率日变化分为单峰型和双峰型 2 种,但部分植物在不同的季节也可能出现不同的峰型,如梨^[20]和刺梨^[21-22]。本研究一串红的净光合速率呈现单峰

表 1 环境因子和光合参数相关性分析

光合参数	相关系数								
	T_a	RH	PAR	C_a	P_n	G_s	C_i	T_r	L_s
RH	-0.905 *								
PAR	0.763	-0.453							
C_a	-0.959 **	0.911 *	-0.762						
P_n	0.395	-0.034	0.869 *	-0.414					
G_s	0.237	0.157	0.763	-0.227	0.927 **				
C_i	-0.857 *	0.829 *	-0.693	0.905 *	-0.446	-0.140			
T_r	0.895 *	-0.652	0.882 *	-0.826 *	0.641	0.603	-0.651		
L_s	0.741	-0.822 *	0.454	-0.792	0.193	-0.151	-0.953 **	0.426	
WUE	-0.806	0.956 **	-0.279	0.806	0.175	0.280	0.634	-0.562	-0.644

注：*、**表示在 0.05、0.01 水平上显著相关。

型变化,其原因可能与品种本身的遗传特性有关,也可能与叶片生长发育状况和季节性环境变化差异有关。

光能提供植物碳同化的能量,也是植物进行光合作用的基础,自然条件下植物的光合潜力与环境光强呈正相关。一天中光强较低时, P_n 随 PAR 增加而增加,而当光强过大时 P_n 随 PAR 变化较为缓慢^[23]。本试验中 P_n 与环境因子中的 PAR 呈显著性正相关关系,说明一串红的 P_n 随 PAR 变化而生发相应的变化,PAR 对 P_n 的变化起决定性作用。由于 T_a 、RH 和 C_a 的变化滞后于 PAR 发生,尽管对 P_n 的变化不起主导作用,但它们与光合作用的其他部分参数相关性较强,表明 T_a 、RH 和 C_a 可能通过对一串红光合作用的其他生理生化过程的影响而间接影响 P_n 的变化,从而影响有机物质的积累。

气孔导度是植物气孔传导 CO_2 和水的力量,它的变化首先影响水分的交换,其次是 CO_2 的交换,而 CO_2 和水是植物光合作用的物质基础,因此 G_s 对 P_n 有很大影响。一串红的 P_n 与 G_s 极显著正相关,充分表明在整个过程中一串红叶片气孔传导 CO_2 和水的力量对有机物合成和积累具有明显的影响。Farquhar 等认为, C_i 是评判气孔限制和非气孔限制的依归, P_n 、 G_s 和 C_i 同时下降, P_n 的下降主要为气孔限制,若 P_n 的降低伴随着 C_i 值的提高,说明光合作用的限制因素主要是非气孔限制^[24]。本试验中 12:00—18:00 P_n 和 G_s 均不断降低,此时 C_i 总体呈现上升趋势,但在 14:00—16:00 呈下降趋势,而 L_s 变化与 C_i 正好相反($P < 0.01$),说明一串红的光合作用既受气孔因素限制又受非气孔因素限制,是一个非常复杂的生理生化过程,有待进一步深入研究。

参考文献:

[1] 李凤兰,刘荣梅,胡国富,等. 一串红(*Salvia splendens* Ker - Gawl)的研究进展[J]. 东北农业大学学报,2008,39(8):131 - 135.
[2] 刘晓青,李华勇,苏家乐,等. 17 个红色系一串红品种在南京地区的栽培表现[J]. 江苏农业科学,2012,40(12):199 - 200.
[3] 张 乐,王敬雨,杨秀珍,等. 氮素浓度对无土栽培一串红营养生长的影响[J]. 广东农业科学,2012,39(13):72 - 75,封3.
[4] 杨美燕,杨秀珍,刘克锋,等. 钾施用量对一串红营养生长及钾营养特性的影响[J]. 广东农业科学,2012,39(13):76 - 78,83.
[5] 熊俊芬,陈永川,郭 敏,等. 应用滇池淤泥作为基质种植一串红的研究[J]. 北方园艺,2011(12):66 - 68.
[6] 谭晓峰,黄峰华. 一串红无土栽培基质选择分析[J]. 北方园艺,2011(16):84 - 85.

[7] 赵明方,张丽芳,余 娜,等. 一串红盆花在昆明地区花期调控研究[J]. 北方园艺,2013(13):88 - 90.
[8] 智利婷,王红利,周先林,等. 一串红新品种“白马王子”[J]. 园艺学报,2013,40(7):1423 - 1424.
[9] 傅巧娟,沈国正,李春楠,等. 一串红新品种神州红的选育与 SRAP 鉴定[J]. 核农学报,2012,26(4):656 - 659.
[10] 刘克锋,洪培培,陈洪伟,等. 橙色一串红新品种“橙香公主”[J]. 园艺学报,2012,39(3):607 - 608.
[11] 洪培培,王红利,陈洪伟,等. 玫红色一串红新品种“红粉佳人”[J]. 园艺学报,2012,39(2):403 - 404.
[12] 傅巧娟,沈国正,陈 一,等. 一串红新品种“神州红”[J]. 园艺学报,2009,36(10):1557 - 1558.
[13] 惠长敏,韩 翱,梁朝晖,等. 一串红新品种“中串红”[J]. 园艺学报,2004,31(2):281 - 281.
[14] 邹丽芳. 5 种园林绿化草本花卉生态功能的初步研究[D]. 长春:东北师范大学,2006.
[15] 李鹏民. 快速叶绿素荧光诱导动力学在植物逆境生理研究中的应用[D]. 泰安:山东农业大学,2007.
[16] 傅巧娟. 高温胁迫对一串红生长发育的影响[D]. 杭州:浙江大学,2010.
[17] 苏 云,许晓明,李 贵. 不同密度杂草稻对栽培稻光合特性及灌浆进程的影响[J]. 江苏农业学报,2012,28(3):508 - 512.
[18] 颜志明,孙锦,郭世荣. 外源脯氨酸对盐胁迫下甜瓜幼苗生长、光合作用和光合荧光参数的影响[J]. 江苏农业学报,2013,29(5):1125 - 1130.
[19] 邵玺文,韩 梅,韩忠明,等. 不同生境条件下黄芩光合日变化与环境因子的关系[J]. 生态学报,2009,29(3):1470 - 1477.
[20] 莫新禄,赵思东,袁德义. 晚大新高梨的净光合速率变化规律初探[J]. 经济林研究,2006,24(1):41 - 44.
[21] 文晓鹏,朱维藩,向显衡,等. 刺梨光合生理的初步研究(一)[J]. 贵州农业科学,1992(6):27 - 31.
[22] 郑 元,吴月圆,辛培尧,等. 环境因子对无籽刺梨光合生理日变化进程的影响研究[J]. 西部林业科学,2013,42(3):21 - 27.
[23] Hoyaux J, Moureaux C, Tourneur D, et al. Extrapolating gross primary productivity from leaf to canopy scale in a winter wheat crop [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2008, 148(4):668 - 679.
[24] Damour G, Simonneau T, Cochard H, et al. An overview of models of stomatal conductance at the leaf level[J]. Plant, Cell and Environment, 2010, 33(9):1419 - 1438.