

郭丽,黄萍,贾文庆.芍药属组间杂交及其光合特性的研究[J].江苏农业科学,2015,43(6):157-160.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.06.051

芍药属组间杂交及其光合特性的研究

郭丽¹,黄萍¹,贾文庆²

(1.河南农业职业学院,河南郑州 451450;2.河南科技学院,河南新乡 453003)

摘要:为了探究芍药属组间杂交具体方法,以芍药、牡丹为试验材料进行组间杂交。试验发现有 7 个正常果实,干燥后发现裂果处有小种子,显示败育;利用 Li-6400 便携式光合分析仪,测定了 5 个 5 年生大田芍药品种开花期的光合特性,结果表明:5 个芍药品种的净光合速率呈双曲线型,海棠红的日均净光合速率最大,为 $7.00 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,朱砂判最小,为 $5.17 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;5 个芍药品种的日平均净光合速率差异不明显。芍药品种紫芙蓉的光饱和点为 $1466.00 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,光补偿点为 $29.81 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,表观量子速率为 0.047 5;海棠红的光饱和点为 $2355.74 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,光补偿点为 $29.24 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,表观量子速率为 0.038 3,这 2 个品种均为阳性植物。

关键词:芍药属;组间杂交;光合特性;光合日变化;光响应

中图分类号:S682.1+20.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)06-0157-04

芍药(*Paeonia lactiflora*)属芍药科芍药属,为多年生宿根草本花卉,是中国的传统名花,素有“花相”的美誉^[1]。牡丹(*Paeonia suffruticosa*)属芍药科芍药属,为木本花卉,是中国十大名花之一,素有“花王”的美誉^[2]。芍药、牡丹都有较高的观赏价值,由于组间花期不遇或杂交后普遍表现为不亲和等原因,历史上曾把两者的远缘杂交认为是“不可能实现的梦想”^[3]。1948 年日本人伊藤东一首次以芍药品种花香殿作母本、牡丹品种金晃作父本进行组间远缘杂交并获得了成功,之

后芍药与牡丹的组间杂种被统称为“伊藤杂种”^[4]。组间杂种兼具牡丹与芍药的特征和优点,并且具有更广泛的变异,观赏性和抗性都有突出变化,具有广阔应用前景。对于组间杂种栽培应用的研究已较多^[5-7],但有关其杂交具体方法步骤的研究少有报道。本试验以芍药为母本、牡丹为父本进行组间杂交,研究其杂交结种情况,以期杂交育种提供理论依据。光合作用是植物重要的生理过程,对植物正常的开花结果等生长发育过程具有重要意义^[8],本试验以芍药栽培品种紫芙蓉、海棠红为材料研究其光合特性,以期芍药杂交育种研究提供参考,同时也为芍药的栽培管理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

芍药属组间杂交试验于河南科技学院老校区百泉农专牡

收稿日期:2015-02-13

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2012BAD01B07);国家国际科技合作项目(编号:2011DFA30490)。

作者简介:郭丽(1979—),女,河南开封人,硕士,讲师,主要从事园林植物相关研究。E-mail:guoli197979@163.com。

此可知,高浓度 IAA 对大花蕙兰花箭粗度的影响效果不是很大。IA2 处理下,大花蕙兰花箭高度最高,IA3 处理下,大花蕙兰花序比例、花箭粗度达到最大。但花箭高度是大花蕙兰最重要的观赏性状,综上所述,IAA 浓度为 100 mg/L 时,可以令大花蕙兰花箭高度、花序比例、花箭粗度同时达到最好的效果,大花蕙兰观赏效果最佳。

3 结果与讨论

本研究表明,不同激素种类对大花蕙兰花箭生长的促进作用不相同。BR 喷施时,最佳浓度为 0.005 mg/L,此时大花蕙兰花箭高度与 CK 差异极显著;GA₃、IAA 共同处理时,GA₃ 浓度为 400 mg/L 且 IAA 浓度为 100 mg/L 时效果最好,大花蕙兰花箭高度与 CK 差异极显著;IAA 处理时,100 mg/L 是最理想的浓度。BR 组的油菜素内酯是整个试验中绝对浓度最低的,但它处理的大花蕙兰花箭最大值是整个试验中的最大值。IAA、GA₃ 喷施的绝对浓度都比较大,因此可以使用混合喷施的方法,效果比单独喷施好。3 种激素处理下大花蕙兰花箭粗度都比 CK 大,说明各浓度激素对于花箭粗度

起促进作用,随着用量不同效果也有所不同。每种激素在特定的浓度下都可以达到最优的效果,具体使用时要根据栽培目标,结合试验结果,有的放矢进行喷施。

参考文献:

- [1] 卢思聪,石雷.大花蕙兰[M].北京:中国农业出版社,2005.
- [2] 衣彩洁,周清.洋兰栽培与观赏[M].北京:科学技术文献出版社,2003:19-25.
- [3] 陈璋.大花蕙兰[M].北京:中国林业出版社,2004:33-51.
- [4] 刘园.大花蕙兰花期调控技术的研究[D].北京:北京林业大学,2005.
- [5] 孙晶.外源激素和越冬方式对大花蕙兰开花的影响[D].北京:北京林业大学,2007.
- [6] Sasse J M. Recent progress in brassinosteroid research[J]. *Physiologia Plantarum*, 1997, 100: 696-701.
- [7] 杨妙贤,杨瑞香,赖慧玲.油菜素甾醇类化合物对蔬菜的影响[J].安徽农业科学,2007,35(1):150-151.
- [8] 程彦伟,丁贺,韩建明,等.天然油菜素内酯对豆类种子发芽和胚根下胚轴伸长的影响[J].江苏农业科学,2014,42(9):140-142.

丹苗圃内进行。供试牡丹品种有俊艳红、凤丹紫、万花盛、天然富贵、佛门袈裟、首岸红、凤丹白等,芍药品种有早园红,采取常规大田管理。

芍药光合特性测定试验于河南科技学院实验基地芍药园中进行,供试材料为 5 年生开花期芍药品种朱砂判、早园红、园叶锦球、海棠红、紫芙蓉。

1.2 试验方法

1.2.1 芍药属组间杂交 试验于 2014 年 4 月下旬进行,在牡丹开花期采集花朵,保存于冰盒中,带回实验室进行花粉生活力测定。将采集来的材料放入 4 ℃ 冰箱中预处理 2 h,剥离花蕾,将花药放进密封管中保存于 4 ℃ 冰箱中待用。取部分牡丹花粉作样品,采用离体培养法测定其生活力。于 5 月初芍药花含苞待放时去雄,待其盛花期用联苯胺-过氧化氢法测定其柱头可授性。而后于盛花期每天 10:00 之前将采集的牡丹花粉授于芍药柱头上,连续重复 3 d,然后套袋(打孔),标记,挂牌。在授粉后 3~5 d 柱头干燥表面黏液硬化时去袋。待其果实成熟时采集并带回实验室观察。

1.2.2 芍药光合特性的测定 试验于 2014 年 5 月 3 日至 8 日,选择晴天无风的时间进行,测定叶片时选取朝向一致、无病虫害的第 2 复叶的顶小叶,每个品种选 3 张叶片,进行芍药光合特性的测定。

1.3 测定指标

1.3.1 牡丹花粉生活力的测定 将采集的牡丹花粉散在培养皿中,放入 25 ℃ 恒温箱中 6~8 h,让其干燥散粉。待其散粉完全后接种于固体培养基(含 9% 蔗糖、0.005% 硼酸、8 g/L 琼脂)中,重新放进 25 ℃ 恒温箱中进行培养,每隔 2 h 在显微镜下观察 1 次花粉管萌发情况,每次观察设 3 个视野,并拍照,持续 20 h。根据其生活力决定授粉量,生活力小则授粉时可多涂抹几次。

1.3.2 芍药柱头可授性的确定 在盛花期,每天中午采开花后不同天数的柱头和同一朵花在不同天数的柱头,将其浸入凹面载片中含有联苯胺-过氧化氢反应液(1% 联苯胺:3% 过氧化氢:蒸馏水=4 mL:11 mL:22 mL)的凹陷处,若柱头具可授性,则柱头周围呈现蓝色并有大量气泡出现。根据其柱头可授性情况决定最佳授粉时间。

1.3.3 组间杂交的结实率 待杂交后果实呈现深绿色饱满时采摘回实验室,放在通风干燥处使其自然开裂,观察结种情况。

1.3.4 光合日变化的测定 选择晴朗无风的天气,从 08:30—18:30 每隔 2 h 测定 1 次,采用开放式气路测定,测试指标包括:净光合速率 $[P_n, \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})]$ 、气孔导度 $[G_s, \text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})]$ 、胞间 CO_2 浓度 $(C_i, \mu\text{mol}/\text{mol})$ 、空气 CO_2 浓度 $(C_a, \mu\text{mol}/\text{mol})$ 、光照度 $[\text{PAR}, \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})]$ 、气温 $(T_a, ^\circ\text{C})$ 、蒸腾速率 $[T_r, \text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})]$ 、空气相对湿度 $(\text{RH}, \%)$ 等参数。

1.3.5 光合-光响应曲线的测定 试验于 2014 年 5 月 8 日的晴天上午进行,采用美国 LI-COR 公司生产的 Li-6400 便携式光合测定系统的内置 LED 人工光源控制测定光合-光响应曲线。光合有效辐射设定为 0、50、100、150、200、400、600、800、1 000、1 200、1 400、1 600、1 800、2 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。改变光照度后,最少稳定时间设置为 60 s,当测量结果变异率小

于 0.5 时,由光合作用测定系统自动记录数据,测定时通过系统控制叶片温度为 $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$, CO_2 浓度为 400 $\mu\text{mol}/\text{mol}$,相对湿度为 $(55 \pm 1) \%$ 。

1.4 数据分析

试验数据用 Excel 软件进行处理并绘图。

2 结果与分析

2.1 芍药属组间杂交数据及相关分析

用目测法分析牡丹花粉生活力情况,结果显示大部分花粉生活力为 40% 左右。牡丹多重瓣,雄蕊瓣化,花粉生活力偏低。

观察发现芍药开花当天可授性强,芍药单瓣花植株的柱头从开花当天直至第 6 天均有可授性,在开花后 4 h 可授性最强。由于开花当天柱头过氧化物酶活性强,之后其活性逐渐减弱,所以开花时可授性最强。

杂交后发现只有 7 个果实正常,其余果实均枯死。芍药为蓇葖果,成熟时开裂。7 个果实自然裂开后没有大粒种子,在显微镜下发现在胎座基部有小粒种子(直径 2 mm 左右),显示败育。

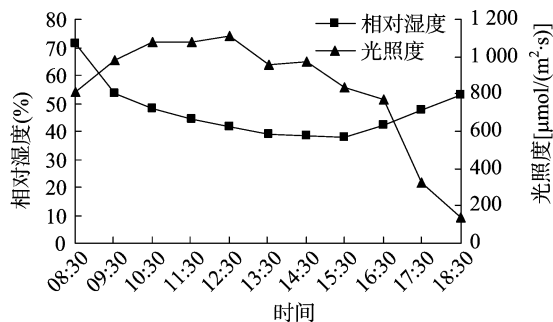
2.2 外界环境因子的日变化

植物光合、蒸腾指标的变化都是由于外界环境因子的变化而产生的自适应性的调整,因而外界环境因子的变化使光合与蒸腾作用呈现出复杂的日变化规律^[9]。由图 1-a 可知,08:30—18:30,光照度呈现低—高—低的变化趋势,在 12:30 左右达到最大值,即 1 110.33 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;相对湿度呈先下降后上升的变化趋势,在 15:30 达到最低值 37.62%。由图 1-b 可知,气温呈先上升后下降的趋势,09:30—18:30,气温为 31~36 ℃,变化幅度小于 6 ℃,13:30 时,气温为 35.94 ℃,空气 CO_2 浓度早晨最高,12:30 之后下降幅度变大,17:30 后空气 CO_2 浓度开始回升。

2.3 芍药品种的光合特性

2.3.1 芍药品种净光合速率的日变化 净光合速率又称表观光合速率,是植物实际光合速率与呼吸速率的差,受到光照度、环境 CO_2 浓度、水分、温度等因素的影响。从图 2 可看出,5 个芍药品种的净光合速率在 12:30 前均随着光合有效辐射的增强而逐渐降低,在 8:30 左右净光合速率最高,在 16:30 左右出现次高峰,整体呈先下降后增长再下降的双峰曲线。其中,紫芙蓉的净光合速率第 1 个最低值出现在 12:30 左右,为 2.59 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;朱砂判、早园红、园叶锦球、海棠红的净光合速率第 1 个最低值出现在 14:30 左右,分别为 1.87、4.40、3.44、4.02 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。朱砂判、早园红、园叶锦球、海棠红、紫芙蓉芍药品种的净光合速率第 1 峰值均出现在 8:30,第 2 峰值则均出现在 16:30,分别降低 70.3%、63.7%、74.7%、60.1%、51.7%;日均净光合速率以海棠红最高,为 7.00 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,朱砂判的最低,为 5.17 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,5 个芍药品种的日平均净光合速率差异不明显。

2.3.2 芍药品种气孔导度的日变化 气孔导度是气孔对水蒸气、二氧化碳等气体的传导度,表示气孔张开的程度,影响光合作用、呼吸作用、蒸腾作用。从图 3 可以看出,5 个芍药品种的气孔导度日变化相似,呈一直下降趋势,气孔导度最大



a. 相对湿度和光照度的日变化

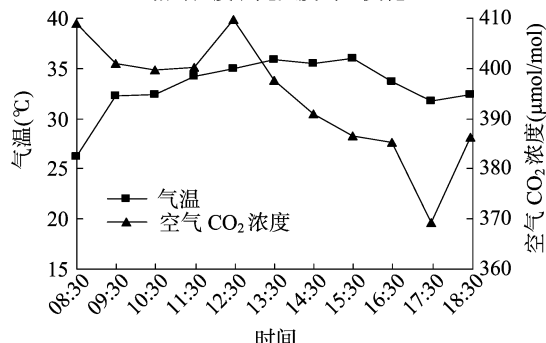
b. 气温和空气CO₂浓度的日变化

图1 环境因子日变化

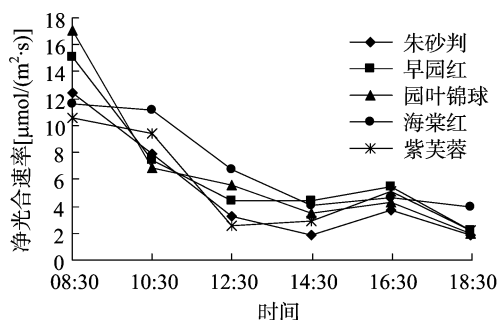


图2 5个芍药品种净光合速率的日变化

值均出现在 08:30, 且园叶锦球 [$0.24 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] > 早园红 [$0.20 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] > 朱砂判 [$0.17 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] > 紫芙蓉 [$0.13 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] > 海棠红 [$0.09 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]。

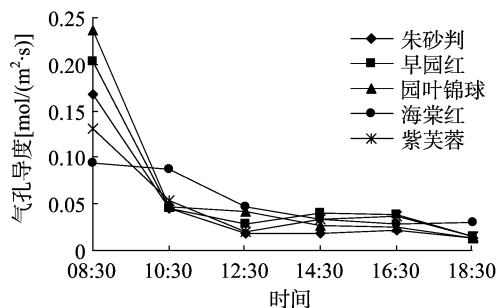
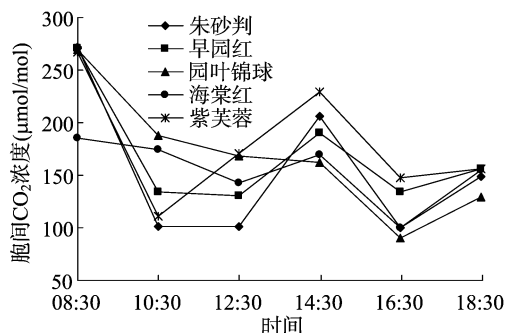


图3 5个芍药品种气孔导度的日变化

日平均蒸腾速率为植物的蒸腾作用, 包括叶面蒸腾和非光合器官皮孔蒸腾, 而叶面蒸腾作用又包括 2 部分, 其一是角质蒸腾, 其二是气孔蒸腾, 但绝大部分蒸腾是通过叶面蒸腾进行的。植物在光合作用过程中, 气孔是植物与周围环境间气体交换的门户, 植物水分通过气孔的蒸腾量一般可达与叶面

积相同的自由水面蒸发量的 50%, 甚至更高, 所以研究植物气孔导度对蒸腾速率的影响意义重大。从图 3 可以看出气孔导度的变化规律, 并可将其与蒸腾速率变化规律作比较。

2.3.3 芍药品种胞间 CO₂ 浓度的日变化 从图 4 中可看出, 朱砂判、紫芙蓉、早园红的胞间 CO₂ 浓度变化趋势相似, 呈“W”形曲线。在 08:30—14:30 期间, 5 个芍药品种的胞间 CO₂ 浓度变化幅度为朱砂判 > 紫芙蓉 > 早园红 > 园叶锦球 > 海棠红, 最大值均出现在 08:30; 紫芙蓉、朱砂判、早园红的胞间 CO₂ 浓度在 14:30 时出现次高峰, 分别为 228.67、206.00、190.33 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 。5 个芍药品种的胞间 CO₂ 浓度均在 14:30—18:30 期间呈先下降后回升的变化趋势。

图4 5个芍药品种胞间CO₂浓度的日变化

2.3.4 5 个芍药品种蒸腾速率的日变化 蒸腾速率也称蒸腾强度, 是指植物在单位时间内单位面积通过蒸腾作用所散失的水分, 是表征蒸腾作用强弱的参数。从图 5 中可看出, 5 个芍药品种的蒸腾速率变化规律差异较大, 其中紫芙蓉、早园红、海棠红呈先下降后上升再下降的双峰曲线, 朱砂判、园叶锦球呈一直下降的趋势。朱砂判、早园红、园叶锦球、海棠红、紫芙蓉的蒸腾速率最大值均出现在 8:30, 分别为 2.11、2.12、3.42、2.63、1.42 $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; 最小值出现在 18:30, 分别为 0.32、0.36、0.30、0.71、0.36 $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

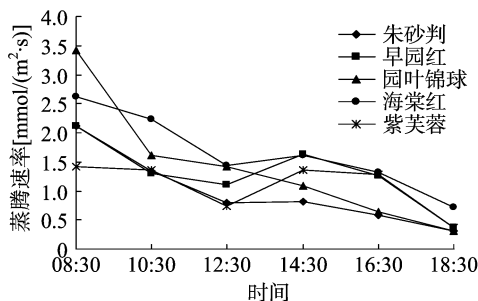


图5 5个芍药品种蒸腾速率的日变化

2.4 2 个芍药品种光合-光响应曲线及表观量子效率

光合-光响应曲线反映了植物光合速率随光合有效辐射(即光照度)改变的变化规律^[10]。从图 6 可以看出, 在光照度 200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 以内, 随着光照度的增强, 2 个芍药品种的净光合速率迅速增大; 当光照度大于 200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时, 净光合速率增加平缓, 紫芙蓉的净光合速率达到一定值后开始平缓下降, 海棠红的净光合速率增加幅度大于紫芙蓉, 2 个芍药品种达到一定值后基本上稳定, 即达到光饱和。

从图 7 可以看出, 低光合有效辐射 [$0 \sim 200 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]

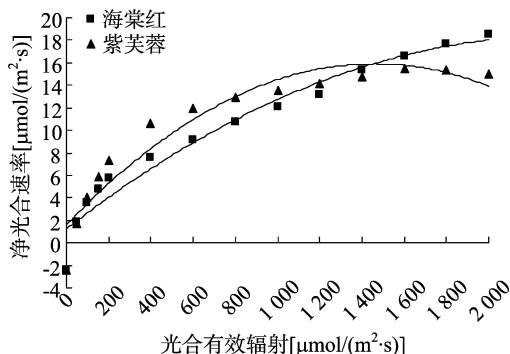


图6 2个芍药品种的光响应曲线

下,净光合速率与光合有效辐射直线相关,紫芙蓉回归方程为: $y=0.0475x-1.416$,直线斜率为芍药表观量子效率,即0.0475;栽培品种海棠红回归方程为 $y=0.0383x-1.12$,表观量子效率为0.0383。

光合能力的强弱在一定程度上取决于物种的遗传特性,光饱合点、光补偿点的高低可以衡量植物对强光或弱光的利用能力^[11]。根据光合-光响应曲线,计算出2个芍药品种的光饱合点、光补偿点。紫芙蓉光饱合点为 $1466.00 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,光补偿点为 $29.81 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;海棠红光饱合点为 $2355.74 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,光补偿点为 $29.24 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

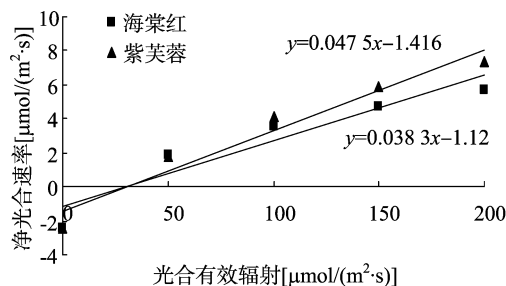


图7 2个芍药品种的表现量子效率

3 结论与讨论

被子植物双受精过程包括花粉在柱头上萌发、花粉管沿花柱生长、精细胞释放、精卵结合等一系列复杂的过程^[12],花粉与柱头、花粉管与花柱及雌雄配子之间3个层次中任何1个层面的不亲和都会降低受精率^[13]。在植物远缘杂交过程中,受精前障碍(异源花粉与雌蕊不亲和)和受精后障碍(受精胚败育)均能导致不结实^[14-18]。牡丹花粉在芍药柱头上大量萌发,大部分不能进入柱头;少数花粉管进入柱头,但受粉后因先端膨大、胼胝质积累而停止生长。因此芍药与牡丹杂交不亲和可能是由受精前障碍导致的。

在自然环境条件下,植物光合作用日变化是有规律的,变化曲线一般有3种:1种是单峰型,中午光合速率最高;1种是双峰型,上下午各有1个峰值;还有1种是多变型。研究发现5个芍药品种光合作用日变化均为双峰曲线,均有明显的“午休”现象。一般情况下,光合“午休”现象的原因主要有2种,1种情况主要是受气孔因素限制;另1种情况主要是受非气孔因素限制。本试验中,5个芍药品种的光合速率降低时,其气孔导度和胞间 CO_2 浓度都降低,气孔导度与净光合速率呈现明显的线性关系,因此可以推断芍药的光合午休现象主要受气孔因素限制,气孔导度的降低致使净光合速率下降。可

通过适当遮阴来改善和克服强光带来的光合午休,促进芍药的光合作用。

光合-响应曲线的测定可以获得叶片光合作用的光饱合点、光补偿点等重要参数,光饱合点、光补偿点是衡量植物光合作用能力的2个重要指标,光补偿点是植物进行光合作用所需的最低光照度,植物要进行正常的生长,所需的光照度必须大于光补偿点。供试芍药品种紫芙蓉[光补偿点为 $29.81 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]、海棠红[光补偿点为 $29.24 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]的光补偿点相近,都属于阳生植物;紫芙蓉[光饱合点为 $1466 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]的光饱合点低于海棠红[光饱合点为 $2355.74 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] ,都属于喜光植物。光补偿点低且光饱合点高的植物,耐阴性较强,并且能适应的光照环境比较宽。综合比较可知,2个芍药品种耐阴性均较强,适应的光环境较宽,因此在栽培引种过程中,要选择光线充足的地方。

参考文献:

- [1] 包满珠. 花卉学[M]. 2版. 北京: 中国农业出版社, 2003: 225-228.
- [2] 张树宝. 花卉生产技术[M]. 2版. 重庆: 重庆大学出版社, 2008: 98-100.
- [3] 张娜娜. 芍药属远缘杂交研究进展[J]. 南方农业: 园林花卉版, 2011, 5(1): 27-32.
- [4] 侯祥云, 郭先锋. 芍药属植物杂交育种研究进展[J]. 园艺学报, 2013, 40(9): 1805-1812.
- [5] 周宝臻. 芍药与牡丹组间杂种的观赏特点与园林应用探讨[J]. 南方农业: 园林花卉版, 2009, 3(2): 35-38.
- [6] 庞利铮, 成仿云. 牡丹与芍药组间远缘杂种(伊藤杂种)的嫁接繁殖[J]. 中国花卉园艺, 2011(22): 30-32.
- [7] 庄倩, 朱松岩, 杜晓琪, 等. 芍药属组间杂种引进东北地区栽培试验[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(4): 21-23.
- [8] 张玉, 李霞, 郭绍霞. 芍药光合特性研究[J]. 青岛农业大学学报: 自然科学版, 2011, 28(1): 24-27.
- [9] 董智, 马宇飞, 李红丽, 等. 4个紫花苜蓿品种分枝期光合速率、蒸腾速率日变化及其影响因子分析[J]. 中国草地学报, 2009, 31(3): 67-71.
- [10] 翟敏, 李永华, 杨秋生. 盆栽和地栽牡丹光合特性的比较[J]. 园艺学报, 2008, 35(2): 251-256.
- [11] 杨江山, 常永义, 种培芳. 3个樱桃品种光合特性比较研究[J]. 园艺学报, 2005, 32(5): 773-777.
- [12] 徐恒平, 曾宗巽. 被子植物雌雄配子及其表膜特异蛋白研究进展[J]. 大自然探索, 1995, 14(3): 50-55.
- [13] 胡适宜. 被子植物生殖生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005.
- [14] 睢薇, 丁晓东, 霍俊伟, 等. 草原樱桃与欧洲甜樱桃远缘杂交不亲和原因初探[J]. 东北农业大学学报, 1999, 30(2): 148-153.
- [15] 李瑞芬, 李聪, 苏加楷. 沙打旺与鹰咀紫云英种间杂交不亲和性研究[J]. 草地学报, 2001, 9(1): 8-15.
- [16] 李辛雷, 陈发棣, 赵宏波. 菊属植物远缘杂交亲和性研究[J]. 园艺学报, 2008, 35(2): 257-262.
- [17] 孙春青, 陈发棣, 房伟民, 等. 甘菊与栽培菊‘金陵黄玉’种间杂交失败的原因[J]. 园艺学报, 2009, 36(9): 1333-1338.
- [18] 荆丹丹, 刘政安, 李新旭, 等. 牡丹远缘杂种‘和谐’育性的初步研究[J]. 林业科学, 2011, 47(10): 59-62.