

吴玉香,魏建康,沈少炎,等.遮光对西洋杜鹃花期、光合参数、叶绿素荧光参数的影响[J].江苏农业科学,2017,45(8):113-116.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.08.032

遮光对西洋杜鹃花期、光合参数、 叶绿素荧光参数的影响

吴玉香¹,魏建康¹,沈少炎¹,陈凌艳¹,连彦¹,龙智慧¹,何天友¹,郑郁善^{1,2}

(1.福建农林大学园林学院,福建福州 350002; 2.福建农林大学林学院,福建福州 350002)

摘要:以西洋杜鹃为材料,研究了3种遮光处理对其花期、光合参数、叶绿素荧光参数的影响。结果表明,与遮光60%处理相比,遮光30%处理显著提高了花蕾的长度和宽度、花径、成花率,且花期提前10 d左右,遮光80%处理花期推迟了8 d左右;遮光有利于叶绿素含量提高,但降低了叶绿素a/叶绿素b值;随着遮光程度不断增加,叶片蒸腾速率、净光合速率、叶片气孔导度、气孔限制值均有所下降,胞间CO₂浓度则随着遮光强度的加强而升高。西洋杜鹃在栽培应用上要注意光照条件,光照较强有利于花期提前,一定的遮光强度可以推迟其开花。

关键词:西洋杜鹃;遮光处理;花期;光合参数

中图分类号: S685.210.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)08-0113-04

西洋杜鹃(*Rhododendron hybridum*)喜半阴、湿润气候,怕强光暴晒,生长环境的最低光照度1 000 lx,最高光照强度8 000 lx^[1]。全光照会降低西洋杜鹃叶片的光化学反应和热耗散能力,且其吸收光能分配于光化学反应和调节性能量耗散部分的比例减少,导致光系统Ⅱ反应中心过量激发能积累,造成叶片光抑制甚至光破坏^[2]。研究表明,遮阴处理可有效提高光饱和点(LSP),降低光补偿点(LCP)、呼吸速率(Rd),从而具有较高的净光合速率(Pn)^[3]。在实际生产上,通常用遮阳网进行覆盖以控制光照强度,在此过程中,植物是否会发生光抑制?叶片光抑制程度如何?目前,不同光照度对西洋杜鹃光合作用和叶绿素荧光参数的影响仍缺乏系统研究。本研究探讨不同光照条件下西洋杜鹃光合参数和叶绿素荧光参数的变化及对花期的影响,以期了解西洋杜鹃对不同光能利用的差异及生理适应机制,为西洋杜鹃花期调控及规模化生产提供理论依据。

收稿日期:2016-06-24

基金项目:福建省林业科学研究项目(编号:闽林科函[2014]2号)。

作者简介:吴玉香(1991—),女,福建三明人,硕士研究生,从事园林植物与观赏园艺研究。

通信作者:郑郁善,教授,博士生导师,从事森林培育学研究。

E-mail: zys1960@163.com。

推广。

4.4 加强政策扶持

任何一项新兴产业的发展和壮大,均离不开前期的政策支持。鉴于早园竹在最初种植的前3年几乎没有收入,借鉴南京市高淳区早园竹产业发展的成功经验,建议丰县政府在对早园竹发展进行科学规划的基础上,对适度规模种植和重点发展的地块进行适当补贴,补贴标准为每年1.5万元/hm²,连续补贴3年,以调动群众发展早园竹产业的积极性。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料购自福建省福州市建新花卉市场,挑选2年生长势一致的健康西洋杜鹃品种粉红,在福建农林大学温室和工业原料研究所进行试验,于2014年6月初分别用不同规格的遮阳网对植株进行不同强度的遮光处理。

1.2 方法

1.2.1 不同光照强度对西洋杜鹃开花时间的影响 设置遮光度30%、60%、80%的3个处理,处理3个月,随机区组排列,每个处理3次重复。每天15:00左右观测并记录西洋杜鹃在不同光照度处理后的开花状况,即露色期、初花期、盛花期、盛花末期、衰败期^[4]。花芽宽度:花芽顶部至基部垂直部位的最宽距离。花芽长度:花芽顶部至基部的距离。开花期:露色期至衰败期的时间。

1.2.2 不同光照度对西洋杜鹃光合作用的影响 在上述几种光照度作用下,选取待测植株当年的新梢顶芽以下第4~6张成熟叶(主要功能叶片),测定叶绿素含量、光合作用指标、叶绿素荧光参数。

为了解光照度在花芽分化期对植株的影响,选择在2014年8、9月花芽分化期间,在无风晴天的08:00—18:00进行测定,每隔2 h测定1次,每次测定植株不同方向的4张叶,每张叶重复测定5次,结果取平均值。使用英国ADC公司的

参考文献:

- [1] 胡奇.笋用品种早园竹优质高效栽培技术[J].江苏农业科学,2008(6):174-175.
- [2] 梁全玉.对高淳区早园竹产业发展的几点思考[J].河北农业,2015(8):38-40.
- [3] 王旭辉,李文东,张建英,等.苏南地区早园竹引种效益及栽培技术[J].上海农业科技,2011(6):56,94.

CI-340 型超轻型便携式光合测定系统测定叶片的生理指标:净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)等,环境参数:光合有效辐射(PAR)、空气相对湿度(RH)、环境 CO_2 浓度(C_{ref})、温度(T_a)等。采用 Imaging 荧光仪(德国 WALZ 牌)测定叶绿素荧光参数。测定初始荧光(F_0)、最大荧光(F_m)、PS II 最大光化学效率(F_v/F_m)、非光化学猝灭系数(N_{pq})、光化学猝灭系数(q_p)、光适应状态下 PS II 实际光化学量子产量($Yield$)。在每次测定前植株均应暗适应 15~30 min。水分利用效率(WUE)是植物消耗单位质量水所制造的干物质的量,用净光合速率和蒸腾速率之比表示,即 $WUE = P_n/T_r$ 。气孔限制值用 L_s 表示,气孔导度降低,进入气孔的 CO_2 减少,不能满足光合作用要求,称为光合作用的气孔限制。计算公式如下:

$$L_s = 1 - C_i/C_{ref} \tag{1}$$

式中: C_i 为胞间 CO_2 浓度, C_{ref} 为大气中 CO_2 浓度。

表 1 不同光照度处理下西洋杜鹃的开花状况

| 处理 | 初花期 (月-日) | 盛花期 (月-日) | 花蕾(cm) | | 花径 (cm) | 成花率 (%) |
|--------|--------------|--------------|--------|-------|------------|-------------|
| | | | 长度 | 宽度 | | |
| 遮光 30% | 12-06 | 12-25 | 1.75a | 0.85a | 8.15±0.26a | 59.41±2.48a |
| 遮光 60% | 12-16 | 01-05 | 1.62b | 0.74b | 7.90±0.17b | 53.57±2.25b |
| 遮光 80% | 12-24 | 01-12 | 1.50c | 0.65c | 7.56±0.24c | 48.46±2.36c |

注:同列数据后不同小写字母在 0.05 水平上差异显著。下同。

2.2 不同光照度对西洋杜鹃叶片叶绿素含量的影响

叶绿素是光合作用重要的载体,叶绿素 a 主要吸收红光等长波光,叶绿素 b 主要吸收蓝紫光,叶绿素 a 和叶绿素 b 的比例和含量是植株适应和利用环境因子的重要指标^[5]。

从表 2 可以看出,随着遮光强度不断增强,西洋杜鹃叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素含量均呈增加趋势,而叶绿素 a/叶绿素 b 却呈降低趋势。方差分析表明,3 个处理的叶绿素含量以及叶绿素 a/叶绿素 b 间存在显著差异($P<0.05$)。随着遮光强度增大,叶绿素 a/叶绿素 b 有所降低。表明遮光有利于提高叶绿素含量,但降低了叶绿素 a/叶绿素 b。

表 2 不同光照强度对西洋杜鹃叶绿素含量的影响

| 处理 | 叶绿素 a (mg/g) | 叶绿素 b (mg/g) | 叶绿素总量 (mg/g) | 叶绿素 a/ 叶绿素 b |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 遮光 30% | 1.86±0.26c | 0.42±0.10c | 2.28±0.20c | 4.43±0.25a |
| 遮光 60% | 2.15±0.22b | 0.56±0.12b | 2.71±0.18b | 3.84±0.16b |
| 遮光 80% | 2.58±0.18a | 0.78±0.14a | 3.36±0.15a | 3.31±0.25c |

2.3 不同光照度下西洋杜鹃光合特性日变化

2.3.1 试验当天主要环境因子的变化 选择西洋杜鹃花芽分化的代表月份 8、9 月份来测定试验植株光合特性的日变化,试验期间主要环境因子日变化如表 3 所示。

2.3.2 不同光照强度下西洋杜鹃净光合速率日变化 叶片净光合速率是指单位时间、单位面积同化的二氧化碳量与叶片呼吸消耗的差值,是叶片在单位时间内的净光合产物^[6]。从图 1 可知,遮光 30% 处理净光合速率整体上大于遮光 60%、遮光 80% 处理。

2.3.3 不同光照强度下西洋杜鹃的蒸腾速率日变化 叶片蒸腾速率是影响植株光合速率的最重要影响因子之一,植株散失水分最主要的途径就是气孔蒸腾。从图 2 可以看出,遮光 30% 处理的蒸腾速率整体上大于其他 2 个处理,说明适当

相对含水量=(原初鲜质量-干质量)/(饱和鲜质量-干质量)×100%。
$$\tag{2}$$

叶绿素含量采用丙酮浸提法测定。

1.3 数据处理

试验数据分析采用 Excel 2003、DPS 软件进行统计分析并绘制图表,采用 DPS 软件进行显著性差异检验,采用 SPSS 软件进行相关性检验。

2 结果与分析

2.1 不同光照度对西洋杜鹃开花状况的影响

由表 1 可以看出,与遮光 60% 处理相比,遮光 30% 处理使西洋杜鹃花期提前 10 d 左右,遮光 30% 处理显著提高了花蕾长度和宽度、花径、成花率。与遮光 60% 处理相比,遮光 80% 处理使西洋杜鹃花期延迟 8 d 左右,且花蕾与花茎变小。

表 3 试验期间主要环境因子日变化

| 时间 | 光强 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] | 空气 CO_2 含量 ($\mu\text{mol}/\text{mol}$) | 环境 温度 ($^{\circ}\text{C}$) | 大气 压 (mBar) | 空气相 对湿度 (%) |
|-------|---|---|------------------------------------|-------------------|-------------------|
| 08:00 | 122.7 | 392.2 | 28.9 | 1 015 | 29.8 |
| 09:00 | 171.0 | 372.0 | 30.5 | 1 015 | 28.5 |
| 10:00 | 262.1 | 358.7 | 33.3 | 1 015 | 28.9 |
| 11:00 | 340.5 | 356.1 | 33.8 | 1 013 | 28.2 |
| 12:00 | 568.7 | 352.1 | 34.7 | 1 013 | 28.0 |
| 13:00 | 520.7 | 350.4 | 35.2 | 1 013 | 26.8 |
| 14:00 | 418.1 | 349.6 | 35.5 | 1 012 | 26.2 |
| 15:00 | 487.7 | 351.2 | 34.6 | 1 013 | 25.0 |
| 16:00 | 381.7 | 356.9 | 33.4 | 1 012 | 26.5 |
| 17:00 | 65.6 | 359.2 | 31.8 | 1 013 | 27.8 |
| 18:00 | 2.4 | 375.3 | 30.5 | 1 013 | 28.2 |

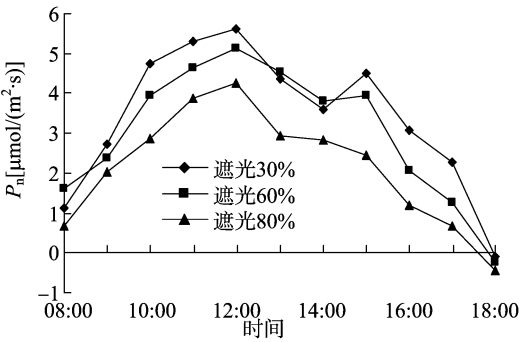


图 1 不同光照强度下西洋杜鹃净光合速率日变化

提高西洋杜鹃的光照度,在提高净光合速率的同时,蒸腾速率也增加。

2.3.4 不同光照强度下西洋杜鹃的气孔导度日变化 从图 3 可以看出,西洋杜鹃气孔导度整体上呈遮光 30% 处理 > 遮

光 60% 处理 > 遮光 80% 处理的趋势。随着时间进程推进,遮光 30%、遮光 60% 处理气孔导度表现出“双峰”型的变化趋势,而遮光 80% 处理下西洋杜鹃气孔导度的日变化呈现出“单峰”变化趋势。

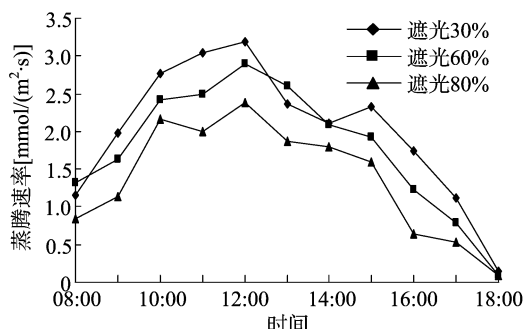


图2 不同光照强度下西洋杜鹃蒸腾速率日变化

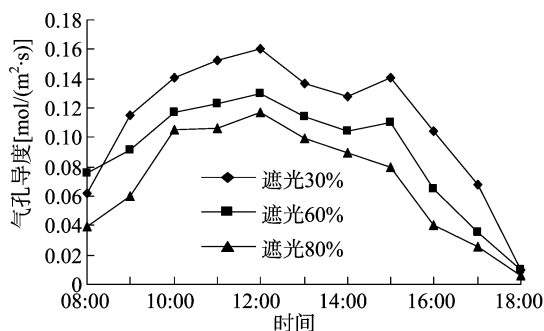


图3 不同光照强度下西洋杜鹃气孔导度日变化

2.3.5 不同光照强度下西洋杜鹃胞间 CO_2 浓度日变化 胞间 CO_2 浓度是指胞间未参与光合作用的 CO_2 浓度,一般胞间 CO_2 浓度越小,说明植株胞间 CO_2 被同化得就越多,即净光合速率越大^[7]。从图 4 可以看出,西洋杜鹃胞间 CO_2 浓度整体上呈遮光 80% 处理 > 遮光 60% 处理 > 遮光 30% 处理,这说明光照度越大,西洋杜鹃呼吸速率和光合速率越高。

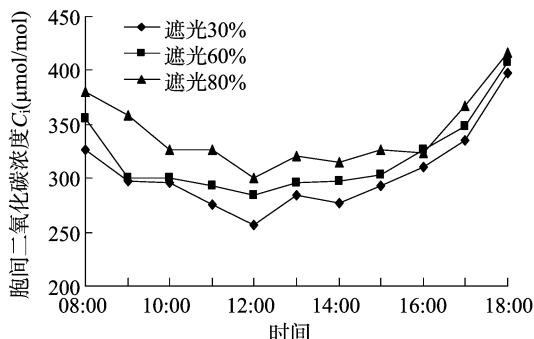


图4 不同光照强度下西洋杜鹃胞间 CO_2 浓度日变化

2.3.6 不同光照强度下西洋杜鹃的水分利用效率日变化 水分利用效率(WUE)是指植物光合作用同化 CO_2 与蒸腾消耗的水分之比,通常用光合速率和蒸腾速率之比来表示,是植物能量转换效率的一个重要生理生态指标^[8]。从图 5 可以看出,不同光照度处理下西洋杜鹃水分利用效率在 08:00 达到最大,遮光 30%、遮光 60% 处理的水分利用效率变化曲线在 14:00 出现峰值,这可能是由于中午气温高,植株叶片部分气孔关闭,蒸腾作用减弱,从而导致水分利用效率稍有增加。在

15:00 后光照强度、温度都不断降低,与蒸腾速率相比,植物净光合速率下降更快,因而水分利用效率下降趋势较快。

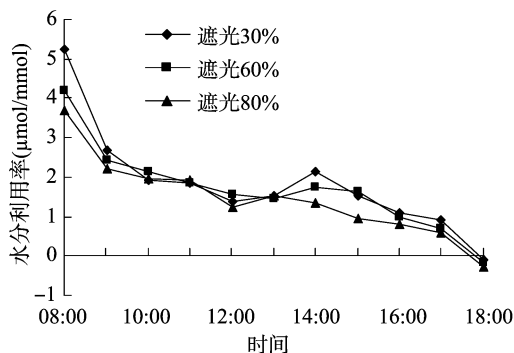


图5 不同光照强度下西洋杜鹃的水分利用效率日变化

2.3.7 不同光照强度下西洋杜鹃的气孔限制值日变化 随着遮光程度加强,植株气孔导度不断降低,这将影响植株 CO_2 吸收和水分散失,减少 CO_2 进入气孔,从而影响植物光合作用、蒸腾作用、水分利用效率,植株气孔限制值的大小可以反映这种影响的强弱。从图 6 可以看出,不同光照处理下西洋杜鹃的气孔限制值日变化趋势和净光合速率日变化趋势具有一致性,并且其变化和胞间 CO_2 浓度变化呈明显的负相关性。不同光照强度处理下西洋杜鹃的气孔限制值存在差异性,但总趋势是先上升后降低,各处理在 17:00 以后降到 0 以下。统计表明,不同遮光处理下西洋杜鹃的气孔限制值均达到显著差异水平($P < 0.05$)。

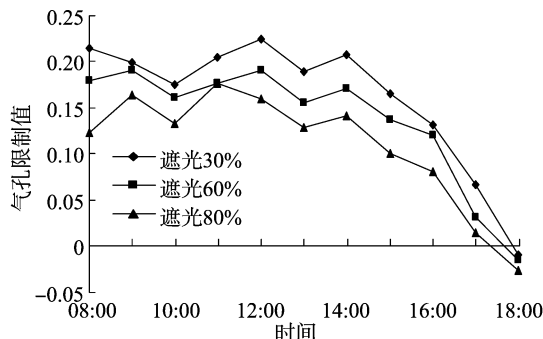


图6 不同光照强度下西洋杜鹃气孔限制值的日变化

2.3.8 西洋杜鹃各生理生态因子之间的相关性 从表 4 可以看出,西洋杜鹃气孔导度与蒸腾速率、气温呈极显著、显著正相关;与胞间 CO_2 浓度、空气相对湿度呈极显著负相关($P < 0.01$)。胞间 CO_2 浓度与蒸腾速率、气温呈极显著负相关($P < 0.01$);与空气相对湿度呈极显著正相关($P < 0.01$)。蒸腾速率与气温呈极显著正相关($P < 0.01$);与相对湿度呈极显著负相关($P < 0.01$)。气温也与相对湿度呈极显著负相关($P < 0.01$)。

2.4 不同光照度对西洋杜鹃叶绿素荧光参数的影响

由表 5 可知,随着遮光程度的增加, F_o 、 F_v/F_m 和 q_p 的值逐渐增加,各处理间差异不显著; F_v/F_o 、 $Yield$ 也随着遮光程度的加强呈增加趋势,遮光 30%、遮光 60% 处理差异不显著,但遮光 30% 处理与遮光 80% 处理差异显著; q_N 则随着遮光程度的增加呈降低趋势,与遮光 30% 处理相比,遮光 60%、遮光 80% 处理的 q_N 分别降低了 15.8%、31.8%,各处理间差异显著。

表 4 西洋杜鹃光合生理生态因子之间的相关系数

| 参数 | 相关系数 | | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|-------|
| | P_n | G_s | C_i | T_r | T_a | C_{ref} | RH | PAR |
| P_n | 1 | | | | | | | |
| G_s | 0.938 ** | 1 | | | | | | |
| C_i | -0.965 ** | -0.926 ** | 1 | | | | | |
| T_r | 0.956 ** | 0.935 ** | -0.986 ** | 1 | | | | |
| T_a | 0.915 ** | 0.902 * | -0.918 ** | 0.932 ** | 1 | | | |
| C_{ref} | -0.328 | -0.219 | 0.198 | -0.435 | -0.216 | 1 | | |
| RH | -0.865 * | -0.916 ** | 0.925 ** | -0.902 ** | -0.953 ** | 0.694 | 1 | |
| PAR | 0.826 * | -0.386 | -0.569 | 0.795 | 0.584 | 0.485 | -0.692 | 1 |

注：“*”“**”分别表示在 0.05、0.01 水平上显著相关。

表 5 不同光照强度对西洋杜鹃叶绿素荧光参数的影响

| 处理 | F_o | F_m | F_v | F_v/F_m | F_v/F_o | $Yield$ | q_P | q_N |
|--------|-------|-------|-------|-----------|-----------|---------|--------|--------|
| 遮光 30% | 162a | 798c | 635c | 0.796a | 3.994b | 0.496b | 0.912a | 1.856a |
| 遮光 60% | 168a | 856b | 692b | 0.808a | 4.119ab | 0.518ab | 0.916a | 1.562b |
| 遮光 80% | 175a | 924a | 755a | 0.817a | 4.314a | 0.532a | 0.924a | 1.265c |

3 结论与讨论

已有研究表明,光照对植物花期调控发挥着十分重要的作用。柏劲松研究发现,500 lx 的光照处理会使杜鹃不开花,并且严重影响植株光合作用,光合效率低下^[9]。本研究发现,在 3 组遮光处理中,遮光 30% 处理下西洋杜鹃最早开花,并且植株开花质量显著提高,遮光 80% 处理下西洋杜鹃最迟开花,并且植株开花质量显著降低,说明遮光 30% 对西洋杜鹃开花最有利。在遮光条件下,植物利用弱光能力强弱的判断指标是叶绿素含量、叶绿素 a/叶绿素 b^[10]。本研究表明,随着遮光强度增加,西洋杜鹃叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量均增加,叶绿素 a/叶绿素 b 则下降,这与前人研究结果^[11-14]一致。遮光能够提高西洋杜鹃对光能的捕获和吸收能力,而叶绿素 a/叶绿素 b 值随着遮光程度的增加不断降低,说明西洋杜鹃具有一定程度的耐阴能力。在不同光照强度处理下,西洋杜鹃净光合速率和各生理生态因子有一定的相关性, P_n 与 G_s 、 T_r 、 T_a 呈极显著正相关($P<0.01$),与 C_i 呈极显著负相关($P<0.01$),与 PAR 呈显著正相关($P<0.05$),与 R_h 呈显著负相关($P<0.05$)。说明不同光照强度下 G_s 、 T_r 、 C_i 、 PAR 是影响西洋杜鹃 P_n 的主要生理生态因子。

本研究还表明,不同光照度对西洋杜鹃叶片的光合电子传递和光能转化造成影响。PS II 原初光能转化效率 F_v/F_m 、实际光化学效率 $Yield$ 、光化学猝灭系数 q_P 都随着遮光强度的增加呈升高趋势,而非化学猝灭系数 q_N 则呈降低趋势,这与前人在不同光照强度对其他植物影响的研究结果^[15-16]一致。不同遮光处理 q_N 差异显著,可能是西洋杜鹃植株对较强光照环境的一种适应性调节。本研究表明,随着光照程度加强, F_v/F_m 呈下降趋势。遮光 30% 处理下, F_v/F_m 、 F_v/F_o 低于其他 2 个遮光处理,而各遮光处理间差异并不显著,说明西洋杜鹃能适应 3 种遮光环境,未发生明显的光抑制现象。在遮光 30% 条件下, F_v/F_m 、 F_v/F_o 低于其他 2 个遮光处理的原因有待进一步研究。

参考文献:

[1] 尚冰. 比利时杜鹃的生态特性与栽培技术[J]. 阜阳师范学院

学报(自然科学版),2000(3):26-28,31.
[2] 胡文海,张斯斯,肖宜安,等. 两种杜鹃花属植物对长期遮阴后全光照环境的生理响应及其光保护机制[J]. 植物生态学报,2015,39(11):1093-1100.
[3] 王松,蔡艳飞,李枝林,等. 光照条件对高山杜鹃光合生理特性的影响[J]. 西北植物学报,2012,32(10):2095-2101.
[4] 赵健,仇硕,李秀娟,等. 不同激素对锦绣杜鹃的催花作用[J]. 广西植物,2009,29(1):92-95.
[5] 李军超,苏陕民. 黄花菜耐阴特性的初步研究[J]. 生态学报,1994,14(4):444-446.
[6] 许大全. 光合作用测定及研究中一些值得注意的问题[J]. 植物生理学通讯,2006,42(6):1163-1167.
[7] 许大全. 光合速率、光合效率与作物产量[J]. 生物学通报,1999,34(8):8-10.
[8] 李湘钰,高疆生,吴翠云,等. 不同光照强度对骏枣叶片光合作用的影响研究[J]. 新疆农业科学,2014,51(2):227-234.
[9] 柏劲松. 杜鹃花花蕾脱落或死亡的原因及对策[J]. 林业实用技术,2005(1):38.
[10] Thompson W A, Kriedemann P E, Craig I F. Photosynthetic response to light and nutrients in sun-tolerant and shade tolerant rain forest trees. I. Growth, leaf-anatomy and nutrient content[J]. Aust J Plant Physiol,1992,19(6):1-18.
[11] 张依,卓丽环,汪成忠. 遮光对子夜加拿大紫荆光合速率及叶绿素荧光参数的影响[J]. 河北农业大学学报,2009,32(6):52-56.
[12] 杨盛昌,中须贺常雄,林鹏. 光强对秋茄幼苗的生长和光合特性的影响[J]. 厦门大学学报(自然科学版),2003,42(2):242-247.
[13] 蔡永萍,李玲,李合生,等. 霍山石斛叶片光合速率和叶绿素荧光参数的日变化[J]. 园艺学报,2004,31(6):778-783.
[14] 赵则海,陈雄伟. 遮阴处理对 4 种草本植物生理生化特性的影响[J]. 生态环境,2007,16(3):931-934.
[15] 蔡仕珍,陈其兵,潘远智,等. 遮光对细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.
[16] 魏胜利. 六种药用植物耐阴性研究[D]. 保定:河北农业大学,2000.